

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Российский государственный геологоразведочный университет**  
**имени Серго Орджоникидзе**  
**(МГРИ)**



# ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**XIV Международной  
научно-практической конференции  
"Новые идеи в науках о Земле"**

*XIV International Scientific and Practical Conference  
«New Ideas in Earth Sciences»*

**Том III**

*«Развитие новых идей и тенденций в науках о Земле:  
гидрогеология и инженерная геология, геоэкология»*

**2-5 апреля 2019 г. | April, 2-5, 2019**

**Москва | Moscow**

УДК 082 +[550.8+553](082)  
ББК 94.3 + 26.21я43 + 26.34я43

**Новые идеи в науках о Земле** : в 7 т. Материалы XIV Международной научно-практической конференции "Новые идеи в науках о Земле" – М. : Издательство РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ, 2019.

ISBN 978-5-6040812-0-4

Т. 3 : Развитие новых идей и тенденций в науках о Земле: гидрогеология и инженерная геология, геоэкология / ред. коллегия: В.А. Косьянов, В.Ю. Керимов, В.В. Куликов. - М. : Издательство РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ, 2019. – 508 с.

ISBN 978-5-6040812-3-5

УДК 082 +[550.8+553](082)  
ББК 94.3 + 26.21я43 + 26.34я43

*Мероприятие проведено (проводится) при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 19-05-20025*

ISBN 978-5-6040812-3-5 (т. 3)

ISBN 978-5-6040812-0-4

© РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ «ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ»

1. CHARACTERISTIC OF EPIKARST BY USING GPR ON AN AREA AT THE WESTERN LIMESTONE PLATEAU, ASSIUT, EGYPT <i>Ebraheem M. O.* (Geology Department, New Valley university)</i> .....	9
2. АКТУАЛЬНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ ПОСТОЯННО ДЕЙСТВУЮЩЕЙ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГОРОДОВ (НА ПРИМЕРЕ Г. ХАНТЫ-МАНСКИЙСКА) <i>Абатурова И.В.*, Савинцев И.А., Стороженко Л.А. (ФГБУ ВО «УГГУ»)</i> .....	12
3. О ФОРМИРОВАНИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ДЕМИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД <i>Абрамов В.Ю.*, Боревский Б.В. (ЗАО «ГИДЭК»)</i> .....	16
4. ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ УСЛОВИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ЭГП НА СЕВЕРНОМ СКЛОНЕ ХР. АИБГА <i>Аллынова А.В.*, Вязкова О.Е. (МГРИ)</i> .....	20
5. К ВОПРОСУ УПРОЧНЕНИЯ МАССИВА РЫХЛЫХ ПОРОД <i>Аникеев А.А.* (НИУ «БелГУ»)</i> .....	23
6. ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЫШЕННЫХ ВОДОПРИТОКОВ В КАРЬЕР «ГРАЛЕВО» В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩА ВИТЕБСКОЙ ГЭС <i>Карабанов А.К. (ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси»), Черепанский М.М. (МГРИ), Пашкевич В.И., Толмина Н.М., Анцух Ю.П.* (ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси»)</i> .....	26
7. О ВОСТРЕБОВАННОСТИ ИТОГОВ ИССЛЕДОВАНИЙ РОССИЙСКИХ УЧЁНЫХ В ОБЛАСТИ ГИДРОГЕОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ <i>Арутюнов В. В.* (МГРИ)</i> .....	29
8. ДЕШИФРИРОВАНИЕ КОСМОСНИМКОВ С ЦЕЛЬЮ ВЫЯВЛЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ СТРУКТУР - ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ВМЕСТИЛИЩ УВ ПО СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БУХАРО-ХИВИНСКОГО РЕГИОНА <i>Бикеева Л.Р. (АО «ИГИРНИГМ»)</i> .....	33
9. ДЕШИФРИРОВАНИЕ И МОНИТОРИНГ ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ НА ТРУБОПРОВОДАХ ВОЗДУШНЫМ ЛАЗЕРНЫМ СКАНЕРОМ <i>Баборыкин М.Ю.* (ООО «НК-«Роснефть» - НТЦ, ЮРГПУ (НПИ)), Бурцев А.А. (ЮРГПУ (НПИ))</i> .....	38
10. ВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА ГОНДВАНСКОЙ ГЛЯЦИОКРИОГЕННОЙ ЭРЫ <i>Башиарин И.Р.*, Лаухин С.А. (МГРИ)</i> .....	42
11. ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ОПОЛЗНЕВОГО СКЛОНА С УЧЕТОМ ПРОГНОЗА ИЗМЕНЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ <i>Безруков И.В.* (ООО «Геолог»), Фоменко И.К. (МГРИ)</i> .....	46
12. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ МАЛАХИТА <i>Белов К.В. *, Абрамов В.Ю., Басакин Е.Б. (МГРИ)</i> .....	50
13. ДИАГНОСТИКА ПОДТОВАРНОЙ ВОДЫ МЕТОДОМ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ С МАСС-СПЕКТРИЧЕСКИМ ДЕТЕКТИРОВАНИЕМ <i>Бердова Д.В.*, Заватский М.Д. (Тюменский индустриальный университет)</i> .....	54
14. ЗОНАЛЬНОСТЬ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ МЕДНОКОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ <i>Бобина Т.С.,* Абатурова И.В. (ФГБОУ ВО УГГУ)</i> .....	57
15. АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БАСЕЙНОВ ГЛАВНЫХ РЕК ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ (ЕТР) <i>Богомолов Ю.Г.*, Алексеева Л.И., Голубев С.М., Ладыгин В.Ф. (РосГидроГео)</i> .....	62
16. К ВОПРОСУ О НЕМОНОТОННОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ИСПЫТАНИИ КОНТРОЛЬНЫХ СВАЙ В ЗАСОЛЁННЫХ МНОГОЛЕТНЕМЁРЗЛЫХ ГРУНТАХ <i>Большаков Я.В. * (ООО «НТКС»), Д.С. Дроздов (ИКЗ ТюмНЦ СО РАН, МГРИ, ТюмГУ)</i> .....	66
17. ФУНДАМЕНТ ТИПА «БОЧКА» В УСЛОВИЯХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ <i>Большаков Я.В. * (ООО «НТКС»), Горобцов Д.Н. (МГРИ)</i> .....	70
18. О НЕОБХОДИМОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ В СОСТАВЕ ПИР <i>Боревский Б.В.* (ЗАО «ГИДЭК»), Пендин В.В., Черепанский М.М. (МГРИ)</i> .....	74
19. НЕГАТИВНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРА КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА <i>Булахова К.Я. (Санкт-Петербургский горный университет)</i> .....	76

20. КОНЦЕПЦИЯ ВОССОЗДАНИЯ ИСТОРИЧЕСКОГО ОБЛИКА КОЛОКОЛЬНИ НИКОЛЬСКОГО СОБОРА В Г. КАЛЯЗИНЕ <i>Буфеев И.К. *, Дёмкин И.А. (МГРИ), Формальный А.В. (ООО «ИГИТ»)</i> .....	79
21. ПРИЧИНЫ И ПРОБЛЕМЫ АКТИВИЗАЦИИ НАЛЕДЕЙ В ЗАБАЙКАЛЬСКОМ КРАЕ ЗИМОЙ 2018-2019 ГГ. <i>Верхотуров А.Г. *, Забайкальский государственный университет)</i> .....	81
22. ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ НАУЧНОГО НАПРАВЛЕНИЯ «ИСТОРИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ» <i>Вязкова О.Е. * (МГРИ)</i> .....	84
23. АНАЛИЗ ФОРМИРОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НИЖНЕКЕМБРИЙСКИХ ГЛИН В ЮЖНОЙ ЧАСТИ ПРЕДГЛИНТОВОЙ НИЗМЕННОСТИ <i>Голобородько А.А. * (Санкт-Петербургский горный университет)</i> .....	87
24. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ В ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ Г. УЛАН-БАТОРА <i>Хурэлшагай А. Д. * (Агентство земельных дел, геодезии и картографии Монголии)</i> .....	91
25. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН И МЕХАНИЗМА ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ БЕРЕГОВ КРАСНОЙ РЕКИ <i>Динь Т.Х. *, Вязкова О.Е., Фоменко И.К. (МГРИ), Нгуен Т.К. (Геологический институт Ханоя)</i> .....	93
26. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОЛЕЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ <i>Дмитриев В.В. * (МГРИ)</i> .....	96
27. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В АРКТИКЕ И СУБАРКТИКЕ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ДЕГРАДАЦИИ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ <i>Мельников В.П. (ТюмНЦ СО РАН, ТюмГУ), Дроздов Д.С. * (МГРИ, ИКЗ ТюмНЦ СО РАН, ТюмГУ), Дубровин В.А. (ФГБУ Гидроспецгеология), Пендин В.В., (МГРИ)</i> .....	99
28. ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ДЕГРАДАЦИИ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ ПРИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В АРКТИКЕ И СУБАРКТИКЕ <i>Дроздов Д.С. * (МГРИ, ИКЗ ТюмНЦ СО РАН, ТюмГУ), Мельников В.П. (ТюмНЦ СО РАН, ТюмГУ), Дубровин В.А. (ФГБУ Гидроспецгеология), Пендин В.В., (МГРИ)</i> .....	103
29. ИЕРАРХИЯ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ТЕЛ И ГЕОСИСТЕМ <i>Дроздов Д.С. * (ИКЗ ТюмНЦ СО РАН, МГРИ, ТюмГУ)</i> .....	107
30. АНАЛИЗ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ РАСПОЛОЖЕНИЯ КРЕПОСТЕЙ РУССКОГО СЕВЕРА <i>Дубровин К.А. * (МГРИ)</i> .....	111
31. К ВОПРОСУ ОБ ИЗУЧЕНИИ ОПОЛЗНЯ НА ЛЕВОМ БЕРЕГУ РЕКИ КУБАНЬ В РАЙОНЕ СТАНИЦЫ КРАСНОГОРСКАЯ <i>Еремин А.А. *, Буфеев Ф.К. (МГРИ)</i> .....	115
32. ВЛИЯНИЕ ЗОНАЛЬНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД НА ОЦЕНКУ РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД <i>Ершов В.В. * (ФГБУ Гидроспецгеология), Черепанский М.М. (МГРИ)</i> .....	118
33. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ ДЕФОРМАЦИИ ГРУНТОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ МЕТОДОМ ТРЁХОСНОГО СЖАТИЯ (В СТАБИЛОМЕТРЕ) <i>Захаров Э.Ю. * (GIG Gesellschaft für Ingenieurgeologie mbH)</i> .....	122
34. К ПРОБЛЕМЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ ПРИ ВИБРАЦИОННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ <i>Изотова В.А. * (Санкт-Петербургский горный университет)</i> .....	124
35. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОДРУСЛОВОГО СТОКА И ЕГО РОЛЬ В ВОДНОМ БАЛАНСЕ ОТДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ <i>Каримова О.А. * (МГРИ), Зайцева А.В. (Институт водных проблем РАН)</i> .....	128
36. РЕСУРСЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ И ПРОБЛЕМЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ <i>Кац В.Е. *, Ролдугин В.В. (Горно-Алтайское отделение государственного мониторинга геологической среды ФГБУ «Гидроспецмониторинг»), Климонтов Г.П. (АО «Алтай-Гео»)</i> .....	131
37. АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД П-ВА ЯМАЛ ЗА ПЕРИОД С 1984 Г. ПО 2016 Г. <i>Колошеин В.Б. *, Шубина Д.Д. (МГРИ)</i> .....	135
38. ВЛИЯНИЕ СПЕЦИФИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕХНОГЕННЫХ ГРУНТОВ НА ПАРАМЕТРЫ СКЛАДИРОВАНИЯ <i>Кондакова В.Н. *, Поспехов Г.Б. (Санкт-Петербургский горный университет)</i> .....	139
39. РОЛЬ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ХОДЕ РЕСТАВРАЦИИ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ ПРИ ОСВОЕНИИ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА <i>Кувшинников В.М. *, Буфеев Ф.К. (МГРИ)</i> .....	142

40. НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЕТОВ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ЗАСТРОЙКИ <i>Кулешов А.П.* (МГРИ)</i> .....	146
41. ДОСТОВЕРНОСТЬ РАСЧЕТА СВАЙ НА ГОРИЗОНТАЛЬНУЮ НАГРУЗКУ <i>Кургузов К.В.*, Фоменко И.К. (МГРИ), Сироткина О.Н. (Московский государственный Университет им. М.В. Ломоносова)</i> .....	150
42. ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОСТАТИСТИЧЕСКОГО МЕТОДА «КОКРИГИНГ» ДЛЯ АНАЛИЗА И ИНТЕРПОЛЯЦИИ МНОГОМЕРНОЙ ГЕОЛОГО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ КАРТ В ДЕЛЬТЕ Р. МЕКОНГ (СРВ) <i>Лам В.Х.-К.*, Лисенков А.Б., Фам Т.Н. (МГРИ)</i> .....	154
43. ОТРАЖЕНИЕ ПОЗДНЕМИОЦЕНОВОГО ГЛЯЦИОКРИОГЕННОГО ПЕРИОДА В СЕВЕРНОМ ПОЛУШАРИИ <i>Лаухин С.А.* (МРГИ)</i> .....	158
44. ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ЛЕДНИКОВ НА ПРИМЕРЕ ЛЕДНИКА Г.ЭЛЬБРУС <i>Ледовских Г.Ю.* (МГРИ)</i> .....	162
45. К ВОПРОСУ О ВЗАИМОСВЯЗИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ (ТЕХНИКО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ) И СОЦИАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ <i>Леньшин В.П.* (МГРИ)</i> .....	164
46. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДИКИ МУЗЕЕФИКАЦИИ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ <i>Миннебаев И.С.* (МГРИ)</i> .....	167
47. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ СУБАКВАЛЬНЫХ ФЛЮИДОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ <i>Миронюк С.Г.* (Центр анализа сейсмических данных МГУ им М. В. Ломоносова)</i> .....	171
48. ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ НА ПРИМЕРЕ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА В РАЙОНЕ ПРОЛИВА НЕВЕЛЬСКОГО <i>Музыка Д.С.*, Буфеев Ф. К. (МГРИ)</i> .....	179
49. ТРАНСФОРМАЦИЯ СОСТАВА ПРИРОДНЫХ ВОД В ПРЕДЕЛАХ ОДНОЙ ИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗОН В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН <i>Мусин Р.Х.*, Галиева А.Р., Кудбанов Т.Г. (Казанский федеральный университет)</i> .....	183
50. ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ПОДТОПЛЕНИЯ ОДНОЙ ИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЛОЩАДОК В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН <i>Мусин Р.Х.*, Галиева А.Р., Кудбанов Т.Г. (Казанский федеральный университет), Курлянов Н.А. (СургутНИПИнефть)</i> .....	187
51. МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТА <i>Натчук М. В.* (МАОУ лицей №81), Галинский А. А. (ТГУ)</i> .....	191
52. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФУНДАМЕНТОВ ИСТОРИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ КИРИЛЛО-БЕЛОЗЕРСКОГО МОНАСТЫРЯ И СТРУКТУРА СФЕРЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ИПТС <i>Подборская В.О., Невечера В.В.* (МГРИ)</i> .....	195
53. ОСОБЕННОСТИ МОНИТОРИНГА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И РЕКОНСТРУКЦИИ НАРУЖНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ ПАМЯТНИКОВ ИСТОРИИ И КУЛЬТУРЫ <i>Никишина Т.А.* (МГРИ)</i> .....	198
54. ПРОБЛЕМА КАЧЕСТВА ПРОВЕДЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ <i>Никулина М.Е.*, Горобцов М.Е. (МГРИ)</i> .....	200
55. СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ МЕТОДИК ОЦЕНКИ КАРСТОВОЙ ОПАСНОСТИ <i>Орехов Д.А.*, Романова Е.Р., Буфеев Ф.К. (МГРИ)</i> .....	204
56. ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА НА КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД АЛЬБ-СЕНОМАНСКОГО ВОДНОСНОГО ГОРИЗОНТА НА ПРЕДПРИЯТИИ ОАО «СТОЙЛЕНСКИЙ ГОК» <i>Погорельцева Е.И.* (НИУ «БелГУ»)</i> .....	209
57. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕОРИИ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ Г.К.БОНДАРИКА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ КОНЦЕПЦИЙ СОХРАНЕНИЯ ПАМЯТНИКОВ РУССКОЙ АРХИТЕКТУРЫ <i>Подборская В.О.*, Пендин В.В., Невечера В.В. (МГРИ)</i> .....	213
58. ОПАСНЫЕ ЭКЗОГЕННЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ НА АВТОТРАССЕ «КОЛЫМА» (ЯКУТСК-МАГАДАН) <i>Поморцева А.А.* (Санкт-Петербургский горный университет), Поморцев О.А. (Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова), Толстихин О.Н. (Институт мерзлотоведения СО РАН)</i> ..	216



59. ТЕМПЫ ДЕГРАДАЦИИ МЕРЗЛОТЫ У ЮЖНОЙ ГРАНИЦЫ КРИОЛИТОЗОНЫ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОНИТОРИНГА) <i>Пономарева О.Е.* (МГРИ), Дроздов Д.С. (МГРИ, ИКЗ ТюмНЦ СО РАН, ТюмГУ), Гравис А.Г., Бердников Н.М. (ИКЗ ТюмНЦ СО РАН), Устинова Е.В. (ИКЗ ТюмНЦ СО РАН, ТюмГУ, ТИУ), Успенский А.М. (МГУ), Бочкарев Ю.Н. (МГУ, ИКЗ СО РАН), Лешневская Е.Ф. (ТИУ) .....</i>	220
60. ИСПЫТАНИЕ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЯ НАТУРНЫМИ БУРОИНЪЕКЦИОННЫМИ СВАЯМИ <i>Сайко О.В.* (Институт Геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН) .....</i>	223
61. АНАЛИЗ ОПЫТА ЭКСПЛУАТАЦИИ БОРЖОМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ ЕГО ОСВОЕНИЯ <i>Секерина И.Н. (ЗАО ГИДЭК) .....</i>	225
62. СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЛЕНТОЧНЫХ ФУНДАМЕНТОВ <i>Синицын А.Р.*, Шубина Д.Д. (МГРИ) .....</i>	229
63. О РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТА КОНЦЕПЦИИ ПРОГРАММЫ «ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ТРАНСГРАНИЧНЫХ ВОД РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ» <i>Станкевич А.П. (ЦНИИКИВР), Черепанский М.М. (МГРИ) .....</i>	231
64. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ МЕЛ-МЕРГЕЛЬНЫХ ПОРОД ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Тарабукин В.В. (МГРИ) .....</i>	233
65. ГИПОТЕЗА ФОРМИРОВАНИЯ ЕРГЕНИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД <i>Фисун Н.В.*, Фисун О.Н. (МГРИ) .....</i>	236
66. СТЕПЕНЬ «ТЕХНОГЕННОСТИ» ОПАСНЫХ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ <i>Хоменко В.П.* (НИУ МГСУ) .....</i>	240
67. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ И ИХ КОРРЕКТИРОВКА <i>Чурашкина А.Р.* (МГРИ) .....</i>	244
68. МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИЙ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ФАЗОВЫХ ПРОНИЦАЕМОСТЕЙ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ПО ДАННЫМ ПРОМЫСЛОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ <i>Шишляев В.В.* (ООО «Газпром проектирование»), Черепанский М.М. (МГРИ) .....</i>	248
69. ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РЕКРЕАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ГАГРСКОГО ЗАЛИВА (АБХАЗИЯ) <i>Шубина Д.Д.* (МГРИ), Никифоров С.П. (МГУ им. М.В. Ломоносова) .....</i>	251
70. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ <i>Сергеев С.В.* (ОАО «ВИОГЕМ»), Синица И.В. (ОАО «ВИОГЕМ»), Юрченко Г.Ю. (НИУ «БелГУ») .....</i>	255
71. ОПТИМИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПТС «ЖЕЛЕЗОРУДНЫЙ КАРЬЕР» НА БАЗЕ АНАЛИЗА ПЕРЕКРЕСТНЫХ СВЯЗЕЙ <i>Ярг Л.А.*, Фоменко И.К. (МГРИ) .....</i>	258
<b>СЕКЦИЯ «ГЕОЭКОЛОГИЯ»</b>	
72. ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА НЕФТЕГАЗОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ <i>Агазаде А.В.*, Скопинцева О.В. (МГРИ) .....</i>	262
73. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ <i>Ахмадиев А.К.*, Экзарьян В.Н. (МГРИ) .....</i>	265
74. АНАЛИЗ И СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ХИМИЧЕСКИХ ГРУПП, ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ И ЗАГРЯЗНЕНИЙ РЕКИ МОСКВЫ <i>Баранова Т.И.* (МГРИ) .....</i>	268
75. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ РОССИИ <i>Белуосов Р.Н.*, Щерба В.А. (МГРИ) .....</i>	272
76. ПРОПАНОВЫЙ ФРЕКИНГ, КАК ОДИН ИЗ ПУТЕЙ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ПРИ ОСВОЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЛАНЦЕВОГО ГАЗА <i>Бочейко А.Н.*, Щерба В.А. (МГРИ) .....</i>	276
77. РАССМОТРЕНИЕ МЕТОДОВ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ БУРЕНИЯ <i>Шевченко В.Д.*, Брылов Д.С. (МГРИ) .....</i>	278
78. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ОБЕСПЫЛИВАНИЕ ВОЗДУХА ПРИ ПОГРУЗКЕ И ТРАНСПОРТИРОВКЕ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ <i>Бузин А.А.*, Скопинцева О.В., Исаев О.Н., Брылов Д.С. (МГРИ) .....</i>	281

79. МИГРАЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ (Cu, Pb, Cd) ЧЕРЕЗ КЕРЧЕНСКИЙ ПРОЛИВ <i>Буфетов Д.О. (МГРИ)</i> .....	285
80. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ФУНКЦИОНИРОВАНИИ УЧЕБНОГО КОРПУСА «В» (СТРОЕНИЕ 7) НИТУ «МИСиС» <i>Волошенюк Л.О.* (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»), Скопинцева О.В. (МГРИ)</i> .....	289
81. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ МЕДИЦИНСКИХ ОТХОДОВ В ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАНАХ <i>Горева В.А.* (магистрант МГРИ), Абрамова Е.А. (МГРИ)</i> .....	292
82. ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ИЗУЧЕННОСТИ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СЕВЕРНОГО КAVKAZA ПО МАТЕРИАЛАМ ФГБУ «РОСГЕОЛФОНД» <i>Граневич А.С.*, Михайлова С.М. (ФГБУ «Росгеолфонд»)</i> .....	296
83. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СКАНИРУЮЩИЙ ЛАЗЕР НА КРАСИТЕЛЯХ С ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ ДИАМЕТРОМ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ВЫХОДНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ <i>Деулин Б.И.* (Орловский технологический техникум)</i> .....	299
84. ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ОБЪЕКТОВ РЕКОНСТРУКЦИИ НЕВИННОМЫССКОЙ ГРЭС <i>Дикарева Ю.С. (магистрант МГРИ, УЖО СИТО ФСО России)</i> .....	302
85. ОЦЕНКА РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА ОБЪЕКТЫ ПРИРОДНОГО КОМПЛЕКСА МОСКВЫ <i>Жаркова К.Н.*, Мазаев А.В. (МГРИ)</i> .....	305
86. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ХОЗЯЙСТВА КАБАРДИНО-БАЛКАРИИ НА СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ <i>Журавский С.В.* (магистрант, МГРИ)</i> .....	308
87. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ МЕТОДОМ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРИ КАРТИРОВАНИИ ПОЧВ <i>Иванов А.А.*, Кремнев Д.В., Изотов Г.С. (МГРИ)</i> .....	311
88. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТУРИЗМ ПО ХИБИНСКИМ ТУНДРАМ <i>Казаков А.В.* (ФБГУН Минмузей РАН)</i> .....	314
89. МЕТОДИКА УСТАНОВЛЕНИЯ ГРАНИЦ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ С ЦЕЛЬЮ ПОСТАНОВКИ НА ГКУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ LANDSAT <i>Калимуллина Г.И. (Казанский (Приволжский) федеральный университет; ООО «ЭкоЛидер»)</i> .....	317
90. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ДОБЫЧИ СИНТЕТИЧЕСКОЙ НЕФТИ В РОССИИ <i>Муфазалова Р.И.*, Аполлонова Н.В., Калинина М.С. (МГРИ)</i> .....	321
91. ВИДЕОЭКОЛОГИЯ ГОРОДА И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОЗДАНИЮ ВИЗУАЛЬНО БЛАГОПРИЯТНОГО АРХИТЕКТУРНОГО СТИЛЯ <i>Крапивнер Е.А.*, Меланич А.В. (МГРИ)</i> .....	325
92. МЕТОД РАСЧЕТА ПОТОКОВ ОСНОВНЫХ ИОНОВ ДАННЫМ МОНИТОРИНГА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СНЕЖНОГО ПОКРОВА <i>Кузовкин В.В. (ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля)</i> .....	328
93. ПРОБЛЕМА УТИЛИЗАЦИИ БАТАРЕЕК И АККУМУЛЯТОРОВ В Г. МОСКВЕ И РОССИИ <i>Куликова Ю.И. (МГРИ)</i> .....	332
94. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, СОБЫТИЯ, ПРОЦЕССЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВЫБОР УЧАСТКА ПОД РАЗМЕЩЕНИЕ ПУНКТА ЗАХОРОНЕНИЯ РАО <i>Лукьянова Ю.Н. (Аспирант ФГБОУ ВПО НИУ МГСУ)</i> .....	336
95. АЛГОРИТМЫ И АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ КРУПНЫХ МЕГАПОЛИС <i>Мазаев А.В. (МГРИ)</i> .....	340
96. ПРОГРАММНО-АППАРАТНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ОЖИВЛЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В ГОРОДЕ <i>Марков М.Л. (ГИ), Смелов В.В. (БГТУ), Черепанский М.М. (МГРИ)</i> .....	343
97. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПОДЗЕМНОГО ХРАНИЛИЩА ГАЗА В РЕСПУБЛИКЕ ЧУВАШИЯ <i>Маслова Л.В. (аспирант МГРИ), Экзарьян В.Н. (МГРИ)</i> .....	347
98. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОД ФИНСКОГО ЗАЛИВА И ФАКТОРЫ ЕГО ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ <i>Медведева О.Ф.* (МТУ Ростехнадзор)</i> .....	350
99. ОЦЕНКА ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ НА ПРИМЕРЕ РЕГИОНА КAVKAZСКИЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ ВОДЫ <i>Назарова Н.С.*, Еременко Е.А. (МГУ)</i> .....	352

100. КАДАСТРОВАЯ ОЦЕНКА ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ КАК ОСНОВА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ <i>Огуречников А.А.*</i> , <i>Экзарьян В.Н. (МГРИ)</i> .....	356
101. ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ЗАВОДАХ <i>Пернебек Б.П.* (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»), Скопницева О.В. (МГРИ)</i> .....	360
102. СОВРЕМЕННЫЕ СОСТОЯНИЕ ПРОТИВООПОЛЗНЕВЫХ И ПРОТИВОАБРАЗИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В Г. МОСКВА <i>Поворознюк Г.П. (ООО «Транспроектинжиниринг»)</i> .....	362
103. ВЛИЯНИЕ АНОМАЛИЙ СРЕДНЕМЕСЯЧНЫХ ТЕМПЕРАТУР НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА Г. МОСКВЫ <i>Пузанкова В.А. (МГРИ)</i> .....	365
104. РАЗРАБОТКА И НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ГЕОТЕХНОЛОГИЙ ВОЗВРАТА ЦВЕТНЫХ, РЕДКИХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ ВОЗОБНОВЛЕНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РУДНИКОВ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ <i>Пьянников П.В.* (АО «Геолэкспертиза)</i> .....	368
105. ИЗУЧЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МИКРОКЛИМАТА ГОРОДА МОСКВЫ <i>Корнякова Д.С., Савушкина Е.Ю.* (МГРИ)</i> .....	370
106. ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ВОД РЕКИ ГОРОДНЯ <i>Крахина Е.А.*</i> , <i>Сазонова В.В. (МГРИ)</i> .....	372
107. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПЕСТИЦИДАМИ ПОЧВ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ <i>Смелов Д.С.* (МГРИ)</i> .....	375
108. РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ <i>Сотникова А.О.*</i> , <i>Ганова С.Д. (МГРИ)</i> .....	379
109. МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ КАДМИЕМ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА <i>Стефунько М.С.* (ИПКОН РАН)</i> .....	383
110. РАЗРАБОТКА СПОСОБА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛЫ СЖИГАНИЯ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД <i>Сучкова М.В.*</i> , <i>Смирнов Ю.Д. (Санкт-Петербургский горный университет)</i> .....	387
111. АНАЛИЗ МЕТОДИКИ ВЫЯВЛЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНО ВАЖНЫХ КАЧЕСТВ МЕНЕДЖЕРА СРЕДНЕГО ЗВЕНА В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ <i>Федосеева К.В.*</i> , <i>Ганова С.Д. (МГРИ)</i> .....	391
112. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОТХОДЫ - ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ <i>Федотова В.П.*</i> , <i>Гришкевич М.С. (МГРИ)</i> .....	395
113. ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ВОДОЕМОВ ОТ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОКОНТЕЙНЕРОВ <i>Худоёрва З.Д.* (МГРИ)</i> , <i>Долгополова О.Н. (ООО "РН- Ближневосточная компания")</i> .....	397
114. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОРСКИХ НЕФТЕОТГРУЗОЧНЫХ ТЕРМИНАЛОВ <i>Худоёрва З.Д.* (МГРИ)</i> , <i>Долгополова О.Н. (ООО "РН- Ближневосточная компания")</i> .....	400
115. БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ <i>Долгополова О.Н. (ООО "РН- Ближневосточная компания")</i> , <i>Худоёрва З.Д.* (МГРИ)</i> .....	403
116. ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ПЕРИОД СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ОСВОЕНИИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КРАЙНЕГО СЕВЕРА <i>Цымбал М.Н.*</i> , <i>Ганова С.Д. (МГРИ)</i> .....	406
117. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ ПОЧВ НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЫ <i>Чернышова А.А.*</i> , <i>Буфетова М.В. (МГРИ)</i> .....	410
118. РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА ОТ МОЛИБДЕНА <i>Чукаева М. А.*</i> , <i>Сверчков И.П. (Санкт-Петербургский горный университет)</i> .....	414
119. К ВОПРОСУ О РЕАБИЛИТАЦИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ <i>Экзарьян В.Н.* (МГРИ)</i> .....	418
120. ГЕОТОКСИКОЛОГИЯ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА. ВИДЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ <i>Якуцени С.П.* (АО «Геолэкспертиза)</i> .....	422
121. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И КРИТЕРИИ ТИПИЗАЦИИ ЛАНДШАФТОВ <i>Немчианова Т.Е., Абрамова Е.А. (МГРИ)</i> .....	426

<b>122. ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ПРИМЕСЕЙ НЕФТЕПРОДУКТОВ МЕТОДОМ ПНЕВМОСЕПАРАЦИИ</b> <i>Козило Ю.А.*, Скопинцева О.В. (МГРИ)</i> .....	<b>430</b>
---	------------

**СЕКЦИЯ «СТРОИТЕЛЬСТВО СИСТЕМ И СООРУЖЕНИЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ»**

<b>123. ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ МИКРОФЛОРЫ СИСТЕМ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ДЛЯ БОРЬБЫ С БИООБРАСТАНИЕМ</b> <i>Воробьев А.Ю. * (МГРИ)</i> .....	<b>433</b>
<b>124. ЗАРАСТАНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ, БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАСТАНИЕ ВОДОЗАБОРОВ И ТРУБОПРОВОДОВ И СПОСОБЫ БОРЬБЫ С НИМ</b> <i>Воробьев А.Ю. * (МГРИ)</i> .....	<b>438</b>
<b>125. ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ХИМИЧЕСКОГО ЗАВОДА</b> <i>Головатый Е.И. *, Эпов А.Н. (МГРИ)</i> .....	<b>443</b>
<b>126. ОБСЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ХИМИЧЕСКОГО ЗАВОДА</b> <i>Головатый Е.И. *, Эпов А.Н. (МГРИ)</i> .....	<b>447</b>
<b>127. К ВОПРОСАМ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ ВОДООТВЕДЕНИЯ</b> <i>Дерюшев Л.Г. * (МГРИ)</i> .....	<b>452</b>
<b>128. РАСЧЕТ РАБОЧИХ И РЕЗЕРВНЫХ ФИЛЬТРОВ ВОДОПРОВОДНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ С УЧЕТОМ БЕЗОТКАЗНОСТИ ИХ РАБОТЫ</b> <i>Дерюшев Л.Г. *, Дерюшева Н.Л. (МГРИ)</i> .....	<b>456</b>
<b>129. ОЦЕНКА КРИТЕРИЕВ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СНЕГОПЛАВИЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ</b> <i>Дерюшева Н.Л. * (МГРИ)</i> .....	<b>461</b>
<b>130. ОБЗОР ПАТОГЕНОВ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ</b> <i>Ерхов А.А. *, Кравченко Д.С. (МГРИ)</i> .....	<b>466</b>
<b>131. РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ЗА ИСПОЛНЕНИЕМ ВОДНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛ.</b> <i>Ерхов А.А. * (МГРИ)</i> .....	<b>471</b>
<b>132. О РАСЧЕТЕ ИЗБЫТОЧНОГО ДАВЛЕНИЯ В НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА</b> <i>Ларина Е.С. * (МГРИ)</i> .....	<b>476</b>
<b>133. ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ В ВОДОПОДГОТОВКЕ</b> <i>Петраш Е.П. * (МГРИ)</i> .....	<b>482</b>
<b>134. КОМПАКТНЫЕ СТАНЦИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД</b> <i>Петраш Е.П. * (МГРИ)</i> .....	<b>487</b>
<b>135. МЕТОД УПРОЩЕННОЙ АЭРАЦИИ ДЛЯ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ВОДЫ</b> <i>Фрог Б.Н. *, Вечтомова А.В. (МГРИ)</i> .....	<b>492</b>
<b>136. ACIDITHIOBACILLUS FERROOXIDANS В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ</b> <i>Фрог Б.Н. *, Борисова П.А. (МГРИ)</i> .....	<b>497</b>
<b>137. ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ Г. ДУШАНБЕ</b> <i>Шарифов М.Д. * (МГРИ)</i> .....	<b>502</b>



## CHARACTERISTIC OF EPIKARST BY USING GPR ON AN AREA AT THE WESTERN LIMESTONE PLATEAU, ASSIUT, EGYPT

*Ebraheem M.O.*

*(Geology Department, New Valley University, El-Kharga, Egypt, hlmoef98@gmail.com)*

### *Abstract*

Ground penetrating radar (GPR) techniques have been progressively developed to investigate several types of subsurface sedimentary features particularly in the upper zone of carbonate rocks. GPR has been applied in variety of studies including: groundwater investigations, identification of buried hazardous wastes, soils mapping, as well as engineering and geo-technical investigations. Most of common subsurface sedimentary heterogeneities in the western carbonate plateau of Assiut were formed by natural processes. Detection of these features is very important to face up the expected socio-economical pressure. These heterogeneities represent anomalies or departures from the surrounding or “background” geologic conditions which making them easier to detect by GPR. In the present study GPR was applied to determine the subsurface epikarst features during the construction of the asphaltic road in the north-western part (western plateau) of Assiut governorate, Egypt. GPR prospecting was done in all areas where a slope was cut into the limestone bedrock. All the 2D radargrams were constructed in raster with 3 meters between a single GPR profiles. This three -meters spacing was determined as the optimal value in which only a minimal resolution-price tradeoff was made. The gathered results were tested and compared to experiment reflections were calibrated. Karst limestone foundation bedrock treatments have been used in several worldwide projects and include engineering fill, engineering fill and geosynthetic materials, concrete filling and cement grout low pressure injection.

**Key words:** GPR, Epikarst, limestone, geo-technical, Assiut, Egypt.

On a world scale, the dissolution of carbonate rocks creates extensive karst landforms that can be very difficult ground for civil engineering projects. The dissolution process of the subsurface materials causes collapse of the overburden materials resulting in the formation of sinkhole depressions [8]. White [9] indicated that karst processes, along underground pathways, may give rise to the formation of three-dimensional systems of conduits, sometimes forming huge, long, and extremely complex caves. White [10] mentioned that cave exploration gives valuable information in studying karst aquifers. The formation of caves, collapsed caves, and sinkholes due to the karst development make the karst features are very distinctive. Karst cavities represent major problems in many areas all over the world. The presence of these problems cause damage to human structures [7], human life loss [3], water leakage in reservoirs [4], instability problems [6], and flooding and water table rise [1].

In Egypt, karst rocks cover a large area including wide areas along the eastern and western limestone plateaus [5] which overlook the Nile valley from Luxor to Cairo. Karst and sinkhole evaluation in Egypt represent a little explored topic. Therefore, the current study represents a new work that could help in understanding and evaluating the karst phenomena in Egypt, using GPR applications. It determines the essential karst formations and the distribution of the most problematic karst areas (sinkhole and cave areas). These were illustrated through many karst feature types covering the study area with different subsidence mechanisms. Karst is a geomorphologic feature that is formed in soluble rocks and/or

sediments by widening existing fractures or cavities through the dissolution activities [11] that forms sinkholes that represent subsidence hazards in the western plateau of Assiut.

Geologically the observed caves, sinkholes and open fractures in the study area are belonging to the Middle Eocene limestone. Most of the observed karst caves and sinkholes are structurally controlled by major faults and joints which have NW-SE trend. The engineering classification of this karst foundation bedrock is class K III [2]. Natural cavities and abandoned karst are safety threats to man and his expanding utilization of land and natural resources, and pose significant design and construction problems for new engineered structures.

Assumptions for the type of sedimentary heterogeneities below the ground surface were made on the basis of an analysis of radargrams, “a priori” geological knowledge of the surveyed area and the geometrical shapes of the anomalies must be taken into account. Materials with a high electrical conductivity (low resistivity) tend to attenuate EM signals; therefore, highly conductive materials will produce poor GPR data and/or reduce penetration depth. Using GPR accurately, it is possible to image the two and three dimensional structure of a range of different sedimentary heterogeneities.

In most GPR surveys on sediments and rocks, the dominant control on radar transmission and reflection is electrical conductivity governed by water content and the sediment static conductivity. The variation in sediment water content often relates to both changes in sediment porosity and permeability. Much of the GPR studies on rocks have been concentrated on carbonate rocks as their low electrical conductivity which makes them highly conductive to georadar imaging. Main specifications of radiolocation are depth of sounding and detail of cross-section division, the optimum ratio of which is set by variation of frequency and duration of a working signal at the solution of each concrete goal. On radargrams the contrast of discharged borders is determined by a signal reflection value and depends, mainly, on inductivity difference of the surveyed rocks and sediments.

### Acknowledgements

**Special thanks to Prof. Dr. HASSAN A. SOLIMAN for his assistance, encouragement, good cooperation in conducting a survey and helping with all the logistical problems.**

### References

1. Crawford, N. C., 1984. Sinkhole flooding associated with urban development upon karst terrain: bowling Green, Kentucky. In: Beck BF (ed) Proceedings of the first multidisciplinary conference on sinkholes. A.A. Balkema, Rotterdam : 283–292.
2. Ford, D.C. and Williams, P.F., 1989. Karst Geomorphology and Hydrology, Unwin Hyman, London: 601.
3. Gutiérrez, F.; Lucha, P. and Galve, J.P., 2010. Reconstructing the geochronological evolution of large landslides by means of the trenching technique in the Yesa Reservoir (Spanish Pyrenees). *Geomorphology*124(34):124–136. doi:[10.1016/j.geomorph.2010.04.015](https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.04.015)CrossRef
4. Gutiérrez, F.; Mozafari, M.; Carbonel, D.; Gómez, R. and Ræisi, E., 2014. Leakage problems in dams built on evaporites. The case of La Loteta Dam (NE Spain), a reservoir in a large karstic depression generated by interstratal salt dissolution. *Eng Geol* 185(5):139–154. doi:[10.1016/j.enggeo.2014.12.009](https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2014.12.009)
5. Halliday, W., 2003. Caves and karsts of northeast Africa. *Int. J. Speleol* 32(1/4):19–32.
6. Song, K. I.; Cho, G. C. and Chang, S. B., 2012. Identification, remediation and analysis of karst sinkholes in the longest railroad tunnel in South Korea *Eng. Geol.* 135-136: 92-105. doi: [10.1016/j.enggeo.2012.018](https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2012.018)CrossRef.



7. Waltham, T.; Bell, F. and Culshaw, M., 2005. Sinkholes and subsidence: karst and cavernous rock in engineering and construction. Springer, Berlin: 382.
8. White, W. B., 1988. Geomorphology and hydrology of karst terrains. Oxford University Press, Oxford: 464.
9. White, W.B., 2002. Karst hydrology: recent developments and open questions. Eng. Geol. 65:85–105.
10. White, W. B., 2007. A brief history of karst hydrogeology: contributions of the NSS. Journal of Cave and Karst Studies 69:13–26
11. Youssef, A. M.; Al-Harbi, H. M.; Gutiérrez, F.; Zabramwi, Y. A.; Bulkhi, A. B.; Zahrani, S. A.; Bahamil, A. M.; Zahrani, A. J. ; Otaibi, Z. A. and El-Haddad, B. A., 2016. Natural and human-induced sinkhole hazards in Saudi Arabia: distribution, investigation, causes and impacts. Hydrogeol. J. 24(3):625644.

## АКТУАЛЬНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ ПОСТОЯННО ДЕЙСТВУЮЩЕЙ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГОРОДОВ (НА ПРИМЕРЕ Г. ХАНТЫ-МАНСЙСКА)

*Абатурова И.В. \* (ФГБУ ВО «УГГУ», AbaturovaIV@gingeo.ru),  
Савинцев И.А. (ФГБУ ВО «УГГУ», Ivan.Savintsev@gmail.com),  
Стороженко Л.А. (ФГБУ ВО «УГГУ», StorozhenkoLA@gingeo.ru)*

### **Аннотация**

В статье рассмотрено создание постоянно действующей математической модели города Ханты-Мансийска с применением геоинформационных систем и с возможностью применения кластерного анализа для интегрирования разнородных инженерно-геологических и геодинамических параметров. Предлагаемая структура модели учитывает с одной стороны инженерно-геологические особенности территории, а с другой все необходимые функциональные возможности стандартных ГИС.

### **Ключевые слова**

Математическая постоянно действующая модель, геоинформационные системы, техногенные взаимодействия, геологическая среда, геодинамические процессы, факторы инженерно-геологических условий.

Структура города и его развитие зависят от истории его заселения. К несчастью учет особенной структуры, свойств и состояние грунтов под основаниями возводимых сооружений в исторические эпохи не был важным. Стратегически строили там, где была острая необходимость. Не менее сложная ситуация и в настоящее время, так как развитие инфраструктур большинства городов осуществляется не за счет расширения границ, а за счет точечных застроек. Другими словами, мы живем там, где выбор благоприятных грунтовых условий для строительства все более технически сложных и ответственных сооружений либо ограничен, либо отсутствует вообще. Кроме того, геологическая среда в контуре плотной городской застройки становится все более и более уязвима к нарастающим суммарным нагрузкам. Именно это предъявляет особые требования по накоплению и обработке инженерно-геологической информации в формате on-line. Для строительства надежных с точки зрения эксплуатации сооружений проектная организация должна получить от инженеров геологов не только полный набор параметров, характеризующих структуру и свойства грунта, но и модели возможных изменений инженерно-геологических условий, а также оценку опасности развития процессов во вновь формируемой природно-технической системе.

Таким образом, очевидно, что успешные проекты нового строительства могут состояться только на основе постоянно действующей математической инженерно-геологической модели. Под которой понимается «система упорядоченно-взаимосвязанных постоянно-уточняющихся в ходе исследований условий и факторов, отражающих состояние части геологического пространства, трансформированного в его логическое, картографическое или математическое изображение с целью прогнозирования и управления». Эта модель представляет геоинформационную систему, состоящую из 3-х звеньев.

1. Фактографическая база данных – формируется на основе информации разных источников, бурение скважин, инженерно-геологической документации, геофизических наблюдений, результатов инженерно-геологического обследования территории и т.д. Учитывая множество источников вся информация структурируется

по фиксированным форматам табличного редактора «Excel» в соответствующих тематических разделах.

2. Концептуально-фактографическая база данных. Формируется по результатам аналитических и лабораторных исследований.

3. Картографическая и атрибутивная база данных. Информационные единицы из концептуально-фактографического уровня экспортируются в структуры пространственных данных ГИС ArcGIS с соответствующими приложениями для поддержки процессов картографического и атрибутивного представления и анализа параметров инженерно-геологических элементов и процессов по запросам пользователей различного уровня.

Таким образом, предлагаемая структура модели учитывает с одной стороны инженерно-геологические особенности территории, а с другой все необходимые функциональные возможности стандартных ГИС.

Территория города по геоморфологическим, геодинамическим и инженерно-геологическим особенностям подразделяется на 3 зоны: «Самаровский останец», пойменная и террасовая зоны. История развития г. Ханты-Мансийска до недавнего времени сохраняла традиции типичного северного «поселения». Строительство зданий и сооружений осуществлялось в пределах пойменной и террасовой части города в относительно благоприятных инженерно-геологических условиях. Однако в последние годы началось освоение Самарского останца, в пределах которого очень активно развиваются различные геологические процессы, а в результате техногенного воздействия и инженерно-геологические процессы, такие как: оврагообразование, суффозия, оползни, развивающиеся по плохо прогнозируемым сценариям. Ряд непредвиденных аварийных ситуаций с сооружениями различного типа свидетельствуют о несостоятельности выполненных инженерно-геологических изысканий (рисунок 1).



Рисунок 1. Деформации зданий и сооружений в г. Ханты-Мансийске

Рассмотрим создание математической модели для г. Ханты-Мансийска, упуская первые два звена, остановимся на третьем, так как по существу именно набор тематических карт, кроме информационного назначения поддержки процесса проектирования, и есть фундаментальная основа для реализации всех математических функций, обеспечивающих объективный контроль и прогноз параметров развивающихся инженерно-геологических процессов.

Процесс построения интегральных карт (карты инженерно-геологических условий и карты инженерно-геологического районирования) состоят из нескольких этапов (рисунок 2).

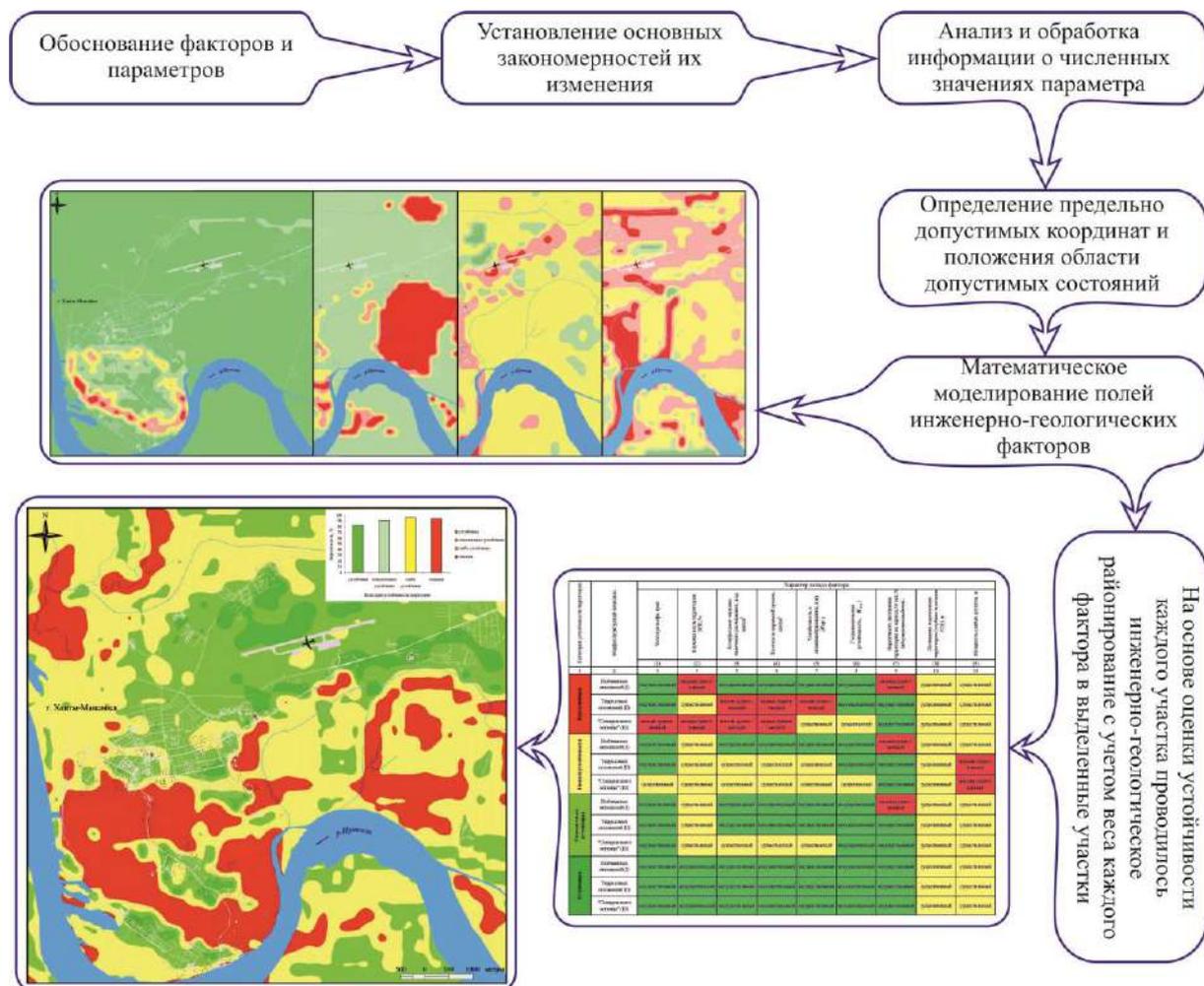


Рисунок 2. Этапы создания математической модели для г. Ханты-Мансийск

Ведущими параметрами для г. Ханты-Мансийск, отражающими устойчивость геологической среды к техногенному воздействию были выбраны: уклон рельефа, пораженность территории экзогенными процессами, коэффициент овражно-балочного расчленения, коэффициента устойчивости к оползнеобразованию, геодинамическая устойчивость, мощность слабых грунтов и т.д.

Всего при оценке было выделено 4-5 категорий. Выполненная оценка позволила оценить степень опасности проявления того или иного процесса.

Предложенные к оценке параметры характеризовались количественными показателями с разными единицами измерения, для их сравнения, полученным показателям присваивался балл на основе экспертных оценок. Основным методическим приемом для получения балльных оценок являлась индивидуальная экспертиза

выбранных параметров, влияющих на формирование инженерно-геологических условий.

В качестве основы принята 12-ти бальная шкала, и все используемые параметры калибровались по ней. Присвоение баллов осуществлялось по принципу: наихудшему состоянию отвечает максимальная величина баллов. После калибровки по каждому из параметров построены карты, отражающие характер их распределения.

Для совместной интерпретации девяти характеристик необходимо было рассчитать один интегрированный параметр, который одновременно учитывал вклад каждого фактора. В качестве обучающей выборки был выделен участок, включающий все морфоструктурные комплексы данной территории и применен модифицированный алгоритм кластерного анализа методом определения наименьшего расстояния. Этот алгоритм является одним из простых и наиболее часто используемых в картографических моделях. В задачи алгоритма входило определение по заданным параметрам расстояний между парами точек в пространстве и объединение ближайших кластеров в один. При этом расстояния между кластерами можно считать разными способами: методом ближайшего соседа, методом дальнего соседа или методом средней связи, а процесс объединения будет продолжаться, пока расстояние между кластерами не будет превышать заданный минимум или пока количество кластеров не достигнет заданного числа. Изначально алгоритм отрабатывается на обучающей выборке, а затем полученные по ней кластеры применяются на остальных выборках всей изучаемой территории.

На основе кластерного анализа была установлена вероятность выделения категорий устойчивости территории (рисунок 2), кроме того, для каждого параметра определялась доля его вклада в категории устойчивости (таблица в рисунке 2). Итогом кластерного анализа, с применением результатов обучающей выборки, становится интегральная карта. В результате было выделено 4 категории устойчивости территории к техногенному воздействию: устойчивые, относительно устойчивые, низкой устойчивости, неустойчивые (рисунок 2). Оценка устойчивости проводилась так же методом экспертных оценок на основании логики причинно-следственных связей и метода аналогий.

### Литература

1. Абатурова И.В., Тактуев Е.М. Закономерности развития природных и техноприродных процессов // Горный журнал. 2013. №3. С. 20-24.
2. Бондарик Г.К., Чан Мань Л., Ярг Л.А. Научные основы и методика организации мониторинга крупных городов: монография. М.: Изд-во ОАО «ПНИИИС», 2009. 260 с.
3. Зудилин А. Э., Савинцев И. А. Интегрированный анализ параметров инженерно-геологических и геодинамических процессов слабых грунтов с целью оценки строительных рисков // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2011. №. 12. С. 99-103.
4. Королев В.А. Мониторинг геологических, литотехнических и эколого-геологических систем. М.: КДУ, 2007. 416 с.
5. Пендин В.В. Комплексный количественный анализ информации в инженерной геологии. М.: КДУ, 2009. 354 с.
6. Стороженко Л.А. Компьютерные технологии в решении геоэкологических задач // Известия вузов. Горный журнал. 2008. №8. С. 102-105.
7. Трофимов В.Т., Шеко А.И., Федоренко В.С. Долговременные прогнозы проявления экзогенных геологических процессов. М.: Наука, 1985. 152 с.
8. Biot M.A. Mechanics of incremental deformations// New York: GU. 1965. P. 430.

**О ФОРМИРОВАНИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА  
ДЕМИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД СРЕДНЕГО ПРИАМУРЬЯ (НА  
ПРИМЕРЕ РАЙОНА КОСМОДРОМА «ВОСТОЧНЫЙ»**

*Абрамов В.Ю. (ЗАО «ГИДЭК», г. Москва, [abramov@hydec.ru](mailto:abramov@hydec.ru)),*

*Боревский Б.В. (ЗАО «ГИДЭК», г. Москва, [info@hydec.ru](mailto:info@hydec.ru)).*

**Аннотация**

В статье приведены сведения об особенностях формирования химического состава подземных вод, полученные при выполнении поисково-оценочных работ на 8 участках недр с целью водоснабжения объектов инфраструктуры космодрома «Восточный».

**Ключевые слова:** Деминерализованные подземные воды, многолетнемерзлые горные породы, химический состав, вымораживание и конденсация воды.

Формирование химического состава подземных вод продуктивного для водоснабжения миоцен-нижнелепестового водоносного горизонта сазанковско-белогорской свиты обусловлено особенностями климатических условий района: относительно большой мощностью зоны аэрации (более 20м); наличием многолетней мерзлоты долинного типа и глубоким сезонным промерзанием (до 4м), с перелетками (по Н.И.Толстихину), а также литолого-петрографическими особенностями песчаных, песчано-глинистых водовмещающих горных пород.

Продуктивный водоносный горизонт сазанковско-белогорской свиты, представленный каолинизированными кварцевыми песками залегает непосредственно на кристаллических горных породах фундамента, представленного нерасчлененными архей-протерозойскими гранитами. Подземные воды продуктивного водоносного горизонта сазанковско-белогорской свиты формируются в зоне свободного водообмена и характеризуются как ультрапресные (до 100 мг/л) и деминерализованными (до 20 мг/л) с околонейтральной (рН 6.4-8.2) реакцией среды.

Химический состав подземных вод в районе космодрома «Восточный» испытывает внутри сезонные изменения.

В результате выполнения работ по оценке внутри сезонного изменения качества подземных вод было выявлено, что в зимний период (февраль-март 2012г) подземные воды на всей площади поисково-оценочных работ (междуречье рек Зeya и Б. Пера) представлены деминерализованными подземными водами (таблица №1).

Таблица №1 Обобщенные данные о составе подземных вод при зимнем опробовании

Показатель	Норматив по СанПиН 2.1.4.1074-01	Ед. измер	минимум	максимум	среднее
Обобщенные показатели					
рН	6-9	ед. рН	6.27	8.5	7.17
Сухой остаток	1000	мг/л	<1	10.4	<1
Жесткость общ	7	°Ж	0.3	1.9	0.62
Na	200	мг/л	1.0	3.3	2.15
K	-	мг/л	0.1	0.3	0.2
Окисляемость	5	мгО/л	1	9.2	4.44
Общий химический состав					
Cl	350	мг/л	4.5	10.4	6.09

НСО <sub>3</sub>	-	мг/л	2.0	11.7	6.86
SO <sub>4</sub>	500	мг/л	1.9	4.25	2.73
NO <sub>3</sub>	45	мг/л	0.07	5.2	0.90
NO <sub>2</sub>	3	мг/л	<0,003	0.03	0.005
NH <sub>4</sub>	2	мг/л	<0,05	0.4	0.08
Санитарно-токсикологические и органолептические показатели					
Si	10	мг/л	7.36	15.44	11.92
Mn	0.1	мг/л	0.0003	0.39	0.09
Fe	0.3	мг/л	< 0,01	0.75	0.15

В таблице №2 представлены результаты опробования подземных вод типа «верховодка» в зоне аэрации водоносного горизонта сазанковско-белогорской свиты полученные при выполнении инженерно-геологических изысканий. Обобщенные данные о составе подземных вод зоны аэрации на участке работ.

Таблица №2

Показатель	Норматив по СанПиН 2.1.4.1074-01	Ед. измер	минимум	максимум	среднее
Обобщенные показатели					
pH	6-9	ед. pH	6.8	7.6	7.28
Сухой остаток	1000	мг/л	90.2	367.4	202.51
Жесткость общ	7	°Ж	0.6	3.2	1.39
Общий химический состав					
НСО <sub>3</sub>	-		48.8	134.2	82.19
Cl	350	мг/л	7.09	39.1	22.47
SO <sub>4</sub>	500	мг/л	1	163.2	52.31
NO <sub>3</sub>	45	мг/л	0.002	1.7	0.79
NO <sub>2</sub>	3	мг/л	<0,003	1	0.48
Na	200	мг/л	3.22	106	36.30
Ca	-	мг/л	4.4	32	14.49
Mg	-	мг/л	2.4	21.6	8.03
NH <sub>4</sub>	2	мг/л	0.7	3.9	2.91
Органолептические показатели					
Fe <sup>2+</sup>	0.3	мг/л	2.2	8	4.38
Fe <sup>3+</sup>	0.3	мг/л	0.03	15.2	6.67

Как видно из таблицы №2, в зоне аэрации продуктивного водоносного горизонта подземные воды типа «верховодка» имеют значительно повышенную минерализацию, они обогащены ионами железа и аммония в сверхнормативных концентрациях.

В таблице №3 приведен химический состав поверхностных вод в рассматриваемом районе.

Обобщенные данные о составе поверхностных вод на участке работ.

Таблица №3

Показатель	Норматив по СанПиН 2.1.4.1074-01	Ед. измер	минимум	максимум	среднее
Обобщенные показатели					
pH	6-9	ед. pH	5.65	7.5	6.33
Минерализация	1000	мг/л	40.07	231.19	85.56
Сухой остаток	1000	мг/л	35.2	202.4	77.45
Жесткость общ	7	°Ж	0.2	2.1	0.6
Окисляемость	5	мгО/л	1.92	32	8.91
Нефтепродукты	0.1	мг/л	<0.005	-	-
Общий химический состав					
HCO <sub>3</sub>	-	мг/л	24.4	158.6	58.78
Cl	350	мг/л	0.4	4	1.72
SO <sub>4</sub>	500	мг/л	0.87	23.78	3.87
NO <sub>3</sub>	45	мг/л	0.23	1.56	0.72
NO <sub>2</sub>	3	мг/л	<0.01	0.05	<0.01
Na	200	мг/л	4	14	7.95
K	-	мг/л	0.3	1.3	0.75
Ca	-	мг/л	2.81	36.07	7.54
Mg	-	мг/л	0.73	3.65	2.72
NH <sub>4</sub>	2	мг/л	<0.3	4.14	0.62
Санитарно-токсикологические и органолептические показатели					
Si	10	мг/л	2.87	13.07	8.98
Mn	0.1	мг/л	0.004	8.36	0.94
Fe	0.3	мг/л	<0.01	23.98	2.80

Как видно из таблицы №3, поверхностные воды имеют значительно повышенную минерализацию, обогащены ионами железа, аммония имеют повышенную цветность.

Месторождения деминерализованных подземных вод в литературе не описаны.

В настоящей статье мы рассматриваем физико-химические процессы, приводящие к деминерализации, обессоливанию, подземных вод.

Основным физико-химическим процессом, приводящим к деминерализации подземных вод, является процесс фазового перехода воды в отрицательно температурной зоне аэрации: 1) пары воды (вода паров атмосферного воздуха) – жидкость (конденсат); 2) жидкость (конденсационное, дождевое, снеговое питание) – твердое состояние (лед) – жидкость (таяя вода).

Наличие в исследуемом районе многолетней мерзлоты долинного типа мощностью до 20м, реликтовой многолетней мерзлоты на водоразделах, глубокое сезонное промерзание до 4м и оттаивание деятельного слоя приводит к деминерализации подземных вод. Сезонная мерзлота на территории космодрома существует 7-8 месяцев в году и полностью оттаивает к началу августа, обеспечивая относительно свободную инфильтрацию атмосферных осадков лишь в ограниченный период времени (август-октябрь). В период промерзания деятельного слоя важное

значение приобретают мерзлотно-гидрогеохимические процессы, приводящие к криогенному высаливанию (опреснению) воды в зимнее время в деятельном слое и в зоне реликтовой мерзлоты (возможны перелетки) с дифференциацией ультрапресного льда и раствора вымораживания, составляющего доли масс% от льда. В летний период наблюдается вынос вещества (растворение криосолей (криозвтектик) и растворов вымораживания) из деятельного слоя талыми и атмосферными водами в долины рек и ручьев, при этом зона интенсивного водообмена ограничена мощностью деятельного слоя, а поверхность сезонно-мерзлых пород и реликтовой мерзлоты служит водоупором. Питание подземных вод ультрапресными водами происходит за счет деградации льда нижней части деятельного слоя и инфильтрации атмосферных осадков в периоды (июль-октябрь) полной оттайки сезонной мерзлоты. В опреснении подземных вод значительную роль также как и оттайка льда, играет процесс конденсации атмосферных паров (раса) на отрицательнотемпературных горных породах зоны аэрации. Именно по таким механизмам происходит ультра опреснение, деминерализация подземных вод верхней части гидрогеологического разреза космодрома «Восточный».

В летнее время при конденсации и таянии сезонной мерзлоты в деятельном слое все растворимые соли (как осадившиеся в виде кристаллогидратов (криозвтектик) и сконцентрированные в растворах вымораживания в период промерзания) переходят в свободную гравитационную воду и в летний паводок смываются в долины рек. На стадии протаивания в приповерхностных условиях происходит интенсивное физико-химическое преобразование вещества: фазовое превращение воды, сопровождающееся растворением и выщелачиванием водовмещающих пород, в том числе и органических соединений; окисление компонентов и их комплексообразование. Существенную роль в период оттаивания играют процессы криогенного высаливания. При замерзании природных растворов соли выпадают в осадок в виде кристаллогидратов по эвтектикам (температурные точки) [2] и концентрируются в виде растворов вымораживания, а при оттаивании переходят в свободную воду, но не полностью: наиболее труднорастворимые соединения, в основном карбонаты, остаются в горной породе. В итоге в составе талых вод увеличивается процентное содержание хорошо растворимых солей, в частности, хлоридов натрия и кальция.

#### **Выводы:**

1. Формирование деминерализованных подземных вод района космодрома «Восточный» происходит в результате процессов конденсации паров воды из атмосферного воздуха и криогенного самоочищения (фазовый переход воды) подземных вод в зоне аэрации;
2. Подземные деминерализованные воды продуктивного водоносного горизонта сазанковско-белогорской свиты питаются конденсационной водой, деминерализованным талым льдом, а минерализованные растворы вымораживания (верховодка, таблица №2) стекают в долины рек и ручьев с многолетней мерзлотой долинного типа (таблица №3).

#### **Литература**

1. Абрамов В.Ю., Кирюхин В.А. Химическая зональность подземных вод, льдов и минералов как отражение криогенных процессов.//Шестые Толстихинские Чтения, материалы конференции. – СПб, 1997. – С. 125-128.

## ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ УСЛОВИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ЭГП НА СЕВЕРНОМ СКЛОНЕ ХР. АИБГА

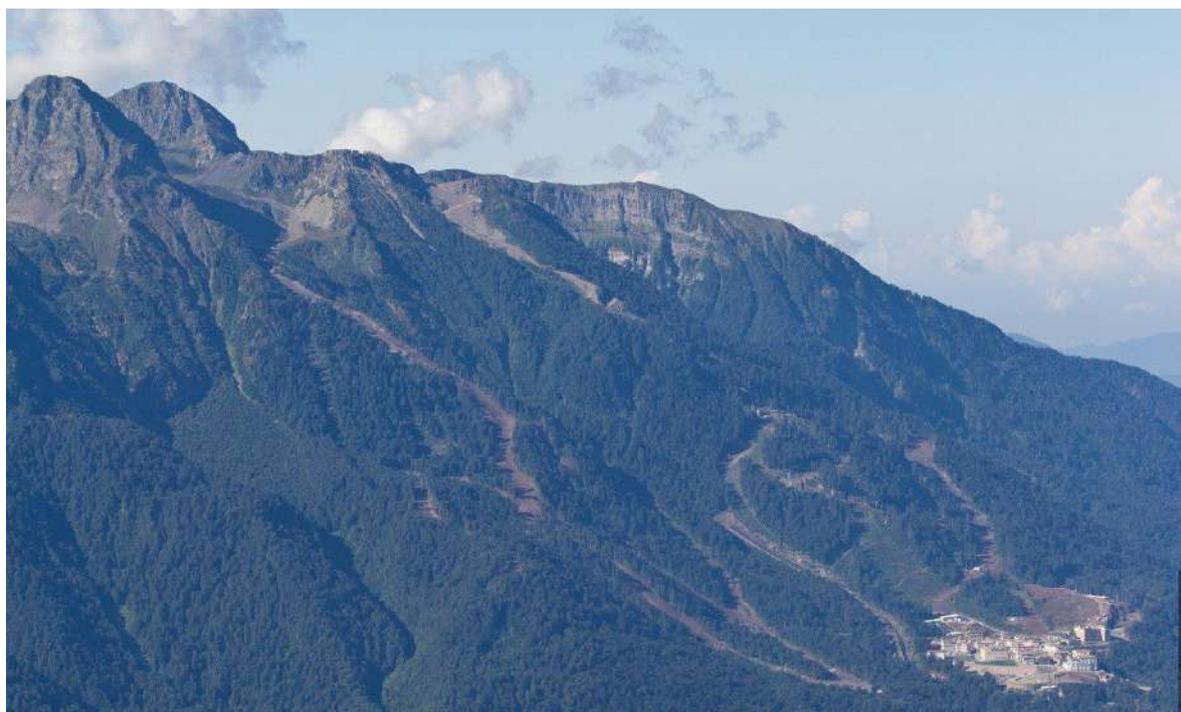
Алянова А.В. (МГРИ, [aleonaya@yandex.ru](mailto:aleonaya@yandex.ru)),  
Вязкова О.Е. (МГРИ, [wjask@yandex.ru](mailto:wjask@yandex.ru))

**Аннотация.** В работе проанализированы все компоненты инженерно-геологических условий на северном склоне хребта Аибга, в пределах которого расположено множество спортивных объектов курортов Альпика-Сервис. Роза Хутор, Горная карусель (лыжные трассы, подъёмники). Целью анализа являлось выделение опасностей природно-геологического характера, которые могут повлиять на эксплуатацию спортивно-рекреационной инфраструктуры.

**Ключевые слова:** инженерно-геологические условия, туристическая инфраструктура, экзогенные геологические процессы, безопасность эксплуатации

В 2007 г. Сочи был избран местом проведения XXII Зимних Олимпийских игр. Эта дата стала началом широкомасштабного строительства олимпийских спортивных объектов в районе Красной Поляны. Природные условия создания горного кластера оказались очень сложны. В настоящее время (через 5 лет после проведения соревнований) спортивно-рекреационно-развлекательная инфраструктура стала ещё более развитой, заняла значительные территории прилегающих горных хребтов и продолжает расширяться. В прошлой работе авторы анализировали проблемы эксплуатации горнолыжных трасс, расположенных на хребте Псехако [1]. Целью данной работы был анализ инженерно-геологических аспектов эксплуатации инфраструктуры на северном склоне хребта Аибга, где расположены крупные туристические центры Альпика-Сервис, Горная Карусель, комплекс Роза Хутор.

Сложность инженерно-геологических условий предопределяется большей высотой хр. Аибга, отдельные вершины которого достигают 2500 м, а также крутизной склонов (рис. 1).



*Рисунок 1. Общий вид северного склона хребта Аибга с лыжными трассами*

В ходе расширения туристической инфраструктуры в 2017 г, после масштабной реконструкции были открыты горнолыжные трассы и подъемники на курорте «Альпика-Сервис». Этот курорт является старейшим горнолыжным комплексом Красной Поляны. Открытие состоялось в 1993 году, затем в 2008 году он был приобретен «Газпромом» и теперь «Альпика» входит в состав ГТЦ ОАО «Газпром».

В настоящее время происходит строительство новых трасс. В связи с этим необходимо проанализировать инженерно-геологические условия изучаемой территории.

«Альпика» расположена между курортами Роза Хутор и Горки Город. Горнолыжный комплекс оборудован **10 трассами разного уровня сложности**. Самая длинная из них – 7,5 км. Общая протяженность спусков более 25 км. Перепад высот на трассах курорта составляет 1698 м (с 540 м до 2238 м). На каждую из трасс можно подняться с помощью подъемников: 4-х очередей канатно-кресельной дороги и 5 бугелей.

В первую очередь, необходимо отметить климатические условия на хр. Аибга. Ближайшая метеостанция находится на хр. Аибга на высоте 2225 м над уровнем моря. Характерной особенностью распределения осадков в горной местности является увеличение их количества с высотой. По данным метеостанции на высоте более 2000 м. выпадает около 3800 мм/год, в интервале 1000–2000 м количество осадков достигает 2200 мм/год [2].

Число дней со снежным покровом в среднем в Красной Поляне составляет от нескольких до 78 дней [2].

Устойчивость и высота снежного покрова зависят от высоты, и на отдельных участках снег может лежать круглый год, а его высота достигать 5 м. Устойчивый снежный покров устанавливается на территории, лежащей выше 1500 м.

В геологическом строении склона принимают участие отложения юрской системы, представленные терригенной и вулканогенной формациями. Породы имеют наклонное и опрокинутое залегание, пронизаны габбро-диоритовыми дайками, разбиты большим количеством трещин, по которым сформированы промоины постоянных и временных водотоков. Массив пород нарушен большим количеством разломов разного возраста. В том числе через склон проходят активные, действующие разломы Бекишейский и Краснополянский. Прогнозная магнитуда землетрясений в этом районе оценивается в 7,5.

Большая интенсивность техногенного вмешательства в природную среду в ходе продолжающегося строительства объектов инфраструктуры (разрушение почвенного покрова, вырубка растительности, изменение рельефа врезками и насыпями) приводят к активизации существовавших ранее экзогенных геологических и развитию инженерно-геологических процессов, преимущественно эрозионных (рис. 2).

Район работ характеризуется широким распространением опасных геологических процессов. Основную угрозу представляют процессы, вызванные эрозионной активностью. На изучаемой территории они распространены практически повсеместно, но наиболее активное их развитие можно наблюдать вдоль горнолыжных трасс и около опор канатных дорог. Выражаются в формировании ложбин стоков и оврагов, и сопровождается развитием оползневых процессов на подмываемых склонах.

Оползневые процессы на данной территории распространены как в зоне прохождения горнолыжных трасс, так и вдоль автомобильной дороги на отметках 500–940 м над уровнем моря. На более высоких участках хребта широкое распространение имеют обвалы и осыпи. Обвально-осыпные явления наблюдаются на отдельных крутых участках склона, где отмечены выходы на поверхность элювия

коренных пород. Осыпи представлены мелким щебнем и глыбами, приурочены к подножиям обрывов крутых склонов.

Для выявления потенциально опасных участков для строительства и эксплуатации строящихся и уже имеющихся сооружений была составлена карта, на которой отмечены все сооружения горнолыжного комплекса, соотнесенные с геологией и рельефом данной территории. На ней нами выделены участки возможного развития опасных экзогенных и инженерно-геологических процессов. Анализ карты позволил дать рекомендации по ведению хозяйственной деятельности на северном склоне Аибги.



*Рисунок 2. Начальная стадия развития процесса эрозии на участке горнолыжной трассы (2016 г.)*

### Литература

1. Вязкова О.Е., Аллянова А.В. Инженерно-геологические проблемы строительства и эксплуатации туристической инфраструктуры района Красной Поляны /Стратегия развития геологического исследования недр: настоящее и будущее (к 100-летию МГРИ–РГГРУ). [Текст]: материалы Международной научно-практической конференции / Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ–РГГРУ). В 2 т. Т. 2. /ред. Коллегия: В.А. Косьянов, В.В. Куликов, О.С. Брюховецкий. – М.: Издательство НПП «Фильтроткани», 2018. С. 244–245.
2. Рогожин Е.А., Овсяченко А.Н., Шварев С.В., Лутиков А.И., Новиков С.С. Оценка уровня сейсмической опасности района Большого Сочи в связи со строительством олимпийских объектов //Геориск. 2008. № 4. С. 6–12.
3. Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям на объекте: «Горно-туристический центр открытого акционерного общества «Газпром», в том числе канатные дороги и горнолыжные спуски, объекты инженерной и транспортной инфраструктуры (проектные и изыскательские работы, строительство)». Четвертый этап строительства. «Горнолыжные трассы на площадке «Пихтовая Поляна». ООО «ХК «ГЕО-ИНЖИНИРИНГ», г. Краснодар, 2011 г.

## К ВОПРОСУ УПРОЧНЕНИЯ МАССИВА РЫХЛЫХ ПОРОД

*Аникеев А.А.\* (НИУ «БелГУ», ghost4695@mail.ru)*

### **Аннотация**

Данная статья посвящена вопросам упрочнения массивов рыхлых горных пород. В статье рассмотрены определенные виды пород данного класса, являющиеся основаниями различных инженерных сооружений, коммуникаций, сетей или представляющие собой основу проведения закладки выработанного пространства при ведении горных работ.

**Ключевые слова:** рыхлые горные породы, упрочнение, выработанное пространство, закладка, процессы, параметры, горные работы, инъецируемое вещество, иньектор.

Рыхлые горные породы, если рассматривать как определенную группу, то это прежде всего породы структурно неустойчивые, т.к. они под воздействием вибрационных сил, резких динамических и длительных статических нагрузок теряют свою первоначальную структуру, и, как следствие, дают значительные деформации, которые, в свою очередь, вызывают колоссальные негативные изменения в сооружениях (представлено на рисунке 1) или в закладочных пространствах.



*Рисунок 1. – Повреждения подпорной стены инженерного сооружения в г. Белгород (вид снизу)*

Данные негативные изменения – это прямая линия к сбоям в работе, выполнении планов, срыву сроков проведения специальных работ и экономическим убыткам.

Для того, чтобы вопрос предотвращения негативных тенденций был закрыт или же минимизированы риски возникновения негативных влияний и последствий, вызванных прежде всего в одних вышеуказанных случаях статическими, а в других –

динамическими проявлениями, следует изначально обратить внимание на физические и механические свойства массивов горных пород. Геомеханические процессы, рассматриваемые как система «процессы деформирования – перераспределение напряжений – впоследствии разрушения», возникают в таких породах и могут являться как прямыми, так и косвенными, и вызываются так называемыми субпроцессами. Субпроцессом в данном случае следует считать тот процесс, который стал ключевым, родоначальным, давшим необходимый «толчок» основному.

Для исключения проявления геомеханических процессов предлагается использование методики цементации. Упрочнение массивов рыхлых горных пород необходимо выполнить инъецированием, т.е. введением инъекторов в рабочую зону и нагнетанием инъекционных растворов. Однако, в качестве инъецируемого вещества предлагается использовать раствор на основе портландцемента определенной быстротвердеющей марки с добавлением силиката натрия в установленных экспериментальным образом пропорциях вместо обычного базового цементного раствора.

Проведенные автором экспериментальные испытания образцов инъекционных растворов показали, что при использовании портландцемента ЦЕМ II/A-III 42.5Б с добавлением 2,8% силиката натрия от общей массы цемента позволят добиться улучшения следующих параметров:

- 1) Снизить относительную деформацию усадки инъекционного раствора в 2,5 раза.
- 2) Увеличить прочность применяемого инъекционного раствора на 25,34% по сравнению с базовым цементным.



*Рисунок 2. – Определение пределов прочности при сжатии образцов инъекционных растворов*

### Выводы

Предлагаемая методика упрочнения массивов рыхлых горных пород позволит создать геомассив, который предотвратит появление геомеханических процессов спровоцированных статическими или динамическими нагрузками от различных объектов техногенной деятельности человека. Работа геомассива будет в корне отличаться от работы массива незакрепленного или закрепленного базовым цементным раствором, т.к. только лишь инъецируемое вещество, выступающее в роли связывающего компонента будет иметь предел прочности при сжатии порядка 27 МПа. В проведенных исследованиях (представлено на рисунке 2) значения предела прочности при сжатии базового цементного раствора и инъекционного раствора с



добавлением силиката натрия были получены в значениях 21,67 и 27,16 МПа соответственно.

### **Литература**

1. ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация (с Поправкой)».
2. ГОСТ 5180-84 «Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик».
3. А.В. Овчинников, Е.А. Ермолович, Е.В. Лычагин, «Лабораторные работы по определению физико-механических характеристик грунтов»: учебное пособие, 2015 г.
4. А.В. Передельский, О.Е. Приходченко, «Инженерная геология»: учебник для студентов строительных специальностей вузов, 2007 г.
5. В.А. Дунаев, «Общая геология»: учебник для вузов, 2008 г.
6. И.П. Бурлуцкая, «Общая геология»: учебное пособие для вузов, 2009 г.
7. С.Д. Воронкевич, «Основы технической мелиорации грунтов»: учебник для вузов, 2005 г.
8. ГОСТ 30416-2012 «Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения».
9. СП 11-105-97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства».
10. ГОСТ Р 54257-2010 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования».

## ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЫШЕННЫХ ВОДОПРИТОКОВ В КАРЬЕР «ГРАЛЕВО» В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩА ВИТЕБСКОЙ ГЭС

*Карабанов А.К. (ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси», [karabanov@ecology.basnet.by](mailto:karabanov@ecology.basnet.by)), Черепанский М.М. (ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе», e-mail: [vodamch@mail.ru](mailto:vodamch@mail.ru)), e-mail: Пашкевич В.И. (ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси», e-mail: [v.i.pashkevich@tut.by](mailto:v.i.pashkevich@tut.by)), Томина Н.М. (ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси», e-mail: [gidroeco@tut.by](mailto:gidroeco@tut.by)), Аницух Ю.П. (ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси», e-mail: [gidroeco@tut.by](mailto:gidroeco@tut.by))*

**Аннотация:** Разработана математическая гидрогеологическая модель района расположения доломитового карьера «Гралево», выполнено определение внешних и внутренних гидродинамических границ модели в плане и в разрезе, решены задачи по определению источников, формирующих водопристок в карьер. Показано, что решающее влияние на резкое увеличение в 2017 г. водопритока в карьер оказало создание водохранилища Витебской ГЭС, которое расположено в пределах депрессионной воронки, сформированной водоотливом из карьера.

**Ключевые слова:** подземные воды, водопристок в карьер, уровенный режим подземных вод, коэффициенты фильтрации, депрессионная воронка, математическая гидрогеологическая модель.

Карьер «Гралево» ОАО «Доломит» эксплуатирует одно из крупнейших в Беларуси месторождений доломитов «Руба», общие разведанные запасы которого превышают 1,7 млрд. т. Доломиты залегают на глубине 22-44 м и перекрываются толщей четвертичных отложений, главным образом моренных суглинков и супесей (рис. 1).



Рисунок 1. Карьер «Гралево» ОАО «Доломит» (северо-западный борт карьера)

В русле р. Западная Двина, которая пересекает территорию месторождения с северо-востока на юго-запад, доломиты выходят на поверхность, формируя так называемые «Витебские пороги». Их протяженность достигает 7 км. Доломитовая толща имеет верхнедевонский возраст ( $D_{3st+sm-br}$ ) и характеризуется высокой кавернозностью и трещиноватостью. Ее мощность изменяется от 26 до 82 м, составляя в среднем 40-42 м. Водоносный горизонт, приуроченный к доломитовой толще, характеризуется высокой водообильностью. Коэффициенты фильтрации ( $k$ ) водовмещающих пород имеют значения от 1-4 до 86 м/сут, а некоторых участках – до 150-170 м/сут. Наибольшие коэффициенты водопроницаемости ( $km$ ) наблюдаются в долинах рек (от 500 до 6000 м<sup>2</sup>/сут), а наименьшие – на водораздельных участках (от 50 до 200 м<sup>2</sup>/сут). Водоносный горизонт имеет тесную гидравлическую связь с р. Зап. Двина. Величины фильтрационных сопротивлений ложа реки ( $\Delta L$ ) составляют от 150 до 2800 м. Высокая водообильность доломитовой толщи обуславливает большие водопритоки в карьер «Гралево», эксплуатация которого с 1973 г. осуществляется под защитой водоотлива. В период 2010-2016 гг. водоотлив из карьера достигал 430-500 тыс. м<sup>3</sup>/сут, что обеспечивало поддержание уровня воды в карьере на абс. отметке +119,5 м. Под его влиянием в водоносном горизонте доломитовой толщи сформировалась депрессионная воронка диаметром 15-20 км с понижением в центре до 18-20 м. От карьера «Гралево», расположенного на левобережье р. Зап. Двина и удаленного от нее на 700 м, депрессионная воронка распространялась и на правобережье реки, что подтверждается результатами режимных наблюдений.

Создание руслового водохранилища Витебской ГЭС, заполнение которого было начато в октябре 2016 г., и обусловленный этим подъем уровня воды в р. Зап. Двина с абс. отм. +133 м (отметка меженного уровня) до +139 м (НПУ) оказали существенное влияние на изменение гидрогеологических условий на прилегающей к водохранилищу территории. Вследствие формирования подпора здесь произошел резкий подъем уровня подземных вод от 0,5 до 5 м в зависимости от расстояния до водохранилища. Этот подъем достаточно хорошо коррелировал с увеличением водопритока в карьер «Гралево». Так, по состоянию на конец февраля 2017 г. он возрос до 670 тыс. м<sup>3</sup>/сут, создав критическую ситуацию в системе водоотлива из карьера. В целом, среднее увеличение водопритока оценивалось величиной 180 тыс. м<sup>3</sup>/сут, что более чем в 10 раз превысило прогноз, разработанный на этапе проектирования Витебской ГЭС.

С целью выяснения источников формирования повышенных водопритоков в карьер «Гралево», что было необходимо для решения хозяйственного спора между ОАО «Доломит» и УП «Витебскэнерго», была осуществлена разработка региональной математической гидрогеологической модели. Для компьютерного построения геофильтрационной математической модели была использована программная система по моделированию движения подземных вод и массопереносу GMS 5.1. Для подготовки исходных данных, визуализации результатов моделирования использовался программный комплекс MODFLOW (рис. 2).

На моделируемой области фильтрации в качестве внешних границ были приняты гидроизопоэзы верхнедевонского водоносного комплекса с неизменным во времени и под влиянием возмущений напором на них (ГУ I рода с  $H=const$ ) и перпендикулярные им линии с ГУ II рода с  $Q=Q(t)$ . Исходя из гидрогеологических условий территории и целей выполняемых исследований, за нижнюю границу была принята подошва верхнедевонских доломитовых отложений. В качестве внутренних границ моделируемой области с различными типами граничных условий принимались реки, водозаборные скважины, карьер и др. В границы области фильтрации были включены два групповых водозабора подземных вод г. Витебска, оборудованных на

верхнедевонский водоносный комплекс – «Песковатик» и «Витьба». Для водозаборных скважин задавалось ГУ II рода с установленным значением водоотбора. Реки Западная Двина и ее притоки Лужеснянка и Витьба задавались граничным условием III рода ( $Q=Q(H)$ ). Гидродинамические условия на контурах рек рассматривались как внутренние граничные условия третьего рода до момента снижения напора в водоносном горизонте до уровня подошвы подрусловых отложений, после чего на реке или ее участке происходит автоматический переход от граничных условий III рода к граничным условиям II рода. На верхней поверхности расчетной области посредством ГУ II рода задавалось инфильтрационное питание подземных вод. Водоотлив из карьера реализовывался в виде граничного условия II рода.

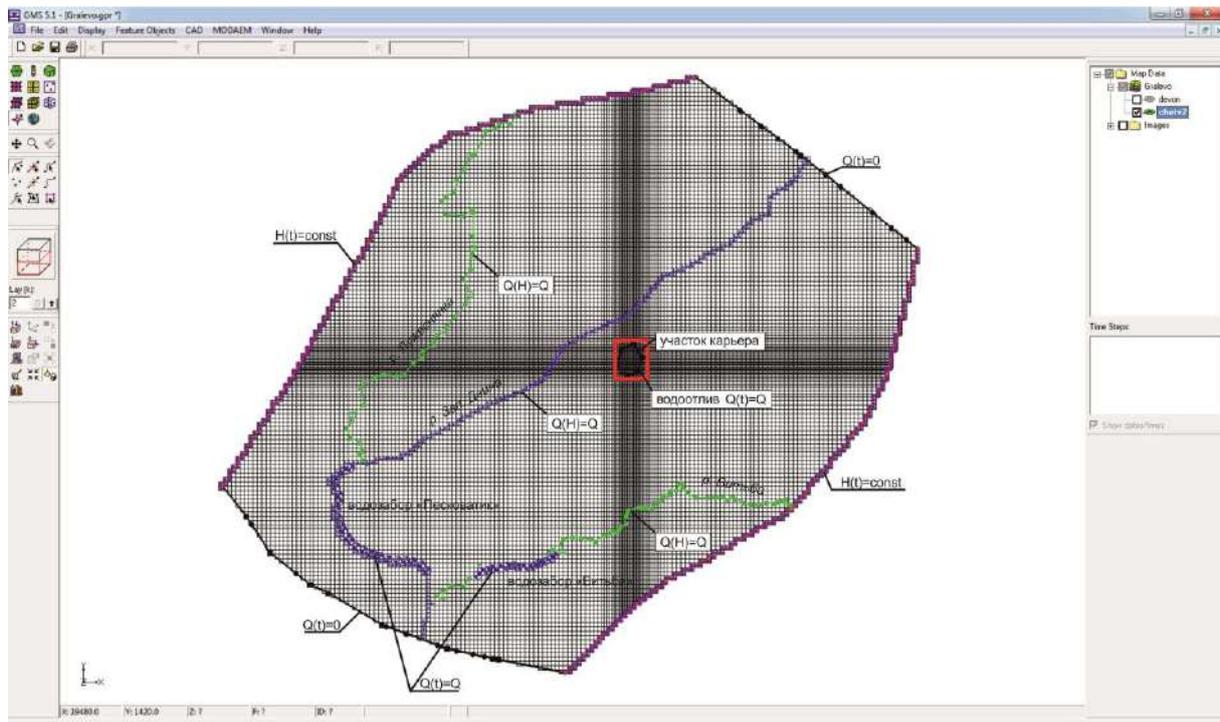


Рисунок 2. Схема геофильтрационной модели в плане

Результаты решения прогнозных задач по оценке изменения гидродинамических условий в районе расположения карьера при заполнении водохранилища Витебской ГЭС методом математического моделирования на разработанной геофильтрационной модели показали, что основной причиной повышения уровней подземных вод в районе расположения карьера, а также увеличения водопритока в карьер и, как следствие, водоотлива из него в целях поддержания уровня воды на проектной отметке (+119,5 м), следует считать увеличение напора на внутренней границе моделируемой области – р. Зап. Двина после создания на ней водохранилища. Оцененное таким образом увеличение водопритока в карьер «Гралево» вследствие создания водохранилища Витебской ГЭС составило 200 тыс. м<sup>3</sup>/сут, что достаточно близко к реальному увеличению водопритока в этот карьер (180 тыс. м<sup>3</sup>/сут).

Это свидетельствует о достоверности разработанной математической гидрогеологической модели и позволяет использовать ее в дальнейшем для прогнозирования ожидаемых водопритоков в карьер «Гралево» с учетом перспектив его развития (увеличение площади карьера в том или ином направлении, увеличение его глубины или переход на отработку одним уступом), а также при затоплении речными водами старых карьеров «Руба», «Тяково-Койтово» и «Верховье» или при изменении режима эксплуатации групповых водозаборов г. Витебска.

## О ВОСТРЕБОВАННОСТИ ИТОГОВ ИССЛЕДОВАНИЙ РОССИЙСКИХ УЧЁНЫХ В ОБЛАСТИ ГИДРОГЕОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

*В. В. Арутюнов, (РГГУ, warut698@yandex.ru)*

### Аннотация

Рассматриваются различные методики оценки итогов научной деятельности. На основе ряда наукометрических показателей (публикационной активности, цитируемости и др.) по данным Научной электронной библиотеки России для российских учёных, работающих в области гидрогеологии и инженерной геологии, впервые для второй декады XXI века выявлена в этой сфере исследований динамика публикаций, цитируемости и востребованности результатов их исследований, отражённых в публикациях. Отмечается стабильная востребованность в 2011-2015 гг. итогов исследований российских исследователей в области гидрогеологии и инженерной геологии. Рассмотренные наукометрические показатели позволяют определить также учёных-лидеров в этой области исследований, отличающихся высокими показателями цитируемости и индекса Хирша.

**Ключевые слова:** гидрогеология, инженерная геология, цитируемость, публикационная активность, востребованность итогов исследований

В России в 2016 г. было отмечено в различных отраслях знаний около 430 тыс. исследователей [1], большинству которых (и не только им) всегда была интересна оценка результатов их работы научным сообществом и специалистами. Следует отметить, что в настоящее время в России и в мире всё в большей степени оценивают итоги работы учёных, преподавателей и специалистов по конкретным количественным результатам.

К началу XXI века известны следующие методики, оценивающие результативность научной деятельности исследователей на основе ряда специализированных методов [2].

1. Оценка итогов работы с использованием метода экспертных оценок [3].
2. Анализ спроса на результаты исследований, отражённых в отчетах по НИОКР и диссертациях (используется в тех отраслях исследований, где формируется большое количество отчетов и защищается значительное число диссертаций по результатам работ, например, в геологоразведочной отрасли) [4].
3. Учёт публикационной активности исследователя на основе ежегодного числа публикаций, в определённой мере определяющей продуктивность его научной деятельности.
4. Оценка с учётом наукометрических показателей результативности работ исследователя на основе их цитируемости  $C$  (в том числе с учётом числа публикаций  $P$ ), индекса Хирша и востребованности  $V$  результатов его работ, определяемой соотношением  $C/P$  [5, 6].

Российская Федерация обладает значительным природно-ресурсным потенциалом: на её территории сосредоточено около трети мировых запасов природного газа, ~14% нефти, 24% железных руд, более 20% пресных вод, около 20% лесных ресурсов. В этой связи в наше время несомненный интерес представляет не только сами итоги исследований, но и востребованность научным сообществом и специалистами результатов исследований российских учёных в различных направлениях наук о Земле.

Крупнейшая в мире система учёта публикаций и цитирования Web of Science (WoS) включает в наши дни данные из более 19 тыс. авторитетных научных журналов

мира по всем направлениям исследований, а система SCOPUS - данные из 23 тыс. журналов различных стран.

Большинство представленных в WoS журналов приходится на США, Великобританию и Нидерланды. В этих странах расположены крупнейшие, наиболее авторитетные в мире издательства научной литературы, в них также зарегистрированы многие ведущие международные научные журналы. Научная периодика других стран с трудом может попасть в этот круг изданий, индексируемых в WoS.

Так как в WoS и в SCOPUS по различным причинам лишь фрагментарно учитывались результаты публикаций и цитирования российских учёных, в России в конце первой декады XXI века в Научной электронной библиотеке (НЭБ) России была начато формирование национальной базы RSCI (Russian Science Citation Index), которая стала четвертой по счёту созданной национальной базой данных публикаций и цитирования в мире (до неё были созданы китайский, корейский и латиноамериканский аналоги). Она предназначена не только для оперативного обеспечения научных исследований актуальной справочной информацией в различных отраслях знаний, но является также и достаточно мощным инструментом, позволяющим осуществлять оценку результативности и эффективности деятельности научно-исследовательских организаций, ученых, журналов и т.д.

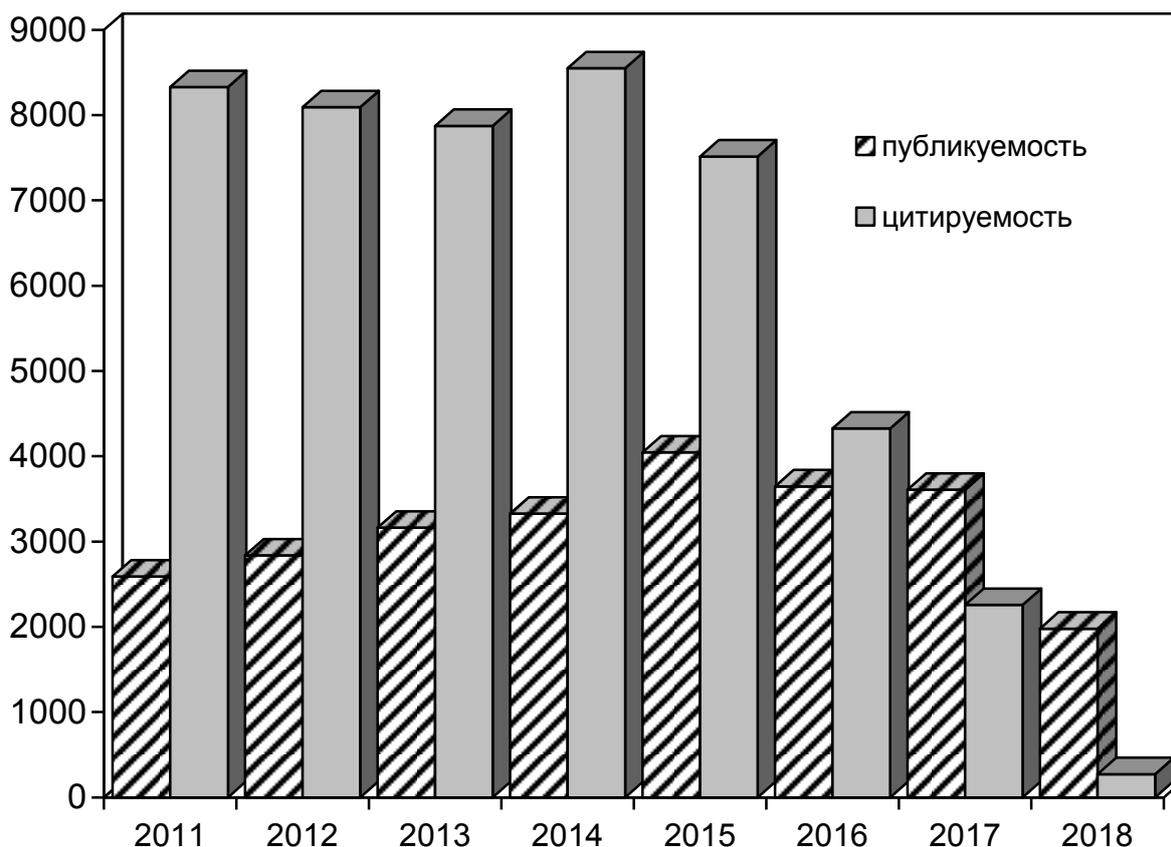
Ниже анализируется динамика публикаций  $P$  российских ученых в 2011-2018 гг. в области гидрогеологии и инженерной геологии, в которых отражаются итоги их исследований в этой сфере, а также их цитируемость  $C$  и востребованность  $V$ .

Данные показатели были получены на основе сведений из базы данных РИНЦ (Российского индекса научного цитирования) [7], в которой, как было установлено в работе [8], наиболее полно представлены показатели публикационной активности и цитируемости российских учёных.

На рис. 1 представлены показатели публикационной активности и цитируемости работ российских исследователей в области гидрогеологии и инженерной геологии, полученные из национальной базы данных НЭБ, содержащей сведения из более 30 журналов по данной предметной области.

Как следует из рис. 1, если публикационная активность исследователей возрастала с 2011 г. по 2015 г., а затем вплоть до 2018 г. стала уменьшаться, то цитируемость результатов их работ, отражённых в публикациях, была за этот же период практически стабильна, начав уменьшаться лишь с 2016 г. Такая стабильность может объясняться в том числе и тем, что итоги работ в данной предметной области представляют интерес не только для коллег-исследователей, но и для ученых и специалистов из многих других отраслей экономики и науки.

Анализ наукометрических показателей позволяет выявить также среди исследователей лидеров, отличающихся высокими значениями этих основных показателей. К их числу, например, относятся Копылов И.С. (Пермский государственный национальный исследовательский университет) и Гареев Г.М. (Башкирский государственный университет), имеющие высокие индексы цитируемости и Хирша, причём значения последних по рекомендациям НЭБ соответствуют мировому уровню научной активности исследователя.

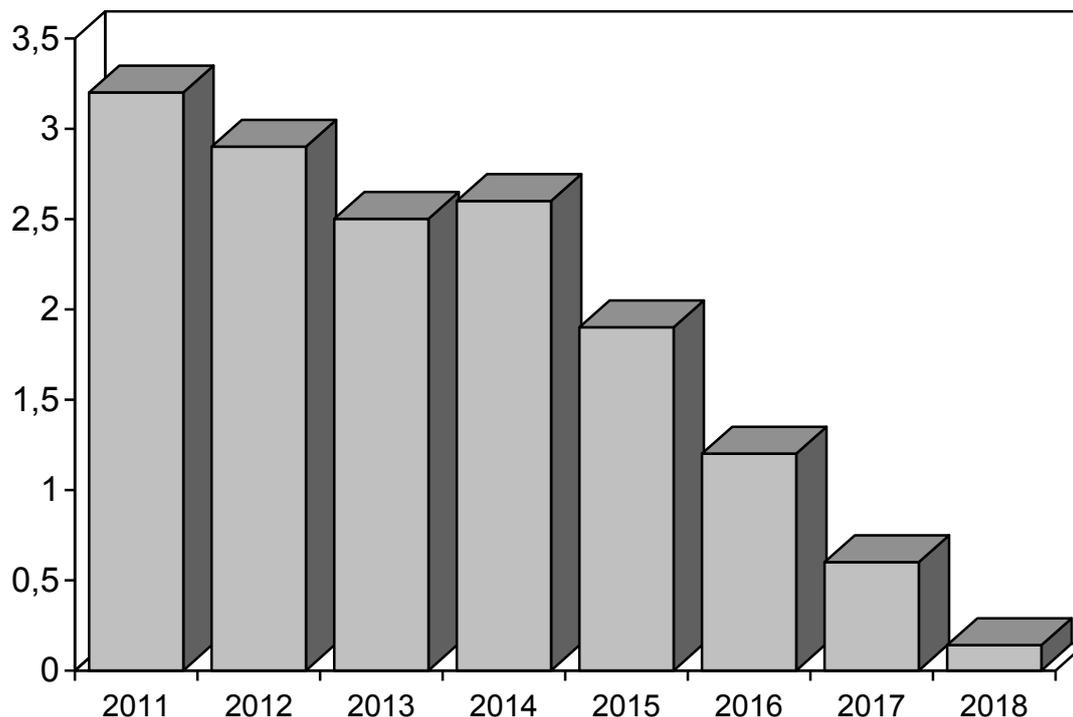


*Рисунок 1. Динамика публикационной активности и цитируемости российских учёных в области гидрогеологии и инженерной геологии*

Динамика востребованности результатов исследований в рассматриваемой предметной области представлена на рис. 2. Как следует из рисунка, значительная востребованность отмечалась для итогов работ, полученных в 2011-2015 гг., при этом с 2016 г. наблюдается спад значения этого показателя.

Относительно невысокие значения индексов цитируемости и востребованности в 2017-2018 гг. по сравнению с предшествующими годами характеризуют замедленную по целому ряду причин реакцию российского и мирового научного сообщества на итоги научной деятельности российских учёных, отражённые в публикациях этих двух последних лет.

В заключение следует отметить, что наряду с впервые выявленными данными о публикационной активности, цитируемости и востребованности итогов исследований российских учёных в области гидрогеологии и инженерной геологии аналогичный анализ возможно осуществить на основе национальной базы НЭБ практически для любой отрасли наук о Земле. Кроме того, как показано в работе [9], в системе WoS по сравнению с национальной базой НЭБ показатели публикационной активности в области геологии на порядок меньше, чем в российской базе. Другими словами, мировое научное сообщество по крайней мере в последнее десятилетие ежегодно недополучает знания в этой сфере исследований об итогах работ российских учёных, в том числе в области гидрогеологии и инженерной геологии.



**Рисунок 2.** Динамика востребованности итогов исследований российских учёных области гидрогеологии и инженерной геологии

### Литература

1. Ширяев А.А., Доронина Е.Г. Методы повышения публикационной активности исследователей // Научно-техническая информация, сер.1, № 11, 2018. - С. 8-14.
2. Арутюнов В.В. Методы оценки результатов научных исследований. М.: ГПНТБ России. - 2010. - 50 с.
3. Орлов А.И. Организационно-экономическое моделирование. Экспертные оценки (ч.2): учебник: М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2011. – 486 с.
4. Арутюнов В.В., Константинов А.С. Рейтинговый анализ востребованной геологической научно-технической продукции на рубеже XX - XXI веков // Научно-техническая информация, сер.1, № 12, 2006. - С. 14-19.
5. Маршакова И.В. Система цитирования научной литературы как средство слежения за развитием науки. - М.: Наука, 1988. - 287 с.
6. Арутюнов В.В. Результативность научной деятельности опорных вузов России // Научные и технические библиотеки, № 3. - 2018. - С. 33-43.
7. Российский индекс научного цитирования. URL: <https://elibrary.ru/querybox.asp?scope=newquery> (дата обращения 10 января 2019 г.)
8. Арутюнов В.В., Бычков И.Н. Анализ российских баз данных в области информационных технологий. В Сборнике "Ключевые проблемы современной науки. основные факторы роста научного знания в XXI в.": материалы международной научно-практической конференции. Саратов: ЦПМ "Академия бизнеса", 2018. - С. 3-8.
9. Арутюнов В.В., Цветкова В.А. Сравнительный анализ показателей публикационной активности и цитируемости российских учёных в отдельных естественнонаучных областях знаний по данным РИНЦ и WoS CC. Информация и инновации, Т. 13, № 1, с. 22-27.

## ДЕШИФРИРОВАНИЕ КОСМОСНИМКОВ С ЦЕЛЬЮ ВЫДЕЛЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ СТРУКТУР - ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ВМЕСТИЛИЩ УВ ПО СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БУХАРО-ХИВИНСКОГО РЕГИОНА

Л.Р.Бикеева

(АО «ИГИРНИГМ» e-mail [Luzabikeyeva@mail.ru](mailto:Luzabikeyeva@mail.ru) )

**Аннотация:** В статье на основе структурного дешифрирования материалов космосъемки рассматриваются закономерности формирования и размещения перспективных на выявление локальных антиклиналей - структур, неустановленных на современной стадии изученности территории сейсморазведкой. Данные дешифрирования служат основой для рационального размещения поисковых, поисково-детальных сейсморазведочных работ, использованы при интерпретации сейсморазведочных материалов в качестве ориентира при выделении тектонических нарушений и складчатых структур.

**Ключевые слова:** линеамент, кольцевая структура, горизонталь, нефть, газ, УВ, антиклиналь, микроблок, и т.д.

В современном структурном плане территория Бухаро-Хивинского региона соответствует северному ступенчатому борту Амударьинской синеклизы. Это один из основных нефтегазоносных регионов Республики Узбекистан. Он состоит из двух тектонических элементов, Бухарской и Чарджоуской ступеней, которые несмотря на общность геологического строения и истории развития, по целому ряду особенностей отличны друг от друга. Следует отметить, что зона флексурно-разрывных дислокаций именуемая Бухарский параградный разлом, отделяет Чарджоускую ступень от Бухарской, и контролирует северную границу отложений соляно-ангидритовой формации верхней юры. Главные поисковые объекты сосредоточены в пределах центральной и юго-восточной частей Чарджоуской и Бухарской ступеней, опосредованность которых на сегодняшний день достаточно высокая. Возможности открытия новых месторождений нефти и газа региона не исчерпаны.

Северо-западная территория Бухаро-Хивинского региона является относительно слабо изученной его частью. К настоящему времени в пределах Хорезмской моноклинали, Мишеклинского и Янгиказганского поднятий, Дашкалинского и Биргутли-Шортаклинского прогибов (более 14200 км<sup>2</sup>) пробурено всего 20 скважин глубокого бурения, открыто три месторождения УВ Янгиказган (в 1963г.), Ёркин (в 2015г.), Тумарис (в 2018г.) и восемь структур выведено из глубокого поискового бурения. Выполнен небольшой объем структурного бурения и сейсморазведочных работ (рис.1).

Перспективность территории приобретает особую значимость, если учесть, что по аналогии с уже выявленными в сопредельных частях месторождениями Янгиказганского и Учкыр-Питнякского поднятий, здесь можно ожидать открытия скоплений газа (и нефти) в широком стратиграфическом диапазоне – от верхнего мела до нижне-среднеюрской системы, также возможно продуктивными будут и палеозойские отложения.

Изучение изветных месторождений на описываемой площади и прилегающих территориях, показывает, что залежи газа приурочены к антиклинальным ловушкам. Как известно, наиболее эффективным методом поисков на сегодняшний день являются бурение и сейсморазведка методами ОГТ2D,3D. Эти методы требуют значительных материальных затрат. Возможностью получения информации, по сути несущей в себе тектоническое содержание, и в большинстве случаев отражением существующих в природе тектонических объектов являются космогеологические исследования т.е.

дистанционные материалы и их структурное дешифрирование содержат (зачастую) принципиально новые сведения о глубинном строении осадочного чехла и складчатого основания.

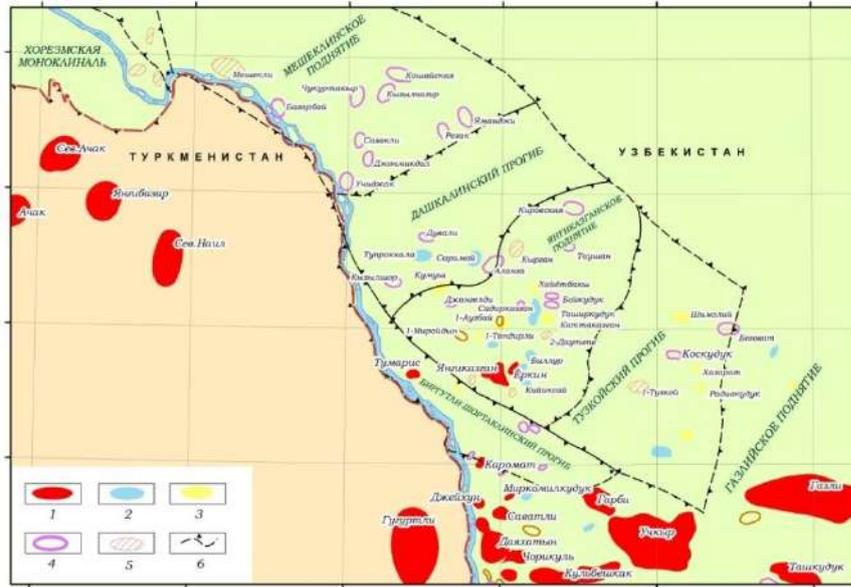


Рисунок 1. Бухаро-Хивинский регион (северо-западная часть). Схема размещения месторождений УВ и перспективных площадей

1-месторождения углеводородов, 2-структуры, подготовленные к глубокому поисковому бурению, 3-структуры, выявленные сейсморазведочными работами, 4-структуры, намеченные структурным бурением и сейсморазведкой, 5-структуры, выведенные из глубокого поискового бурения, 6-границы тектонических элементов II порядка (поднятий и прогибов)

Разрешающая способность спектрально-радарных спутниковых снимков и радарной топографии (цифровая модель рельефа) позволила выделить не только типы и морфологические разновидности рельефа, но и его формы (рис.2).

Основная задача структурного дешифрирования это: выявление геоморфологических элементов (различных компонентов рельефа) характеризующих (косвенно) структур-

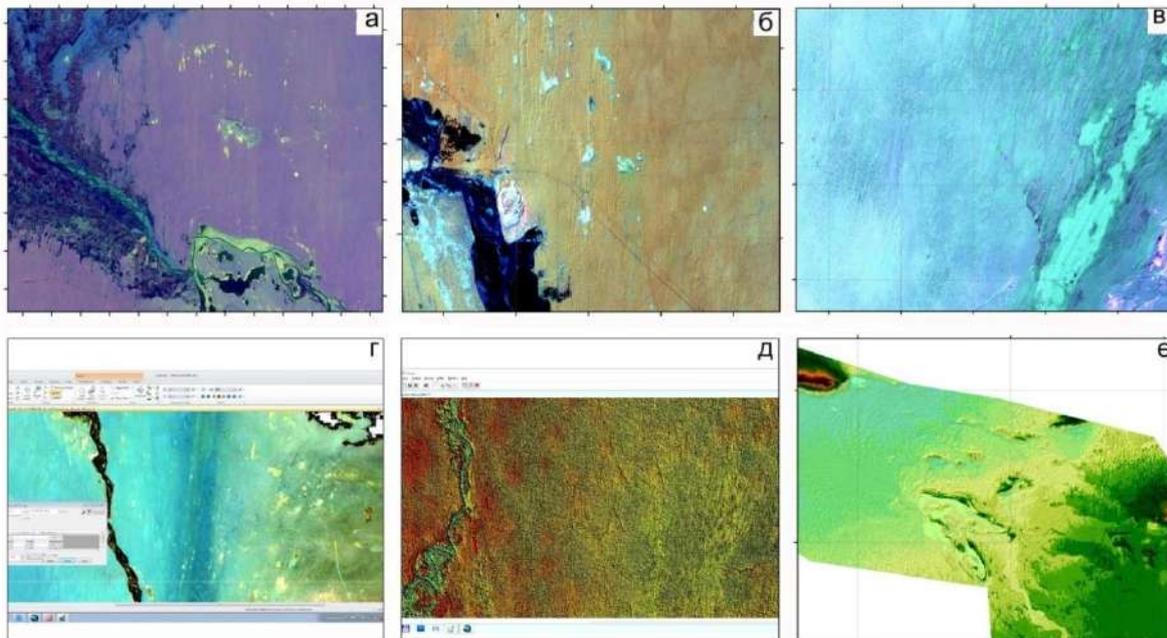


Рисунок 2. Бухаро-Хивинский регион (северо-западная часть). Фрагменты синтезированных космоснимков различных спектральных диапазонов электромагнитного спектра Landsat 7

ETM+ и радарно-топографической съемки SRTM

а) 0,520-0,900пм+2,09-2,35пм+0,630-0,690пм+0,450-0,515пм; б) 0,433-0,453пм+0,630-0,690пм+2,09-2,35пм; в) 0,520-0,900пм; 2,09-2,35пм; 10,4-12,5пм; г) 10,4-12,5 пм+ 0,63-0,69 пм+ 0,520-0,900 пм; д) мультичастотная фильтрация; е) эффект высотной классификации рельефа SRTM

турно-тектонические особенности территории исследований; определение геоморфологических индикационных признаков пликативных и дизъюнктивных дислокаций и закономерностей в их расположении и строении; выделение системы линеamentной трещиноватости, сочетания разномасштабных по объему, протяженности и другим параметрам линейных элементов строения земной коры.

На снимках (рис.2) получили отчетливое изображение отрицательные и положительные формы рельефа: шоры различных плановых очертаний, глубины и степени засоления; русла сложнопостроенных в плане временных водотоков, уступы денудационного происхождения, ложбины и др. Именно эти формы рельефа являются структурно-обусловленными и очень важными при картировании аномальных особенностей поверхности. Их присутствие и выраженность позволяют наметить местоположение аномальных участков территории – геоморфологических аномалий, которые являются отражением взаимодействующих экзогенных и эндогенных процессов характеризующих различные деформации.

Отображение дизъюнктивных нарушений разнообразно и зависит от многих факторов, в том числе от характера деформаций, их генезиса, морфологии, длины, глубины заложения и активности. При выделении линеamentов по территории исследований маскирующую роль играли песчаные формы рельефа, т.е. участки распространения эоловых отложений являющихся одними из наиболее сложных объектов для структурного дешифрирования. Поскольку линеamentы, как показывает многолетний опыт работ (и подтверждают многочисленные проведенные автором исследования), как правило, задействованы не на всем своём протяжении, а фиксируются лишь отдельными (фрагментарными) участками, то и их генерализация выполнялась в первую очередь, лишь в пределах таких участков и в интервалах между ними. Следующей важнейшей задачей линеamentного анализа являлось ранжирование сетей линеamentов, выделение основных направлений и зон влияния, т.е. выявленные отдельные, независимые и разрозненные «кольцевые структуры», а также различно ориентированные, хаотически распределенные «линеamentы» были откартированы в закономерно упорядоченные системы структурных линий, отображающих единое системное распределение дизъюнктивных и пликативных структурных форм (рис.3).

Сопоставление дешифрованных линеamentов с тектоническими нарушениями, выявленными геофизическими исследованиями (грави-, магнито- и сейсморазведки), указывает - с одной стороны на достаточно высокую сходимость отдельных линеamentов и КС, с другой, – на то, что далеко не все «геофизические разломы» отражаются позиционно в виде геоинформационной аномалии (линеamenta). Корреляция (сопоставление) схемы линейных элементов дешифрирования (региональных - генерализованных линеamentов) со структурными картами показало что практически все градиентные зоны, зоны торцового сочленения поднятий и прогибов, прямолинейные простирания изогипс являющиеся фактически индикационными признаками разрывных нарушений – полностью контролируются выделенными линейными элементами дешифрирования КФС (линеamentами). Судя по морфологии, протяженности выделенных зон линеamentов и их относительным смещениям наиболее древними из них следует считать северо-западные, затем широтные и самыми молодыми по видимому являются разломы меридиональной направленности, к тому же активно живущие и поэтому имеющие наибольшее рельефообразующее значение. Выделенная по материалам дешифрирования космоснимков зона линеamentов меридиональной направленности представлена

цепочкой широких ложбинных понижений строго меридиональной ориентировки с зашоренными днищами, линиями водоразделов временных водотоков, которые вероятно фиксируют раздробленность пород и вертикальные подвижки в новейшее время. Геофизические материалы (данные грави-, и магниторазведки) свидетельствуют о том, что они контролируют границы складчатых структур, скорее всего фундамента.

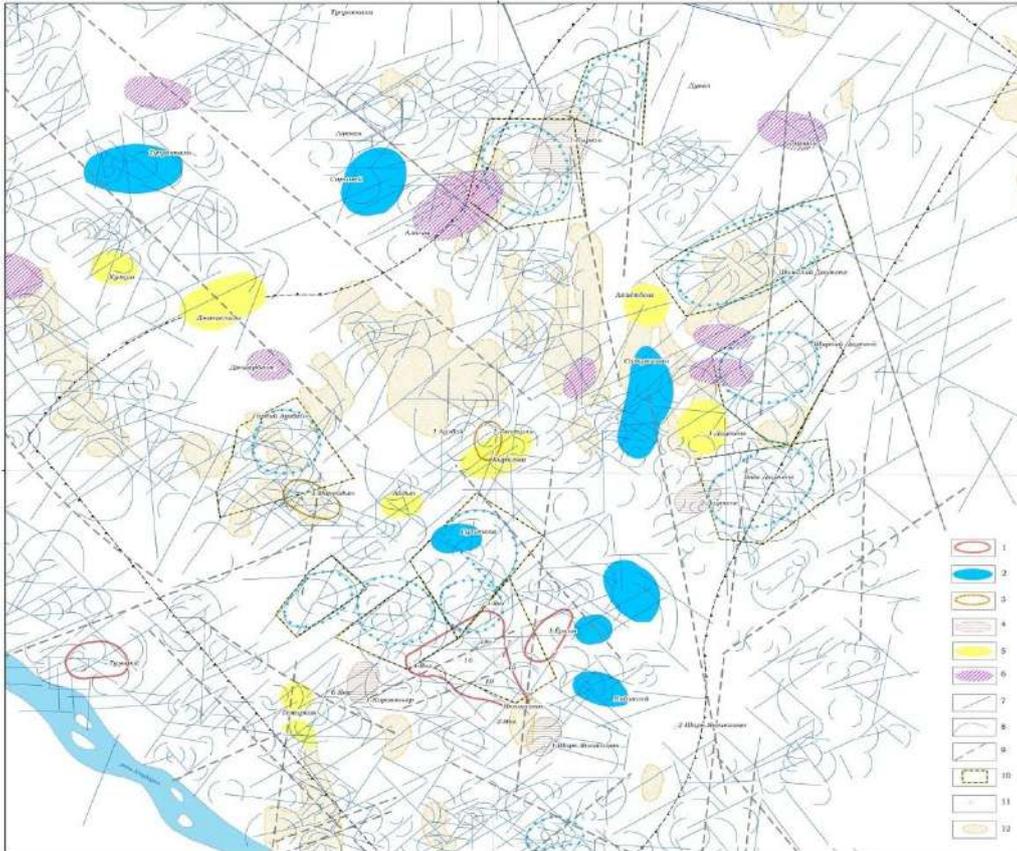


Рисунок 3. Янгиказганское поднятие. Схема размещения объектов, перспективных на выявление локальных антиклиналей, рекомендуемых для постановки поисково-детальных сейсморазведочных работ

1- месторождения, 2-структуры, подготовленные к глубокому поисковому бурению, 3-структуры, находящиеся в глубоком поисковом бурении, 4-структуры, выведенные из глубокого бурения, 5- объекты, выявленные структурным бурением и сейсморазведкой, 6- объекты, намеченные сейсморазведкой, 7-линейные элементы дешифрирования (линеаменты), характеризующие дизъюнктивную тектонику, 8-дуговые элементы (кольцевые структуры), характеризующие пликтивную тектонику, 9- генерализованные элементы дешифрирования, структурно наиболее значимые, выделенные по данным структурного дешифрирования КФС, 10- участки (блоки), перспективные на выявление антиклинальных структур намеченные структурным дешифрированием КФС, 11- скважины глубокого бурения, 12- геологические границы выхода палеогеновых отложений (снятые с геологической карты и космofотоснимка) находящиеся в бурении.

В результате, на основе комплексного анализа материалов дешифрирования и ранее выполненных геолого-геофизических работ:

- установлена дизъюнктивная природа линейных элементов дешифрирования, выделенных и трассированных генерализованными линеаменами на большие расстояния, которые контролируют распределение и особенности строения разноранговых структурных форм;

- выявлена прямая связь между характером рельефа и складчатости, когда положительным формам рельефа отвечают локальные антиклинали, структурные носы и площадки, отрицательным – синклинали и синклиналивые заливы;



*«Новые идеи в науках о Земле»*



МГРИ - комплексный анализ материалов дешифрирования космоснимков и топокарт, данных сейсморазведки и глубокого бурения, определил участки и локальные объекты, перспективные на поиски нефти и газа.

## ДЕШИФРИРОВАНИЕ И МОНИТОРИНГ ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ НА ТРУБОПРОВОДАХ ВОЗДУШНЫМ ЛАЗЕРНЫМ СКАНЕРОМ

*Баборыкин М.Ю.\* (ООО «НК- «Роснефть» - НТЦ) e-mail: mybaborykin@rnntc.ru;  
ЮРГПУ (НПИ), e-mail: baborykin.my@yandex.ru),  
Бурцев А.А. (ЮРГПУ (НПИ), e-mail: a\_burtsev@mail.ru)*

### Аннотация

**Актуальность исследований** обусловлена формированием методики дешифрирования физико-геологических процессов и разработке методики проведения мониторинга природно-технической системы с разработкой технических требований к воздушному лазерному сканированию.

**Цель исследования:** разработка методики распознавания «геоморфологических образов» опасных геологических процессов, формирование методики определения качественных и количественных характеристик, а также комплексирование и оптимизирование методов, применяемых при дешифрировании. Разработка методики мониторинга физико-геологических процессов и явлений. Формирование метода определения положения подземной части трубопровода при мониторинге природно-технической системы.

**Методы исследования:** дешифрирование физико-геологических процессов и явлений – метод по прямым и контрастно-аналоговым признакам, сопоставление типизированных моделей с распознанными геоморфологическими образами по данным LiDAR. Определение качественных и количественных характеристик физико-геологических процессов и явлений, основанных на типизированных геометрических формах склонов и уклонов, для автоматизированной оценки.

### Результаты исследования

Разработаны теоретические и практические аспекты дешифрирования физико-геологических процессов и явлений. Предложена технологическая схема инженерных изысканий с встроенной методикой в бизнес-процесс проведения работ. Рассмотрены возможности комплексирования разного вида данных дистанционного зондирования, в том числе и аэрогеофизических методов (включая разрабатываемый метод георадарной съёмки с беспилотных и пилотируемых летательных аппаратов). Выдвигается предложение по применению подхода многоуровневого распознавания с методом сопоставления типизированных моделей для разработки программных комплексов автоматизированного дешифрирования и мониторинга геологических процессов и явлений по данным LiDAR, а также при обучении нейронных сетей при выполнении данных задач.

**Ключевые слова:** экзогенные геологические процессы, дешифрирование, мониторинг, качественные и количественные характеристики, опасные геологические процессы, статическая модель, динамическая модель, LiDAR, аэрофотосъёмка, инженерно-геологические условия, цифровая модель рельефа, цифровая модель местности, природно-техническая система.

### Введение

Материалы получаемые с ЛА или БПЛА для решения топографо-геодезических задач в инженерных изысканиях, состоящих из лазерной локации местности сканерного типа LiDAR и фотоизображения земной поверхности, записываются на цифровые носители [1, 2, 3], что позволяет легко создавать банки данных [4].

Учитывая, что на сегодняшний день, повсеместно применяется лазерное сканирование при проведении геодезических изысканий на линейных и площадных

объектах, появляется потребность использования полученной ЦММ не только для построения планшетов и карт, но и для геологической интерпретации изучаемой местности и проведении мониторинга при строительстве и эксплуатации [5, 6].

В соответствии с цифровой модели местности (ЦММ) созданной при сканировании для определённого масштаба разработаны критерии проведения распознавания «геоморфологических образов» того или иного опасного геологического процесса. Модель, для масштаба 1:500 позволяет выявить: оползни; обвалы и осыпи; сели; карст; карстово-суффозионные процессы; лавины снежные; переработка берегов морей, озёр, водохранилищ; суффозия; морозное пучение; термокарст. А модель для масштаба 1:5000 - выделение границ крупных тел оползней, крупных осыпей и обвалов, селевых бассейнов, курумов имеющих большую площадь, проявление термокарста имеющее большую площадь [2].

**Алгоритм проведения дешифрирования** физико-геологических процессов и явлений разработан с целью оптимизации операций для сокращения временных затрат [5].

С учетом проведенных исследований разработана технологическая схема использования материалов ВЛС в инженерных изысканиях на линейных объектах [8], она формирует три основных блока: предполевого, полевого и камеральный.

Формирование информации о физико-геологических процессах и явлениях производится в блоке **Предполевой**. Он делится на три этапа:

1) сбор и обобщение всех доступных фондовых и литературных материалов, по геологии, геоморфологии, тектонике, инженерной геологии, гидрогеологии, климату и растительности района предполагаемых работ [9];

2) создание цифровой модели рельефа (ЦМР) по данным ВЛС, выделение контуров физико-геологических процессов и явлений по прямым признакам с их классификацией по виду (пример таблица 1, рисунок 1) и передача полученных данных в проектные подразделения, выполняющие камеральное трассирование линейного сооружения [10];

3) получение качественных и количественных характеристик физико-геологических процессов и явлений получивших статус опасных для проектируемого или эксплуатируемого сооружения, дешифрирование геологических структур и грунтов по генетическому и литологическому типу [10].

**Полевой и камеральный** блоки не отличаются от устоявшегося алгоритма [10].

Таблица 1

Типизация «геоморфологического образа».

№ п/п	Геологический процесс			
	Класс	Вид	Подвид	Тип
1	2	3	4	5
1	Гравитационный	Оползень	Вязко-пластичного течения	Активный



**Рисунок 1.** Оползень с первичными составляющими геоморфологического образа  
1 – бровка срыва; 2 – голова оползня; 3 – подошва оползня.

**Комплексирование методов. Возможность использования материалов иных видов съёмки, позволяющих получить куб данных:** ЦМР совмещённая с трёх

зональными, спектрзональными, гиперспектральными аэрофото- космо- снимками и данными аэрогеофизики.

**Сравнение с типизированными моделями.** Методика сравнения состоит из определения наличия первичных составляющих «геоморфологического образа» и выявления вторичных составляющих.

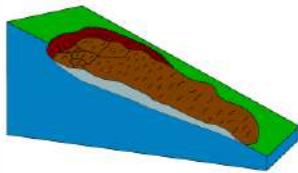
Подход для автоматизированного дешифрирования и мониторинга, а также при обучении нейронных сетей проведения дешифрирования и мониторинга:

1 этап обнаружение процесса и определение его «Вида» по набору элементарных примитивов, т.е. по первичной составляющей «геоморфологического образа» - сравнима с технологией распознавания лиц. Нахождение в матрице точек аномалий, выстроенных определенным образом, формирующим примитив того или иного геоморфологического образа;

2 этап определение «Подвид», сравнение процесса с типизированной моделью из каталога по расположению идентификационных примитивов на ЦМР и типизированной модели (см. таблицу 2);

3 этап «Тип», самый сложно исполнимый процесс – это обучение нейронной сети работать со структурно-текстурными особенностями «геоморфологического образа» физико-геологического процесса или явления, отображающего его активность.

Таблица 2

Класс	Вид	Подвид	Эталонная модель	Геоморфологический образ	Описание элементарных примитивов
1	2	3	4	5	6
Гравитационный	Оползень	Вязко-пластичного течения			Оползневой цирк; Бровка уступа; Образование котловины; Уступ главный (первый от бровки уступа); Вершина оползневого тела (явно/не явно выражена); Валы, бугры, западины.

**Качественные и количественные характеристики.** К ним относятся явно или не явно выраженные границы сформированных геологических тел в случае формирования дерубция, десерпция, деляпсия, пролювия, солифлюксия, делювия (связанных с их образованием процессов, пример: оползень, конус осыпи, коллювиальный клин, конус выноса и т.д.) и проявлений процессов, разрушающих поверхность грунта за счет физического и химического выветривания (эрозия, карстообразование, процессы, с многолетнемерзлыми грунтами и тд.).

Метрические характеристики, размеры, получают простым инструментом измерения на ЦМР, вшитым в программное обеспечение, прогнозные нижние границы образованных геологических тел, для прогнозной оценки при камеральном трассировании [10].

### Мониторинг.

Проведение мониторинга на основе данных ВЛС возможно при условии соблюдения некоторых аспектов [11] – качество лазерного сканирования, разрешение фотосъёмки, приблизительно аналогичных погодных условий и схожим состоянием объекта (наличие листвы и травяной растительности приблизительно в равной степени) при повторном сканировании. Методика определения положения трубопровода подземной прокладки производится при помощи устройства определения плано-высотного определения трубопровода [7].

Исследования по разработке требований проводились для типа сканера с качающимся зеркалом [11]. Для сканера с вращающейся призмой точностные возможности и плотность массива ТЛЮ проводилось АртГео [12].

## Заключение

Сформированная теория и требования показывает, что данные методы эффективно вписываются как в инженерные изыскания, так и мониторинг природно-технической системы. Разработанные и запатентованные методики показали свою эффективность на нескольких объектах [6, 7, 10].

## Литература

9. Баборыкин М.Ю., Жидиляева Е.В., Погосын А.Г. Выявление опасных геологических процессов при проведении инженерно-геологических изысканий на основе цифровых моделей рельефа // Инженерные изыскания. 2015. № 2. С.30-37.
10. Баборыкин М.Ю., Ерух В.П., Жидиляева Е.В., Методико технические аспекты при проведении дешифрирования опасных геологических процессов по данным воздушного лазерного сканирования // Инженерная геология Северо-Западного Кавказа и Предкавказья: современное состояние и основные задачи. Сб. науч. трудов. Краснодар: Просвещение-Юг. 2015. С.185-190.
11. Баборыкин М.Ю., Кулижников А.М., Еремин Р.А. Комплексное обследование оползней // Автомобильные дороги. 2018. №2 (1035). С.106-133.
12. Баборыкин М.Ю. Создание банка данных инженерно-геологической изученности в геоинформационной системе на примере ООО «Геопроектстрой». Доклад // I Научно- практическая конференция «Изучение опасных геологических процессов и явлений при инженерных изысканиях». Издательский центр «Геомаркетинг» г. Москва 21-22.04.2016 [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://geomark.ru/konferencii/21-22-aprelya-2016-goda-i-nauchno-prakticheskaya-ko/attachment/6-baborykin-myu-sozdanie-banka-output/>
13. Баборыкин М.Ю. Способ дешифрирования экзогенных геологических процессов и геологических условий. Патент на изобретение № 2655955.
14. Баборыкин М.Ю. Способ проведения геотехнического мониторинга линейных сооружений и площадных объектов на основе воздушного лазерного сканирования. Патент на изобретение № 2655956.
15. Баборыкин М.Ю. Устройство определения планово-высотного положения трубопровода. Патент на полезную модель № 173296.
16. Баборыкин М.Ю. Дешифрирование материалов аэрокосмической съёмки для анализа инженерно-геологических условий в общем алгоритме изысканий на линейных объектах // Инженерные изыскания. 2014. № 9-10. С. 13-21.
17. Баборыкин М.Ю. Дешифрирование инженерно-геологических условий в общем алгоритме изысканий на линейных объектах // I Практическая конференция «инженерные изыскания на линейных объектах». Издательский центр «Геомаркетинг» г. Москва 10 июня 2014 [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://geomark.ru/konferencii/10-iyunya-2014-god-i-prakticheskaya-konferenciya/attachment/8-baborykin-output/>
18. Баборыкин М.Ю. Выстраивание практики и методики взаимодействия проектировщиков и изыскателей на примере объекта газификации объектов Краснодарского края // Инженерные изыскания. 2015. №7. С. 40-43.
19. Баборыкин М.Ю. Воздушное лазерное сканирование как один из методов аэрогеологии при проведении дешифрирования опасных геологических процессов и явлений // Сборник статей. III Международная научная конференция «SCIENCE, TECHNOLOGY AND LIFE – 2016». Czech Republic, Karlovy Vary - Russia, Moscow, 24-25 December 2016.
20. Пресс-служба компании АртГео. Инновационные решения Riegl для воздушного лазерного сканирования // Геопрофи. 2014. № 6. С. 18-25.

## ВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА ГОНДВАНСКОЙ ГЛЯЦИОКРИОГЕННОЙ ЭРЫ

*Башарин И.Р. (МГРИ-РГГРУ имени Серго Орджоникидзе, e-mail: ilyabash29@yandex.ru), Лаухин С.А. (МГРИ-РГГРУ имени Серго Орджоникидзе, e-mail: valvolgina@mail.ru)*

**Аннотация:** Рассмотрены гляциокриогенные периоды, эпохи и некоторые иные этапы развития Гондванской гляциокриогенной эры, а также – некоторые важные природные события связанные во времени с этими этапами развития данной эры и, также, изотопные даты этих этапов, полученные в разные годы XXI века. Сделан вывод об изменении геологического и изотопного времени проявления ледниковых и связанных с ними природных событий этой эры. Также высказаны предположения о некоторых закономерностях в развитии гляциокриогенных эр в позднем рифее-фанерозе.

**Ключевые слова:** палеозой, гляциокриогенная эра, изотопные даты

Для реконструкции истории криосферы в ископаемом состоянии практически сохраняются следы ледников (гляциосферы), в меньшей степени – следы многолетней мерзлоты (криолитосферы). Следы остальных составляющих ископаемой криосферы встречаются ощутимо реже. Исходя из закономерностей соотношения гляциосферы и многолетней мерзлоты Э.Д. Ершов (1) показал возможность выделения гляциокриогенных (далее по тексту – ГК) эр, периодов, эпох в истории Земли. Гондванская ГК эра получила свое название из-за территориального распространения, т.к. до недавних пор считалось, что все оледенения палеозоя происходили только в Гондване.

Гондванская ГК эра для обсуждения временной структуры удобнее древних ГК эр т.к. изотопные даты в ее пределах надежнее и имеет более узкий доверительный интервал. Кайнозойская ГК эра неудобна тем, что в ней предполагается возможность выделения ГК периодов, но сами они и их границы не выделены (2). Поэтому к началу XXI в. эволюция криосферы Земли была изучена наиболее полно именно в палеозое. Так, перед началом XXI в. (3) в Гуронской ГК эре выделялось 2, в Африканской – 3, в Палеозойской – 4 ГК периода, а во 2-м десятилетии XXI в. (2) выделяется в Гуронской, Африканской, Гондванской эрах, соответственно, 3, 6 и 5 ГК периодов. Поэтому особо интересно было рассмотреть ГК события по времени, связанные с палеозойской ГК эрой, выявленные в XXI в., а также проследить изменения с начала XXI в. количества и изотопного возраста веков ОСШ, что важно в данной работе, т.к. эти изменения не связаны с выделением и обоснованием границ веков ОСШ – к началу XXI в. существовало 17 методов выделения и обоснования границ веков ОСШ (4) и в состав их не входил, и не входит гляциостратиграфический метод. Следовательно, открытия в области эволюции гляциокриогенеза не могли влиять на временные границы веков ОСШ и на их количество. За основу доклада приняты ГК события, описанные для Гондванской эры в (2), а геохронология веков ОСШ приведена по данным МКС-2017 (5), 1-го стратиграфического конгресса, Лиссабон, 2013 (6), GTS-12 (7) и Стратиграфического кодекса России (8). В дальнейшем тексте даты ГК периодов, эпох и иных этапов приведены по GTS-12, как это сделано у (2), и только в заключении обсуждаются ситуации, когда в шкале разных лет даты различаются. Для краткости, не везде в тексте будем уточняется, что «век» относится только к ОСШ, а «эпоха» только к ГК эпохе. Описание Гондванской ГК эры приводится в последовательности ГК

периодов этой эры (2). Предшествовавшие ГК эры делятся на 3-5 ГК периодов, состоящих из 2-5-и ГК эпох. На этом сходство обсуждаемой ГК эры с другими ГК эрами кончается. Другие ГК эры обычно начинаются с короткого регионального ГК периода, потом ГК периоды увеличиваются в масштабах и интенсивности оледенения, а во 2-й половине ГК эры достигают максимальных масштабов и затем быстро деградируют (2, с.103). В Гондванской ГК эре максимальным было оледенение в раннем ГК периоде – Раннепалеозойском. Уже 1-я эпоха этого ГК периода была межконтинентальной; максимальных же размеров достигали 3 «великих оледенения»: в раннем палеозое, в среднем карбоне и в ассельско-сакмарское время (в предпоследнем ее ГК периоде). Стоит также отметить, что три точки расхождения максимумов в разнице возрастов границ ОСШ приходятся на завершающие стадии этих самых оледенений, и как следствием таких разбросов возрастов могут являться межконтинентальные масштабы и обширные территории, подвергшиеся оледенению. Обсудим некоторые особенности структуры и природных событий Гондванской ГК эры последовательно по её пяти ГК периодам.

Раннепалеозойский ГК период начинается в катийском веке и заканчивается венлоком. Он состоял из 3-х эпох. 1-я эпоха охватывала 2-4(?) млн лет катийского века и с самого начала была межконтинентальной. В Америке она представлена мариногляциальными отложениями. На юге Африки, кроме тиллитов, изучены ледниковые ложа. В начале эпохи уже известны биотурбации на суше «образованные беспозвоночными животными» и микроспоры наземных растений (2, с.73). А недавно обнаружены споры наземной растительности в Тунгусском бассейне (9), возрастом около 450 млн лет, за пределами Гондваны. Видимо, палеоклиматы, вызвавшие катийское оледенение в Гондване, ощущались в то время и гораздо севернее её. В позднем катинии вымерли тропические формы; более всего вымерли криноидеи.

2-я, хирнантская, ГК эпоха охватила Гондвану до 30<sup>0</sup> с.ш. На севере Африки и в Аравии, кроме ледниковых, известны перигляциальные образования. Изучены ложа ледников. По периферии ледниковой области (от Марокко до Турции) ледниковые отложения переслаиваются с мариногляциальными, а затем в Португалии, Испании, Тюрингии замещаются последними. На севере Африки установлены 5 ледниковых эпизодов; из них 2 датированы ранним хирнантием. Затем было межледниковье, потом – слабое наступление ледников. После этого наступает 4-я, главная, ледниковая фаза. 5-е наступление ледника было наименьшим. Широко известны две регрессии, но в Канаде установлено более 5-и регрессий. В начале хирнантия и в его 2-й половине было 2 эпизода вымирания фауны; во время 2-го вымерло около 80% конодонт и 70% кораллов. За оба эпизода сократилось в 3 раза количество родов трилобитов. Восстановление разнообразия биоты наступило через 3-5 млн лет уже в силуре. Закончился ГК период в разное время: в Африке с завершением 2-ой ГК эпохи, в Амазонии и Аравии – в начале силура, в Боливии, Перу и Аргентине – в середине силура. Кроме того, что в Южной Америке этот ГК период закончился на 20 млн лет позже, чем в Африке, суммарная длительность 1 и 2-й ГК эпох была 10-15 млн лет, а 3-ей эпохи – почти 20 млн. Для всего Раннепалеозойского ГК периода характерна частая глобальная смена природных условий. Продолжительность веков ОСШ тогда редко превышала 2-3 млн лет. Только катийский и руданский века, т.е. начало и конец двух ранних ГК эпох, достигают 10 и 5 млн лет. При этом оценка продолжительности этих веков в XXI в. менялась в разы.

Последняя, 3-я, эпоха проявилась в Южной Америке. При этом все века ОСШ там, кроме телетского, были около 2-3 млн лет и в XXI в. возраст их границ менялся слабо. Другими словами, резкая смена природных условий происходила именно в начале 1-й и в конце 2-й ГК эпох, а 3-я ГК эпоха была не только узко региональная, но

оледенение в её время было незначительным. Однако с середины среднего силура, после оледенения, появились следы высших растений и 1-е позвоночные, в т.ч. рыбы. Важно и то, что неледниковые этапы между ГК эпохами Раннепалеозойского ГК периода не проявлены. Их отсутствие нельзя отнести за счет недостаточной изученности, т.к. неледниковый эпизод между 2-м и 3-м оледенениями хирнантской эпохи в Африке, согласно (2) выявлен чётко, в то время как, рубеж между 1 и 2-й ГК эпохами в той же Африке не выявляется.

С середины силура до начала позднего девона (52 млн лет) 426-373,6 млн был безледниковый этап, климат близкий к тропическому, но уже в девоне возникла климатическая зональность на Земле. В среднем девоне началось снижение температур, появились предки земноводных – акулы и кистепёрые рыбы, существовали все споровые растения. В конце фамена начался каскад из 4-х ГК периодов позднего палеозоя.

Позднедевон-раннекарбонный ГК период, 360-331,5 млн, состоял из 3-х ГК эпох. Основные разрезы в Бразилии, Боливии, Перу. Фаменская ГК эпоха, 360-359 млн Предгорные ледники достигли моря, произошла регрессия моря, вымерло 20% морских животных и 50% позвоночных, особенно рыб. Между эпохами прошло 8 млн лет (359-351 млн). Турнейская ГК эпоха, 351-348 млн, эпоха панцерных рыб, появились земноводные. Папоротникоподобные голосеменные стали размножаться семенами и древесная растительность впервые покрыла все континенты. Между эпохами прошло 12 млн лет (348,5-331,5 млн). Визейская ГК эпоха, 336,5-331,5 млн, поздний визей. В конце визея появились 1-е хвойные деревья. С завершением позднедевон-раннекарбонного ГК периода, в серпуховском веке, было крупное вымирание фауны, сходное с фаменским. Между позднедевон-раннекарбонным и средне-позднекарбонным ГК периодами прошло 18 млн лет (326-208 млн).

Средне-позднекарбонный ГК период, 326-308 млн, середина серпуховского – конец московского века. Основные разрезы в Австралии. Выделяется 4 ГК эпохи по 1-5 млн лет: 1-я ГК эпоха минимальная, 4-я максимальная (5 млн лет), разделённые безледниковыми интервалами по 2-3 млн лет. Центры оледенений сместились на восток Южной Америки, в Африку, Аравию и Индию. ГК эпохи коррелируются с 4-мя регрессиями в Донбассе. Распространение оледенений этого ГК периода также предполагается (2) в Бразилии, Аргентине, ЮАР, Намибии, Анголе, Центр. и Вост. Африке. Со среднего карбона тропическая зона сужается, снижаются температуры. В среднем карбоне появились 1-е рептилии. Касимовский век, 305-302 млн, разделяет карбонный и раннепермский ГК периоды. Для него характерен тёплый климат и высокий уровень моря в Донбассе.

Раннепермский ГК период, 299-283,5 млн. Основные разрезы расположены в Вост. Австралии. В этом периоде выделяется две ГК эпохи. 1-я ГК эпоха в Австралии, 299-293 млн, а в Африке и Бразилии, 302-291,5 млн. В Зап. Австралии известно 4-5 крупных оледенения и каждый ледниково-межледниковый цикл продолжался 2-5 млн лет (2). Каждый эпизод делится на 4-6 ледниково-межледниковых циклов по 350-900 тыс. лет. Максимальное распространение ледников было в середине сакмарского века. 2-я ГК эпоха, 291-284,5 млн, конец сакмара – начало арта в Вост. Австралии достигало максимального развития – до 30° ю.ш. (2); в ЮЗ Бразилии, Конго, ЮАР, Антарктиде, Омане, Аравии, Бирме оледенения были более кратковременные.

Позднепермский ГК период, 273-260 млн, в Вост. Австралии выделено две ГК эпохи. 1-я ГК эпоха, 273-268,8 млн, представлена проксимальными и дистальными ледниковыми фациями. 2-я эпоха, 266-260 млн, так же представлена дистальными ледниковыми фациями. Позднепермский ГК период частично известен и на СВ Азии. Там, в Верхоянии и на Омолонском массиве, диамиктиты в 60-е годы считались

сезонно-ледовыми, но в конце XX в. в них описаны ледогранники, друпстоуны и т.п. — они признаны ледниковыми образованиями (2).

Последние 9 млн лет палеозоя уже не входят в состав Гондванской ГК эпохи.

Сравнение хронологии веков Гондванской ГК эры показывает, что в XXI в. геологическая хронология изменилась несильно: только в начале и в конце этой ГК эры увеличилась детальность расчленения части силура и перми (увеличилось число веков). При этом изотопная хронология постоянно в течение 17-ти лет менялась у каждого из веков. Также вдвое изменилась изотопная продолжительность веков в ранней перми, на рубеже ордовика и силура и (?) среднего карбона в связи с уточнениями временных границ «великих оледенений». Во всех трёх интервалах времени в XXI в. были сделаны значительные открытия в истории палеозойского оледенения. Особо заметна небольшая продолжительность веков в Раннепалеозойском ГК периоде, порядка 2-3 млн лет (за исключением катийского века), и существенное увеличение их продолжительности в неледниковом девоне. То, что в фаменско-пермских ГК периодах продолжительность веков практически не снижается до 2-3 млн лет, может свидетельствовать о более быстрых и частых изменениях природных условий (особенно в биосфере) в Раннепалеозойском ГК периоде по сравнению с ГК периодами, создающими каскад во 2-й половине Гондванской ГК эры. При этом с каждым ГК периодом по времени связаны заметные, иногда большие, изменения в биосфере. Если есть основания оледенения датированные 710-730 млн лет относить к ГК периоду Рэпетен (2, с.37), то получается, что в Африканской ГК эре начальный ГК период мог быть отделен от последующих ГК периодов самым продолжительным (как и в палеозое) неледниковым этапом. Материалы исследований XXI в. по Антарктиде показывают, что 1-й, Олигоценый, ГК период Кайнозойской эры, тоже отделен от последующих ГК периодов самым длинным неледниковым этапом, а последующие ГК периоды образуют каскад, как в Гондванской ГК эре. Возможно, это общая закономерность эволюции ГК эр, в которой Африканская ГК эра ещё «не выработала» чётко выраженного каскада после начального ГК периода. Уточнения продолжительности веков ОСШ, сделанные в XXI в., их положения в Гондванской ГК эре и сопоставление результатов этого анализа с уточненными реконструкциями палеогеографических событий за то же время, позволяет более детально представить ход природных процессов в течение Гондванской ГК эры.

#### Литература:

1. Ершов Э.Д. Основы геокриологии. М.: МГУ. Часть 3. 1998, 575 с.
2. Чумаков Н.М. Оледенения Земли. М.: ГЕОС. 2015. 159 с.
3. Ершов Э.Д. Общая геокриология. М.: МГУ. 2002. 684 с.
4. Гладенков Ю.Б. Биосферная стратиграфия. М.: ГЕОС. 2004. 119 с.
5. [www.stratigraphy.org](http://www.stratigraphy.org)
6. Menning M., Hendrich A. Global Stratigraphic Scale (in Stratigraphic Table of Germany Compact). Postdam: GFZ. 2012
7. Gredstein et al., The Geological Scale. Boston: Elsevier. 2012. 1144 p.
8. Стратиграфический кодекс России. СПб: ВСЕГЕИ. 2006. 96 с.
9. Раевская Е.Г. Ранние этапы эволюции развития наземной растительности: первые находки ордовикских криптоспор в Сибири // Современные проблемы палеонтологии. СПб.: ВСЕГЕИ. 2015. с. 103-104

## ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ОПОЛЗНЕВОГО СКЛОНА С УЧЕТОМ ПРОГНОЗА ИЗМЕНЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

*Безруков И.В.\* (ООО «Геолог», geology.ltd@mail.ru),  
Фоменко И.К. (ФГБОУ ВО РГГРУ, ifolga@gmail.com)*

### Аннотация

Выполнены расчеты устойчивости оползневого склона методами предельного равновесия и методом конечных элементов. Рассмотрено применение анализа чувствительности в количественной оценке устойчивости склона.

### Ключевые слова

Расчет устойчивости склона; анализ чувствительности; прогноз изменения ИГУ

Одной из основных геотехнических характеристик склона является его устойчивость. Под устойчивостью склона понимается его способность сохранять свой профиль в течение времени. Устойчивое состояние склона означает, что всевозможные процессы в грунтах, слагающих склон, находятся в состоянии равновесия. Сохранение равновесного состояния возможно тогда и только тогда, когда изменения величин разнообразных экзогенных, эндогенных и техногенных факторов, неблагоприятно воздействующих на данный склон, не превосходят некоторых пределов.

Иными словами, оценка равновесного состояния склона должна производиться с обязательным учётом всех факторов, действующих на данной оползнеопасной территории [1].

История расчетов устойчивости склонов насчитывает более 250 лет. Ее начало было положено Шарлем Кулоном, сформулировавшим в 1773 году условие прочности грунта:  $\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \phi + c$ , где  $\tau$  сопротивление сдвигу,  $\sigma$  - нормальное напряжение,  $\phi$  - угол внутреннего трения,  $c$  - сцепление [2].

В настоящее время существует достаточно много методов расчета устойчивости склонов. Выбор тех или иных методов в первую очередь определяется типом оползневого процесса и механизмом возможного смещения оползневых масс [3].

Одним из способов прогнозирования изменения инженерно-геологических условий является анализ чувствительности. Он позволяет выполнить прогноз изменения коэффициента устойчивости склона в зависимости от изменения (во времени или в пространстве) одного или нескольких факторов оползнеобразования.

В качестве примера оценки устойчивости склона и анализа чувствительности приведем результаты расчетов устойчивости оползневого участка на горе Малый Ахун в микрорайоне Малый Ахун в Хостинском районе г. Сочи.

В геоморфологическом плане территория приурочена к оползневому склону южной экспозиции. Склон сформирован современными активными оползнями, имеет бугристо-западинную, бугристо-ступенчатую форму рельефа, характеризуется переменной крутизной. Имеются территории относительно пологие (крутизной 5-10<sup>0</sup>), средней крутизны (10-20<sup>0</sup>) и достаточно крутые (20-30<sup>0</sup> и более).

Южная и юго-западная территория участка находится в зоне обширного современного оползня. По классификации оползневых процессов он относится к инсенквентному оползнию сдвига. Его площадь приблизительно 0,2 км<sup>2</sup>, объем оползневых грунтов – 5000000 м<sup>3</sup>. Глубина захвата пород оползневыми деформациями – до 20м в западной и восточной частях оползня и более 30м в центральной.

Основными факторами, определяющими устойчивость склона на данном участке, являются мощность оползневых грунтов, гидрогеологические условия и сейсмическое воздействие.

Наиболее широко используемым классом методов расчета устойчивости склонов являются методы предельного равновесия. Каждый из способов расчета этого класса методов характеризуется оригинальной системой сил, полученной в данном способе с использованием того или иного допущения. При общем подходе эти методы можно разделить на три основные группы:

1. Группа методов, которая удовлетворяет общему равновесию моментов.
2. Группа методов, которая удовлетворяет общему равновесию сил.
3. Группа методов, которая удовлетворяет общему равновесию моментов и сил [1].

В расчетах использовались: упрощенный метод Бишопа, упрощенный метод Янбу и метод Моргенштерн-Прайса.

При решении задач, касающихся расчетов устойчивости откосов и склонов, помимо методов предельного равновесия широко используется метод конечных элементов (МКЭ), так как позволяет учесть сложную геометрию откосов и их неоднородность.

Анализ напряженного состояния методом конечных элементов удовлетворяет условиям статического равновесия и позволяет оценить изменения напряжений, вызванные варьированием деформационных свойств, неоднородности и геометрических форм [1].

Построение геомеханической модели оползневого склона с целью оценки его устойчивости включает следующие этапы:

1. Для расчетного склона создавалась геометрическая модель. Основой для нее являлся инженерно-геологический разрез, построенный по наиболее вероятному направлению развития оползневого процесса. При построении профиля использовались данные инженерно-геологических изысканий, что позволило детально установить границы между разными по физико-механическим характеристикам слоям.

2. В расчетах была принята упругопластичная модель поведения грунтов Мора-Кулона, описываемая уравнением  $s = c' + (\sigma_n - u) \tan \varphi'$ , где  $s$  - прочность на сдвиг,  $c'$  – эффективное сцепление,  $\sigma_n$ - полное нормальное напряжение,  $u$  - давление пор,  $\varphi'$ - эффективный угол внутреннего трения.

3. Физико-механические свойства грунтов, используемые в расчетах, были определены в процессе выполнения инженерно-геологических изысканий (табл. 1).

4. Расчет устойчивости оползня выполнен по отдельным блокам. Выделено два блока – верхний и нижний. Задачей являлось расчет устойчивости в естественном состоянии и с сейсмической нагрузкой обоих блоков.

5. В расчетах приняты минимальные коэффициенты устойчивости, при которых удерживающие конструкции не требуются: 1,15 – для основного сочетания нагрузок и 1,0925 – при особом сочетании нагрузок (при сейсмическом воздействии).

Если  $K_y$  будет меньше этих значений, то необходимо проведение комплекса противооползневых мероприятий с учетом типа и интенсивности развития оползневых процессов.

Таблица 1. Исходные данные физико-механических свойств грунтов

ИГЭ	Удельный вес, кН/м <sup>3</sup>	Угол внутреннего трения, град	Сцепление, кПа
2	19,71	14	37
3	20,98	22	26,47
4	23,04	25	150

Выполнен анализ чувствительности минимального  $K_y$  к колебаниям УГВ и уровню сейсмического воздействия.

Максимальный и минимальный УГВ взяты в качестве сезонной амплитуды колебаний УГВ для г. Сочи, что составляет  $\pm 1$ м.

Сейсмическая нагрузка при оценке устойчивости оползневых и оползнеопасных склонов может быть учтена на основе использования псевдостатического анализа.

Расчетную сейсмичность площадки строительства следует устанавливать по результатам сейсмического микрорайонирования. По данным карты СМР грунтовый разрез относится к 8-ой группе сейсмологических разрезов. Пиковое горизонтальное ускорение для грунтов 8 группы – 0,2g. Слабое сейсмическое воздействие – 0,16g. Ускорение сильного сейсмического воздействия оценивается в 0,9g.

Итоговые геомеханические схемы с результатами оценки устойчивости склона по методу Моргенштерн-Прайса представлены на рисунке 1 для верхнего блока и рисунке 2 для нижнего. В таблицах 2 и 3 приведены результаты расчетов, выполненные разными методами. На рисунке 3 показаны графики изменения коэффициента устойчивости склона от колебания УГВ. На рисунке 4 – график изменения коэффициента устойчивости от уровня сейсмического воздействия.

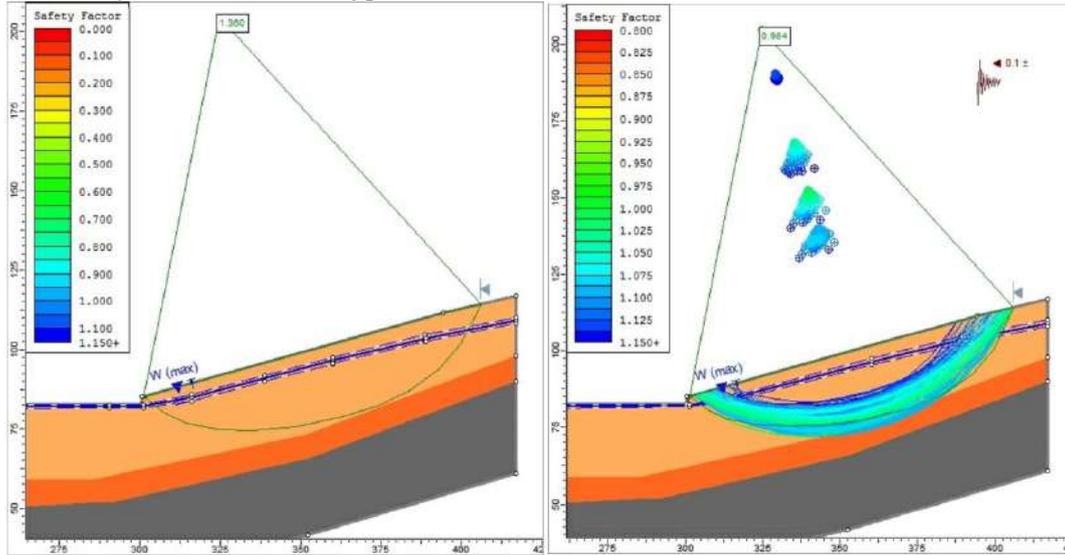


Рисунок 1. Расчеты устойчивости верхнего блока

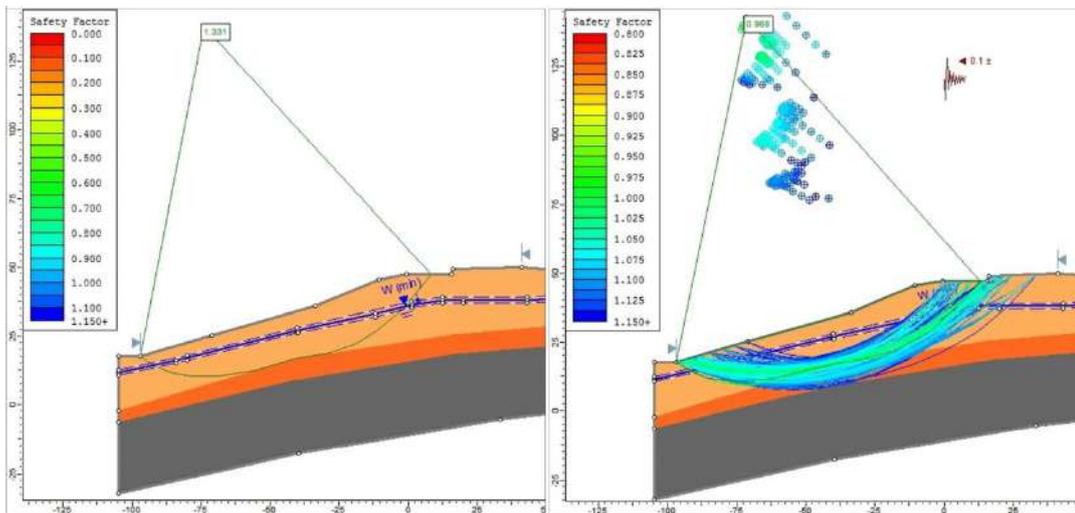


Рисунок 2. Расчет устойчивости нижнего блока

Таблица 2.  $K_v$  в естественном состоянии без учета сейсмического воздействия

Блок	Бишоп	Янбу	Моргенштерн-Прайс	Метод конечных элементов
Нижний	1.315	1.252	1.331	1.37
Верхний	1.300	1.225	1.360	1.36

Таблица 3.  $K_v$  с учетом сейсмического воздействия 0,2g

Блок	Бишоп	Янбу	Моргенштерн-Прайс	Метод конечных элементов
Нижний	0.971	0.922	0.988	1.00
Верхний	0.940	0.883	0.984	0.98

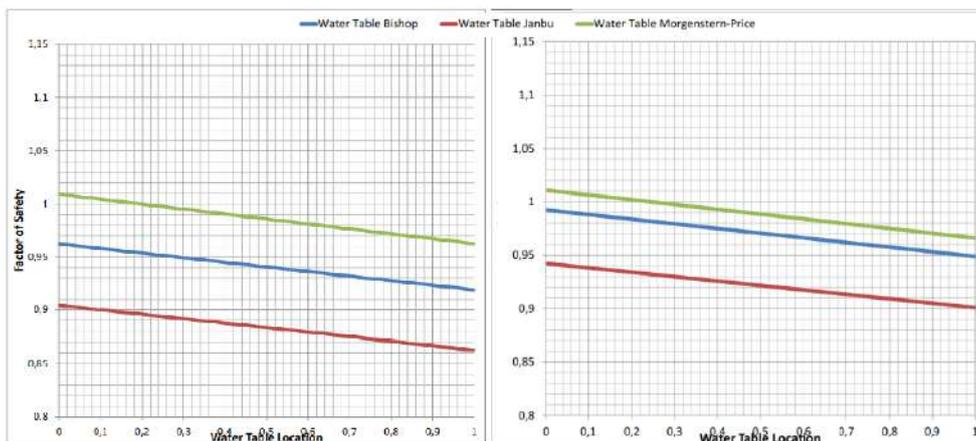


Рисунок 3. Анализ чувствительности  $K_y$  от колебания УГВ для верхнего и нижнего блоков.

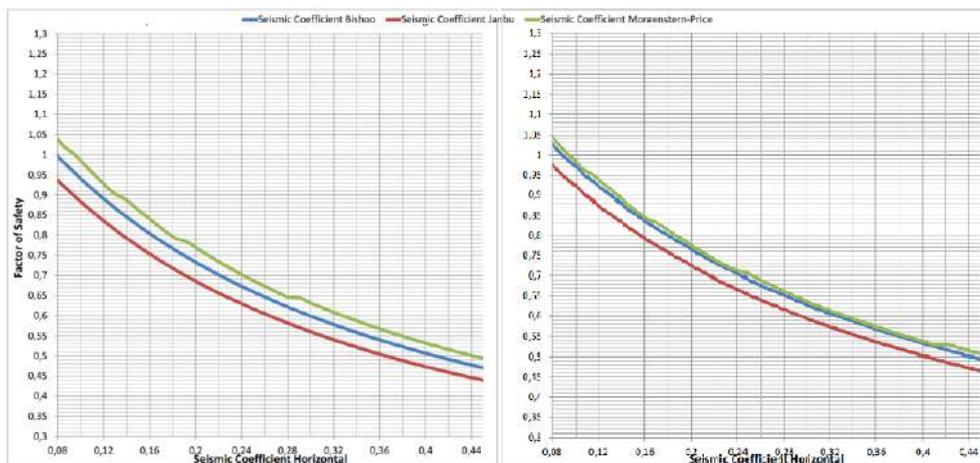


Рисунок 4. Анализ чувствительности  $K_y$  от уровня сейсмического воздействия для верхнего и нижнего блоков.

Выполненные расчеты показали, что оба блока в естественном состоянии находятся в устойчивом состоянии. Однако с учетом сейсмического воздействия  $K_y$  падает ниже нормативно-допустимого. Анализ чувствительности показал, что  $K_y$  падает ниже допустимого даже при слабом сейсмическом воздействии (при ускорении 0,16g) для обоих блоков. Необходима организация противооползневых мероприятий при проектировании сооружений. Сезонные колебания УГВ оказывают слабое влияние на изменение коэффициента устойчивости, однако высокий уровень подземных вод требует осуществления мероприятий по искусственному понижению УГВ.

### Литература

1. *Фоменко И. К., Сироткина О. Н.* Комплексная методика расчета устойчивости склонов // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции Современные направления теоретических и прикладных исследований '2011. — Т. 31. — Черноморье Одесса, 2011. — С. 88–96.
2. *Фоменко И. К.* Классификация методов количественной оценки устойчивости склонов // Современные проблемы инженерной геодинамики / Юбилейная конференция, посвященная 100-летию со дня рождения проф. Г.С.Золотарёва (29-30 сентября 2014 г., Москва, МГУ) / Под ред. Э. В. Калинин. — Московского университета, Москва, 2014. — С. 108–112.
3. *Фоменко И.К., Захаров В.С., Самаркин-Джарский К.Г., Сироткина О.Н.* Учет сейсмического воздействия при расчете устойчивости склонов (на примере Краснополянского геодинамического полигона) // Геориск, 2009 №4, С. 50–55.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ МАЛАХИТА

Белов К.В.\* ([kostik-belowne@rambler.ru](mailto:kostik-belowne@rambler.ru))

Абрамов В.Ю., Басакин Е.Б. (МГРИ)

**Аннотация.** В работе приведен анализ опубликованных данных и результаты лабораторных исследований, изучающих процесс образования малахита. Обоснованы несколько различных механизмов выделения малахита и проведены семь лабораторных экспериментов. В результате двух из них экспериментально получен малахит, результат подтвержден рентгеноструктурным анализом.

**Ключевые слова:** малахит, зона окисления медных сульфидных руд, подземные воды зоны окисления, геохимические барьеры.

### Анализ опубликованных материалов

Механизм образования малахита рассмотрен в ряде публикаций с различной детальностью [2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 16]. В основном, предположения авторов сводятся к достаточно простой схеме. Источником меди и сульфатов в подземных водах являются окисляющиеся залежи сульфидных минералов меди (халькопирита, пирита и др.) [9]. Продукты окисления понижают водородный показатель (рН) до значений 1–2, тем самым, переводя большинство катионов металлов в миграционное состояние. В случае, если на пути движения кислых подземных вод встречаются геохимические барьеры, то происходит выпадение солей этих металлов [10].

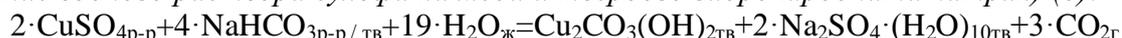
Во многих районах мира, включая Россию (Гумешевское и Меднорудянское месторождения Урала), запасы природного малахита выработаны. В этой связи разрабатываются технологии синтеза малахита. Во второй половине XX века удалось получить ювелирно-поделочный малахит приемлемого качества, используя вещества и процессы, не встречающиеся в природе [16]. Механизм образования и влияние химического состава подземных вод в природном процессе остаются не выясненными.

Целью исследований являлось получение в лабораторных условиях минеральной формы, соответствующей химическому составу малахита, без синтеза его агрегатов (почковидных, натечных и других форм) с использованием веществ, встречающихся в природе. Минеральный состав полученных в ходе эксперимента веществ авторы определяли посредством рентгеноструктурного анализа.

### Постановка задачи и эксперимента

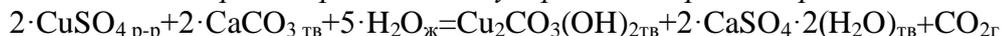
Приведенный обзор показывает, что единства в понимании процесса образования малахита до сих пор нет. Для изучения влияния подземных вод на процесс образования малахита выполнена серия лабораторных опытов [1]. Эксперименты выполнены для следующих реакций:

1) Смешение водных растворов сульфата меди и гидрокарбоната натрия (а) (и смешение водного раствора сульфата меди и твердого гидрокарбоната натрия) (б):



Данная реакция происходит тогда, когда кислые водные растворы сульфата меди смешиваются с водными щелочными растворами, содержащими гидрокарбонат натрия. Согласно уравнению реакции из раствора выпадает малахит, декагидрат сульфата натрия и выделяется углекислый газ. В условиях лаборатории авторы также провели реакцию смешения водного раствора сульфата меди и твердого гидрокарбоната натрия.

2) Контакт водного раствора медного купороса с твердым карбонатом кальция:



В отличие от первой реакции, образование малахита происходит на поверхности твердой фазы, представленной карбонатными породами. При контакте с кислыми

сульфатными водами происходит также реакция нейтрализации с выпадением гидрата сульфата кальция (гипса), выделением углекислого газа и основного карбоната меди.

3) *Окисление самородной меди в зоне аэрации:*



Образование малахита, согласно данному уравнению, происходит с участием самородной меди, воды, кислорода и углекислого газа. Такая реакция возможна, так как приведено много фактов, свидетельствующих о развитии малахита по самородной меди [13].

4) *Взаимодействие водных растворов сульфата меди и карбонатных пород в толще суглинка.*

В целом эта реакция сходна с реакцией №2, однако процесс протекал в природных моренных суглинках, в которые искусственно добавлялись обломки карбонатных пород.

### Проведение эксперимента

*Смешение водных растворов медного купороса и гидрокарбоната натрия*

Водные растворы медного купороса с концентрациями 3,8, 7,5 и 15 г/л смешивались с водными растворами гидрокарбоната натрия с концентрациями 2,5, 5 и 10 г/л соответственно. Величина водородного показателя смеси реагентов в течении трех суток изменилась в среднем от 5.7 до 7.1.

В результате реакции происходило выпадение осадка светло-зеленого цвета и выделение газа. Спустя сутки объем осадка уменьшился в 5–6 раз и изменялся его цвет с бледно-зелёного до тёмно-зелёного, яркого, насыщенного. После промывания дистиллированной водой состав осадка был проанализирован рентгеноструктурным методом.

*Смешение водного раствора медного купороса и твёрдого гидрокарбоната натрия*

В водные растворы медного купороса с концентрациями 3,8, 7,5 и 15 г/л добавлялся твёрдый гидрокарбонат натрия массой 2,5, 5 и 10 г соответственно. Величина водородного показателя смеси реагентов в течении пяти суток изменилась в среднем от 5.8 до 8.2.

В результате добавления твёрдого гидрокарбоната натрия ( $\text{NaHCO}_3$ ) к водному раствору сульфата меди за несколько минут образовывался студенистый осадок светло-зелёного цвета. В ходе реакции наблюдалось выделение большого количества газа. На протяжении нескольких дней цвет осадка изменялся с бледно-зелёного до тёмно-зелёного, яркого, насыщенного. После промывания дистиллированной водой состав осадка был проанализирован рентгеноструктурным методом.

*Контакт водного раствора медного купороса с твёрдым карбонатом кальция*

Для изучения взаимодействия карбонатов кальция (известняк органогенный (а), мелоподобный известняк (б) и исландский шпат (в)) на процесс образования малахита, мы использовали водный раствор сульфата меди (концентрация сульфата меди 5 г/л) и перечисленные разности, раздробленные до фракции 0,1–1,5 мм и помещенные в конические воронки, укрепленные в штативе. Объем порошка карбоната кальция составлял в каждом случае около 4 см<sup>3</sup>. За сутки на него подавался 1 л раствора сульфата меди. На них, сверху, в течение двух недель из делительных воронок непрерывно подавался раствор. По мере его расходования, в делительные воронки доливалась «свежая» порция реагента. Спустя сутки после начала опыта на поверхности частиц стала появляться синяя окраска и через 10–12 суток образовалась корка, толщиной до 1 мм голубого цвета. Стоит отметить, что в массе дроблёного исландского шпата проявились участки слабого зелёного цвета, тогда как в известняках такого не произошло. По окончании опыта все три указанные разности (в особенности

зелёный налет на исландском шпате) были подготовлены для проведения рентгеноструктурного анализа.

#### *Окисление самородной меди в зоне аэрации*

В данном опыте моделировалось поведение самородной меди в зоне аэрации в условиях засушливого климата. С уровня грунтовых вод, за счет капиллярных сил, происходит подъем капиллярной влаги, имеющей щелочную реакцию среды (за счет ионов натрия). В этой же зоне капиллярный поток встречается с металлической медью. По последней начинает образовываться малахит [13] и другие минералы.

Для проведения опыта взята электротехническая медь, которая была растёрта в мелкую крупку. После этого порошок разделён на две части, помещенные в конические воронки с фильтровальной бумагой, нижние концы которой опущены в пробирки. У первой конусной воронки с медной крупкой смачивание производилось дистиллированной водой с добавлением гидрокарбоната натрия ( $\text{NaHCO}_3$ ) для создания щелочной среды, у второй воронки – дистиллированной водой. Испарившийся раствор постоянно доливался.

Эксперимент длился около месяца. Через две недели в воронке, которая смачивалась дистиллированной водой крупка начала покрываться чёрным налетом оксида меди, а к концу третьей недели в воронке, которая смачивалась щелочным раствором, на поверхности меди начал проявляться сначала едва заметный голубоватый, а затем отчетливый зелёный налет. К концу эксперимента некоторые участки медной крупки стали полностью зелёного цвета. После окончания опыта наиболее изменённые разности были отобраны и выполнен анализ их минерального состава рентгеноструктурным методом.

#### *Взаимодействие водных растворов сульфата меди и карбонатных пород в толще суглинка.*

Взаимодействие водных растворов сульфата меди и карбонатных пород в толще суглинка происходило в лабораторном прозрачном кристаллизаторе, в котором слоями уложены крупнозернистый песок и моренный суглинок. В последний дополнительно добавлены обломки тех же карбонатных пород и медная крошка, что и в предыдущих экспериментах. В качестве источника ионов меди также использовался раствор медного купороса в концентрации 70 г/л, который заливался в трубку. Для создания избытка углекислого газа и щелочной среды в зоне реакции искусственно подводился углекислый газ. Вся установка моделирует часть глинистой коры выветривания: за счет капиллярных сил происходит поднятие водных растворов, обогащенных ионами меди. По мере продвижения кислые растворы встречают на своем пути обломки карбонатных пород, которые, по своей сути, являются карбонатным барьером, вызывающим осаждение на себе ионов меди. Этот процесс происходит в среде с избытком углекислого газа. Продолжительность эксперимента составила около двух месяцев.

Спустя месяц после начала опыта на поверхности известняка стала появляться сначала бледно-голубая, затем голубая, в дальнейшем светло-зеленая и окончательно, зеленая кайма. С течением времени цвет ее становился все более насыщенный, зеленый. На поверхности грунта появились светло-голубые высолы и легкий игольчатый налет кристаллов гипса, по внешнему виду напоминающий снег. Спустя 2 месяца были отобраны наиболее окрашенные в зеленый цвет разности и выполнен их минеральный анализ рентгеноструктурным методом.

Рентгеновская дифрактометрия проведена в лаборатории МГРИ (заведующий лабораторией кандидат технических наук Гурвич М.Ю.) на аппарате ДРОН-3 на кобальтовом излучении при напряжении 30 кВ и токе 30 мА.

#### **Обсуждение результатов эксперимента**

В результате проведенных исследований возможно сделать следующие выводы:

1. Единства в понимании механизма образования малахита у исследователей нет. Роль в этом процессе подземных вод до конца не ясна.

2. В ходе проведённых авторами экспериментов образование малахита произошло в двух случаях: в ходе смешения водного раствора медного купороса  $\text{CuSO}_4$  и  $\text{NaHCO}_3$  твёрдом состоянии, а также в ходе опыта, моделирующего поведение самородной меди в зоне аэрации в щелочной среде, которая создавалась опять же  $\text{NaHCO}_3$ .

3. Образование малахита не произошло при взаимодействии водных растворов  $\text{CuSO}_4$  и карбонатных пород. Однако, это противоречит данным по Гумешевскому месторождению на Урале, где участки с богатой малахитовой минерализацией тяготеют к контакту выветрелых сульфидных руд и подстилающих их мраморов.

4. Образование малахита не произошло при взаимодействии водных растворов  $\text{CuSO}_4$  и  $\text{NaHCO}_3$ . Возможно, это связано с краткосрочностью эксперимента.

5. Образование малахита также не произошло и при взаимодействии водных растворов  $\text{CuSO}_4$  и карбонатных пород в толще суглинка. Вокруг каждого обломка образовалась хрупкая корка насыщенного зеленого цвета толщиной 0.1-0.3 мм. В некоторых местах произошло полное замещение карбоната этим новообразованием.

### Литература

1. Белов К. В., Вязкова О. Е., Васильева Д. Э., Черкинская М. А. Результаты экспериментального изучения гидрогеохимических процессов образования малахита. Разведка и охрана недр, 2018, № 5. Стр. 40-44
2. Бетехтин А.Г. Курс минералогии. Учебное пособие. Москва. КДУ. 2007, 721 с.
3. Глинка Н.К. Общая химия. Учебное пособие для ВУЗов. Москва, ИнтегралПресс, 2007, 728 с.
4. Зверев В.П., Кононов В.И. и др. Миграция химических элементов в подземных водах СССР. Закономерности и количественная оценка. Труды. Выпуск 261. Москва. Наука. 1974, 239 с.
5. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов. Справочник в 6 книгах. Книга 4. Москва. Экология, 1996, 416 с.
6. Керн Р., Вайсброд А. Основы термодинамики для минералогов, петрографов, геологов. Перевод с французского Федотьева К.М.. Москва. Мир. 1966, 278 с.
7. Колотов Б.А. Гидрогеохимия рудных месторождений. Москва. Недра 1992, 192 с.
8. Колотов Б.А., Крайнов С.Р., Рубейкин В.З. Основы гидрогеохимических поисков рудных месторождений. Москва. Недра. 1983, 199 с.
9. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. Издание 2, дополненное. Москва. ЦентрЛитНефтеГаз. 2012, 672 с.
10. Крайнов С.Р., Швец В.М. Гидрогеохимия. Москва. Недра. 1992, 463 с.
11. Нюссик Я.М., Комов И.Л. Электрохимия в геологии. Ленинград. Наука. 1981, 240 с.
12. Овчинников А.М. Гидрогеохимия. Москва. Недра. 1970, 200 с.
13. Пеков И.В., Лыкова И.С.. Минералогический Альманах. Рубцовское месторождение (Северо-Западный Алтай, Россия): минералогия зоны окисления. Том 16, выпуск 1, 2011, 79-80 с.
14. Романцева Л.М., Лещинская З.Л., Суханова В.А. Сборник задач и упражнений по общей химии. Издание второе, переработанное и дополненное. Москва. Высшая школа. 1991, 288 с.
15. Сауков А.А. Геохимия. Москва. Наука. 1966, 487 с.
16. Шуйский А.В. Экспериментальная минералогия и генезис выращиваемого малахита. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. СПбГУ. Санкт-Петербург. 2015, 185 с.

## **ДИАГНОСТИКА ПОДТОВАРНОЙ ВОДЫ МЕТОДОМ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ С МАСС-СПЕКТРИЧЕСКИМ ДЕТЕКТИРОВАНИЕМ**

**Бердова Д.В.\* ( студент, Тюменский индустриальный университет,  
Институт геологии и нефтегазодобычи, [dariaberдова@gmail.com](mailto:dariaberдова@gmail.com)) Научный  
руководитель – М.Д. Заватский (Тюменский индустриальный университет,  
доцент кафедры геологии месторождений нефти и газа)**

### **Аннотация**

Вода - неизменный спутник нефти и газа. Именно пластовая вода имеет значение для поиска, формирования и разработки нефтяных залежей. В месторождении она залегает в тех же пластах, что и нефтяная или газовая залежь, а также в собственно водоносных пластах (горизонтах). В процессе разработки вода может внедряться в нефтяную или газовую залежь, продвигаясь по нефтегазоносному пласту, или поступать в скважины из других водоносных горизонтов. В соответствии с принятой технологией разработки вода может закачиваться в залежь и перемещаться по пластам; в связи с этим данная работа выполняется с целью разработки методики диагностирования подтоварной воды, так как при поисковом и разведочном бурении бывают притоки воды с неявно-выраженными признаками нефти. Для более точной интерпретации результатов испытаний необходимо точно определить находилась ли жидкость в контакте с пластовыми углеводородными системами.

### **Ключевые слова**

Ароматические соединения (арены), газовая хроматография, масс-спектрометр, нормальные алканы, подтоварная вода, хроматограмма.

### **Суть метода газовой хроматографии**

**Газовая хроматография** – универсальный метод разделения смесей разнообразных веществ, испаряющихся без разложения. При этом компоненты разделяемой смеси перемещаются по хроматографической колонке с потоком газ-носителя. По мере движения разделяемая смесь многократно распределяется между газом-носителем (подвижной фазой) и нелетучей неподвижной жидкой фазой, нанесенной на инертный материал (твердый носитель), которым заполнена колонка. Принцип разделения - неодинаковое сродство веществ к летучей подвижной фазе и стационарной фазе в колонке. Компоненты смеси селективно задерживаются последней, поскольку растворимость их в этой фазе различна, и таким образом разделяются (компонентам с большей растворимостью требуется большее время для выхода из жидкой фазы, чем компонентам с меньшей растворимостью). Затем вещества выходят из колонки и регистрируются детектором. Сигнал детектора записывается в виде хроматограммы. Таким образом, основными элементами являются поток газ-носителя, устройство для ввода пробы, хроматографическая колонка и детектор. [1]

### **Суть масс-спектрометра**

Нейтральный атом не подвержен действию электрического и магнитного поля. Однако если отнять у него или добавить ему один и более электронов, то он превратится в ион, характер движения которого в этих полях будет определяться его массой и зарядом. Строго говоря, в масс-спектрометрах определяется не масса, а

отношение массы к заряду. Если заряд известен, то однозначно определяется масса иона, а значит масса нейтрального атома и его ядра.

**Ход работы, условия анализа и результаты исследований:**

Все пробы представляют собой темную жидкость. Пробы 5 и 6 – со слабым запахом нефтепродуктов, остальные – без запаха.

Лаб. №	маркировка	тара	объем	Примечание
1	сепарол	пластиковая бутылка	ок. 100 мл	На анализ взято 20 мл
2	57	пластиковая бутылка	ок. 100 мл	На анализ взято 20 мл
3	23/2	Стеклянная пробирка	Ок. 10 мл	
4	Без маркировки	Стеклянная пробирка	Ок. 10 мл	
5	Березовская пл	Пластиковая бутылка	5 литров	Дата отбора 28.01.16
6	Березовская пл	Пластиковая бутылка	5 литров	Дата отбора 30.01.16

**Часть 1:** Для хроматографического анализа образцы 1 – 4 были подвергнуты пробоподготовке: была проведена экстракция жидкости гексаном и спиртом; с гексаном жидкость не смешивалась, гексан не окрашивался. При разбавлении пробы спиртом 1:10 наблюдалось выпадение твердой фазы, которая после центрифугирования и высушивания представляла собой твердое вещество черного цвета, нерастворимое в органических (гексан, этанол, хлороформ) растворителях, но легко растворимое в воде.

Гексановые экстракты проб № 2, 5 и 6 были проанализированы на хроматографе с масс-спектрометрическим детектором со сканированием по полному ионному току. Идентификация компонентов проводилась по библиотеке масс-спектров. Проба 5 из нефтяных содержит нормальные алканы, в пробе 6 они фактически отсутствуют. В обеих пробах наблюдаются органические компоненты, не характерные для природных углеводородных систем – кофеин и пальмитиновую кислоту. Впрочем, это может быть ошибка идентификации компонента. В то же время, пробы 2, 5 и 6 содержат сквален – биоматериал, предшественник трициклических терпанов (биомаркеры), часто встречающийся в РОВ осадочных пород и нефти.

**Таким образом, по результатам анализа гексанового экстракта проб нельзя однозначно отнести их к разряду приконтурных вод углеводородных залежей.**

**Часть 2:** Затем все образцы были проанализированы по методу парофазного анализа: проба нагревалась на водяной бане до 70 °С в герметичной стеклянной банке. Для анализа отбиралась паровая фаза шприцем через резиновую вставку в крышке. Хроматограмма пробы №1 показывает наличие одно- двух-замещенных ароматических соединений в больших концентрациях. Других нефтяных компонентов не обнаружено. Пробы 2 и 3 характеризуются высокими концентрациями одно- двух- трех-замещенных ароматических соединений, а так же значительными содержаниями нормальных алканов, характерных для нефтей ряда C<sub>10</sub> – C<sub>17</sub>. Проба 4 отличается от 2 и 3 отсутствием ряда двух- трех-замещенных аренов.

Пробы 5 и 6 вообще не содержат ароматических соединений, однако, имеют высокое содержание нормальных алканов  $C_{10} - C_{17}$ .

Целевых компонентов вообще не обнаружено, но визуальный анализ хроматограмм говорит о высоком содержании там алканов ряда  $C_{10} - C_{17}$ .

#### **Выводы:**

Пробы 2, 3 и 4 наиболее отвечают представлениям об углеводородном составе приконтурных пластовых вод.

Проба 1 трудно интерпретируется, так как слишком бедна нормальными алканами, но содержание аренов выше фоновых на 2 порядка.

Пробы 5 и 6, наоборот несут аномальные концентрации нормальных алканов, но совершенно лишены аренов. Причем гомологический ряд n-алканов этих проб весьма «подозрителен»: аналогичную хроматографическую картину имеет дизельное топливо. Чтобы уверенно отнести эти компоненты к результатам взаимодействия воды с нефтью, нужно быть уверенным в отсутствии техногенных загрязнений образцов дизельным топливом.

#### **Заключение**

Проведённые исследования показали, что методика хроматографического парофазного анализа водорастворённых углеводородов позволяет не только определить их количество, но и отделить реальные нефтяные углеводороды от техногенных загрязнений, что значительно повышает надёжность диагностики.

#### **Литература**

1. P.G.Jeffery and P.J.Kipping «Gas analysis by gas chromatography»
2. Карасек Ф. Клемент Р. «Введение в хромато-масс-спектрометрию»: Пер. с англ. -М.: Мир, 1993. - 237 с.
3. Шварцев С.Л., Пиннекер Е.В., Перельман А.И. и др. Основы гидрогеологии. Гидрогеохимия. - Новосибирск: Наука, 1982. - 285 с.
4. Сухарев Г. М. «Гидрогеология нефтяных и газовых месторождений» - М., «Недра» 1971 год.

## ЗОНАЛЬНОСТЬ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ МЕДНОКОЛЧЕДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

*Бобина Т.С.\* (ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»,  
e-mail: tanyashka1993@mail.ru),*

*Абатурова И.В. (ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»)*

**Аннотация:** В статье рассматриваются особенности строения кор выветривания медноколчеданных месторождений Кабан-I и Саум. Авторами выделена инженерно-геологическая зональность кор выветривания, каждая из которых характеризуется своими условиями образования, а также физико-механическими свойствами. Главным в изучении процесса выветривания являются закономерности изменения свойств в пределах рассматриваемой зональности в разрезе месторождения. Установленные закономерности являются особо важным моментом для принятия оптимальных решений при разработке месторождений.

**Ключевые слова:** медноколчеданные месторождения; кора выветривания; зональность коры выветривания; физико-механические свойства горных пород

**Введение.** В настоящее время изучению кор выветривания (к.в.) уделяется незначительное внимание, что, по мнению авторов, является ошибкой, так как методы (средства), обеспечивающие безопасность отработки МПИ, должны характеризоваться как комплексностью – рассмотрение всех факторов, определяющие инженерно-геологические условия месторождения, так и оптимальностью – выбором факторов, уникальных при отработке месторождения, к которым можно отнести особенности формирования и строения кор выветривания [1].

**Метод и теория исследования.** Основы изучения кор выветривания в данном вопросе были заложены академиком Ф.П. Саваренским [4], что было связано со строительством инженерных сооружений, основаниями которых являлись элювиальные грунты. Для Уральского региона впервые коры выветривания с точки зрения влияния на безопасность отработки были изучены Л.А. Яргом на месторождениях «Осеннее» и «Весеннее», И.В. Абатуровой и Э.И. Афанасиади на месторождениях «Светлинское», «Воронцовское», «Афанасьевское», а также Т.К. Костеровой [2] и Л.И. Подкорытовой [3].

**Примеры.** Рассмотрим инженерно-геологическое строение кор выветривания и их физико-механические свойства на примере медноколчеданных месторождений полезных ископаемых «Кабан-I» и «Саум».

Кора выветривания на месторождении «Кабан-I» древняя, линейная остаточного типа. Мощность к.в. меняется от 0 м юго-западной части месторождения до 75 м в северо-западной части месторождения. В пределах изучаемой площади выделяются по минеральному составу различные к.в.: над рудной зоной и по андезитам и кварц-серицитовым породам (Рисунок 1). Над рудной зоной сформировался профиль коры выветривания, который завершается образованием зоны окисления и формированием так называемой «железной шляпы». Здесь выделяется следующая геохимическая зональность: *зона окисления* (формирует «железную шляпу»), которая представлена рыхлыми бурыми железняками красно-бурого, темно-бурого и светло-бурого цвета и плотными кавернозными железняками более темными по цвету и массивной структуры, и *зона выщелачивания*, представленная подзонами кварцевой и пиритовой сыпучки.

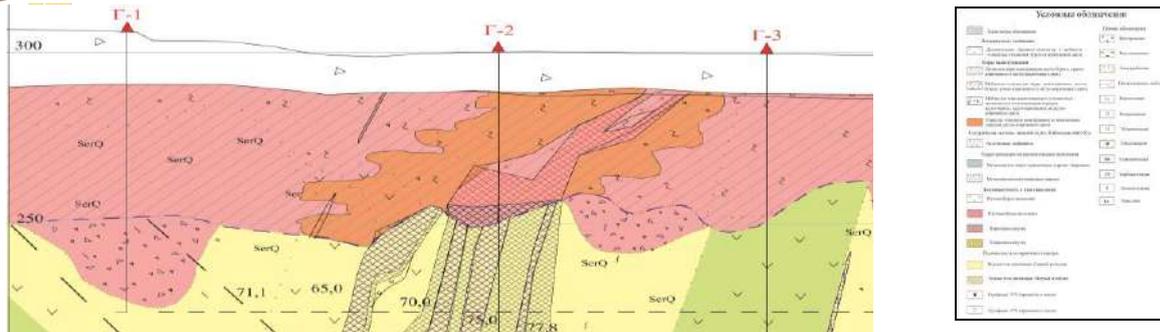


Рисунок 1. Геологический разрез месторождения «Кабан-1»

Совсем другой профиль к.в. формируется над андезитами и породами серицит-кварцевого и кварц-серицитового состава. В процессе выветривания формируются 3 подзоны, которые соответствуют геохимической зоне выщелачивания: 1 подзона сложена гидрохлоритом → 2 подзона гидрослюдистых глин → 3 подзона каолинистых глин.

В инженерно-геологическом отношении расчленение коры выветривания выполнено в соответствии с классификацией Л. А. Ярг [5]. В разрезе выделены снизу-вверх: III – зона литомаржа (суглинки, редко глины с сохранением структурно-текстурного рисунка материнских пород); IV – дисперсная зона (охры и глинистые минералы); V – зона вторичной цементации представлена гематитами, гётитами и гиббсититами.

Дисперсная зона к.в. развита широко, ее мощность составляет от 6,0 до 19,4 м. Породы зоны светло-серого, розово-серого цвета в нижней части до рыже-желтого в верхней – за счет интенсивной лимонитизации. По гранулометрическому составу породы крайне неоднородные и представлены суглинками, глинами с включениями сильновыветрелых обломков пород, либо это дресвяно-щебенистый материал с суглинистым и супесчаным заполнителем. Физико-механические свойства дисперсной зоны приведены в таблице 1. Рудная часть дисперсной зоны представлена кварцевой и пиритовой сыпучкой (песок мелкий и пылеватый).

Таблица 1. Статистические характеристики физико-механических свойств дисперсной зоны

Показатели свойств	Кол-во определений	Среднее значение $\bar{X}$	Среднеквадратичное отклонение $\sigma$	Коэф. вариации, V, д. ед.
Суглинки элювиальные / Глины элювиальные				
Плотность грунта, $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	11 / 4	1,97 / 2,02	0,04 / 0,05	0,02 / 0,03
Природная влажность, W, д. ед.	11 / 4	0,23 / 0,27	0,06 / 0,11	0,25 / 0,40
Влажность на границе текучести, $W_L$ , д. ед.	11 / 4	0,39 / 0,43	0,03 / 0,11	0,07 / 0,24
Влажность на границе раскатывания, $W_P$ , д. ед.	11 / 4	0,25 / 0,23	0,02 / 0,07	0,10 / 0,31
Число пластичности $I_p$ , д. ед.	12 / 4	0,14 / 0,20	0,01 / 0,04	0,10 / 0,18
Показатели текучести, $I_L$ , д. ед.	12 / 4	-0,22 / 0,16	0,43 / 0,14	-1,95 / 0,87
Относительная деформация набухания, $E_{sw}$ , д. ед.	6 / 3	0,03 / 0,04	0,001 / 0,01	0,14 / 0,18
Угол внутреннего трения, $\phi$ , град.	3 / 4	19 / 25	1,45 / 2,70	0,08 / 0,11
Удельное сцепление, C, МПа	3 / 4	0,07 / 0,15	0,02 / 0,08	0,29 / 0,53

Зона вторичной цементации (кираса) сложена кавернозными полускальными бурыми железняками сцементированными гидроокислами железа, вниз по разрезу переходящая в рыхлую массу (рыхлые бурые железняки имеют мелкокусковатую структуру, участками отмечаются крепкие, кремнистые, ячеистые железняки с красной глиной), мощностью от 3,0 до 10,0 м. Крепость пород изменяется в широких пределах, более кавернозные разности характеризуются значениями  $f_{кр}=2-3$  д. ед., менее кавернозные  $f_{кр}=4-5$  д. ед.

На месторождении «Саум» по морфологии и генезису коры выветривания площадные, а на участках развития тектонического нарушения линейные карманы выветривания имеют мощность 62 м. Основанием к.в. являются вулканокластические, вулканогенные породы, а также колчеданы (Рис. 2).

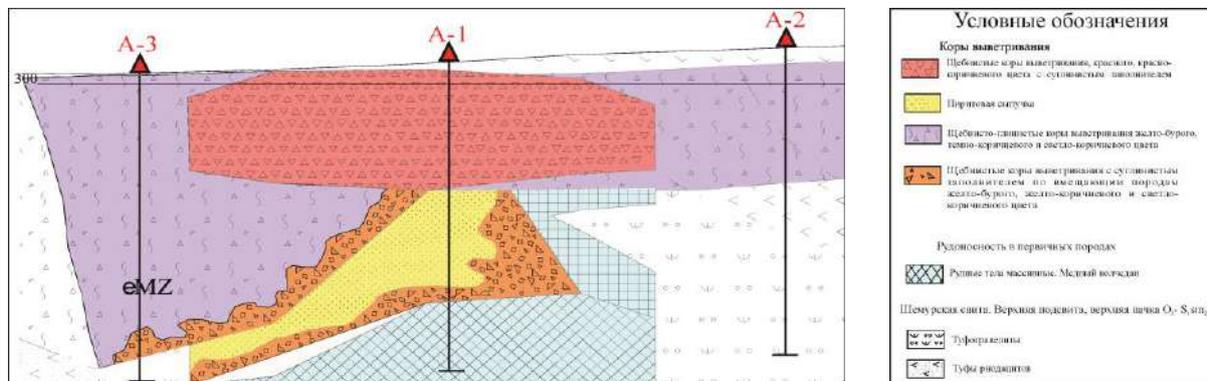


Рисунок 2. Геологический разрез месторождения «Саум»

Кора выветривания над рудной зоной характеризуется следующей геохимической зональностью, которая определяет физико-механические свойства пород:

*I – зона окисления*, сложена рыхлыми бурыми железняками (суглинки твердой консистенции), красно-бурого и светло-бурого цвета, и плотными кавернозными бурыми железняками (дресвяный грунт с суглинистым заполнителем твердой консистенции, либо щебенистый грунт с твердым супесчаным или суглинистым заполнителем) с размером каверн до 5 мм, пустоты замещены лимонитом. Основными минералами зоны являются пирит, гидрогётит, гётит, железистые охры. Мощность зоны составляет 1,0-27,9 м. Физико-механические свойства грунта приведены в таблице 2. Значения угла внутреннего трения и сцепления определены расчетным методом, коэффициент истираемости для обломков принят как для малопрочных пород ( $k_e=0,30$ ).

Таблица 2. Нормативные значения физико-механических свойств плотных кавернозных бурых железняков

Показатели свойств	Дресвяный грунт с суглинистым заполнителем				Щебенистый грунт с суглинистым заполнителем			
	n	X	$\sigma$	V	n	X	$\sigma$	V
Природная влажность, %	6	18,9	20,3	0,24	6	18,5	31,6	0,30
Влажность на границе текучести, %	6	33,0	28,6	0,16	5	28,0	–	–
Влажность на границе раскатывания, %	6	22,5	10,9	0,15	5	22,5	–	–
Число пластичности, %	6	11	8,6	0,28	5	5	–	–
Показатель текучести, д.е.	6	-0,32	0,24	–	5	-0,42	–	–
Плотность обломков, г/см <sup>3</sup>	6	2,09	0,02	0,06	6	2,06	0,05	0,10
Плотность частиц грунта, г/см <sup>3</sup>	6	2,69	0,01	0,04	6	2,51	0,08	0,12
Угол внутреннего трения, ф0	15-16				20			
Удельное сцепление, С, МПа	0,09-0,024				0,06-0,011			
Модуль деформации, Е, МПа	22,1-28,2				32,2-34,4			

Примечание: n – количество определений, X – среднее значение,  $\sigma$  – дисперсия, V – коэффициент вариации.

*II – зона выщелачивания*, представлена пиритовой сыпучкой (песок пылеватый), мощностью 2,2-17,8 м. Пиритовая сыпучка темно-серого цвета. Основную массу

породы составляет тонкозернистый пирит в количестве 70-80 %, халькопирит, сфалерит.

В коре выветривания вулканогенных и вулканокластических пород, в разрезе выделена только одна дисперсная зона. Грунты зоны желтовато-коричневого, серовато-желтого цвета, иногда красноватые (лимонитизированные). Мощность зоны 2,0-21,1 м. Породы по гранулометрическому составу крайне неоднородные, границы между ними провести невозможно, представлены дресвяным грунтом с суглинистым или супесчаным заполнителем твердой консистенции или щебенистым грунтом с суглинистым заполнителем. По коэффициенту выветрелости элювиальные грунты относятся к категории сильновыветрелых ( $0,75 < K_{\text{врт}} < 1,0$ ). Физико-механические свойства грунтов приведены в таблице 3.

Таблица 3. Нормативные значения физико-механических свойств дисперсной зоны коры выветривания по вулканогенным и вулканокластическим породам

Показатели свойств	Дресвяный грунт				Щебенистый грунт			
	n	X	σ	V	n	X	σ	V
Природная влажность, %	18	17,8	118,4	0,61	11	11,7	35,3	0,51
Влажность на границе текучести, %	17	28,6	67,2	0,29	10	26,2	16,1	0,15
Влажность на границе раскатывания, %	15	18,9	22,4	0,25	10	18,2	12,3	0,19
Число пластичности, %	18	8	5,1	0,29	10	8	2,2	0,18
Показатель текучести, д.е.	18	-0,56	0,47	–	10	-0,70	0,13	–
Плотность обломков, г/см <sup>3</sup>	18	2,41	0,03	0,08	11	2,40	0,03	0,07
Плотность частиц грунта, г/см <sup>3</sup>	18	2,65	0,01	0,03	11	2,64	0,01	0,03
Угол внутреннего трения, φ <sub>0</sub>	15-17				20			
Удельное сцепление, С, МПа	0,06-0,022				0,06-0,011			
Модуль деформации, Е, МПа	21,7-29,2				32,2-34,4			

Примечание: n – количество определений, X – среднее значение, σ – дисперсия, V – коэффициент вариации.

**Выводы.** Таким образом, можно сделать вывод, что процессы выветривания, протекающие в горных породах, приводят к полному или частичному их преобразованию. При этом происходит формирование зон коры выветривания, на рассматриваемых месторождениях, каждая из которых имеет свой уникальный состав и структурно-текстурные особенности – разные физико-механические свойства пород.

В свою очередь, эти различия в физико-механических свойствах, являются важными акцентами при решении актуальной задачи ведения открытых горных работ – прогнозе и обосновании устойчивых параметров углов наклона борта карьера. От оптимального решения этой задачи во многом зависит выбор системы разработки, подготовки рабочих горизонтов и их параметров и показателей устойчивости карьерных откосов, а также снижение риска возникновения опасных процессов в бортах карьера.

### Литература

1. Абатурова И. В. и др. [2015] Принципы оптимизации изучения инженерно-геологических условий месторождений полезных ископаемых. *Международный научно-исследовательский журнал*. №. 11 (42) Часть 6. С. 10-13. DOI: /10.18454/IRJ.2015.42.002.
2. Абатурова И.В., Афанасиади Э.И., Костерова Т.К. [1987] Особенности изучения инженерно-геологических условий Светлинского месторождения. *Ускорение научно-технического прогресса в горном деле и геологии на основе применения новых технологий*: Тез. Докл. – Свердловск. С.72.
3. Подкорытова Л.И. [1984] Инженерно-геологическая характеристика элювиарайона г. Свердловска: *Автореф. дис. канд. геол.-мин. наук: 25.00.08*. Москва. 22 с.



4. Саваренский Ф.П. [1939] Инженерная геология. – М.-Л.: ГОНТИ, 488 с.
5. Ярг Л.А. [1983] Исследование формирования линейных кор выветривания в инженерно-геологических целях. *Инженерная геология*. №2. С.65-74.

## АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БАССЕЙНОВ ГЛАВНЫХ РЕК ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ (ЕТР)

*Богомолов Ю.Г. (РосГидроГео, [y.g.bogomolov@mail.ru](mailto:y.g.bogomolov@mail.ru)),  
Алексеева Л.И. (РосГидроГео, [rosgidrogeo-union@mail.ru](mailto:rosgidrogeo-union@mail.ru)), соавтор Голубев  
С.М. (РосГидроГео, [serafim.golubev@yandex.ru](mailto:serafim.golubev@yandex.ru)), соавтор Ладыгин В.Ф.  
(РосГидроГео, [yfl5494@gmail.com](mailto:yfl5494@gmail.com))*

**Аннотация:** В тезисах кратко анализируется катастрофически экологическая ситуация в бассейнах главных водных объектов ЕТР рек Волги, Дона, Кубани, Терека и Самура. Приведенные данные свидетельствуют о достижении порога количественного и качественного состояния водных ресурсов бассейна р. Дон и Азовского моря и о вымирании реликтовых заповедных лесов в дельте р. Самур. Предложены дополнительные мероприятия по обеспечению судоходных глубин на р. Волге и на р. Дон. Даны предложения по развитию водохозяйственного и экологического комплекса ЕТР.

**Ключевые слова:** Водный объект, водный бассейн, водные ресурсы, водопользование, гидроузел.

Бассейны главных водных объектов юга ЕТР рек Волги, Дона, Кубани, Терека и Самура, а также их водоприемники Каспийское и Азовское моря, уже в настоящее время относятся к объектам крайне рискованного водопользования. В маловодных 2013 и 2014гг. отклонение поступления стока от среднемноголетних значений на устьях рек Волги, Дона, Кубани и Терека составили соответственно (-5.9), (-38.8), (-4.3) и (-1.9)%%, что в абсолютных значениях выражается в 14.1, 9.9, 4.0 и 0.2 км<sup>3</sup> соответственно, а практическое обезвоживание дельты р.Самур, вызванное антропогенным сокращением поверхностного и подземного стока, привело к кризисной социальной напряженности среди местного населения. Приведённые характеристики свидетельствуют о достижении катастрофического порога количественного и качественного состояния водных ресурсов бассейна р.Дон и Азовского моря, превышающих экологически допустимое снижение годового объёма стока от нормы; в дельте р.Самур – к вымиранию реликтовых заповедных лесов на территории Самурского природного комплекса и обезвоживанию родников (источников водоснабжения местного населения), а состояние остальных водных объектов - как близкое к кризисному в меженные периоды года.

В пределах ЕТР в результате несбалансированных условий природопользования, а в нашей тематике – водопользования, антропогенная нагрузка превысила экологические пределы естественного восстановления. А на фоне прогнозируемого глобального изменения климата на территории ЕТР надо быть готовыми к учащению и увеличению амплитуды опасных природных процессов: засух, наводнений, штормовых ветров, заморозков в весенне-летний период и оттепелей в зимний, туманов, ледяных дождей, селей, пожаров и пр. Соответственно, к усугублению негативного воздействия вод и к увеличению затрат на чрезвычайные и компенсационные мероприятия государства.

ТТяжёлая ситуация на водных объектах юга ЕТР, в первую очередь вызвана несбалансированностью допустимого антропогенного воздействия на водные ресурсы и несогласованностью водопользования между потребителями, осложнённых

негативными природными и климатическими условиями наступившего периода. При высоком уровне естественного водообеспечения ЕТР в целом, на водных объектах Южного склона сложилась кризисная ситуация с водообеспечением населения, всех отраслей экономики и экологии.

Возникновение кризисной ситуации на водных объектах спровоцирована двумя главными факторами – глобальной нестабильностью климатических условий и неэффективным управлением водохозяйственной деятельностью в бассейнах русел главных рек.

Если первым фактором мы управлять не можем, то учитывать его пока вполне возможно – в целом, амплитудные колебания естественных метеорологических и гидрологических характеристик не выходят за пределы нормативных расчётных значений подлежащих учёту в водохозяйственной и природоохранной деятельности

Со вторым фактором ситуация гораздо сложнее и требует пояснения. Централизованная управленческая деятельность водохозяйственной отрасли экономики России целенаправленно поэтапно разрушалась с начала 90-х годов. В новых условиях развития водохозяйственные и природоохранные мероприятия практически осуществляются на основе децентрализации государственного уровня управления вплоть до отраслевого и объектного уровня. Управление располагаемыми водными ресурсами и мероприятиями осуществляется бассейновыми водными управлениями на основе решений межведомственных бассейновых комиссий и администраций субъектов на местах. В расчёт принимается единственный критерий эффективности – максимальная индивидуальная (отраслевая/объектная) прибыль, что никак не согласуется с самой природой водных отношений на водных объектах и не может служить основой обеспечения водными ресурсами устойчивого и безопасного развития социально-экономического и природоохранного комплексов в бассейнах. И даже более того, в отдельных случаях ведёт к усугублению (или провоцированию) чрезвычайных ситуаций. Поэтому крайне важно устанавливать и соблюдать требования установленных водоохраных зон на паводкоопасных территориях, что часто нарушается местными властями при выделении участков земель в частное и государственное использование. Или, например, в условиях ограниченной водности перераспределяются попуски из водохранилищ в интересах платежеспособных отраслей (энергетики или водного транспорта) в ущерб рыбохозяйственных или экологических попусков.

При отсутствии обоснованной государственной стратегии развития социально-экономического комплекса в бассейнах главных рек реализация водохозяйственных мероприятий на водных объектах практически осуществляется на основе индивидуального отраслевого и регионального планирования без учёта (или с недостаточным учётом) приоритетов иных участников ВХК, зачастую основанных на политически ангажированных (лоббистских) решениях, согласованных межведомственными бассейновыми комиссиями и подкреплённых целевым бюджетным финансированием, без надлежащих экологических и комплексных экономических обоснований и заключений компетентных экспертов. Ярким примером является ситуация сложившаяся в последние годы с частичным разрушением работоспособности Единой глубоководной системы на территории ЕТР.

Выход из сложившейся кризисной ситуации видится в использовании комплексного системного подхода при обосновании объектных реализационных мероприятий в рамках единого вертикально выстроенного государственного управления сбалансированным водопользованием, основанным на строгом и согласованном удовлетворении требований приоритетных участников водохозяйственного комплекса (ВХК). Согласование и удовлетворение требований к использованию ресурсов должно

осуществляться путём ранжирования по степени важности водообеспечения отраслевых мероприятий экономики ЕТР (включая экологию) в целом и по отдельным территориям (округам, бассейнам, водохозяйственным участкам). Количество приоритетных участников и последовательность удовлетворения их требований определяется рамками принятой стратегии развития социально-экономического комплекса и обеспечивающего его основного сценарий развития водохозяйственных и природоохранных мероприятий на водных объектах ЕТР. Остальные участники ВХК (не приоритетные) удовлетворяются в рамках негарантированного водообеспечения в соответствии с природными и экологическими возможностями водного объекта.

Практика управленческой деятельности Росводресурсов свидетельствует о недооценке Правительством РФ важности эффективного и природоохранного водопользования в развитии страны, недостаточности возложенных на него полномочий и персональной административной, а в отдельных случаях и уголовной, ответственности за результаты водохозяйственной деятельности в рамках МПР. Целесообразно выделить «водное хозяйство» России в самостоятельное министерство или госструктуру с функциями министерства страны.

Основным рыночным инструментом управления, дополнительно к нормативно-законодательной базе, должно стать первоочередное выделение бюджетных средств и преференций на реализацию водохозяйственных мероприятий исключительно в соответствии с их рангом (важностью) для решения государственных социально-экономических и природоохранных задач в кратчайшие сроки. Целевым критерием достижения конечного результата любого мероприятия должно стать не освоение выделенных финансовых средств, в том числе и негосударственных, а физический ввод в действие всего проектного взаимно увязанного по срокам и составу комплекса водохозяйственных и сопутствующих им природоохранных объектов (или этапов), что позволит достигать ожидаемой эффективности мероприятий и избежать долгостроя и «замораживания» физических объектов строительства. Как негативный пример: заморозка строительства Чебоксарского и Нижнекамского гидроузлов на отметках «мёртвого объёма» водохранилищ; водоподающего канала Волга-Дон из верхнего бьефа Волгоградского водохранилища в Цимлянское водохранилище для покрытия дефицита водных ресурсов на р.Н.Дон; компенсирующих каналов 1-ой очереди передачи части стока Северных рек в р.Волгу (из озёр Лача, Воже и Верхней Сухоны через Кубенское водохранилище). При плановой реализации данных объектов экологическая и водохозяйственная ситуация на главных водных объектах рр.Волге и Н.Дон сегодня бы не возникла.

В части предлагаемых сегодня дополнительных мероприятий по обеспечению судоходных глубин на р.Волге ниже Горьковского водохранилища и на р.Дон ниже Кочетовского гидроузла путём строительства новых гидроузлов, то мы считаем их не только не решающими сложившихся проблем водохозяйственного и экологического комплексов, но и неприемлемыми и крайне вредными, лишь усугубляющими кризисную экологическую и водохозяйственную ситуацию на водных объектах.

В основу предлагаемого варианта сценария развития водохозяйственного и экологического комплексов ЕТР предлагается заложить следующие условия:

1. Организация единой централизованной вертикально выстроенной модели государственного управления;
2. Упорядочение сбалансированным и ранжированным водопользованием на территории ЕТР и поэтапное восстановление экологического состояния главных водных объектов Южного склона;
3. Первоочередное гарантированное обеспечение ограниченного числа приоритетных отраслей (объектов) экономики взаимно согласованными объёмами и

режимами водопользования в бассейнах с учётом требований охраны водных объектов и экологии;

4. Обеспечение завершения развития и поддержания транзитных глубоководных путей и сооружений на транзитных водных объектах – рр. Волга и Дон;

5. Обеспечение восстановления, охраны и развития биоресурсов на водных объектах Южного склона ЕТР, в первую очередь, в Азовском и Каспийском морях путём сокращения (ликвидации) дефицита баланса водных ресурсов, восстановления необходимого режима стока и увеличения проточности русел рек Волги и Дона;

6. Обеспечение восстановления и развития экономики и социально-экологического комплекса Крымского полуострова и дельты р. Самур пресными водными ресурсами.

Сценарий предусматривает 3 уровня целей: федеральный, региональный (субъектный) и локальный (муниципальный).

Формирование единой централизованной вертикально выстроенной бассейновой модели управления предполагает достижение целей и решения неотложных задач путём реализации в приоритетном порядке верховенства мероприятий, обеспечивающих высший уровень перед низшим. Бассейновые мероприятия более низкого уровня управления лимитируются граничными условиями и параметрами (водохозяйственными характеристиками) их взаимодействия с мероприятиями высшего уровня.

В настоящее время, по нашему мнению, определяющим элементом в развитии водохозяйственной отрасли, безусловно, должно являться формирование Программ бассейновых мероприятий, обоснованных соответствующими Схемами развития, сбалансированными с экологическими возможностями водных объектов, обеспеченных выделением соответствующих финансовых ресурсов и профессиональными инженерными и научными кадрами.

### Литература

1. Государственный Доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2013 году», М., НИА-Природа, 2014г.;
2. Кривошей В.А. Реки и каналы России, М., ООО «ОМ-Пабблишинг», 2007г.;
3. Ладыгин В.Ф., Ю.Г. Богомолов, к.г.-м.н., С.М. Голубев, к.г.-м.н., «Проблемы эффективности водохозяйственного использования водных объектов на территории европейской части России», НИП «Природные ресурсы» РАН, Использование и охрана природных ресурсов в России, научно-информационный и проблемно-аналитический бюллетень, № 6 (144) 2015г. и № 1 (145) 2016г. ;

## К ВОПРОСУ О НЕМОНОТОННОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ИСПЫТАНИИ КОНТРОЛЬНЫХ СВАЙ В ЗАСОЛЁННЫХ МНОГОЛЕТНЕМЁРЗЛЫХ ГРУНТАХ

*Большаков Я.В.\* (ООО «НТКС», [yakovbolshakov@gmail.com](mailto:yakovbolshakov@gmail.com))*

*Дроздов Д.С. (ИКЗ ТюмНЦ СО РАН, МГРИ, ТюмГУ, [ds\\_drozдов@mail.ru](mailto:ds_drozдов@mail.ru))*

**Аннотация:** В статье рассматривается «выдавливание» свай во время статических испытаний сваями многолетнемерзлых грунтов.

**Ключевые слова:** мерзлые грунты, статические испытания свай, свойства мерзлых грунтов

Испытание контрольных свай является обязательным элементом изысканий и проектирования ответственных объектов, создаваемых на мёрзлых засоленных грунтах. При соответствующих работах на территории ряда северных нефтегазовых месторождений (Бованенковское, Ванкорское, Юрхаровское) в весенний период (март-май) в разные годы был установлен следующий эффект.

Статические испытания проводились на мерзлых засоленных грунтах с учетом сезонного протаивания СТС, при разном геологическом разрезе, на грунтах разного литологического состава, разных влажности, плотности, температур, льдистости, криотекстуры и других характеристик, а также в разных погодных условиях.

Для проведения данных работ были использованы стенды, нагруженные (для противовеса) дорожными ж/б плитами, а также домкраты марок, соответствующих нагрузкам, обусловленным техническими заданиями, укомплектованными ручными масляными насосами. Здесь же применялись приборы для определения осадки свай и манометры. После установки стенда и его загрузки плитами, грунт вокруг свай пропаривался (с помощью ППУ) на глубину СТС и утеплялся кошмой (рис. 1).



*Рисунок 1. Испытание свай в вечномерзлых грунтах.*

Далее монтировалась реперная система из металлических уголков 50x50x5 мм, на которую устанавливались мессуры. Реперная система не соприкасалась со свайей и стендом.

Стенд (по периметру) накрывался кошмой для исключения попадания лучей солнца на репер. На сваю устанавливался домкрат, который верхней площадкой упирался в стенд. К домкрату подсоединялся насос с манометром. Свая, после погружения, выстаивалась, согласно ГОСТу.

Во время испытаний, на каждой испытываемой свае и на каждой ступени, в одно и то же время (8 часов от начала каждой ступени нагрузки (в 15:00 местного времени) было отмечено выдавливание сваи приблизительно на  $\frac{1}{4}$  просадки на соответствующей ступени с последующей осадкой до условной стабилизации. Длительность данного эффекта около 4-х часов. Длительность испытания на каждой ступени, обычно, 1 сутки. При детальном анализе методики расчетов результатов полевых испытаний грунтов контрольными сваями для оценки несущей способности и осадки сваи мы отметили влияние данного эффекта на величины угла  $\psi_i$  – тангенс угла наклона прямой  $lnS_i - lnt_i$ , к оси  $lnt_i$ , и  $lnS'_i$  – точки пересечения наклонной прямой  $lnS_i - lnt_i$  с осью  $lnS_i$ , которые входят в формулы расчетов полной ожидаемой осадки сваи и влияют на результат данных расчетов (рис.2, 3).

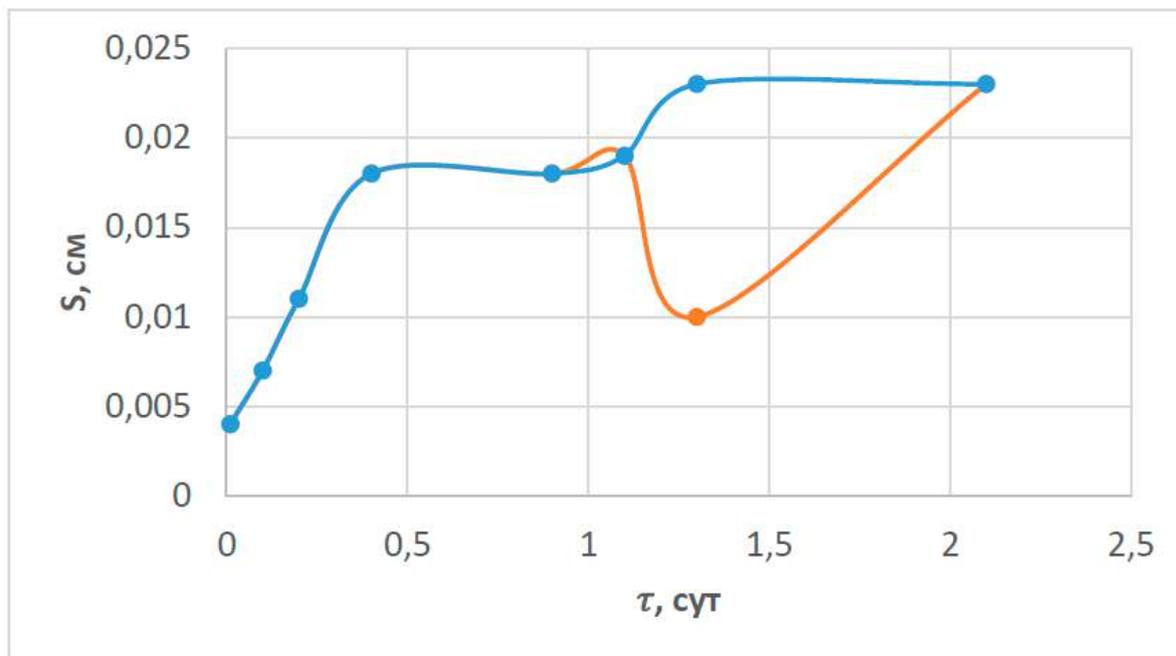
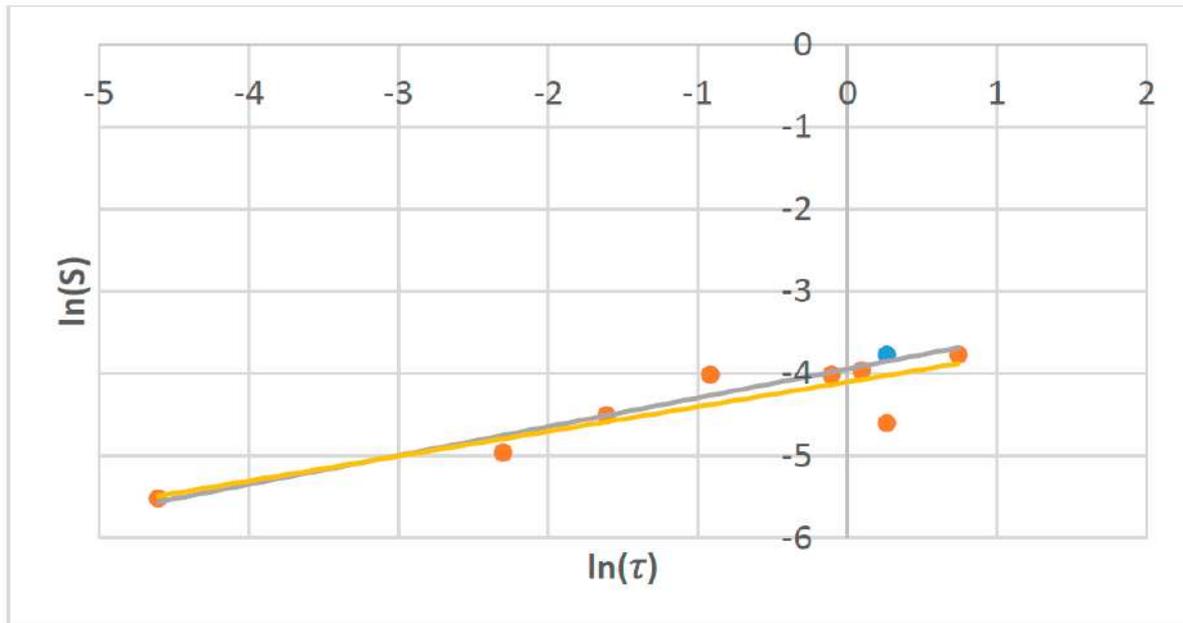


Рисунок 2. График развития осадки сваи во времени на второй ступени нагрузки в линейных координатах (синий – без учета описываемого эффекта, оранжевый – с учетом).

По нашему мнению, природа данного эффекта может быть одного из двух вариантов. Первое – деформация реперной системы при изменении температуры окружающей среды. Эту же гипотезу высказали сотрудники МИСИСа, с которыми мы предварительно консультировались.

Второе. Данный эффект является результатом одного из свойств мерзлых грунтов. Наше решение: во-первых, исследовать вариант с деформацией металла при изменении температуры. Для этого провести ряд испытаний реперной системы в морозильной камере. По результатам определиться с исследованиями свойств мерзлых грунтов относительно данного эффекта.



**Рисунок 3.** График развития осадки сваи во времени на второй ступени нагрузки в логарифмических координатах (синий – без учета описываемого эффекта, оранжевый – с учетом).

В случае положительных результатов: (1) по первому варианту сделать заключение и дать рекомендации по исключению систематических ошибок, связанных с деформациями реперной системы, на результаты испытаний (внесение поправок, сглаживание на графиках и в журналах данные по этому эффекту, т.к. он не несет никаких последствий); (2) по второму варианту следует добиться не только результатов, достоверно объясняющих природу данного эффекта, но и выяснить объемы возможных последствий для несущей способности сваи, связанных с данными свойствами, и дать обоснованные рекомендации не допущения этих последствий (если таковые будут выявлены).

Все описанные исследования, методики, оборудования – согласно «Руководству по полевым испытаниям свай в вечномерзлых грунтах», Москва. Стройиздат. 1977 г., Москва, НИИОСП им. Герсеева, 1985 г. СП 25 13330 2016 г. (Актуализированное).

Для понимания приблизительных масштабов данного эффекта мы провели предварительные расчеты изменения величины полной ожидаемой осадки сваи по методике «Руководства по полевым испытаниям свай в вечномерзлых грунтах». Расчеты производились по основным формулам «Руководства ...».

$$S = k_1 \cdot u \cdot B \cdot \left( \frac{N^H}{u \cdot l} \right)^a$$

где  $k_1$  – коэффициент, равный  $1 \text{ кгс}^{1-a} \cdot \text{см}^{2(a-1)}$ ;

$N^H$  – нормативная нагрузка на сваю, кгс;

$u$  – периметр поперечного сечения испытанной сваи, см;

$l$  – длина участка испытанной сваи, контактировавшего своей боковой поверхностью с грунтом основания, см;

$a$  – коэффициент упрочнения (безразмерный);

$B$  – коэффициент реологической сжимаемости грунта,  $\text{см}^2/\text{кгс}$ , определяемый по формуле

$$B = k_2 \cdot \left( \frac{\tau^{\alpha\alpha}}{\zeta_1^a} + \frac{\tau_p^{\alpha\alpha} - \tau^{\alpha\alpha}}{\zeta_2^a} \right)$$

где  $k_2$  – коэффициент, равный  $1 \text{ кгс}^{1-a} \cdot \text{сут}^{a(1-\alpha)} \cdot \text{см}^{2(1-a)}$ ;

$\tau$  – продолжительность установления стационарного многолетнего теплового режима в основании здания в сутках, принимаемая для пластичномерзлых грунтов, с которыми слой сезонного промерзания-оттаивания сливается, 730 сут, с которыми он не сливается – равной продолжительности смыкания многолетнего промерзания с вечномерзлым грунтом, устанавливаемой по теплотехническому расчету. При  $\tau > \tau_P$  в последней формуле принимать  $\tau = \tau_P$ ;

$\tau_P$  – расчетный срок эксплуатации здания или сооружения, сут;

$\alpha$  и  $\zeta$  – параметры деформирования, первый из которых безразмерный, а второй имеет размерность кгс сут/см<sup>2</sup>.

В результате ожидаемая полная осадка, рассчитанная без учета изменения угла  $\square$ , равна 2,849 см, с учетом – 2,48 см, разница составляет 13%.

**Благодарности.** Работа выполнена благодаря РАН и СО РАН (проект IX.135.2.2), грантам РФФИ (18-55-11005\_АФ\_п(ClimEco), 18-05-60004), субсидии Минобрнауки № 14.587.21.0048 (RFMEFI58718X0048), ООО «НТКС».

### Литература

1. «Руководство по полевым испытаниям свай в вечномерзлых грунтах» / НИИОСП им. Герсеванова. – М.: Стройиздат, 1977.

2. СП 25 13330 2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83. Минрегион России, 2016.

## ФУНДАМЕНТ ТИПА «БОЧКА» В УСЛОВИЯХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

*Большаков Я.В.\* ООО «НТКС», yakovbolshakov@gmail.com*  
*Горобцов Д.Н. ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе», dngorobtsov@mail.ru*

### Аннотация

В статье рассматривается вариант строительства сооружения на фундаменте цилиндрической формы типа «бочка» и влияние на него нормальных и касательных сил криогенного пучения. Проводится анализ полученных результатов и дается вывод об использовании таких фундаментных конструкций.

### Ключевые слова

Многолетнемерзлые грунты, нормальные и касательные силы криогенного пучения, фундамент типа «бочка».

В настоящее время существует множество видов и вариантов устройства фундаментов в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов. Все они имеют свои преимущества и недостатки. В данной статье рассматривается вариант строительства сооружения на фундаменте цилиндрической формы, представляющего собой металлическую бочку диаметром 3 м, длиной порядка 9 м. Внутренняя часть бочки заполнена местным грунтом. Размер инженерного сооружения 10x7 м, материал – деревянный сруб.

В процессе эксплуатации инженерных сооружений в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов одной из главных проблем является подвижность этих фундаментов в связи с широким распространением криогенного (морозного) пучения грунтов.

Возникающие силы криогенного пучения можно разложить на нормальные, действующие перпендикулярно на основание фундамента и направленные вверх, и касательные, действующие вдоль боковой поверхности.

Было принято решение провести простейшие расчеты и посмотреть на то, как будет вести себя данный фундамент в области распространения многолетнемерзлых грунтов.

Давление, передаваемое на фундамент, рассчитывалось для 180 точек, расположенных через 1°. Точки расположены на криволинейной боковой поверхности (полуокружности), заглубленной в основание. Упрощенная формула для вычисления давления имеет следующий вид:

$$P=p \cdot g \cdot r \cdot \sin \alpha,$$

где  $p$  – плотность грунта-наполнителя, принимаемая равной 1,5 г/см<sup>3</sup>;

$g$  – ускорение свободного падения, принимаемое равным 9,8 м/с<sup>2</sup>;

$r$  – радиус металлической бочки, равный 1,5 м;

$\alpha$  – угол приложения нагрузки, град.

В результате вычислений был получен следующий график зависимости давления от угла приложения нагрузки (рис.1).

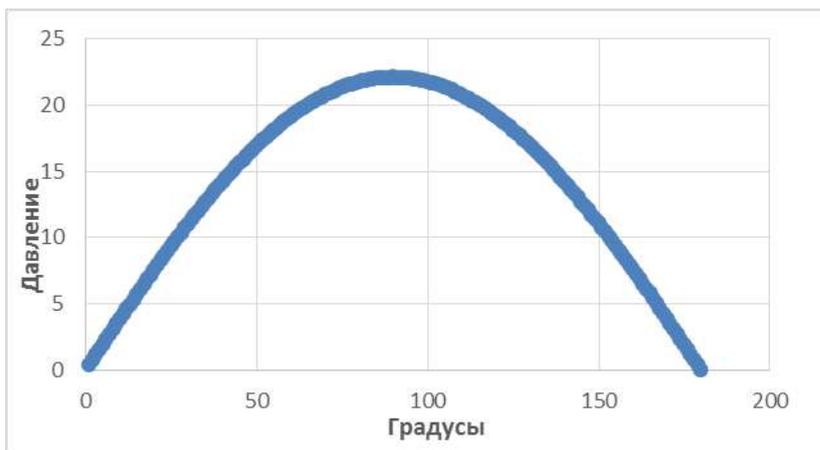


Рисунок 1. График зависимости давления от угла приложения нагрузки

Для определения нормальных и касательных сил криогенного пучения в каждой из 180 точек было предложено два варианта решения данной задачи. Согласно первому варианту нормальные силы достигают предельного значения только в одной точке окружности, в центральной ее части и действуют перпендикулярно к поверхности земли. Касательные же силы действуют на боковой поверхности (криволинейные линии), расположенные слева и справа от центральной точки, где действуют нормальные силы пучения. По второму варианту заглубленная часть фундамента условно представляла собой вид трапеции и нормальные силы морозного пучения действовали на некоторую площадку, ширина в разрезе которой принималась около 0,5 м. Касательные силы имели распространение на оставшейся части фундамента.

В качестве исходных данных использовался свод правил СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты», согласно которому нормальные силы  $\sigma$  криогенного пучения были приняты от 500 до 1000 кПа, касательные  $\tau$  от 50 до 100 кПа. Следовательно, в точке, где наблюдалась максимальная величина нормальных сил, касательные силы равны нулю и наоборот, где касательные силы достигали своего максимума (в краевых точках), нормальных сил не наблюдалось.

В результате расчета для двух вариантов значений сил криогенного пучения были получены следующие зависимости (рис. 2-3).

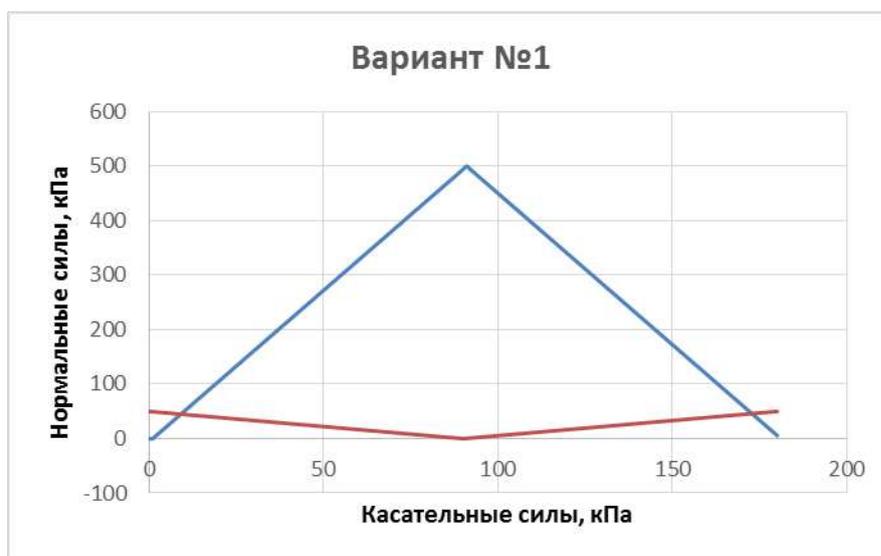


Рис. 2. График зависимости нормальных сил криогенного пучения от касательных при  $\sigma_{\max}=500$  кПа,  $\tau_{\max}=50$  кПа



Рис. 3. График зависимости нормальных сил криогенного пучения от касательных при  $\sigma_{\max}=1000$  кПа,  $\tau_{\max}=100$  кПа

На рисунках 2-5 синим цветом показаны нормальные силы криогенного пучения, оранжевым касательные силы.

По второму варианту, применив аналогичные расчетные значения  $\sigma$  и  $\tau$ , были построены следующие графики (рис.4-5).



Рис. 4. График зависимости нормальных сил криогенного пучения от касательных при  $\sigma_{\max}=500$  кПа,  $\tau_{\max}=50$  кПа



Рис. 5. График зависимости нормальных сил криогенного пучения от касательных при  $\sigma_{\max}=1000$  кПа,  $\tau_{\max}=100$  кПа

Таким образом, нормальные силы криогенного пучения действуют на площадку шириной 0,5 м и составляют 2632 кПа (при  $\sigma_{\max}=500$  кПа) и 5263 кПа (при  $\sigma_{\max}=1000$  кПа); касательные силы действуют на боковые стенки фундамента, суммарной ширины 3 м и составляют 1480 кПа (при  $\tau_{\max}=50$  кПа) и 2962 кПа (при  $\tau_{\max}=100$  кПа). Следовательно, силы морозного пучения при  $\sigma_{\max}=500$  кПа,  $\tau_{\max}=50$  кПа составляют 4112 и при  $\sigma_{\max}=1000$  кПа,  $\tau_{\max}=100$  кПа равны 8225 кПа.

Далее была проведена сравнительная оценка и сопоставление сил морозного пучения направленных вверх и сил тяжести от инженерного сооружения, направленные вниз.

В результате анализа выяснилось, что силы морозного пучения превышают силы тяжести инженерного сооружения, что приводит к его вертикальным поднятиям.

Однако нельзя забывать, что с наступлением теплого периода происходит оттаивание грунтов и проседание фундамента. Как показали реальные наблюдения за временными сооружениями на таких фундаментах, металлические бочки уложенные в грунт на половину своей высоты через 20 лет дали осадку около 1 м. Сверху остался оголовок около 0,5 м. При этом глубина сезонного протаивания в этом районе составляет порядка 0,6-0,8 м. Проседание металлических бочек скорее всего связано с протаиванием основания из-за передачи тепла через стальную часть за счет более высокой теплопроводности материала.

Все это говорит о том, что фундаменты типа «бочка» имеют право на существование при учете некоторых факторов. При этом экономические затраты на данный тип фундамента минимальный, поскольку в северной части РФ от промышленного освоения остается огромное количество металлических изделий, в том числе и металлических бочек.

### Литература

1. СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты». Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. Минрегион России, 2010.
2. Рекомендации по учету и предупреждению деформаций и сил морозного пучения грунтов. Москва. Стройиздат, 1986.

## О НЕОБХОДИМОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ В СОСТАВЕ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*Боревский Б.В.\* (ЗАО «ГИДЭК», [borevsky@hydec.ru](mailto:borevsky@hydec.ru)), Пендин В.В. (МГРИ, [pendin@yandex.ru](mailto:pendin@yandex.ru)), Черепанский М.М. (МГРИ, [vodamch@mail.ru](mailto:vodamch@mail.ru))*

**Аннотация.** Рассмотрена общая проблема повышения информативности и качества гидрогеологических исследований при проведении проектно-изыскательских работ для целей строительства. Для решения этой проблемы предлагается выделить инженерно-гидрогеологические изыскания в отдельный вид инженерных изысканий, обеспечить требования к их задачам, составу и результатам самостоятельной нормативной базы.

**Ключевые слова:** гидрогеологические исследования, инженерно-гидрогеологические изыскания, проектно-изыскательские работы, инженерно-геологические изыскания, загрязнение подземных вод, мониторинг состояния геологической среды.

В настоящее время гидрогеологические исследования в составе проектно-изыскательских работ (ПИР) включены в состав инженерно-геологических изысканий и регламентируются единой нормативной базой в соответствии с требованиями СНиП 11.02. Казалось бы, при таком подходе уровень, содержание и качество инженерно-геологических и в их составе инженерно-гидрогеологических исследований при проведении ПИР должны быть, по меньшей мере, равноценными. На практике, к сожалению, наблюдается обратная картина.

При весьма высоком уровне инженерно-геологических изысканий, их качестве и результативности на строительных площадках состав, содержание и качество гидрогеологической информации, как правило, крайне низкие, а сама полнота информации не отвечает задачам, очень важным и сложным, решение которых должно обеспечивать безопасность строительства и последующей эксплуатации инженерных сооружений, в т.ч. от негативных экологических последствий. Такое несоответствие задач, содержания и результатов целевого назначения гидрогеологических исследований при инженерно-геологических изысканиях неоднократно ранее отмечалось на совещаниях и форумах. В ежегодно проводимых ПНИИИС инженерно-экологических конференциях принимают участие до полутора тысяч человек, заслушивается несколько сотен докладов, касающихся методики и результатов различных видов инженерно-геологических исследований. В составе конференции регулярно выделяется гидрогеологическая секция, которую один из авторов (Б.В.Боревский) вел на протяжении нескольких лет. В работе этой секции принимают обычно участие не более 20-30 человек, соответственно количество докладов не превышает двух десятков, а работа самой секции не вызывает интереса у специалистов. Возникает вопрос – почему гидрогеологические исследования не востребованы специалистами, выполняющими их в составе инженерно-геологических изысканий?

Между тем, в нормативной литературе (соответствующих СНиПах и СП) перечислен довольно широкий спектр задач гидрогеологических исследований и требований к их результатам. Одновременно, само внимание к гидрогеологическим исследованиям и сами исследования оказываются на второстепенном уровне, а сама гидрогеология занимает место «Золушки» на балу инженерных изысканий.

С точки зрения авторов, это связано с низкой востребованностью результатов гидрогеологических исследований при проектировании различных инженерных сооружений и зданий. Проектировщиками, прежде всего, востребованы сведения о физико-механических свойствах грунтов, влияние нагрузок и т.п.

Вопросам инженерной защиты территории от подземных вод, проектированию не только локальных, но и общеплощадных систем дренажей и других мероприятий уделяется второстепенное внимание, что часто приводит к серьезным негативным экономическим и экологическим последствиям. Такие вопросы, как оценка размеров и масштабов зоны влияния изменения гидрогеологических условий под влиянием строительства и последующей эксплуатации инженерных сооружений, изучение и обоснование граничных условий, взаимосвязи подземных и поверхностных вод, баланса количества и качества подземных вод и т.п., как правило, не проводятся, или проводятся на весьма низком уровне. Фильтрационные и миграционные параметры определяются настолько ориентировочно, что выполненные по ним прогнозные расчеты нельзя признать сколько-нибудь достоверными.

Возникшее противоречие в качестве и результативности собственно инженерно-геологических изысканий и гидрогеологических исследований в их составе, по нашему мнению, связано, прежде всего с разными зонами влияния строительства и эксплуатации инженерных сооружений. Если в первом случае это площадка строительства или контур сооружения, во втором – воронка депрессии, зона подтопления, распространения и миграции загрязнителей и многие другие факторы, далеко выходящие за контур строительной площадки, являющейся объектом проектирования. Такое противоречие сохранится до тех пор, пока проектировщиками не будут более серьезно и полно востребованы результаты гидрогеологических исследований, особенно в тех случаях, когда при проектировании проблемы инженерной защиты территории станут первостепенными, например, при строительстве и эксплуатации полигонов твердых бытовых отходов (ТБО).

Поскольку объекты гидрогеологических исследований по площади и глубине, как правило, существенно превышают объекты инженерно-геологических изысканий и их задачи существенно различны – инженерно-гидрогеологические изыскания должны быть срочно выделены в самостоятельный вид инженерных изысканий в составе ПИР, обеспеченный соответствующей нормативной базой.

Особенно актуальной эта задача становится при изысканиях для строительства и эксплуатации полигонов ТБО, при проектировании которых материалы гидрогеологических исследований будут, безусловно, превалировать по сравнению с материалами собственно инженерно-геологических изысканий. В первую очередь это коснется прогнозирования переноса загрязнений подземными водами при эксплуатации полигонов ТБО. Таким примером может служить «Оценка воздействия на окружающую среду» мусоросортировочного комплекса в Рузском городском округе Московской области. Комплекс является потенциальным источником загрязнения поверхностных и подземных вод. В тоже время представленная на экспертизу Проектная документация, не отвечает требованиям, предъявляемым к инженерно-геологическим изысканиям. Приведенные в ОВОС расчеты вызывают сомнение, ввиду необоснованности и недостаточности гидрогеологических параметров, исследований путей миграции и отсутствия геофильтрационных и геомиграционных расчетов.

Все выше сказанное хорошо иллюстрируется высоким качеством изысканий для водозаборов подземных вод, которые проводятся в соответствии с законом РФ «О недрах» на основе специальной нормативной базы, а в составе ПИР выделены в отдельный вид специальных изысканий «Поиск и разведка подземных вод».

Таким образом, настало время проведения неотложных организационных мероприятий по выделению инженерно-гидрогеологических изысканий в отдельный вид изысканий наряду с имеющимися инженерно-геологическими и другими видами изысканий. Считаю необходимым включить этот пункт в Решение конференции и направить соответствующее обращение в Минстрой России.

## НЕГАТИВНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРА КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА

БУЛАХОВА К.Я. аспирант, [bulahova.k@gmail.com](mailto:bulahova.k@gmail.com)  
Санкт-Петербургский горный университет

**Аннотация:** Проанализированы результаты гидрогеохимического мониторинга подземных вод четвертичных отложений Северо-Сивашского артезианского бассейна. Используются данные режимных наблюдений по 4 наблюдательным скважинам, полученные в период с 2013 по 2016 гг. Проведено моделирование процессов взаимодействия подземных вод с горными породами.

**Ключевые слова:** формирование подземных вод, гидрогеохимическое моделирование, Северо-Сивашский артезианский бассейн.

В северной части Крымского полуострова сформировалась сложная экологическая ситуация. Результаты мониторинговых наблюдений за качеством атмосферного воздуха, водных и земельных ресурсов свидетельствуют об ухудшении состояния окружающей среды. Одна из причин изменения качества природной среды связана с деятельностью горно-химического производства. В северной части полуострова сосредоточены крупные предприятия по добыче и переработке полезных ископаемых, такие как Перекопский Бромный Завод (АО «Бром»), ПАО «Крымский Содовый Завод» и ООО «Титановые Инвестиции». Участок исследования расположен вблизи территории ООО «Титановые Инвестиции».

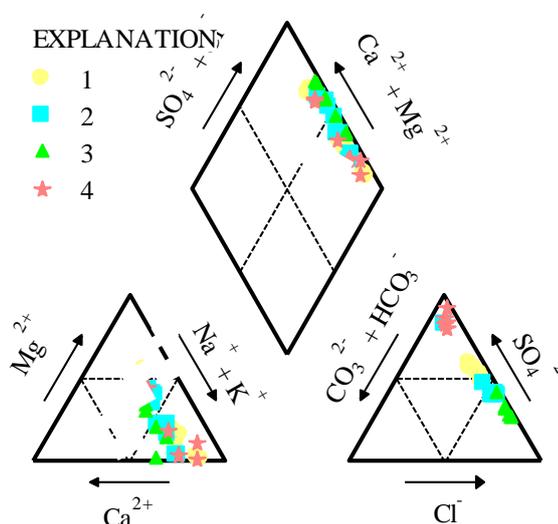
В настоящее время наблюдается ухудшение качества подземных вод четвертичных отложений. Данный комплекс не используется для хозяйственно-питьевого водоснабжения, однако в некоторых местах отмечается его связь с основным эксплуатационным горизонтом сармат-мэотис-понтических отложений. Таким образом, целью исследования является анализ современных гидрогеохимических условий четвертичного водоносного комплекса и моделирование процессов взаимодействия грунтовых вод с водовмещающими породами.

В качестве объекта исследования рассмотрен участок в пределах Перекопского перешейка. В гидрогеологическом отношении данная территория приурочена к Северо-Сивашскому артезианскому бассейну второго порядка, который входит в Причерноморский артезианский бассейн первого порядка.

Водоносный комплекс четвертичных отложений приурочен в основном к эолово-делювиальным и лиманным отложениям. За исключением прибрежной зоны оз. Сиваш и Каркинитского залива, где узкой полосой прослеживаются современные морские и лиманные отложения. Водовмещающие породы представлены бурыми, красновато-бурими суглинками, лёссовидными суглинками и лёссами, большей частью загипсованными, с тонкими прослоями песка (до 10 см мощностью), илами; мощностью от 0,6 до 15 м. По минералогическому составу суглинки представлены каолинитом, кварцем и монтмориллонитом. Водообильность отложений невысокая. Удельные дебиты скважин составляют 0,0009-0,42 л/сек, значения водопроницаемости горизонта в среднем составляют 1-10 м<sup>2</sup>/сут.

Для анализа гидрогеохимического режима водоносного комплекса четвертичных отложений использованы данные режимных наблюдений по 4 наблюдательным скважинам, полученные в период с 2013 по 2016 гг, включающие результаты замеров дебита скважин и химического анализа подземных вод. По имеющимся данным были построены графики зависимости минерализации, жесткости, концентрации хлорид-иона и сульфат-иона от времени эксплуатации для каждой скважины.

По результатам исследования мониторинговых наблюдений, в настоящее время наблюдается ухудшение качества подземных вод четвертичных отложений. Изменение химического состава вод от сульфатно-хлоридного магниево-натриевого к хлоридно-сульфатному натриевому типу сопровождается увеличением концентрации сульфат-иона, что приводит к повышению минерализации, и, как следствие, засолению почв и изменению экосистемы. Современные данные химического состава грунтовых вод представлены на рисунке 1.



1- воды скважины 131а; 2- воды скважины 135б; 3- воды скважины 117а; 4- воды скважины 19а

Рисунок 1. Диаграмма Пайпера с нанесением данных по современному химическому составу подземных вод четвертичных отложений.

Для определения характера взаимодействия подземных вод с вмещающими горными породами был рассчитан параметр насыщенности и было проведено моделирование процессов взаимодействия подземных вод с горными породами в закрытой системе вода-горная порода. Гидрогеохимическое моделирование проводилось с помощью программы PHREEQC. Современная система вода-порода прежде всего находится в равновесном состоянии с кварцем и каолинитом (Табл.1), при этом наблюдается перенасыщение вод гипсом. Неравновесное состояние с гипсом в системе вода-горная порода, приводит к образованию твердой фазы, в виде кристаллов гипса, что подтверждается натурными наблюдениями.

Таблица 1

Характеристика параметра насыщенности вод минералами

Минерал	Параметр насыщенности	Минерал	Параметр насыщенности
Альбит	-1,03	Гипс	0,5
Ангидрит	0,27	Каолинит	0.00
Са- Монтмориллонит	-1,63	Кварц	0.00

Одной из причин формирования сульфатных вод в четвертичных отложениях является техногенное воздействие, связанное с близким расположением кислотонакопителя, содержащего серные стоки. При высоких температурах внешней среды наблюдается испарение серных стоков, что приводит к поступлению сернистого ангидрида в атмосферу. При высоких его концентрациях в атмосфере происходит



формирование сульфатных инфильтрационных вод. Возможно, часть стоков дренируется в четвертичный водоносный горизонт, однако данная ситуация требует более детального исследования, которое планируется провести в ближайшее время.

### Литература

1. Гидрогеология СССР. Том VIII. Крым / ред. Е.В. Рипский, Е.А. Ришес, В.Г. Ткачук, Н.И. Толстихин. – М, Недра, 1971. – 364 с.
2. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2016 году / Под редакцией В.Н. Васильева; Симферополь, 2016. – 315 с.
3. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем водоснабжения. Контроль качества.- Введен 2001-09-01. М, 2001. – 62 с.
4. Description of Input and Examples for PHREEQC Version 3—A Computer Program for Speciation, Batch-Reaction, One-Dimensional Transport, and Inverse Geochemical Calculations / David L. Parkhurst, C.A.J. Appelo/- U.S. Geological Survey, Denver, Colorado, 2013. – 519 p.
5. Groundwater geochemistry. A practical guide to modeling of natural and contaminated aquatic systems / Broder J. Merkel, Britta Planer-Friedrich. – Berlin, Springer, 2002. – 200 p.

Фондовая

6. Подземные воды СССР : Обзор подземных вод Крымской области / М-во геологии СССР. Всесоюз. геол. фонд. Трест "Киевгеология". Т. 2: , Буровые на воду скважины. Кн. 5, Краснопереконский район / Сост. Е.А. Ришес, Н.В. Полякова, А.П. Пяткина [и др.]. - 1969. - 285 с
7. Подземные воды СССР : Обзор подземных вод Крымской области / М-во геологии СССР. Всесоюз. геол. фонд. Трест "Киевгеология". Т. 3: , Результаты химических и бактериологических анализов / Сост. Е.А. Ришес, Н.В. Полякова, А.П. Пяткина [и др.]. - 1969. - 285 с

## КОНЦЕПЦИЯ ВОССОЗДАНИЯ ИСТОРИЧЕСКОГО ОБЛИКА КОЛОКОЛЬНИ НИКОЛЬСКОГО СОБОРА В Г. КАЛЯЗИНЕ

*Буфеев И.К. \*(МГРИ-РГГРУ им. Серго Орджоникидзе,  
printbookignat@mail.ru),*

*Дёмкин И.А. (МГРИ-РГГРУ им. Серго Орджоникидзе, [igordemkin@mail.ru](mailto:igordemkin@mail.ru))*

*Формальнов А.В. (ООО “ИГИТ”, [forand@mail.ru](mailto:forand@mail.ru))*

### **Аннотация:**

Рассмотрена возможность возведения гидротехнического сооружения вокруг Калязинской колокольни, являющейся памятником истории и архитектуры федерального значения, для реставрации, реконструкции и дальнейшего использования колокольни. Предлагается возведение дамбы вокруг колокольни на глубину 4 метра от уровня воды и на высоту 1,5 метра над уровнем воды, установка насосной станции для осушения с последующей ликвидацией искусственного острова для воссоздания её исторического облика.

**Ключевые слова:** инженерно-геологические изыскания, памятники архитектуры, реставрация, реконструкция, гидротехническое строительство, основания и фундаменты, Калязинская колокольня.

Калязинская колокольня Никольского собора, построенная в 1800 г., является памятником истории и архитектуры федерального значения. Колокольня была построена при Никольском соборе (1694 г.), в Николо-Жабенском монастыре, построенном в стиле классицизма. Колокольня построена из кирпича, имеет пять ярусов, купол с главой и шпилем. Высота колокольни 74,5 метров, размеры в плане 12,6 x 12,6 метров.

В 30-х годах прошлого столетия, в результате заполнения чаши Угличского водохранилища и подъема уровня воды в р. Волга, сам монастырь был разрушен, а колокольня затоплена. В настоящий момент колокольня находится в 150 метрах от берега. Уровень воды вокруг колокольни на данный момент не превышает двух метров от обреза фундамента.

В 60-е годы на колокольне проводились реставрационные работы, а в 80-е годы вокруг колокольни был насыпан песчаный остров, возвышающийся над уровнем воды на 2,5 – 3 метра.

В феврале 2016 ООО “ИГИТ” были произведены разведочные работы в целях получения информации о текущем состоянии колокольни и диагностики ее технического состояния. Была выполнена проходка шурфов, бурение стен и фундамента, телеметрические исследования, бурение инженерно-геологических скважин. В ходе исследований выяснилось, что у колокольни нарушен температурно-влажностный режим, колокольня отклонилась на 241 мм на север от своей оси, в фундаменте обнаружены трещины и зоны разрушения кладки.

В геологическом строении участка колокольни принимают участие современные и погребенные техногенные образования, современные озёрно-болотные отложения, современные аллювиальные отложения, среднечетвертичные аллювиально-флювиогляциальные отложения третьей надпойменной террасы и ледниковые отложения конечной морены московского оледенения. Фундамент колокольни стоит на аллювиальных мелких водонасыщенных песках, которые подстилаются

среднечетвертичными озёрно-аллювиально-флювиогляциальными отложениями, которые являются относительным водоупором.

Общее состояние колокольни на данный момент неудовлетворительное.

Для оптимизации условий существования памятника, кроме предложенного ООО «ИГИТ» усиления конструкций колокольни и гидроизоляции ее фундаментов, предлагается рассмотреть вариант возведения дамбы вокруг колокольни с созданием совершенной противотрационной завесы в ее основании и последующей откачкой воды до уровня фундамента. Отметку гребня дамбы предлагается принять с учетом максимального уровня воды в р. Волга. Выполнение этих работ позволит раскрыть нижний ярус колокольни на всю высоту, вернуть памятнику его первоначальный облик и произвести работы по устройству гидроизоляции стен, в т.ч. погребенной в настоящее время их части.

Раскрытие нижнего яруса с одновременным понижением уровня воды ниже обреза фундамента позволяет оптимизировать температурно-влажностный режим эксплуатации колокольни, дает возможность произвести ее полноценную реставрацию и, как вариант, рассмотреть вопрос о подъеме колокольни для обеспечения ее экспозиционирования.

### Литература

1. ООО «ИГИТ». Разработка научно-проектной документации для ремонтно-реставрационных работ на объекте культурного наследия федерального значения «Колокольня Никольского собора, 1800 г.». Москва, 2016 г. [1]



## ПРИЧИНЫ И ПРОБЛЕМЫ АКТИВИЗАЦИИ НАЛЕДЕЙ В ЗАБАЙКАЛЬСКОМ КРАЕ ЗИМОЙ 2018-2019 ГГ.

*Верхотуров А.Г., Забайкальский государственный университет, г. Чита,  
[weral0606@yandex.ru](mailto:weral0606@yandex.ru)*

**Аннотация.** Многолетнемерзлые породы (ММП) в Забайкалье влияют на условия формирования и распространение подземных вод. В северных районах, где многолетнемерзлые породы имеют сплошное распространение, наблюдается локализация подземного стока в подрусловых и напорно-фильтрационных таликах. В южных районах на участках с прерывистым и островным распространением ММП их деградация приводит к росту объёмов коллекторов надмерзлотных вод. При аномальном количестве летних осадков на севере резко возрастает мощность наледей подземных вод глубокого стока, на юге и в центральной части – наледей грунтовых и надмерзлотных вод.

**Ключевые слова:** подземные воды, многолетняя мерзлота, наледи, криолитозона, режим.

Многолетнемерзлые породы на значительной территории Забайкальского края влияют на условия формирования и распространение подземных вод. В северных районах ММП имеют сплошное распространение, а подземный сток локализован в подрусловых и напорно-фильтрационных таликах. Разгрузка подземных вод в виде наледей происходит на участках пресечения подрусловыми потоками разрывных нарушений, литологических, криогенных водоупоров а относительная наледность изменяется от 0,52 до 2,4 %. В южных районах края, характеризующихся прерывистым и островным распространением многолетнемерзлых пород, относительная наледность не превышает 0,01-0,31 % [4].

При рассмотрении многолетних и кратковременных циклов наледообразования установлено, что средние многолетние характеристики морфометрии наледей значительно изменяются. Выявлены 5-6 летние циклы активизации наледных процессов для северного и 10-11 летние – для центрального и южного Забайкалья, причем «морфометрические параметры наледей в засушливые годы уменьшаются примерно в 1,5 раза» и, наоборот, в многоводные возрастают почти в той же пропорции, по сравнению со средними значениями [4].

В северном Забайкалье с более короткими циклами активизации наледных процессов параметры наледей в большинстве случаев близки к средним значениям. В центральном и южном Забайкалье продолжительность многоводных лет в цикле, как правило, не превышает 2 года, а остальное время приходится на относительно маловодный период, продолжительность которого составляет 7-9 лет. Это приводит к значительному понижению уровней грунтовых или надмерзлотных вод, обмелению озёр и поверхностных водотоков, активизации лесных пожаров и, как следствие, к уничтожению почвенного покрова, способного удерживать значительное количество выпадающих атмосферных осадков. Снижение объёма пополнения естественных ресурсов подземных вод уменьшает наледную опасность.

Отсутствие наледей грунтовых вод в течении нескольких лет приводит к тому, что такие территории, зачастую, начинают использоваться для строительства дач, коттеджей. Активизация наледей на таких участках в многоводные годы приводит к значительному ущербу, как это произошло, например, зимой 2018-2019 гг., когда в пригородах г. Читы были подтоплены наледями: дачи, жилые индивидуальные и

многоквартирные дома в селах Атамановка, Смоленка, дачных кооперативах «Авиатор» и др.

Последний цикл повышенной активизации процессов наледеобразования на территории Забайкальского края приходится на 1998-1999 гг., когда ущерб от воздействия наледей на жилые и хозяйственные объекты превысил 4,7 млн руб. [3]. Значительно меньшая интенсивность наледеобразования приходилась на конец первого десятилетия 21-го в, но она была выше средней многолетней [1,2].

Основной причиной активизации наледных процессов зимой 2018-2019 гг. является то что в июле 2018 г. в Забайкальском крае выпало аномально высокое количество атмосферных осадков, которое составило до 371 % от средней годовой нормы осадков (рис.1). Это привело к резкому повышению уровней грунтовых и надмерзлотных вод, избыточному увлажнению грунтов, активизации эрозионных процессов, селей, суффозии, оползневых явлений. Установлено, что в последние два десятилетия повышение средних годовых температур воздуха, особенно в зимний период, привело к деградации мёрзлых толщ на значительной части городских агломераций Забайкальского края, к значительному опусканию кровли ММП и формированию несливающихся мерзлых пород [1].

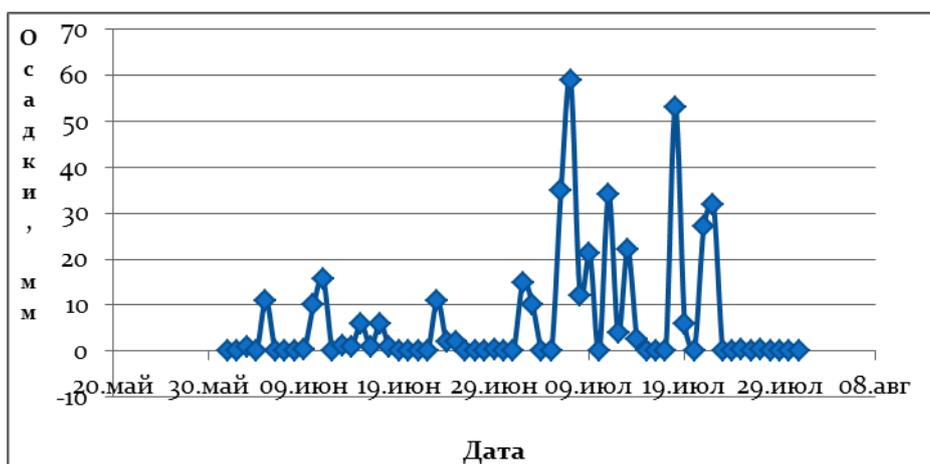


Рисунок 1. Интенсивность осадков в г.Чите в июне-июле 2018 г.

Уменьшение мощности слоя сезонного промерзания и увеличение мощности слоя сезонного оттаивания за длительный (более 11 лет) засушливый период в Забайкальском крае в значительной мере снизило наледную опасность в регионе, но привело к увеличению объёмов коллекторов в рыхлых отложениях сезонноталого слоя и несквозных таликах. Увеличение запасов влаги до критических пределов в летний период 2018 г. способствовало изменению напряженного состояния пород на отдельных участках склонов и их сдвигению, а зимой привело к активизации наледных процессов на участках разгрузки грунтовых и надмерзлотных вод.

Таким образом, анализ активизации наледных процессов в Забайкалье показывает, что наряду с быстроизменяющимися факторами (аномальные ливни), на их интенсивность во-многом повлияли медленноизменяющиеся факторы, такие как деградация криолитозоны и техногенез.

Глобальное потепление в Забайкальском крае, расположенном в южной криолитозоне, в последние десятилетия привело к формированию несливающихся многолетнемерзлых пород, а на отдельных участках и к их деградации. В значительной степени это снизило опасность развития солифлюкционных процессов на склонах северной экспозиции, но привело к возможности развития оползней, особенно в

условиях быстрого и значительного увлажнения (рис.1) на участках подрезки склонов при строительстве автомобильных дорог.

Избыточное увлажнение грунтов летом 2018 г., вызвавшее резкий подъём уровней грунтовых вод, значительные их запасы, обусловили длительный период формирования наледей грунтовых вод (до марта 2019 г.) и значительный материальный ущерб во многих районах центрального Забайкалья

### Литература

1. Верхотуров А.Г. Изменение активности криогенных процессов на территории г. Читы // Сб. Геокриологические проблемы Забайкалья и сопредельных территорий: Пятая междунар. Науч.-практ. Конф. Забайкал. гос. ун.-т. – Чита, 2015. – С. 18-20..
2. Верхотуров А.Г. Процессы наледообразования на горнодобывающих предприятиях Забайкалья // Горно-информационный бюллетень. – М.: Изд. «Мир горной книги» № ОВ4, 2007. – С.160-168.
3. Кондратьев В.Г. Концепция системы мониторинга опасных наледных процессов на территории Читинской области // Чита : Забтранс, 2000. – 112 с.
4. Шестернев Д.М., Верхотуров А.Г. Наледи Забайкалья // Чита, ЧитГУ, 2006. – 213 с.
5. 2. <http://www.pogodaiklimat.ru>

## ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ НАУЧНОГО НАПРАВЛЕНИЯ «ИСТОРИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ»

*Вязкова О.Е. (МГРИ, [wjask@yandex.ru](mailto:wjask@yandex.ru))*

**Аннотация.** Показано, насколько наш мир подчинён циклическим процессам в природе и обществе. Наиболее точно такие процессы могут быть изучены в историческом аспекте. Изменения инженерно-геологических условий, вследствие присутствия в числе компонентов ИГУ климата и неотектонических процессов, также являются циклически изменяющимися. Изменчивость ИГУ необходимо учитывать как при изучении очень древних объектов человеческой культуры (археологических памятников), так и при проектировании современных сооружений, рассчитанных на длительный период эксплуатации. Обосновывается введение научного направления «историческая инженерная геология».

**Ключевые слова:** историческая инженерная геология, циклические процессы, природно-археологические системы, инженерно-геологические условия.

Человечество всю свою историю жило в переменчивом мире. Сменялись экономические формации, зарождались, расцветали и гибли империи. Чаще всего историки связывают эти события с социально-политическими и экономическими изменениями, прорывами в науке или промышленных технологиях. И всё это правильно. Но что лежало в основе изменений?

В последние десятилетия много говорится о «глобальном» потеплении климата. Увеличение температуры действительно является научным фактом. Ошибочность суждений и откровенные спекуляции в международном масштабе связаны с его интерпретацией. Изучение природной циклической природы процессов, происходящих на нашей планете, входит в компетенцию естественных наук: географии, климатологии, геологии. Мы хорошо знаем о циклических процессах различной продолжительности в природе от формирования геосинклинальных складчатых систем и четвертичных оледенений до суточных колебаний уровня мирового океана.

Исторический аспект появляется в науке тогда, когда приходится анализировать процессы, протекающие длительное время и/или изменяющиеся во времени. Примерно так возникла некогда историческая геология, которая позволила понять закономерности формирования земной коры.

Инженерная геология, определения которой давали самые крупные специалисты своего времени (Ф.П. Саваренский, Н.В. Попов, В.Д. Ломтадзе, В.М. Морозов, Е.М. Сергеев, Г.С. Золотарёв, Н.Н. Маслов, П.Н. Панюков, Л.Д. Белый, Г.К. Бондарик [2, с. 36]), длительное время формировалась и развивалась в направлении изучения и прогнозирования условий строительства и эксплуатации существующих и проектируемых сооружений. Наука и практика были нацелены в будущее, работали на перспективу, отталкиваясь от настоящего. При этом в проект закладывались современные характеристики компонентов ИГУ (на момент проведения исследований) без изучения закономерностей их изменений во времени.

О системах в инженерной геологии впервые заговорил Г.К. Бондарик в 1971 г. [1]. В дальнейшем он создал стройную теорию природно-технических систем [2], доказавшую свою правильность и жизнеспособность тем, что стала основой для формирования целого семейства систем, о которых речь пойдёт ниже.

В 1970-х гг. Е.М. Пашкиным начало формироваться направление инженерно-геологической диагностики причин деформаций памятников архитектуры [8]. Оно тоже было ориентировано преимущественно на будущее длительное безаварийное

функционирование архитектурных сооружений, имеющих продолжительную историю. Здесь уже анализировались изменения, происходившие в сфере взаимодействия памятника за всю его историю, а сами памятники стали рассматриваться как исторические природно-технические системы (ИПТС) [9, 10].

Многолетнее изучение автором инженерно-геологических условий создания эксплуатации, разрушения, постэксплуатации и музеефикации археологических памятников показало, что оно наиболее эффективно, когда памятники рассматриваются как природно-археологические системы (ПАС)[3]. Длительность их формирования и функционирования составляет во многих случаях уже несколько тысяч лет.

Для каждого этапа функционирования ПАС в ходе исследований приходилось реконструировать инженерно-геологические условия, в перечень компонентов которых входит климат [6]. Именно климат оказался самым подвижным компонентом ИГУ, который вызывал последовательные изменения состояния ПАС, провоцировал развитие различных ЭГП. Циклической изменчивости климата в голоцене посвящена работа В.Г. Кривенко [7]. Оказалось, что существует прямая зависимость между закономерными изменениями климата и событиями в человеческой истории, циклами хозяйственно-экономического развития исследуемых территорий [5].

Изучение последовательных, часто закономерных, изменений инженерно-геологических условий во времени при взаимодействии природных и антропогенных подсистем ПАС привело к пониманию необходимости формирования нового научного направления в инженерной геологии – «исторической инженерной геологии» [4].

Некоторое время назад автор определял её так: «Историческая инженерная геология – это инженерно-геологические исследования археологических памятников – новое самостоятельное направление инженерной геологии, позволяющее получать максимум информации об их функционировании на всех этапах эволюции природно-археологических систем (ПАС) от создания до музеефикации, даже в тех случаях, когда уничтожение памятника неизбежно (геологическими процессами или проектируемым строительством)» [3, 4, С. 451–452]. Однако теперь стало ясно, что взгляд на суть направления должен измениться.

Историческая инженерная геология – это направление, занимающееся комплексным анализом взаимодействий компонентов ИГУ, изменяющихся во времени, в любой длительно «живущей» ПТС как существующей (ПАС, ИПТС), так и проектируемой.

Недоучёт изменения компонентов ИГУ во времени, особенно в нынешний этап глобального потепления, может иметь очень значительные негативные последствия, как для целых регионов, так и для отдельных отраслей экономики. Особенно это актуально для регионов, в которых распространены многолетнемерзлые породы.

«Сценарии» изменения инженерно-геологических условий уже сформулированы и описаны [5]. Они «запускаются» либо сменой климатических, либо неотектонических трендов. Не случайно наша статья начиналась с обсуждения различных аспектов цикличности бытия.

Ну, так что же собственно оказалось предпосылками формирования нового научного направления в инженерной геологии, названного «исторической инженерной геологией»?

– Понимание того, что на планете доминируют циклические процессы, пронизывающие космос, природу и человеческое общество.

– Развитый в инженерной геологии системный подход к рассмотрению взаимодействий хозяйственной деятельности человека и окружающей природной среды, приведший к возникновению целого семейства систем: природно-технических

(ИПТС), лито-технических (ЛТС), исторических природно-технических (ИПТС) и, наконец, природно-археологических (ПАС).

– Практический опыт, полученный в течение 30 лет инженерно-геологических исследований археологических памятников (ПАС), имеющих многотысячелетнюю историю, состояние которых очень ярко демонстрирует последствия изменений ИГУ.

– Выводы из закона актуализма, позволяющие анализировать инженерно-геологические условия не только ретроспективно, но и перспективно, что в дальнейшем будет помогать прогнозировать возможные нештатные ситуации на промышленно-хозяйственных объектах любой сложности, рассчитанных на длительные периоды эксплуатации.

### Литература

1. Бондарик Г.К. О методе исследования систем в инженерной геологии. □В кн.: Пути дальнейшего развития инженерной геологии. М., 1971. С. 11□17.
2. Бондарик Г.К. Общая теория инженерной (физической) геологии.–М.: Недра, 1981.–256 с.
3. Вязкова О.Е. Природно-археологические системы: понятие, структура, этапы формирования и функционирования //Изв. Вузов. Геология и разведка. 2015. № 6. С. 57–59.
4. Вязкова О.Е. Историческая инженерная геология как направление научно-практической деятельности //Инженерные изыскания в строительстве. Материалы Тринадцатой Общероссийской конференции изыскательских организаций. М.: ООО «Геомаркетинг». 2017. С. 451–455.
5. Вязкова О.Е. Об изменении инженерно-геологических условий в процессе эксплуатации архитектурных памятников //Сборник тезисов 7-го Международного научно-практического симпозиума "Природные условия строительства и сохранения храмов православной Руси" 14–15 ноября 2018 г. Сергиев Посад. С. 45–47.
6. ГОСТ Р 55945–2014 Общие требования к инженерно-геологическим изысканиям и исследованиям для сохранения объектов культурного наследия. – М.: Стандартинформ, 2014. – 33 с.
7. Кривенко В.Г. Концепция природной циклики и некоторые задачи хозяйственной стратегии России [Электронный ресурс] [//http://www.ecoexpertcenter.ru/info/koncepciya\\_cikliki\\_144.html](http://www.ecoexpertcenter.ru/info/koncepciya_cikliki_144.html)
8. Пашкин Е.М., Бессонов Г.Б. Диагностика деформации памятников архитектуры. – М.: Стройиздат, 1984. – 151 с.
9. Пашкин Е.М., Домарёв О.В., Курделова Л.В. Опыт инженерно-геологического изучения исторических природно-технических систем древних городских территорий (на примере кремля Ростова Великого) //Тезисы докладов всероссийской научной конференции "Задачи инженерной геологии в реставрации и сохранении памятников истории и культуры". – Рязань, 1993. С. 43–46.
10. Пашкин Е.М. Инженерно-геологическая диагностика деформаций памятников архитектуры. – СПб.: ПИ «Геореконструкция». 2013. – 333 с.

## АНАЛИЗ ФОРМИРОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НИЖНЕКЕМБРИЙСКИХ ГЛИН В ЮЖНОЙ ЧАСТИ ПРЕДГЛИНТОВОЙ НИЗМЕННОСТИ

*Голобородько А.А. (СПГУ «Горный», [Nabtenciya@mail.ru](mailto:Nabtenciya@mail.ru))*

**Аннотация:** В настоящее время в южных пригородах Санкт-Петербурга застройке активно подвергаются присклоновые участки речных долин, с геоморфологической точки зрения приуроченных к южной части Предглинтовой низменности. При этом фундаментом сооружений служат нижнекембрийские синие глины, также строительству подвергаются склоны речных долин, в основании которых залегают эти породы. Результатом являются многочисленные случаи перехода сооружений в аварийное либо предаварийное состояние, а также формирование и активизация оползневых процессов в связи с некорректной инженерно-геологической оценкой нижнекембрийских глин. Для объективной оценки физико-механических свойств синих глин необходимо рассматривать их как толщу, обладающую зональным строением по глубине, при этом следует учитывать особенности ее геологического развития.

**Ключевые слова:** нижнекембрийские синие глины, оползневые процессы, Предглинтовая низменность.

В настоящее время прибрежные участки высокой поймы и надпойменных террас речных долин Тосны, Ижоры, Славянки, в основании которых залегают нижнекембрийские синие глины, застраиваются современными многоэтажными зданиями и становятся участками дорожного строительства. При этом фундаментом сооружений служат нижнекембрийские синие глины по двум основным причинам. Во-первых, большая часть изыскателей традиционно рассматривает нижнекембрийские отложения сиверской свиты как квазиоднородные отложения высокой степени литификации, соответственно, они «должны обладать высокими показателями плотности и прочностных свойств». Во-вторых, сиверские глины перекрываются маломощным чехлом четвертичных отложений, а на некоторых участках даже выходит на поверхность [7].

Однако результатом строительства зданий и сооружений на участках распространения синих глин являются многочисленные случаи их перехода в аварийное либо предаварийное состояние в связи с их некорректной инженерно-геологической оценкой [8]. Это касается не только устройства фундаментов в рассматриваемых породах, но и строительство в пределах речных долин, в основании которых также залегают нижнекембрийские отложения: это приводит к формированию или активизации оползневых процессов.

Для объективной оценки свойств нижнекембрийских синих глин необходимо рассмотреть историю их формирования и последующего преобразования, так как с генезисом тесно связаны минеральный состав, дисперсность, степень сортировки, структура и текстура осадка, которые «определяют все особенности его поведения как геологического тела» [6]. Такой анализ позволяет дать оценку прочности и устойчивости пород, предвидеть характер и интенсивность современных геологических процессов, прогнозировать изменение свойств горных пород при изменении их естественного напряженного состояния, влажностного и температурного режима [4].

Формирование глин сиверской свиты началось в лонтовасское время, когда Кембрийское море, господствовавшее в то время на территории нынешней Ленинградской области, достигло пика своей трансгрессии. Материалом для

формирования толщи стали продукты разрушения пород Балтийского и Украинского щитов, а также верхнекотлинские глины верхнего венда. Мощность толщи колеблется в пределах 100-130 м [7]. Согласно Н.М.Страхову, отложения сиверской свиты нижнего кембрия можно отнести к гемипелагическим синим глинам, образующимся из серых илов на средних океанических глубинах и относящихся к области материкового склона. Для них характерна сильно выраженная восстановительная среда, обусловленная высоким содержанием органического вещества на начальных этапах диагенеза [9].

Сразу же после осадконакопления в отложениях начали развиваться постседиментационные процессы, преобразующие рыхлый осадок в осадочную породу. В процессе диагенеза рыхлый осадок претерпевал сложные биохимические, физико-химические и гравитационные процессы.

На стадии катагенеза с увеличением толщи основную роль играют процессы гравитационного уплотнения, развивающегося за счет давления вышележащих осадков (отложения среднего и верхнего кембрия, ордовика и девона, размывы на территории Предглинтовой низменности в результате выветривания, речной эрозии и ледникового воздействия). При дальнейшей дегидратации и уплотнении порода утратила пластичность и приобрела жесткость и свойства твердого тела. Нижнекембрийские синие глины можно отнести к породам высокой степени литификации, отвечающей поздним стадиям катагенеза, так как мощность перекрывающих ее осадков достигала нескольких сотен метров (дополнительное уплотнение достигало 6-7 МПа – [3]). Благодаря этому породы сиверской свиты приобрели высокие показатели физико-механических свойств.

Однако следует отметить, что такие показатели характерны для тех участков, где нижнекембрийские синие глины остались перекрыты более поздними отложениями, то есть южнее Балтийско-Ладожского глинта. В геологическом развитии более северных территорий наблюдались длительные периоды разгрузки, что привело к регрессивным литогенетическим преобразованиям синих глин [3] на территории Предглинтовой низменности. Результатом первого этапа регрессивного литогенеза (при формировании Балтийско-Ладожского уступа) стало разрушение и размыв пород среднего и верхнего кембрия, ордовика и девона и выход нижнекембрийских синих глин на поверхность. Во второй этап толща сиверских глин оказалась под мощным ледниковым покровом (до 1000 м). При этом следует учитывать, что эта нагрузка имела циклический характер, так как на изучаемой территории выделено несколько периодов оледенения и межледниковых стадий. В периоды оледенения в верхней части толщи формировались трещины упругого отпора, морозобойного растрескивания и морозного выветривания.

Таким образом, по причине наличия в толще тектонической, литогенетической и ледниковой трещиноватости на территории Предглинтовой низменности ее необходимо рассматривать как толщу, имеющую зональное строение по глубине [1, 2, 8].

Так как оползневые процессы приурочены к верхней части разреза нижнекембрийских синих глин, влияние различного рода трещиноватости является для нее наиболее значимым. В процессе геологической истории этот горизонт подвергался активному механическому воздействию, вследствие чего породы оказались максимально раздроблены. Сильнодислоцированные синие глины за счет содержания в них примесей активных глинистых минералов (группы монтмориллонита) [5] обладают высокой чувствительностью к дополнительному увлажнению. Помимо атмосферных осадков основным фактором, обуславливающим высокую степень увлажнения синих глин, является наличие водоносного горизонта, приуроченного к озерно-ледниковым отложениям.

Оползень на природном склоне, не затрагивающий объекты гражданского, промышленного и дорожного строительства, был обнаружен на левом берегу реки Тосна вблизи города Никольское (рисунки 1 и 2). Было проведено подробное инженерно-геологическое обследование оползня, а также были отобраны образцы пород непосредственно с поверхности скольжения, для которых впоследствии в лабораторных условиях были определены показатели физико-механических свойств.



**Рисунок 1.** Оползневой склон на левом берегу реки Тосна



**Рисунок 2.** Оползень на левом берегу р.Тосна (1-1 – ширина оползневого тела = 100 м; 2-2 – длина оползневого тела = 100)

В ходе обследования было выяснено, что поверхность скольжения проходит по нижнекембрийским синим глинам. На исследуемом участке, что характерно и для всей южной части Предглинтовой низменности, эти глины перекрыты маломощным чехлом озерно-ледниковых отложений (2-3 м). Породы с поверхности скольжения сильно дислоцированы и перемяты. Были проведены лабораторные исследования, в ходе которых были получены физико-механические свойства нижнекембрийских синих глин.

Таблица 1 - Сравнительная характеристика показателей влажности и плотности

Показатель	Образцы, отобранные в ходе исследования	По данным предыдущих исследований кафедры ГиИГ (Р.Э.Дашко)*	По литературным данным
Плотность в естественном сложении, г/см <sup>3</sup>	<u>1,88-1,91</u> 1,90 (6)	1,97-2,08	2,02-2,10
Естественная влажность, %	<u>33,4-37,4</u> 35,4 (6)	23-28; 25-32	16-23
* - для нижнекембрийских синих глин зоны переменной влажности и плотности			

Таблица 2 - Сравнительная характеристика прочностных показателей

Показатель	Образцы, отобранные в ходе исследования*	По данным предыдущих исследований кафедры ГиИГ (Р.Э.Дашко)**
Угол внутреннего трения, град	15	0
Сцепление, кПа	17,03	35-50
* - показатели получены в результате сдвиговых испытаний		
** - показатели получены в результате трехосных испытаний, для нижнекембрийских синих глин зоны переменной влажности и плотности		

По результатам лабораторных исследований (табл.1,2) видно, что полученные показатели естественной влажности превышают данные предыдущих исследований

более чем на 40 % (для нижнекембрийских синих глин зоны переменной влажности и плотности по данным исследований кафедры ГиИГ), а показатели плотности ниже почти на 7%.

Сильное расхождение полученных результатов с данными предыдущих исследований доказывает, что нижнекембрийские синие глины, приуроченные к поверхности скольжения, подвергались значительному воздействию, что привело к дополнительному разуплотнению и увлажнению, вследствие чего показатели прочностных характеристик приобрели низкие значения.

Таким образом, можно сделать вывод, что исторический аспект формирования физико-механических свойств нижнекембрийских синих глин необходимо учитывать при проектировании инженерных изысканий на склонах речных южной части Предглинтовой низменности:

1. Вследствие наличия активных глинистых минералов синие глины обладают высокой чувствительностью к дополнительному увлажнению.
2. Наличие трещиноватости разного генезиса в верхней части разреза синих глин влияет на интенсивность воздействия процессов выветривания.

Эти особенности приводят к активному обводнению этой зоны за счет сезонных изменений влажности, результатом чего является значительное снижение прочностных характеристик, которое является основным фактором формирования и развития оползневых процессов в пределах речных долин южной части Предглинтовой низменности.

### Литература

1. Дашко, Р.Э. Геотехническая диагностика коренных глин Санкт-Петербургского региона (на примере нижнекембрийской глинистой толщи). / Р.Э. Дашко // Реконструкция городов и геотехническое строительство. – 2000. - № 1. - С. 95-100.
2. Дашко Р.Э., Котюков П.В., Александрова О.Ю., Шидловская А.В. Особенности инженерно-геологических условий Санкт-Петербурга//Развитие городов и геотехническое строительство, выпуск №1/2011.
3. Дашко, Р.Э. Основные геотехнические тенденции негативной трансформации нижнекембрийских синих глин Санкт-Петербургского региона. / Р.Э. Дашко, А.А. Коробко // Геотехника. – 2013. - №3. - С. 4-10.
4. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная петрология. 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Недра, 1984. – 511 с.
5. Ломтадзе, В.Д. Физико-механические свойства нижнекембрийских глин Северо-Западной окраины Русской платформы / В.Д. Ломтадзе //Записки Горного Института. – 1958 г., Т. 34, Вып. 2. – С.154-188.
6. Осипов В.И., Соколов В.Н. Глины и их свойства. Состав, строение и формирование свойств – М.: ГЕОС, 2013. – 578 с.
7. Отчет о выполнении работ по объекту: «Гидрогеологическое доизучение листов О-35-VI, О-36-I масштаба 1:200 000 (Лужско-Петербургская площадь)». – 2010 г. – 145 с.
8. Плечкова И.Л. Инженерно-геологический анализ и оценка синих нижнекембрийских глин предглинтового района г.Санкт-Петербурга: автореф. дис. ... канд. геол.-минералогич. наук: 25.00.08/Плечкова Ирина Львовна. – СПб., 1996. – 19 с.
9. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. Том II. Особенности состава и размещения гумидных отложений. – Москва: Издательство Академии наук СССР, 1960. – 578 с.

## ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ В ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ Г.УЛАН-БАТОРА

*Хурэлиагай А. Д. (Агентство земельных дел, геодезии и  
картографии Монголии, a.khurel@gmail.com)*

**Аннотация:** Роль инженерно-геологической информации в создании специализированных геоинформационных систем г. Улан-Батора, её практическое применение.

**Ключевые слова:** геоинформационная система, инженерно-геологическая информация, техногенные изменения геологической среды, изменчивость свойств и состава грунтов

Вопрос экономических оборотов земельных запасов, охраны окружающей среды и рационального использования природных богатств является одним из наиболее актуальных вопросов современности, который с каждым годом приобретает все большее глобальное социальное и экономическое значения. Решение перечисленных задач невозможно без качественного, надежного информационного обеспечения, разработки специализированных геоинформационных систем (ГИС).

Инженерно-геологические условия территории г. Улан-Батора предопределены современными тектоническими структурами, их активностью в неотектонический этап развития, сейсмичностью и как следствие, орографическими особенностями строения рельефа, составом и строением пород формаций и геолого-генетических комплексов, слагающих массивы, и формирующимися в них экзогенными геологическими процессами, гидрогеологическими и геокриологическими условиями. На территории исследований распространены современные физико-геологические процессы: эрозия, многолетняя вечная мерзлота, сезонное промерзание грунтов на глубину от 2,5 до 3,5м. Эти физико-геологические процессы, распространенные локально на территории г. Улан-Батора, являются определяющими в комплексе инженерно-геологических условий города.

До не давнего времени территория Улан-Батора сохраняла исходные природные условия геологической среды. Однако, в связи с бурным развитием градостроительства, началось интенсивное изменение основных составляющих геологической среды: почвенного покрова, гидрографической сети, рельефа, подземных вод, свойств грунтов, экзогенных геологических процессов, распространение, мощности и свойства техногенных грунтов.

Городское строительство сильно изменяет исконный рельеф Улан-Батора. Появляются отсутствовавшие ранее катастрофические процессы, искусственные пруды, карьеры, разрушения почвенного покрова, отходы строительного производства аккумулируются в ямах карьеров. В городе построена дамба, предохраняющая от наводнения реки, русло реки изменено. По городу построена единая канализация, регулирующая дождевые и весенние паводковые воды. Окрестности искусственного озера Ногоон-нуур заселены и засыпаны техногенными грунтами. Очень многие источники исчезли из-за изменения поверхностного и подземного стока.

Изменились свойства и состояние грунтов. На застроенных площадках грунты уплотнены, а в пригороде, где строились дороги и разрабатывались строительные материалы, грунты разрыхлялись. Грунты местами высушивались, а местами увлажнялись, и интенсивно подвергались криогенному выветриванию. Из-за заселения и хозяйственной деятельности местами увеличивалась мощность многолетних мерзлых грунтов, и в целом граница ММП сильно изменилась.

При строительстве г. Улан-Батор образовались техногенные грунты. В основном они образованы из-за выравнивания строительных площадок, выемок канализационных траншей. Мощность техногенных отложений в основном составляет 0.2-2.0 м, но, иногда, там, где засыпаны овраги и где искусственно аккумулируются отходы города достигает 4.0-15.0 м. Изменился режим подземных вод. Отмечается их химическое и биологическое загрязнения.

Изменился режим экзогенных геологических процессов и явлений. Искусственно остановлены морфодинамические процессы на отрогах горы Чингэлтэй, где построены жилые кварталы и поселения юрточного квартала, из-за выравнивания поверхности земли засыпаны овраги. Застройка склонов водораздела сильно активизировала поверхностные смыв и эрозию. В результате водоотводной канализации в боковой части уклона горы Чингэлтэй остановлены образование конуса выноса, который, поменяв направление, разрушил сооружения. Аналогичные явления распространены в кварталах Баруун Сэлбэ, Зүүн Хүрээ, Баруун Наран, Нарлаг и др. кварталах. На поверхности рельефа появляются глинистые увлажненные участки и активизируются сезонные пучения, разрушающие сооружения.

Пространственные данные о городской территории постоянно накапливаются в фонде городской администрации и базе данных Агентства земельных дел, геодезии и картографии. Они включают в себя картографо-геодезические, географо-климатические, геологические материалы и данные инженерных изысканий, представляющие согласованные между собой наборы пространственной информации в виде совокупности карт и планов, моделей местности, отдельных слоев картографической информации, а также материалы и данные дистанционного зондирования территории города или промышленности, опорно-геодезической сети и другие виды информации. Эти данные используют все административные и специализированные организации, в которых принимаются решения или использующие те или иные виды конкретных территорий, в связи с которыми должно обеспечиваться увеличение экономического потенциала использования земель в различных географических условиях, мероприятия по управлению земельными ресурсами, восстановлению, охране, рациональному использованию земельных ресурсов. Территория города более чем на 40% от общей площади представляет собой глубоко расчлененные горные сооружения. Ее главными орографическими элементами являются Хэнтэйское нагорье Чингэлтэй, Баян зүрх, Богд-Уула, Сонгино хайрхан и его эрозионное среднегорье. Склоны многих хребтов и речных долин на значительных площадях сформированы по сместителям глубинных разломов и крупных разрывов, поэтому на 85% площади интенсивно проявляются экзогенные геологические процессы, основными из которых являются склоновые гравитационные и процессы выветривания и разгрузки напряжений в приповерхностных частях массивов пород.

Одним из прогрессивных методов прогнозов изменений геологической среды при строительстве и эксплуатации сооружений является математическое моделирование, базирующееся на ГИС г. Улан-Батора. Теоретической основой прогнозов должны быть эмпирически подтвержденные регионально-геологические, зонально-климатические и местные закономерности строения геологической среды, ее естественных и антропогенных изменений, постулаты системного анализа о модельности.

Результаты рассмотренных закономерностей формирования инженерно-геологических условий территории Центральной Монголии, тенденций их изменений при различных видах строительства, рекомендованные теоретические и методические приемы выполнения прогнозов являются основой для разработки природозащитных мероприятий и рационального использования геологической среды.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН И МЕХАНИЗМА ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ БЕРЕГОВ КРАСНОЙ РЕКИ

*Динь Т.Х. (МГРИ, [dinhthehien07@gmail.com](mailto:dinhthehien07@gmail.com)),  
Вязкова О.Е. (МГРИ, [wjask@yandex.ru](mailto:wjask@yandex.ru)), Фоменко И.К. (МГРИ, [ifolga@gmail.com](mailto:ifolga@gmail.com)),  
Нгуен Т.К. (Геологический институт Ханоя, [kien.mgri@gmail.com](mailto:kien.mgri@gmail.com))*

**Аннотация.** В статье рассматриваются некоторые аспекты разрушения берегов Красной реки в черте города Ханоя. Одной из причин процессов, приводящих к катастрофическим последствиям, является суффозионный вынос частиц грунта при закономерно периодическом изменении уровней воды в реке в соответствии с сезонами года. Кроме того, на устойчивость берегов влияет сам процесс фильтрации.

**Ключевые слова:** наводнение, разрушение берегов, коэффициент устойчивости, суффозия, фильтрация.

Для столицы Вьетнама – города Ханоя – большой проблемой, порождающей катастрофические последствия, является береговая эрозия и наводнения Красной реки [3]. Эти процессы приводят ежегодно к огромным экономическим потерям и влияют на жизнь людей, проживающих близко к реке. Наводнения затапливают большую площадь прибрежных территорий, разрушают прибрежные сооружения и вызывают разрушения защитных дамб.

Процессы разрушения берегов реки сильно зависят от природных и техногенных факторов, среди которых важную роль играют новейшая тектоническая активность, геологическое строение и режим изменения уровня воды в реке [4]. Горные породы четвертичного возраста, слагающие долину Красной реки имеют речное или болотное происхождение. Это слабые грунты с преобладанием глины, суглинка, супеси, мелкозернистого песка [5].

В сезон дождей уровень реки повышается, вызывая насыщение грунтов водой, что приводит к снижению их прочности на сдвиг. В засушливое время года уровень воды в реке снижается, что сопровождается выносом частиц из грунтов (суффозией). Проблемы устойчивости берегов реки помимо прочего связаны с фильтрационными процессами подземных вод в реку. Особенно опасно, когда в геологическом строении присутствуют слои песка или супеси, прилегающие к руслу реки, что очень легко вызывает суффозию в этих отложениях [3].

В последние годы разрушение берегов реки произошло в некоторых районах г. Ханой, расположенных вдоль Красной реки, таких как в районах Данфыонг, Сонтай, Фуктхо, Бави, Хоанкием, Тханьльонг и т.д.

В 2012 г. на участке Красной реки, протекающем через районы Чуонгдьюнг и Тханьльонг, произошла сильная эрозия, длина размывтого берега реки – 2230 м [1]. В 2018 г. в коммуне Чуминь района Бави, также наблюдалась сильная эрозия, длина поврежденного берега составила 1336 м [2].

Таким образом, для оценки причин боковой эрозии Красной реки в коммуне Чуминь района Бави, необходимо сначала рассмотреть геологическое строение (рис. 1). Физические свойства грунтов показаны в таблице 1.

Для оценки влияния геологических структур на устойчивость берегов реки, было выполнено математическое моделирование методом предельного равновесия (Моргенштерна-Прайса [7]). Результаты моделирования приведены на рисунках 2 и 3.

По результатам расчетов видно, что:

– Когда уровень реки повышается, он насыщает слои грунта (особенно пески и супеси). После периода экстремального паводка, уровень речной воды очень быстро понижается, и частицы грунта выносятся, что значительно снижает коэффициент

устойчивости берега. Коэффициент устойчивости в период экстремального паводка –  $K = 1.528$ , а после быстрого понижения воды –  $K = 0,718$ .

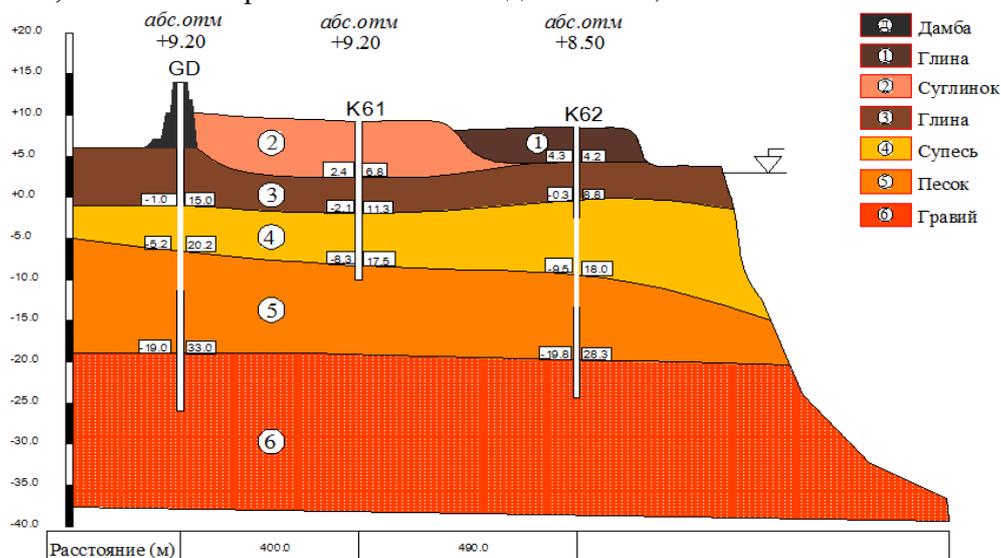


Рисунок 1. Инженерно-геологический разрез на ПК 61 км+200

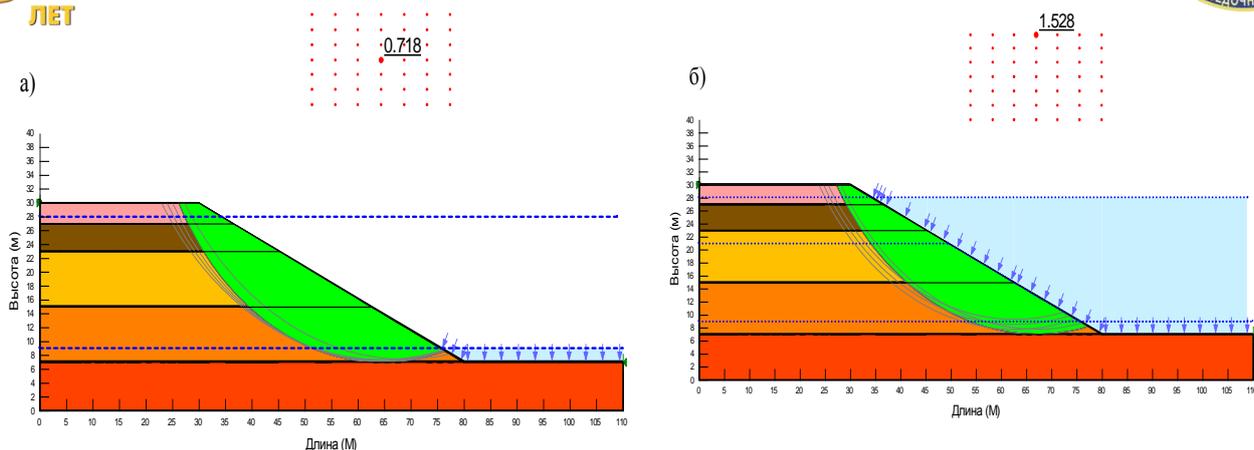
Таблица 1.

Физико-механические свойства грунтов, слагающих берега Красной реки

№	Показатели свойства грунтов	Символ	Единица	Слой 2	Слой 3	Слой 4	Слой 5	Слой 6
1	Плотность грунта	$\rho$	г/см <sup>3</sup>	1.79	1.85	1.90	1.95	2.20
2	Удельное сцепление	$c$	кПа	16.2	28.7	17.8	-	-
3	Угол внутреннего трения	$\varphi$	град	10 <sup>0</sup> 32'	12 <sup>0</sup> 43'	16 <sup>0</sup> 04'	27 <sup>0</sup> 29'	34 <sup>0</sup> 29'
4	Коэффициент фильтрации	$K$	м/сек	1,0·10 <sup>-8</sup>	2,4·10 <sup>-9</sup>	2,2·10 <sup>-4</sup>	1,0·10 <sup>-3</sup>	1,2·10 <sup>-2</sup>

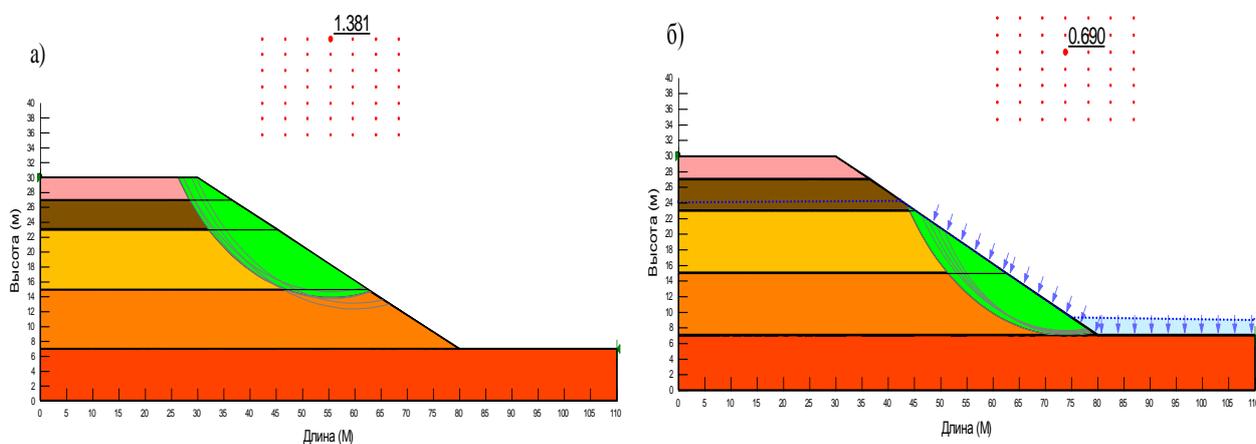
– После того, как уровень реки понижается, грунтовые воды из грунтов начинают фильтроваться в обратном направлении (в реку), вынося частицы грунтов. Именно этот фильтрационный поток разрушает структуру песка и супеси. Процесс происходит в течение определенного, достаточно длительного, периода времени, прежде чем начинают деформироваться и разрушаться глина и суглинок, залегающие выше них. Коэффициент устойчивости речного берега без грунтовых вод –  $K = 1.381$ , а берега с грунтовыми водами –  $K = 0.680$ .

Из приведенных выше результатов исследований следует, что геологическое строение (состав грунтов) играет очень большую роль в формировании сложного парагенезиса процессов, приводящих к разрушению берегов Красной реки и находящихся на них защитных дамб. Фильтрационные процессы существенно ускоряют все деструктивные процессы.



**Рисунок 2.** Оценка устойчивости берега реки в сезон дождей и когда вода быстро отступает

а) Коэффициент устойчивости после быстрого спада воды      б) Коэффициент устойчивости при пиках наводнения



**Рисунок 3.** Оценка устойчивости берегов рек в различные сезоны года

а) Коэффициент устойчивости речного берега без грунтовых вод (засушливый сезон)      б) Коэффициент устойчивости речного берега, имеющего горизонт грунтовых вод (сезон дождей)

### Литература

1. Ананьев В.П., Передельский Л.В. 1980 Инженерная геология и гидрогеология. Москва
2. Ву Као Минь, Чйнь Куок Хай, 2004. Некоторые оценки об изменении геологической среды вдоль рек Ханоя связаны с типами инцидентов дамбы. Научные доклады в национальной экологической конференции 2004 года. Изд-во: Наука и техника, Ханой. (на вьетнамском языке)
3. Пендин В.В., Бондарик Г.К., Ярл Л.А. 2015 Инженерная геодинамика. Москва
4. Нгуен Х.Д., 2002. Исследование и синтез причин растрескивание дамбы, речного берега в районе около дамбы Ханоя. Геологический институт Ханоя. (на вьетнамском языке)
5. Morgenstern, N.R., Price, V.E. 1965. The analysis of the stability of general - slip surface. Geotechnique 15(1), P. 70-93
6. Официальный сайт газеты центрального органа Коммунистической партии Вьетнама Dan Tri online. URL: <https://dantri.com.vn/xa-hoi/ha-noi-song-hong-ngoam-bo-de-doa-hang-tram-ho-dan-1348901375.htm> (на вьетнамском языке)
7. Официальный сайт газеты центрального органа Коммунистической партии Вьетнама Lao Dong online. URL: <https://laodong.vn/xa-hoi/ha-noi-duyet-chi-hon-45-ty-dong-chong-sat-lo-hon-13km-bo-huu-song-hong-o-ba-vi-632205.ldo> (на вьетнамском языке)

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОЛЕЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

*Дмитриев В.В. (МГРИ-РГГРУ, v.v.dmitriev@mail.ru)*

**В статье рассматривается история формирования методов статистической обработки показателей инженерно-геологических свойств грунтов, выделения геологических и инженерно-геологических тел, базирующихся на свойствах модели случайной величины. Практическим завершением этих представлений стал ГОСТ 20522-75. Дальнейшим развитием представлений о статистической природе показателей свойств грунтов явилась, основанная на теории случайных функций, концепция поля геологического параметра. Ее использование позволило корректнее решать задачи инженерно-геологического опробования, а также уточнить особенности литогенеза грунтов.**

**Ключевые слова:** грунт, инженерно-геологические условия, структура, геологическая среда, геологический параметр, изменчивость, литогенез.

В пятидесятые годы прошлого столетия началось активное внедрение в инженерную геологию методов статистической обработки результатов инженерно-геологических изысканий. Исследовались статистические свойства инженерно-геологической информации, распределения массивов частных значений показателей различных свойств геологической среды.

Разрабатывались методы получения гарантированных значений параметров геологической среды (Маслов Н. Н., Пильгунова З. В.), расчетных значений показателей различных свойств с заданной доверительной вероятностью (Иванова И. Н.).

На изысканиях для строительства Сталинградской ГЭС впервые в практике инженерно-геологических работ И. С. Комаров применил в большом объеме вероятностно-статистические методы. Обобщая исследования статистических свойств геологических параметров с позиции теории случайных величин, И. С. Комаров предложил методику их обработки в процессе инженерно-геологических исследований, как в единичном, так и в многомерном вариантах.

В конце 60-х г. в ПНИИСе под руководством М. В. Раца группа специалистов (Ойзерман М. Т., Н. М. Хайме, Б. Г. Слепцов) исследуют параметры неоднородности распределений различных показателей свойств грунтов, получаемых в результате различных вариантов опробования. Предлагаются методы расчета региональных таблиц нормативных значений показателей свойств грунтов. Основные результаты относятся к научному обеспечению инженерных изысканий, строительной деятельности в части изучения таких значимых характеристик грунтов как неоднородность и трещиноватость. Разрабатываются диаграмма структурной неоднородности, теория масштабных эффектов, оценка физических свойств неоднородных и совместно с С.Н. Чернышевым трещиноватых сред скальных грунтов.

В то же время Н. В. Коломенским при характеристике изменений значений показателей свойств грунтов, как по глубине, так и по простиранию, вводится понятие «изменчивости». Под инженерно-геологической изменчивостью грунтов понимается изменение значений показателей свойств грунтов, как по глубине (временная), так и по простиранию (региональная). Выделяются и описываются основные типы изменчивости свойств пород:

а) скачкообразная незакономерная, при которой не наблюдается связь геологических параметров с значениями пространственных координат;

б) скачкообразная закономерная – связь с пространственными параметрами присутствует;

в) функциональная.

Перечисленные типы изменчивости подтверждаются примерами, полученными для отдельных показателей свойств грунтов различного генезиса.

В МГУ закономерности распределений показателей структурных свойств грунтов исследует Е. Н. Коломенский.

В конце 80-х годов М. И. Богданов рассматривает возможности инженерно-геологического районирования на основе алгоритмов распознавания образов.

Перечисленные работы в основном были направлены на исследования результатов статистической оценки совокупностей показателей свойств грунтов, получаемых в процессе опробования при изучении инженерно-геологических условий различных инженерных сооружений.

Параллельно проблемой изменчивости показателей свойств грунтов занимаются новосибирские геологи и математики.

В 1964-м году Ю. А. Воронин формулирует понятия «геологического тела» и «границы геологического тела», а также «поля геологического параметра». Он также утверждает, что структура поля геологического параметра является производной условий формирования исследуемого геологического тела.

Полезным обобщением посвященных этой проблеме результатов исследований стал вышедший впервые в 1975 году ГОСТ 20522-75 Грунты. «Методы статистической обработки характеристик», в котором были, «узаконены» понятия «инженерно-геологический элемент», «расчетный элемент», нормативное и расчетные значения показателей свойств грунтов. Здесь же фигурирует и понятие «изменчивость характеристик грунта».

Однако, разработка содержания этого понятия выполняется исключительно с целью приведения путем разделения «слишком» изменчивого элемента, коэффициент вариации которого превышает допустимое значение, к статистически однородному. После этого для характеристики распределения показателей свойств в его границах рекомендуется использовать исключительно модель случайной величины. Наличие нестационарного поведения случайной функции геологического параметра с точки зрения обработки результатов инженерно-геологического опробования в пространстве является обременительным недостатком, от которого нужно избавиться.

Следующий шаг в развитии теории изменчивости был сделан Г. К. Бондариком, рассматривающим результаты оценки свойств геологической среды, ее структуры, вещественного состава, свойств, как продукты условий формирования грунтов, итог совокупного взаимодействия вещества и множества физических полей. В 1968 г. он пишет ряд статей, в которых предлагает варианты математических моделей геологических тел. Наличие нестационарного режима изменчивости случайных функций геологических параметров, рассматривается отражением физических полей, определивших особенности формирования грунта из исходного вещества, его переноса, седиментогенеза и литогенеза.

В 1981 году Г. К. Бондарик завершает разработку «Основ теории изменчивости инженерно-геологических свойств горных пород», в которой использует теорию случайных функций для характеристики структуры полей показателей инженерно-геологических параметров. Результаты разработки имеют двоякую направленность.

С одной стороны, они позволяют выделять геологические тела, формировать геостатистические гипотезы, базирующиеся на знаниях условий формирования грунтов.

С другой стороны, появляется возможность обосновать методику инженерно-геологического опробования, обеспечивающую получение нормативных и расчетных значений геологических параметров в пределах выделенного геологического тела.

Смешивая «грунты» с «горными породами», а геологические тела с инженерно-геологическими, Г. К. Бондарик прокладывает мост между полями показателей геологических свойств, получаемых в процессе целенаправленных инженерно-геологических изысканий, к представлениям механизмов формирования горных пород, полям геологических параметров, пространственным и временным процессам литогенеза, главным направлениям изменчивости, формациям, стратиграфо-генетическим комплексам, фациям.

Для этого Г. К. Бондарик формулируются две аксиомы:

- геологическая среда, ее структура, вещественный состав и свойства представляет собой результат (продукт) взаимодействия физических полей;
- поля геологических параметров, их структура и характеристики наследуют и отражают черты поля литогенеза.

Он обосновывает и формирует методику, позволяющую решать с помощью результатов исследования структуры полей показателей инженерно-геологических свойств грунтов геологические, палеогеографические, задачи.

Однако, нельзя сказать, что эти задачи не решались раньше.

В конце 60-х годов Л. А. Ярг исследовала с помощью показателей инженерно-геологических свойств условия формирования грунтов Тургайского прогиба.

Н. В. Коломенский и В. В. Дмитриев, исследуя изменчивость комплекса показателей инженерно-геологических свойств среднекиммерийских отложений палеогена двух Керченских железорудных мульд, определили время возникновения разделяющих их Чурбашского поднятия, а также местоположение в мульдах наиболее богатых икряных железных руд, а заодно, решили многолетний спор геологов академика АН УССР Е. Ф. Шнюкова и П. И. Науменко о времени и последовательности формирования этих геологических структур.

Эти и другие решения частных задач подтверждали возможность и эффективность использования результатов анализа изменчивости геологических параметров в конкретных условиях.

Г. К. Бондариком была создана пооперационно разработанная методика пригодная для использования в любых геологических или инженерно-геологических условиях.

Следует, однако, отметить, что результаты анализа изменчивости геологических параметров, всегда рассматривались как «действительные», в смысле «близкие к истинным» значения показателей свойств геологических или инженерно-геологических тел. Между тем, значение любого показателя геологического параметра, изменчивость которого характеризуется случайной функцией, всегда является суммой детерминированной и случайной компонент. При этом оба компонента включают систематическую и случайную составляющие погрешности.

Также, как и для модели случайной величины, результаты имеющихся исследований случайных функций не учитывают составляющие погрешностей используемых геологических параметров, которые, как показали исследования, имеют восемь видов зависимости значений обоих компонентов погрешности определения геологических параметров от значений соответствующей случайной величины или случайной функции, искажающих получаемые значения геологических параметров и их статистических характеристик.

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В АРКТИКЕ И СУБАРКТИКЕ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ДЕГРАДАЦИИ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ

*акад. Мельников В.П. (ТюмНЦ СО РАН, ТюмГУ, melnikov@ikz.ru),  
Дроздов Д.С.\* (МГРИ, ИКЗ ТюмНЦ СО РАН, ТюмГУ, ds\_drozдов@mail.ru),  
Дубровин В.А. (ФГБУ Гидроспецгеология, dva946@yandex.ru),  
Пендин В.В., (МГРИ, pendin@yandex.ru)*

### Аннотация

Мерзлота Арктики и Субарктики очень чувствительна к изменению климата и техногенеза, которые как по-отдельности, а особенно, совместно усиливают приход тепла в землю и некомпенсированное нарушение естественных покровов и многолетнемёрзлых горных пород. В результате потепления климата в последние десятилетия создались благоприятные условия для таяния подповерхностного мерзлоты в южной части российской криолитозоны. Кровля мерзлоты начала опускаться. Сохранение криогенных ландшафтов, а также долговечность зданий и сооружений, транспортных систем и пр. в зоне высокотемпературной вечной мерзлоты достигается, с одной стороны, за счёт тщательного сохранения окружающей природной среды и существующего теплового потока, а с другой стороны, за счёт применения рациональных обоснованных методов хозяйствования и использования специальных хладосберегающих технологий, приёмов, оборудования (например, термостабилизаторов различных конструкций).

### Ключевые слова

Арктика, Субарктика, АЗРФ, многолетняя (вечная) мерзлота, многолетнемёрзлые горные породы, потепление климата, таяние приповерхностной мерзлоты, недропользование, техногенез, программа изучения и сохранения криогенных ландшафтов и мерзлоты, законодательное обеспечение.

**Суть проблемы.** Наиболее активный техногенез связан с недропользованием. По условиям недропользования территория криолитозоны – это сложные и особо сложные геологические, инженерно-геологические, гидрогеологические, геокриологические и геоэкологические условия. А слабая их изученность предопределяют повышенные риски при освоении. Строительство в среднем дорожает в 3–8 раз по сравнению с «немёрзлыми» регионами. Убытки происходят из-за многочисленных ошибок проектирования, нарушения региональных регламентов содержания объектов строительства, неучёта опыта освоения территорий-аналогов и остающейся низкой культуры проведения строительных работ в Арктике.

Современные регламенты осуществления государственного экологического (Росприроднадзор) и технического (Ростехнадзор) контроля не позволяют оценить эффективность воздействия крупных объектов недропользования на геологическую среду в целом и, соответственно, определить меру ответственности проектировщиков, строителей и эксплуатирующих организаций при выявлении негативных последствий в процессе недропользования. Техногенные нарушения пытаются компенсировать преимущественно платой (в т.ч. штрафами) за вызванные изменения в окружающей среде. Меры по рекультивации далеко не всегда адекватны исходным природным условиям и возможностям формирующегося антропогенного ландшафта.

Вклад последнего фактора часто наиболее существенен, поскольку из-за него действующие регламенты государственного экологического и технического контроля не позволяют оптимально оценить воздействия крупных проектов недропользования на геологическую среду. Соответственно, нельзя объективно определить вклад

проектирования, строительства и эксплуатации в негативные реакции природы на недропользование. Это требует серьезного методического и юридического обоснования.

С целью снижения природных рисков и вероятности экологических катастроф, связанных с освоением криолитозоны, необходима разработка и принятие Концепции изучения вечной мерзлоты.

Основные положения этой Концепции очевидно должны включать сочетание (а) региональных и мониторинговых исследований, позволяющих определить природное и техногенное экологическое состояние регионов криолитозоны, и (б) вычленение техногенного фактора произошедших негативных изменений с реконструкцией вызвавших их конкретных причин.

Однако с реализацией концепции не всё благополучно. Произошло значительное снижение мониторинговых работ упомянутого направления в системе геологической службы России по сравнению с XX в. Отсутствует государственная программа изучения накопленного опыта эксплуатации урбанизированных территорий в Арктике и Субарктике. Работы добывающих компаний сконцентрированы практически только в пределах лицензионных участков. Исследовательские работы РАН и университетов локальны и способны отразить лишь самые общие закономерности формирования и развития криолитозоны Арктики.

Затушёвана роль основных элементов комплексной государственной, межведомственной и общественной работы по обеспечению системной деятельности в криолитозоне. Это:

- отсутствие разработанной и утвержденной нормативной базы прогнозов изменения климата и состояния криолитозоны, а также экологических последствий освоения на периоды среднесрочной и долгосрочной перспективы;
- отсутствие анализа и подведения итогов хозяйствования и недропользования на ранее осваивавшихся территориях Арктики;
- отсутствие региональных геокриологических баз данных и межведомственной системы получения и обмена геокриологической и смежной экологически значимой информацией (ныне эта информация практически недоступна за грифом "коммерческой тайны хозяйствующих субъектов" для смежных ведомств и фирм, для экспертного и научного сообщества);
- отсутствие открытых (не локальных, не местных) слушаний по крупным проектам, реализуемым в криолитозоне.

Ситуация усугубляется значительным снижением по сравнению с советским периодом объема работ по изучению вечной мерзлоты в системах Минприроды, Минстроя, Минобрнауки и РАН, а также в специализированных подразделениях недропользователей. Невысоким остаётся уровень проектирования и культуры строительства в криолитозоне, по-прежнему остра кадровая проблема мерзлотных работ – очень ограниченно ведётся дополнительная подготовка кадров производственников, работающих в криолитозоне, недостаточно профильных факультетов и кафедр (например, во МГРИ закрыта как малочисленная кафедра криосферы Земли), в вузах нет целевых общеобразовательных дисциплин для спектра специальностей, предполагающих работу на Севере.

Две главных причины – недостаток государственного финансирования исследований; отсутствие концептуальных требований к недропользователям. За обеими причинами стоит недостаточное понимание значения мониторинга криолитозоны, региональных геокриологических (гидрогеологических, инженерно-геологических) работ в среднем масштабе и ретроспективных исследований для минимизации проблем хозяйствования на Севере.

Необходимо понимать, что влияние криолитозоны на формирование экологической обстановки при хозяйственном освоении Арктики априори является определяющим. Это не требует в настоящее время дополнительных доказательств, это необходимо принимать как аксиому при разработке научных программ и нормативных документов.

Между тем известно, что готовый к утверждению Национальный Проект Экология (включает подразделения "отходы", "воздух", "вода", "биоразнообразие") не содержит разделов, касающихся вечной мерзлоты!

**Пути решения.** Территории крупных месторождений в Арктике можно рассматривать как полигоны геоэкологического мониторинга, для которых должно фиксироваться: «что было» и «что стало» с выходом на прогноз: «что будет». Однако это не делается. В соответствии с задачами «Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года» необходимо разработать *Межведомственную Программу «Вечная мерзлота России» (или «Криолитозона России»)* и, возможно, *Закон «О вечной мерзлоте»* с привлечением для их составления и реализации специалистов Академии наук, исследовательских институтов, добывающих компаний, университетов.

Эта Программа должна определять концептуальный подход и стратегию комплексного регионального и мониторингового геоэкологического (гидрогеологического, инженерно-геологического, геокриологического) изучения криолитозоны на территориях и акваториях ближайшей и среднесрочной перспективы освоения (виды, объёмы и этапы исследований), а также разработку и апробацию прогрессивных методов строительства. В основе программы должно лежать обобщение опыта освоения Арктики по регионам.

Региональные работы и мониторинг должны расширяться и существенно опережать продвижение экономических проектов в Арктике на вновь осваиваемых пространствах. Площади освоения с прилегающими территориями становятся новыми полигонами мониторинга, информационное значение которых определяется и меняется в зависимости от этапа экономического освоения.

**Государственный мониторинг состояния недр (ГМСН)** - действующая система регулярных наблюдений, сбора, накопления, обработки и анализа информации, оценки состояния геологической среды и прогноза ее изменений под влиянием естественных природных факторов, пользования недрами и иной антропогенной деятельности. В рамках ГМСН мониторинг криолитозоны следует подразделить на "Фоновый" и "Объектный".

**Фоновый мониторинг** криолитозоны в Арктике должен осуществлять предприятиями Роснедра в качестве государственного задания.

Ведение **объектного мониторинга** является функцией предприятия, осуществляющего пользование недрами в рамках лицензионного соглашения или оказывающего техногенное влияние на состояние недр, и финансируется им за счет собственных средств. Объектный мониторинг осуществляется либо собственными службами недропользователя, либо с привлечением на контрактной основе геологических предприятий, специализирующихся на решении этих задач.

Объектами мониторинга являются все компоненты геологической среды Арктики (многолетнемёрзлые горные породы и их температурный режим, подземные воды, геодинамические процессы, включая криогенные) и сопряженных с ней сред и объектов (поверхностные воды, почвы и т.д.), на которые хозяйствование может оказывать негативное влияние.

**Целевое направление мониторинговых и региональных геокриологических исследований в рамках ГМСН** (геокриологического, гидрогеологического и инженерно-геологического содержания) должно обеспечивать:

1) будущего недропользователя – информацией о наличии потенциальных геологических (геоэкологических) опасностей при освоении месторождений на всех стадиях геологоразведочного процесса от изучения до консервации;

2) органы управления фондом недр – материалами периодического контроля за соблюдением норм и правил экологически безопасного ведения разведочных и эксплуатационных работ и сбалансированного природопользования на площади месторождений полезных ископаемых и прилегающей территории в зоне активного и пассивного экологического воздействия;

3) территориальные административные органы – материалами, по оценке экологического состояния осваиваемых территорий.

**Законодательное и нормативное обеспечение** решения проблем освоения криолитозоны и контроля сохранения "вечной мерзлоты" в экологически допустимых границах должны взять на себя государственные структуры и хозяйствующие субъекты в лице:

- Совет Федерации и Государственная Дума Федерального Собрания РФ – законодательное обеспечение хозяйствования в Арктике и Субарктике.
- Министерства природных ресурсов и экологии РФ – геокриологические съёмки перспективных регионов и территорий, фоновый мониторинг.
- Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – обобщение опыта экономического освоения территорий и координация объектного мониторинга.
- Министерство образования и науки РФ – Научное обеспечение, подготовка кадров.
- Компании-землепользователи – фоновый и объектный мониторинг лицензионных территорий от стадии разведки до полной рекультивации.

**Благодарности.** Работа выполнена благодаря РАН и СО РАН (проект IX.135.2.2), грантам РФФИ (18-55-11005\_АФ\_Т(ClimEco), 18-05-60004, 16-05-00249– заявлено продолжение), РФФИ (№ 16-17-00102– заявлено продолжение), субсидии Минобрнауки № 14.587.21.0048 (RFMEFI58718X0048), международным программам TSP, CALM, GTN-P, PEEX, SWIPA, GCW, SODEEP, администрации ЯНАО, предприятиям ГазпромДобычаНадым, ГазпромДобычаУренгой, Нортгаз.

## ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ДЕГРАДАЦИИ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ ПРИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В АРКТИКЕ И СУБАРКТИКЕ

*Дроздов Д.С.\* (МГРИ–РГГРУ, ИКЗ ТюмНЦ СО РАН, ТюмГУ, ds\_drozдов@mail.ru),  
акад. Мельников В.П. (ТюмНЦ СО РАН, ТюмГУ, melnikov@ikz.ru),  
Дубровин В.А. (ФГБУ Гидроспецгеология, dva946@yandex.ru),  
Пендин В.В., (МГРИ–РГГРУ, pendin@yandex.ru)*

### **Аннотация**

Мерзлота Арктики и Субарктики очень чувствительна к изменению климата и техногенеза, которые как по-отдельности, а особенно, совместно усиливают приход тепла в землю и некомпенсированное нарушение естественных покровов и многолетнемёрзлых горных пород. В результате потепления климата в последние десятилетия создались благоприятные условия для таяния подповерхностного мерзлота в южной части российской криолитозоны. Кровля мерзлота начала опускаться. Сохранение криогенных ландшафтов, а также долговечность зданий и сооружений, транспортных систем и пр. в зоне высокотемпературной вечной мерзлоты достигается, с одной стороны, за счёт тщательного сохранения окружающей природной среды и существующего теплового потока, а с другой стороны, за счёт применения рациональных обоснованных методов хозяйствования и использования специальных хладосберегающих технологий, приёмов, оборудования (например, термостабилизаторов различных конструкций).

### **Ключевые слова**

Арктика, Субарктика, АЗРФ, многолетняя (вечная) мерзлота, многолетнемёрзлые горные породы, потепление климата, таяние приповерхностной мерзлоты, недропользование, техногенез, программа изучения и сохранения криогенных ландшафтов и мерзлоты, законодательное обеспечение.

**Суть проблемы.** Наиболее активный техногенез связан с недропользованием. По условиям недропользования территория криолитозоны – это сложные и особо сложные геологические, инженерно-геологические, гидрогеологические, геокриологические и геоэкологические условия. А слабая их изученность предопределяют повышенные риски при освоении. Строительство в среднем дорожает в 3–8 раз по сравнению с «немёрзлыми» регионами. Убытки происходят из-за многочисленных ошибок проектирования, нарушения региональных регламентов содержания объектов строительства, неучёта опыта освоения территорий-аналогов и остающейся низкой культуры проведения строительных работ в Арктике.

Современные регламенты осуществления государственного экологического (Росприроднадзор) и технического (Ростехнадзор) контроля не позволяют оценить эффективность воздействия крупных объектов недропользования на геологическую среду в целом и, соответственно, определить меру ответственности проектировщиков, строителей и эксплуатирующих организаций при выявлении негативных последствий в процессе недропользования. Техногенные нарушения пытаются компенсировать преимущественно платой (в т.ч. штрафами) за вызванные изменения в окружающей среде. Меры по рекультивации далеко не всегда адекватны исходным природным условиям и возможностям формирующегося антропогенного ландшафта.

Вклад последнего фактора часто наиболее существенен, поскольку из-за него действующие регламенты государственного экологического и технического контроля не позволяют оптимально оценить воздействия крупных проектов недропользования на геологическую среду. Соответственно, нельзя объективно определить вклад

проектирования, строительства и эксплуатации в негативные реакции природы на недропользование. Это требует серьезного методического и юридического обоснования.

С целью снижения природных рисков и вероятности экологических катастроф, связанных с освоением криолитозоны, необходима разработка и принятие Концепции изучения вечной мерзлоты.

Основные положения этой Концепции очевидно должны включать сочетание (а) региональных и мониторинговых исследований, позволяющих определить природное и техногенное экологическое состояние регионов криолитозоны, и (b) вычленение техногенного фактора произошедших негативных изменений с реконструкцией вызвавших их конкретных причин.

Однако с реализацией концепции не всё благополучно. Произошло значительное снижение мониторинговых работ упомянутого направления в системе геологической службы России по сравнению с XX в. Отсутствует государственная программа изучения накопленного опыта эксплуатации урбанизированных территорий в Арктике и Субарктике. Работы добывающих компаний сконцентрированы практически только в пределах лицензионных участков. Исследовательские работы РАН и университетов локальны и способны отразить лишь самые общие закономерности формирования и развития криолитозоны Арктики.

Затушёвана роль основных элементов комплексной государственной, межведомственной и общественной работы по обеспечению системной деятельности в криолитозоне. Это:

- отсутствие разработанной и утвержденной нормативной базы прогнозов изменения климата и состояния криолитозоны, а также экологических последствий освоения на периоды среднесрочной и долгосрочной перспективы;
- отсутствие анализа и подведения итогов хозяйствования и недропользования на ранее осваивавшихся территориях Арктики;
- отсутствие региональных геокриологических баз данных и межведомственной системы получения и обмена геокриологической и смежной экологически значимой информацией (ныне эта информация практически недоступна за грифом "коммерческой тайны хозяйствующих субъектов" для смежных ведомств и фирм, для экспертного и научного сообщества);
- отсутствие открытых (не локальных, не местных) слушаний по крупным проектам, реализуемым в криолитозоне.

Ситуация усугубляется значительным снижением по сравнению с советским периодом объема работ по изучению вечной мерзлоты в системах Минприроды, Минстроя, Минобрнауки и РАН, а также в специализированных подразделениях недропользователей. Невысоким остаётся уровень проектирования и культуры строительства в криолитозоне, по-прежнему остра кадровая проблема мерзлотных работ – очень ограниченно ведётся дополнительная подготовка кадров производственников, работающих в криолитозоне, недостаточно профильных факультетов и кафедр (например, во МГРИ-РГГРУ закрыта как малочисленная кафедра криосферы Земли), в вузах нет целевых общеобразовательных дисциплин для спектра специальностей, предполагающих работу на Севере.

Две главных причины – недостаток государственного финансирования исследований; отсутствие концептуальных требований к недропользователям. За обеими причинами стоит недостаточное понимание значения мониторинга криолитозоны, региональных геокриологических (гидрогеологических, инженерно-геологических) работ в среднем масштабе и ретроспективных исследований для минимизации проблем хозяйствования на Севере.

Необходимо понимать, что влияние криолитозоны на формирование экологической обстановки при хозяйственном освоении Арктики априори является определяющим. Это не требует в настоящее время дополнительных доказательств, это необходимо принимать как аксиому при разработке научных программ и нормативных документов.

Между тем известно, что готовый к утверждению Национальный Проект Экология (включает подразделения "отходы", "воздух", "вода", "биоразнообразие") не содержит разделов, касающихся вечной мерзлоты!

**Пути решения.** Территории крупных месторождений в Арктике можно рассматривать как полигоны геоэкологического мониторинга, для которых должно фиксироваться: «что было» и «что стало» с выходом на прогноз: «что будет». Однако это не делается. В соответствии с задачами «Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года» необходимо разработать *Межведомственную Программу «Вечная мерзлота России» (или «Криолитозона России»)* и, возможно, *Закон «О вечной мерзлоте»* с привлечением для их составления и реализации специалистов Академии наук, исследовательских институтов, добывающих компаний, университетов.

Эта Программа должна определять концептуальный подход и стратегию комплексного регионального и мониторингового геоэкологического (гидрогеологического, инженерно-геологического, геокриологического) изучения криолитозоны на территориях и акваториях ближайшей и среднесрочной перспективы освоения (виды, объёмы и этапы исследований), а также разработку и апробацию прогрессивных методов строительства. В основе программы должно лежать обобщение опыта освоения Арктики по регионам.

Региональные работы и мониторинг должны расширяться и существенно опережать продвижение экономических проектов в Арктике на вновь осваиваемых пространствах. Площади освоения с прилегающими территориями становятся новыми полигонами мониторинга, информационное значение которых определяется и меняется в зависимости от этапа экономического освоения.

**Государственный мониторинг состояния недр (ГМСН)** - действующая система регулярных наблюдений, сбора, накопления, обработки и анализа информации, оценки состояния геологической среды и прогноза ее изменений под влиянием естественных природных факторов, пользования недрами и иной антропогенной деятельности. В рамках ГМСН мониторинг криолитозоны следует подразделить на "Фоновый" и "Объектный".

**Фоновый мониторинг** криолитозоны в Арктике должен осуществлять предприятиями Роснедра в качестве государственного задания.

Ведение **объектного мониторинга** является функцией предприятия, осуществляющего пользование недрами в рамках лицензионного соглашения или оказывающего техногенное влияние на состояние недр, и финансируется им за счет собственных средств. Объектный мониторинг осуществляется либо собственными службами недропользователя, либо с привлечением на контрактной основе геологических предприятий, специализирующихся на решении этих задач.

Объектами мониторинга являются все компоненты геологической среды Арктики (многолетнемёрзлые горные породы и их температурный режим, подземные воды, геодинамические процессы, включая криогенные) и сопряженных с ней сред и объектов (поверхностные воды, почвы и т.д.), на которые хозяйствование может оказывать негативное влияние.

**Целевое направление мониторинговых и региональных геокриологических исследований в рамках ГМСН** (геокриологического, гидрогеологического и инженерно-геологического содержания) должно обеспечивать:

1) будущего недропользователя – информацией о наличии потенциальных геологических (геоэкологических) опасностей при освоении месторождений на всех стадиях геологоразведочного процесса от изучения до консервации;

2) органы управления фондом недр – материалами периодического контроля за соблюдением норм и правил экологически безопасного ведения разведочных и эксплуатационных работ и сбалансированного природопользования на площади месторождений полезных ископаемых и прилегающей территории в зоне активного и пассивного экологического воздействия;

3) территориальные административные органы – материалами, по оценке экологического состояния осваиваемых территорий.

**Законодательное и нормативное обеспечение** решения проблем освоения криолитозоны и контроля сохранения "вечной мерзлоты" в экологически допустимых границах должны взять на себя государственные структуры и хозяйствующие субъекты в лице:

- Совет Федерации и Государственная Дума Федерального Собрания РФ – законодательное обеспечение хозяйствования в Арктике и Субарктике.
- Министерства природных ресурсов и экологии РФ – геокриологические съёмки перспективных регионов и территорий, фоновый мониторинг.
- Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – обобщение опыта экономического освоения территорий и координация объектного мониторинга.
- Министерство образования и науки РФ – Научное обеспечение, подготовка кадров.
- Компании-землепользователи – фоновый и объектный мониторинг лицензионных территорий от стадии разведки до полной рекультивации.

**Благодарности.** Работа выполнена благодаря программам РАН и СО РАН, грантам РФФИ (18-55-11005\_АФ\_Т(ClimEco), 18-05-60004, 16-05-00249– заявлено продолжение), РФФИ (№ 16-17-00102– заявлено продолжение), субсидии Минобрнауки № 14.587.21.0048 (RFMEFI58718X0048), международным программам TSP, CALM, GTN-P, PEEX, SWIPA, GCW, SODEEP, администрации ЯНАО, предприятиям ГазпромДобычаНадым, ГазпромДобычаУренгой, Нортгаз.

## ИЕРАРХИЯ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ТЕЛ И ГЕОСИСТЕМ

*Дроздов Д.С.\* (ИКЗ ТюмНЦ СО РАН, МГРИ, ТюмГУ, ds\_drozдов@mail.ru)*

### **Аннотация.**

Природные геологические тела образуют строгую иерархию, формируемую по геотектоническому признаку, в которой каждому более низкому уровню соответствует большая однородность и меньший пространственный охват. В соответствии с степенью однородности производится классификация геологических тел, назначаются критерии выделения, разграничения и картирования. Разными авторами выделяется порядка 10 основных таксономических уровней нисходящей иерархии – от геологической формации до монопородного геологического тела. При возможности для картирования привлекаются индикаторные признаки, основанные на том, что приповерхностные геологические тела всех уровней оказываются литогенной основой современных и палео-ландшафтов, формируя тем самым природные геосистемы с неким набором внутренних свойств и внешних физиономических признаков. Последние выступают как индикаторы. Техногенные образования из-за их малого пространственного охвата принято классифицировать по вещественному составу. Но и для них можно применить аналогичный квази-геотектонический подход, учитывающий, к какой отрасли хозяйствования связан техногенез, как перерабатывался материал и пр. Тем самым прогнозируется возможный спектр свойств тех или иных техногенных отложений.

**Ключевые слова.** Природные и техногенные геологические тела (и геосистемы), иерархия геологических тел, классификация геологических тел, признаки выделения и разграничения геологических тел (и геосистем).

### **Пространственная модель инженерно-геологических условий**

Основной задачей геологических и смежных исследований является комплексная характеристика и оценка пространственного распределения природных условий и техногенных изменений в геологической среде и на поверхности для обеспечения экономической и природоохранной деятельности. Состояние и свойства природных и техногенных геосистем определяется взаимодействием геологической среды с внешними по отношению к ней сферами Земли – атмосферой, гидросферой, биосферой, а также с техническими системами. Для оценки состояния среды и этих взаимодействий создаются системы информационных моделей.

Пространственная модель инженерно-геологических (инженерно-геокриологических) условий должна для любой заданной точки геологического пространства с плановыми координатами  $\xi_1$  и  $\xi_2$  давать информацию о комплексе параметров геологической среды (в первую очередь о составе, состоянии и свойствах пород) и об их изменении по вертикали (по  $\xi_3$ ) на заданную глубину. Точность изучения комплекса параметров и соответствующая доверительная вероятность определяются задачами исследований, а точность отображения параметров зависит от полученной детальности описания изменчивости свойств в объеме геологической среды.

Необеспеченность пространственных моделей, основанных на использовании случайных функций, необходимым и достаточным фактическим материалом и невозможность задания в полном объеме граничных условий для детерминированных функций описания геологических условий сколько-нибудь крупных геологических объектов, заставляет ориентироваться на стохастические кусочно-непрерывные функции. В традиционном представлении это выражается в составлении инженерно-

геологических карт в градациях того или иного качественного или количественного показателя. В зависимости от детальности карты градациям соответствуют геологические тела (или геосистемы) того или иного уровня.

Карты сопровождаются разрезами, экспликациями, табличными материалами и текстовыми пояснениями. Статистические критерии позволяют количественно оценить правомочность экстраполяции и интерполяции данных с заданной точностью, и доверительной вероятностью. Основой построения карт (т.е. пространственных картографических моделей) служит представление о иерархической структуре геосистем в увязке с иерархией геологических тел, образующих литогенную основу геосистем. В основе иерархии лежит геотекстуальный признак, при котором вещественный состав является важным, но не единственным и не главенствующим признаком.

### **Иерархия геологических тел и геосистем**

Представление геологической среды в виде иерархической системы геологических тел разного ранга (уровня) является наиболее распространенной формой отображения и обобщения инженерно-геологических данных, принятой в России [Бондарик 1971, Изучение инженерно-... 1992].

Последовательное расчленение геологической среды на все более дробные геологические тела отвечает различным стадиям и различной детальности инженерно-геологических исследований. Опираясь на теорию изменчивости и современные представления о процессах литогенеза, можно утверждать, что при правильном и обоснованном ранжировании, геологические тела на каждом этапе деления становятся все более однородными в инженерно-геологическом отношении. Разрешение вопроса о том, можно ли удовлетвориться степенью однородности тел, полученной на конкретном этапе деления, зависят от задач и масштаба исследования [Бондарик 1981].

Формационный подход, использующий геологические, тектонические, фациальные, возрастные, литолого-петрографические признаки деления, позволяет не только базироваться на имеющейся геологической основе, но и критически целенаправленно корректировать ее в соответствии с данными, получаемыми при инженерно-геологических работах. При региональных обобщениях выделяются формации, субформации и геолого-генетические комплексы отложений.

При мелкомасштабных исследованиях предлагается выделять стратиграфо-генетические комплексы двух (а при необходимости – более) уровней, используя для деления единый генетический признак и различный масштаб геологического времени.

При среднемасштабных исследованиях стратиграфо-генетические комплексы низшего уровня предлагается делить на литолого-фациальные комплексы двух уровней – ЛФК-1 с примерно постоянным соотношением литологических типов пород в его составе, и ЛФК-2 с определенным характером напластования пород.

Геологические тела всех уровней иерархии не являются непосредственными объектами геокриологических наблюдений и исследований. Исследуются их части. Проведение соответствующих плановых границ и в объеме геологической среды требует выявления некоторых картировочных критериев (геоструктурных, морфологических, ландшафтных, геофизических) или соотнесения геологических тел с иными объективно выделяемыми на местности объектами – геосистемами. Т.о. геотекстуальный признак традиционно реализуется для природных образований – геологических тел и геосистем.

### **Иерархия геологических тел и геосистем**

Для техногенных геологических образований обычно ограничиваются разделением по вещественному составу, не учитывая того, что они могут формировать парагенетические ассоциации, контролируемые исходным материалом, способом

накопления и постседиментационными преобразованиями. Причина тому двоякая: сложившаяся традиция и многократно меньшие по сравнению с природными пространственные размеры техногенных образований. Хотя очевидно, что можно говорить по крайней мере о 4-х генетических таксонах техногенных тел – (1) техногенно-изменённых (на месте залегания), (2) техногенно-перемещённых (например, при горном производстве), (3) техногенно-образованных (из неприродных материалов или с их примесью), (4) техногенно-обусловленных (действием природных процессов, инициированных человеком). В целом же учёт генетических признаков позволяет использовать квази-геоформационный подход для классификации техногенных отложений в рамках иерархии, примерно соответствующей природной (таблица).

Таблица

**Иерархическая классификация техногенных отложений (грунтов)**

[Дроздов и др. 2017]

Таксономический уровень	Признак разделения	Природный аналог по однородности / ландшафт. индикатор
Техногенные грунты	Выделяются по признаку происхождения или изменения в коренном залегании, связанных с деятельностью человека	Природные отложения / геосистемы
Группы	Выделяется по признаку комплексного воздействия одной из макро-отраслей экономики (строительство, горное дело, пр.). Могут детализироваться по обусловленности тем или иным видом строительства, промышленности и т.д.	Формация / провинция
Классы	Выделяются по основному генетическому признаку, определяющему техногенное происхождение грунта за счет изменений в коренном залегании, перемещений масс горных пород или формирования новых геологических образований	Субформация / подпровинция
Подклассы	Выделяются по признаку основного пороодоизменяющего или пороодообразующего комплекса воздействий (механическое перемещение, гидронамыв, отепление при снятии покровов, пр.)	Генетический комплекс / ландшафтный район
Типы	Выделяется по признаку основного фактора из комплекса техногенного воздействия или основной создающейся техногенной формы. Могут детализироваться с указанием целенаправленности / нецеленаправленности воздействия	СГК / ландшафт
не определено	Фациальная изменчивость в плане за счет местных условий или расстояния до источника техногенеза	ЛФК-1 / местность
не определено	Фациальная изменчивость в плане и по глубине за счет местных условий или расстояния до источника техногенеза	ЛФК-2 / группа урочищ
Подтипы	Разделяется по литолого-петрографическим признакам для рыхлых грунтов и признакам отдельности для грунтов с жесткими структурными связями	МГТ-1 / нет
Виды	Выделяется по степени стабилизации в них процессов, обусловленных их техногенным происхождением	МГТ-2 / нет
Разновидности	Выделяется по классификационным показателям состава и свойств	МГТ-3 / нет

**Группам** техногенных отложений можно поставить в соответствие некоторые формации техногенных образований на поверхности земли и в верхних горизонтах

литосферы. В качестве критерия здесь выступает признак однородности – парагенетическая однородность элементов, обусловленная общностью процессов и источников их формирования. Для **классов техногенных** отложений в качестве признака выделения добавляется происхождение грунта за счет изменений в коренном залегании, перемещений масс горных пород или формирования новых геологических образований. Дальнейшее разделение техногенных грунтов на **подгруппы** выполняется по признаку основного породообразующего комплекса воздействий, что отвечает уровню ГК – генетических комплексов (например, перевалке грунта на горном предприятии). Далее по основному породообразующему фактору выделяются **типы техногенных** грунтов (ГК-2; продолжая пример: собственно, отвалы, грунтовые под дороги и строения, пр.).

Более дробное разделение техногенных грунтов производится по литолого-петрографическим признакам. Соответственно в пределах генетических комплексов низшего уровня могут быть выделены тела, отличающиеся по составу отложений. Отличия их между собой могут быть вызваны, например, фаціальным замещением за счет фракционирования материала при намывке дамб или отвалов. Тела, образованные этими фациями, видимо, можно соотнести с **литолого-фаціальными комплексами**. В том случае, когда отличия связаны с неоднородностью пород коренного залегания, претерпевающих изменения или переотложение, корректным было бы назвать выделяемые тела **литологическими** комплексами. В тех случаях, когда однотипный материал (природный или искусственный) претерпевает хотя и однотипные изменения или переотложение, но происходящие под влиянием разных технологических приемов (например, перемещение грунта в отсыпки либо транспортом, либо бульдозером, либо экскаватором), можно выделять **фациальные** комплексы техногенных отложений. Фактически же, в чистом виде только фациальные или только литологические изменения в техногенных породах обнаружить сложно.

Дальнейшее разделение техногенных литолого-фациальных комплексов на более дробные геологические тела может полностью совпадать со схемой, принятой для природных отложений: по характеру напластования или закономерностям смены пород в вертикальном разрезе выделять **литолого-фациальные комплексы 2-го уровня**, а затем по особенностям состава и свойств пород – **монопородные тела трех уровней**.

**Благодарности.** Работа выполнена благодаря РАН и СО РАН (проект IX.135.2.2), грантам РФФИ (18-55-11005\_АФ\_Т(ClimEco), 18-05-60004, 16-05-00249– заявлено продолжение), РНФ (№ 16-17-00102– заявлено продолжение), субсидии Минобрнауки № 14.587.21.0048 (RFMEFI58718X0048), международным программам TSP, CALM, GTN-P, PEEH, SWIPA, GCW, SODEEP, администрации ЯНАО, предприятиям ГазпромДобычаНадым, ГазпромДобычаУренгой, Нортгаз.

### Литература

1. Бондарик Г.К. Основы теории изменчивости инженерно-геологических свойств горных пород. – М.: Недра, 1971. – 272 с.
2. Бондарик Г.К. Общая теория инженерной (физической) геологии. – М.: Недра, 1981. – 256 с.
3. Дроздов Д.С., Лаухин С.А., Спиридонов Д.В. Пространственно-временная изменчивость техногенно-переотложенных пород: Назаровский угольный разрез, юг Сибири. – Франкфурт: LAP LAMBERT Academic Publishing RU, 2017. – 59 с. ISBN: 978-3-330-33008-5.
4. Изучение инженерно-геологических и гидрогеологических условий верхних горизонтов пород в нефтегазоносных районах криолитозоны: Методическое руководство – М.: Недра, 1992. – 288 с.

## АНАЛИЗ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ РАСПОЛОЖЕНИЯ КРЕПОСТЕЙ РУССКОГО СЕВЕРА

*Дубровин К.А.\* (Российский Государственный Геологоразведочный Университет им. Серго Орджоникидзе (МГРИ)), Smaileman@yandex.ru*

**Аннотация.** Люди стали интересоваться своим прошлым начиная со времён Аристотеля и Плутарха, однако, относительно мало кто с тех пор и до наших дней рассматривал влияние инженерно-геологических условий как на выбор древними мастерами площадок для строительства, так и непосредственно на археологические памятники в течение всей их «жизни». Поиском и изучением подобных артефактов занимается археология, как бы то ни было, при должном историческом подходе, инженерная геология может оказать археологам существенное содействие в восстановлении первоначальных условий окружающей среды и их влияния на исследуемые объекты.

В данной работе, автор оценивает влияние как самих инженерно-геологических условий, так и их изменений во времени на объекты архитектурно-фортификационного зодчества региона «Русского Севера».

**Ключевые слова:** археологические памятники, Выборг, городище, инженерно-геологические условия, Корела, крепость, Ленинградская область, Тиверск, фортификация.

Архитектурно-археологические памятники существуют невероятно длительное в физическом понимании время, значительное большее, чем привычные для нас сооружения. За период своего существования, такие объекты были вынуждены сопротивляться самому ходу времени и подстраиваться под всё изменяющуюся окружающую среду, представляемую нами как комплекс инженерно-геологических условий (ИГУ).

Автор данной работы сконцентрировал своё внимание на Древнерусском (и частично Европейском) фортификационном зодчестве региона «Русского Севера», так называемом «Бастионе Русского Севера» (рис. 1). Примечательно, что расположение крепостных сооружений обычно отвечает одному из двух принципов – островному (Выборг, Корела, Тиверск, Орешек, Остров, Петропавловская) или же мысовому (Старая Ладога, Ниеншанц, Псков, Изборск, Ивангород, Копорье).

Цель данной работы – попытаться описать особую роль ИГУ в «жизни» таких сложных объектов, как архитектурно-археологические памятники Корела, Выборг и Тиверское городище. Для достижения поставленной цели, автором были сформулированы две взаимосвязанные задачи:

1) Выделение ведущих ИГУ региона и восстановление их первоначального состояния, в своё время обусловившее выбор древними зодчими конкретных площадок для строительства;

2) Оценка влияния изменяющихся ИГУ на состояние выбранных для исследования архитектурно-археологических памятников в прошлом и настоящем.

Для выделения ведущих (оказавших наибольшее влияние) ИГУ необходимо провести лаконичный сравнительный анализ. Поскольку все исследуемые объекты являются памятниками архитектуры, и специальных инженерно-геологических исследований на их территории не проводилось, большая доля информация получена по косвенным признакам и археологическим источникам. Автор уже имеет некий опыт получения информации о компонентах ИГУ по косвенным источникам, как, например, это было осуществлено для Староладожской крепости [2].

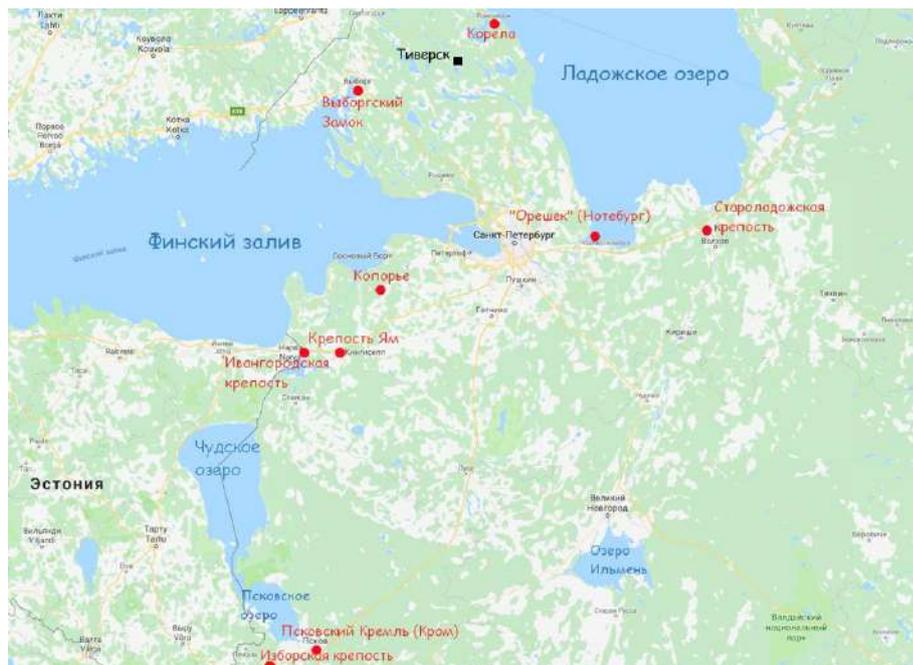


Рисунок 1. Крепости «Бастиона Русского Севера» на уаndex-космоснимке

### 1) Климат

За период существования объектов исследования климат несколько раз претерпевал существенные изменения. Большему влиянию изменения климата было подвержено наиболее древнее из списка Тиверское городище, заложенного не позднее IX в. [6]. Упомянутый исторический период времени отвечает условиям тепловой климатической аномалии Европы (ТКА – 950–1250 гг.) [10].

Тепловая аномалия сменилась малым ледниковым периодом (МЛП – 1350–1850 гг.) [5, 10], в течение которого на рубеже XIII и XIV вв. были заложены крепость Корела [4] и замок Выборг [1]. В наше же время – начинается период очередного «глобального потепления»;

### 2) Орография

Следом за климатом (и не только) подверглись изменениям рельеф и речная сеть. Так, по некоторым данным [4], изначально карельское городище Тиурин-линна (Тиверия) возникло на острове Тиури посреди 2 рукавов Вуоксы, сейчас же от тех рукавов осталась лишь узкая протока несколько севернее самого городища.

Похожая ситуация касается и крепости Корелы, которая в момент своего создания была со всех сторон ограждена водой [12].

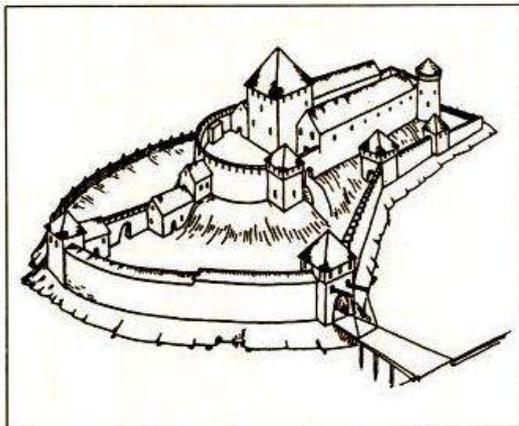
Изменения не обошли стороной и Выборг, раньше располагавшегося на Вуокинском торговом пути, ведущем из вод Балтики в район Ладожского озера. Позже, согласно письменным источникам, на рубеже XV в. река обмелела, и торговый путь перестал существовать [9].

Кроме всего прочего, имеется предположение, основанное на 2 схемах Выборгского замка (рис. 2), что сам остров, на котором стоит крепость, менял свою форму;

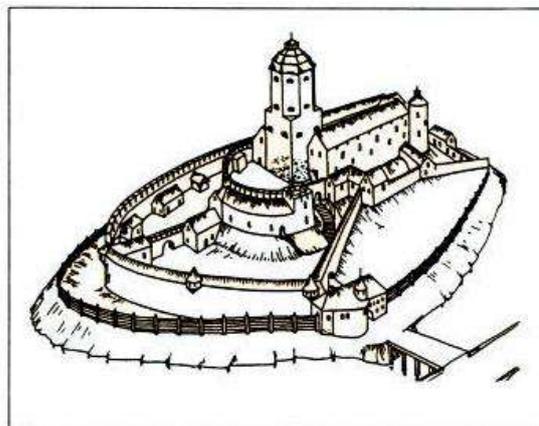
### 3) Геологическое строение и тектонические условия

Геология сыграла важную роль в жизни Выборга. На острове можно выделить 2 характерные части – восточную, представляющую собой скальное плато, и северную, являющуюся низменностью, пригодную для хозяйственных построек (рис. 2) [1].

Все объекты исследования расположены на Балтийском щите, тектонически устойчивой структуре, однако, неотектонические движения происходили всё равно. Есть предположение, что упомянутое выше пересыхание реки Вуоксы связано именно с постепенным поднятием суши. Данный аспект имеет далеко уходящие корни, и его ещё лишь предстоит исследовать, как и геологическое строение участков расположения исследуемых объектов.



Выборгский замок. 2 строительный этап. 1442-1499 гг.



Выборгский замок. 3 строительный этап. 1559 – 1623 гг.

Рисунок 2. Схемы Выборгского замка [1].

#### 4) Геоморфологические условия

Согласно геоморфологическому районированию С.С. Воскресенского и др. [7], регион расположения наших архитектурно-археологических памятников относится к Североприладожскому району Фенноскандии [7]. Рельеф расчлененный, с абс. выс. от 5 до 70 м [7];

#### 5) Гидрогеологические условия

Изменения климата, орогидрографии и неотектоника не могли не оказать влияния на гидрогеологические условия (ГГУ). Однако, на данный момент про их влияние известно мало, для водоснабжения крепостей подземные воды, по-видимому, не использовались (предположительно за исключением Корелы), примеров негативного их воздействия на данный момент не обнаружено. Вопрос подземных вод представляет для нас значительный интерес. По мере продолжения исследований, постепенно появляются всё новые и новые предпосылки и материалы для дальнейшего изучения ГГУ региона. Следует упомянуть, что в данном аспекте автор во многом опирается на работу О.Е. Вязковой и др. [3], описавших на примере крепостей Копорье и Изборск немаловажную роль изменений ГГУ в «жизни» архитектурно-археологических памятников;

#### 6) Экзогенные геологические процессы

В отличие от объекта прошлых изысков автора, где эволюция экзогенных геологических процессов (ЭГП) имела колоссальное значение [2], на территории текущих объектов исследования проявлений деструктивных ЭГП на данный момент не обнаружено. Тем не менее, отбрасывать такие процессы, как выветривание и температурные деформации мы не имеем права, кроме того, прибрежное как в прошлом (все), так и в наши дни (Выборг, Корела) расположение архитектурных памятников предопределяет развитие эрозии.

Таким образом, в качестве ведущих ИГУ региона для архитектурно-археологических памятников Корела, Выборг и Тиверское городище выделяются неразрывно связанные друг с другом климат, орогидрография и гидрогеологические условия.

Именно речная сеть региона, в её прошлом для нас состоянии предопределила местоположения тогда ещё будущих фортификационных сооружений.

К слову, наравне с гидрогеологическими условиями, орогидрография обуславливала возможность устройства надёжной системы водоснабжения фортификационных комплексов. По имеющимся данным, Выборгский замок и Тиверское городище, скорее всего, снабжались поверхностными водами, в то время как система водоснабжения Корелы вызывает сомнения – на территории крепости, несмотря на её прошлое «островное» положение, располагается заброшенный колодец, что является её качественным отличием от прочих из списка.

В заключение обоснуем выбор климата, оказывающего прямое воздействие на орогидрографию и гидрогеологические условия. Климатические изменения, будь то колебания температур или изменение количества осадков, несомненно, воздействовали как на другие компоненты ИГУ, так и непосредственно на сами архитектурно-археологические памятники.

### Литература

1. Выборгский объединённый музей-заповедник [Электронный ресурс] // <http://vyborgmuseum.org/history/>
2. Вязкова О.Е., Дубровин К.А. Инженерно-геологические проблемы музеефикации Старолadoжской крепости // Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации. Материалы докладов, 2018 г. С.528-533.
3. Вязкова О.Е., Черепанский М.М., Белов К.В. Об изменении роли гидрогеологических условий на разных этапах функционирования природно-археологических систем // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2018 г. № 4. С. 87-92.
4. Кочкуркина С.И. Северо-западное приладожье в эпоху Средневековья // Труды научного центра РАН. 2014 г. №6. С. 139-147.
5. Кривенко В.Г. Концепция природной циклики и некоторые задачи хозяйственной стратегии России [Электронный ресурс] // [http://www.ecoexpertcenter.ru/info/konceptsiya\\_cikliki\\_144.html](http://www.ecoexpertcenter.ru/info/konceptsiya_cikliki_144.html)
6. Лапшин В.А. Археологическая карта Ленинградской области. Часть 2. // Издательский отдел языкового центра филологического факультета СПбГУ // Санкт-Петербург, 1995 г. С. 167
7. Максимов А.В., Богданов Ю.Б. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1000000. Серия Балтийская Листы Р-(35),36 – Петрозаводск / Картографическая фабрика ВСЕГЕИ. 2015 г.
8. Мартынов А.И., Шер Я.А. Методы археологического исследования // Москва «Высшая школа». 1989 г. С. 5-12.
9. Петров И. В., Петрова М. И. Водные пути древних Карел [Электронный ресурс] // <http://www.ladoga-park.ru/content/2009/03/090308184205/090308184205090308184333.pdf>
10. Соломина О.Н. Колебания ледников в голоцене и возможное влияние на них орбитального сигнала, солнечной и вулканической активности и антропогенного воздействия // Лёд и снег, 2014 г. № 3 (127). С. 81–90.
11. Старолadoжский историко-архитектурный археологический музей-заповедник [Электронный ресурс] // <http://www.ladogamuseum.ru/about/11/pub380/>
12. Три крепости #1 «Тайна узника Корелы» // Телеканал Моя Планета. Репортаж [Электронный ресурс] // [https://www.moja-planeta.ru/reports/view/tri\\_kreposti\\_1\\_tajna\\_uznika\\_korely\\_42651/](https://www.moja-planeta.ru/reports/view/tri_kreposti_1_tajna_uznika_korely_42651/)

## К ВОПРОСУ ОБ ИЗУЧЕНИИ ОПОЛЗНЯ НА ЛЕВОМ БЕРЕГУ РЕКИ КУБАНЬ В РАЙОНЕ СТАНИЦЫ КРАСНОГОРСКАЯ

Еремин А.А.\* (МГРИ-РГГРУ им. Серго Орджоникидзе, [eremin.andrey.a@yandex.ru](mailto:eremin.andrey.a@yandex.ru)),  
Буфеев Ф.К. (МГРИ-РГГРУ им. Серго Орджоникидзе, [fbufeev@hotmail.com](mailto:fbufeev@hotmail.com))

**Аннотация.** Рассмотрены инженерно-геологические условия территории строительства Красногорской малой гидроэлектростанции. Приведены данные о геоморфологических условиях, тектонике, геологическом строении, гидрогеологических условиях и экзогенных геологических процессах. Произведен анализ проектных решений по компоновке гидротехнического узла в связи с активизацией оползня на левом берегу р. Кубань.

**Ключевые слова:** гидротехническое строительство, экзогенные геологические процессы, оползни, расчет устойчивости склонов.

Оползнем следует называть массу горных пород, сползшую или сползающую вниз по склону или откосу (искусственный склон) под влиянием силы тяжести, гидродинамического давления, сейсмических и некоторых других сил. Образование оползня есть результат геологического оползневого процесса, проявляющегося в вертикальном и горизонтальном смещениях масс горных пород вследствие нарушения их устойчивости – равновесия [2].

Изучаемый оползень расположен в южном районе центральной части РФ – Карачаево – Черкесской Республике, Усть-Джигутинском районе, в южных окрестностях станицы Красногорская, на расстоянии 3,4 км ниже по течению реки Кубань от Зеленчукской ГЭС-ГАЭС. Географическое расположение подразумевает высокогорный район, в пределах которого наблюдается высокая сейсмическая активность и сильно расчлененный рельеф поверхности. Территория относится к системе хребтов Большого Кавказа одной ориентировки, для которой характерен куэстовый рельеф. В частности, район расположен на пересечении крупного геоморфологического элемента – Скалистого хребта и русла реки Кубань.



Рисунок №1. Оползень около южной части станицы Красногорская.

Поверхность бронирующего слоя сложена мергелями и известняками валанжинского яруса нижнего мела и известковистыми песчаниками и мергелями оксфордского и киммериджского ярусов верхней юры. На территории будущего комплекса сооружений цоколь реки Кубань представлен нижнеюрскими отложениями плинсбахского яруса – ритмичным переслаиванием песчаника и алевролита. Выше по разрезу распространены надпойменные террасы, представленные валунно-галечниковыми грунтами. На левом борту Кубани на поверхности распространены делювиальные отложения.

Тектонические условия участка характеризуются наличием разрывных нарушений сбросового типа разделяющих его на ряд блоков относительно приподнятых или опущенных. Территория строительства разделена на 3 сбросовых блока, размеры и строение которых различны. Самый крупный участок опущен на 27 метров относительно других. Сбросами нарушены только отложения плинсбахского яруса. Более молодые породы ими не затронуты. Это указывает на доаленский возраст нарушений и отсутствие их последующего обновления.

В гидрогеологическом отношении в пределах изучаемой территории выделяют два водоносных горизонта. Верхний водоносный горизонт приурочен к аллювиальным отложениям террас. Подземные воды залегают в интервале глубин: от 0,5 до 3 метров. Горизонт безнапорный, минерализация до 3 г/л, обладает углекислой агрессивностью. Нижний водоносный горизонт является напорным, вмещающими породами являются нижне- и среднеюрские песчаники и мергели. Глубина залегания горизонта достигает первых десятков метров. Минерализация колеблется от 2 г/л до 6 г/л, вода обладает углекислотной агрессивностью.

Широкое распространение в пределах территории получили гравитационные процессы – обвалы, осыпи и оползни. Помимо гравитационных, на участке интенсивно развивается речная эрозия.

Летом 2018 года АО «Мособлгидропроект» проводились инженерно-геологические изыскания под строительство Красногорской малой гидроэлектростанции. По проекту планируется строительство комплекса сооружений гидротехнического назначения для выработки электроэнергии. Учитывая условия территории, были рассмотрены несколько вариантов размещения строений и проектных решений.

Рассматривался правобережный деривационный вариант, в состав которого входили плотина из местных материалов, паводковый водосброс, водозабор деривационного канала, деривационный канал, станционный узел в конце канала, состоящий из водоприемника, трубопроводов и здания станции [1]. Однако проект предполагал строительство деривационного канала через нижнюю часть оползневого склона. Дальнейшая разработка проекта не производилась в связи с активизацией оползневого склона.

Левобережный вариант I предусматривал полное использование 75-метрового падения реки. По этому варианту открытая деривация протяженностью 5,5 км должна была переходить в туннельную. В связи с тем, что на протяжении 1 км канал должен был проходить по нижней части оползневого склона, инженерно-геологические условия этого участка оказались неблагоприятны [1]. Вариант II предусматривал аналогичные проектные решения, кроме туннельной деривации.

Наиболее целесообразным является второй левобережный деривационный вариант с безтуннельным участком, инженерно-геологические условия которого удовлетворяют возможность строительства малой гидроэлектростанции. По проекту, в 250 м от левобережной дамбы развивается современный оползень. Сооружение дамб на двух берегах необходимо для ограничения территории подтопления и препятствие

развития переработки берегов. Левобережная дамба имеет большое значение в процессе эксплуатации МГЭС.

Но несмотря на то, что найден оптимальный вариант строительства, необходимо учитывать возможность активизации оползневой процесса, и как следствие схода оползня на левобережную дамбу, что приведет к попаданию тела оползня в бассейн верхнего бьефа и, как следствие, к резкому вытеснению водной массы и переливу через створ плотины.

На левом берегу р. Кубань, в 180 м выше по течению от створа проектируемой Красногорской малой ГЭС находится оползень. Это древний оползень с активизировавшейся частью. Смещение оползневой массы современного оползня произошло в 2016 году. Оползень имеет несимметричное строение: с северной стороны произошел наплыв на недеформированную часть склона, с южной происходило образование уступов и системы трещин. Поэтому движение оползня осуществлялось не только вниз по плоскости к руслу Кубани, а на левый недеформированный массив склона.

Оползень имеет меньшую площадь, по сравнению с предыдущим, и составляет 0,8 км<sup>2</sup>. Древний оползень не имеет четко выраженных границ, стенок отрыва. При дешифрировании АФС, можно сделать заключение о смещении оползневой тела в двух направлениях: в южном направлении перемещалась основная часть, а восточная двигалась в долину Кубани по левому берегу, в том месте, где развивается современный оползень. В строение оползневой тела выделяют несколько элементов: систему трещин отрыва, недеформированный блок оползневой массы, сильнодислоцированную нижнюю часть. Выше по склону расположена еще одна система дуговых трещин, расположенная юго-западнее правого борта оползня и стенки отрыва. Данная система трещин маркирует потенциально вовлеченный блок в оползневой процесс. Одной из причин развития существующего оползня и потенциально вовлеченного блока является тектоническое нарушение, имеющее СЗ-ЮВ направление.

Во время рекогносцировочного обследования в теле палеоползня обнаружены глыбы известковистого песчаника. Первоначально глыбы принимали за выходы коренных пород, но при детальном изучении несоответствие элементов залегания и карбонатность указали на коллювиальный генезис данных пород. Территория представляет собой куэстовый рельеф, бронирующий горизонт куэст сложен такими же песчаниками. Вследствие развития гравитационных процессов происходило смещение обломков вниз по склону.

Итогом изучения рассмотренного оползневой тела является оценка устойчивости оползня. Расчёты устойчивости показали, что оползневое тело находится в состоянии предельного равновесия. Строительство МГЭС невозможно без разработки мер по локализации процесса.

#### Литература:

1. Технический отчет АО «Московский областной институт «ГИДРОПРОЕКТ» (АО «МОСОБЛГИДРОПРОЕКТ») 1133.1-ОТ.ИГИ1.1, 2018г.
2. «Инженерная геология. Инженерная геодинамика» Ломтадзе В.Д., Недра, Ленинград, 1977 г., 479 стр., УДК: 624.131.1:551.3

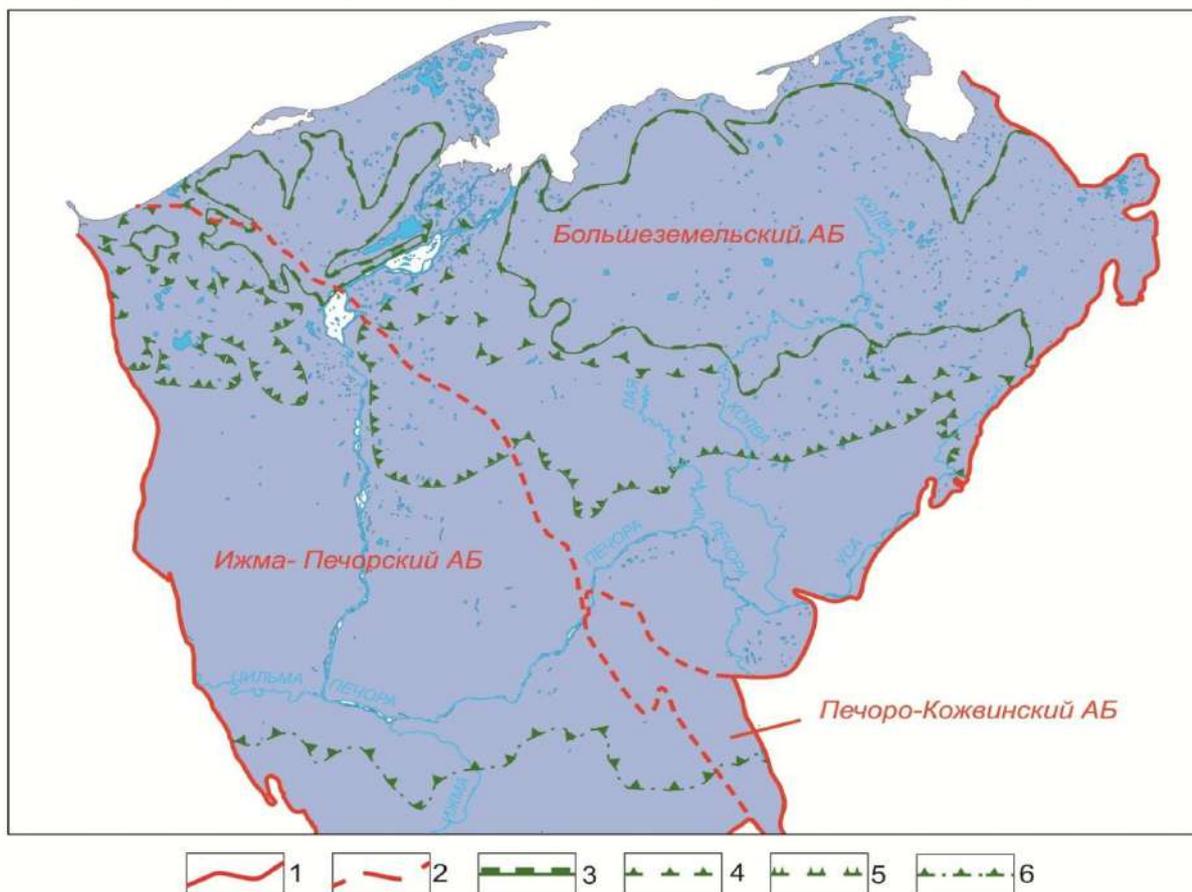
## ВЛИЯНИЕ ЗОНАЛЬНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД НА ОЦЕНКУ РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Ершов В.В.\* (ФГБУ Геодресснецгеология, *ilfsm@mail.ru*),  
Черепанский М.М. (МГРИ, *vodamch@mail.ru*)

**Аннотация:** Новые данные о криолитозоне и подземных водах территории выявили потребность пересмотра и уточнения ряда прежних представлений, рассмотрены особенности распространения многолетнемерзлых пород Печорского артезианского бассейна и особенности влияния многолетнемерзлых пород на формирование ресурсов подземных вод.

**Ключевые слова:** Печорский бассейн, криолитозона, многолетнемерзлые породы, ресурсы подземных вод

Печорский артезианский бассейн (ПАБ) входит в состав Тимано-Печорского сложного артезианского бассейна и, в свою очередь, состоит из бассейнов третьего порядка: Ижма-Печорского, Большеземельского и Печоро-Кожвинского (рис.1) [1]. Геокриологические условия на территории ПАБ весьма разнообразны, криолитозона занимает 56,7% его площади; она распространяется от северного побережья Баренцева (Печорского) моря до широты города Печора в центральной части территории [4].



**Рисунок 1. Зоны современных многолетнемерзлых пород.**

1 – граница гидрогеологической структуры первого порядка; 2 – граница гидрогеологической структуры второго порядка; 3 – граница распространения сплошной зоны многолетнемерзлых пород; 4 – граница распространения прерывистой зоны многолетнемерзлых пород; 5 – граница распространения массивно-островной

зоны многолетнемерзлых пород; б – граница распространения островной зоны многолетнемерзлых пород.

Основной особенностью криолитозоны Печорского артезианского бассейна, является ее двухслойное строение, условия распространения и залегания мерзлых пород. В северной части бассейна мерзлые породы имеют преимущественно сплошное распространение с присутствием сквозных и несквозных таликов, которым приурочены подземные воды [2]. Область сплошного распространения ММП занимает сравнительно возвышенную северную часть региона, но не доходит до побережья. Вдоль побережья ММП имеют прерывистый характер распространения, что обусловлено наличием участков криопэгов в связи с засоленностью пород и поверхностных вод. Мощность мерзлых пород в зоне сплошного распространения достигает 500м. Ввиду значительной заозеренности территории в данном районе, и присутствии морских отложений, здесь преобладают в основном несквозные талики и криопэги со среднегодовой температурой  $-1^{\circ}$   $-3^{\circ}$ . Сплошное распространение мерзлых пород в этой части бассейна представлено отдельными массивами незначительной площади[2]. Южнее сплошное распространение ММП плавно переходит в прерывистое, а затем сменяется массивно-островным. Мощности ММП варьируются в пределах 50-300м. В южной части бассейна преобладает островное распространение ММП. Острова мерзлых пород хаотично располагаются и в центральной части бассейна, в основном сосредоточены у южной границы Большеземельского артезианского бассейна, где мощность мерзлых пород может достигать 100м.

В процессе изучения ПАБ, появились новые данные о криолитозоне и подземных водах территории. Наличие новой информации, выявило потребность пересмотра и уточнения ряда прежних представлений о формировании подземных вод в геокриологических условиях.

Выполненные работы, позволили разделить криогенные толщи на четыре зоны: сплошного (90%ММП), прерывистого (50-90%), массивно-островного (20-50%) и островного (20%) развития ММП (см. рис. 1).

*Зона сплошного распространения ММП* занимает 26,5% территории Печорского АБ или 46,8% территории его криолитозоны (рис.1). Мощность ММП в зоне их сплошного распространения 50-500м, она максимальна на высоких водоразделах и резко сокращается в долинах рек. Мерзлые породы с максимальной мощностью 300-500м сформировались в ледниковые эпохи верхнего неоплейстоцена; затем верхняя их часть протаяла в оптимум голоцена, и вновь промерзла в позднем голоцене. На равнинных участках температура мерзлых пород равна  $-2$  –  $-3^{\circ}\text{C}$ , на вершинах холмов и гряд до  $-4$  –  $-4,5^{\circ}\text{C}$ , а в отрицательных формах рельефа повышается до  $-1^{\circ}\text{C}$ . Мощность слоя сезонного протаивания варьирует в пределах 0,9-1,4м [2].

*Зона прерывистого распространения ММП* занимает 7,5% территории ПАБ и 13,1 % его криолитозоны (см. рис. 1). Мощность ММП колеблется от 50-300; в поймах рек и на склонах долин она сокращается до 25-30м. На морском побережье мощность мерзлых пород в целом несколько меньше 50-100м, а широко развитые здесь криопэги приводят к ее сокращению до 25-30м [5]. Типичными фоновыми температурами *данной* зоны являются  $-1$  –  $-3^{\circ}\text{C}$ . В этом диапазоне минимальные значения температур отмечены на плоскобугристых торфяниках и в пределах выпуклых вершин, гряд и холмов[2]. На плоских междуречьях характеризованы более мягкие температуры ( $-1,5$  –  $-0,5^{\circ}\text{C}$ ). На склоновых участках и отрицательных формах рельефа температура поднимается до  $(0-0,5^{\circ}\text{C})$ . На участках сквозных таликов температуры принимают положительный характер и равны  $0-2,5^{\circ}\text{C}$ . Мощность слоя сезонного протаивания в торфе составляет 0,5-0,8 м, в суглинках 0,8-1 м, в песках - 1,5-2 м.

### *Зона массивно-островного распространения ММП*

Многолетнемерзлые породы в данной зоне занимают 30-50% площади территории (см. рис.1). В северной части мерзлые породы приурочены к водораздельным участкам, в южной – к высоким надпойменным террасам и заболоченным низинам. В рассматриваемой зоне, широко распространены талики радиационного и гидрогенного типа. По природе образования талики делятся на сквозные и несквозные. Большинство сквозных и несквозных таликов распространены под руслами (и частично на поймах) рек и водотоков, в межблочных понижениях и полосах стока, заросших растительностью [4]. В северной части сквозные талики приурочены к понижениям более 30м, а несквозные к понижениям от 10-15 до 25-30м. При продвижении на юг, несквозные и сквозные талики начинают появляться в более узких полосах стока и понижениях. В самой южной части зоны массивно-островного распространения ММП сквозные талики приурочены к полосам стока и понижений более 10 м; а несквозные талики залегают в еще более мелких понижениях (до 5м), мощность таких таликов незначительна и не превышает 5-10 м.

*Зона островного распространения ММП.* В этой зоне встречаются лишь отдельные острова маломощных (10-20 м) мерзлых пород, представленных торфами и подстилающими их заторфованными породами, на их долю приходится около 20% площади территории. В мелких межбугровых понижениях развиты несквозные талики (см. рис.1).

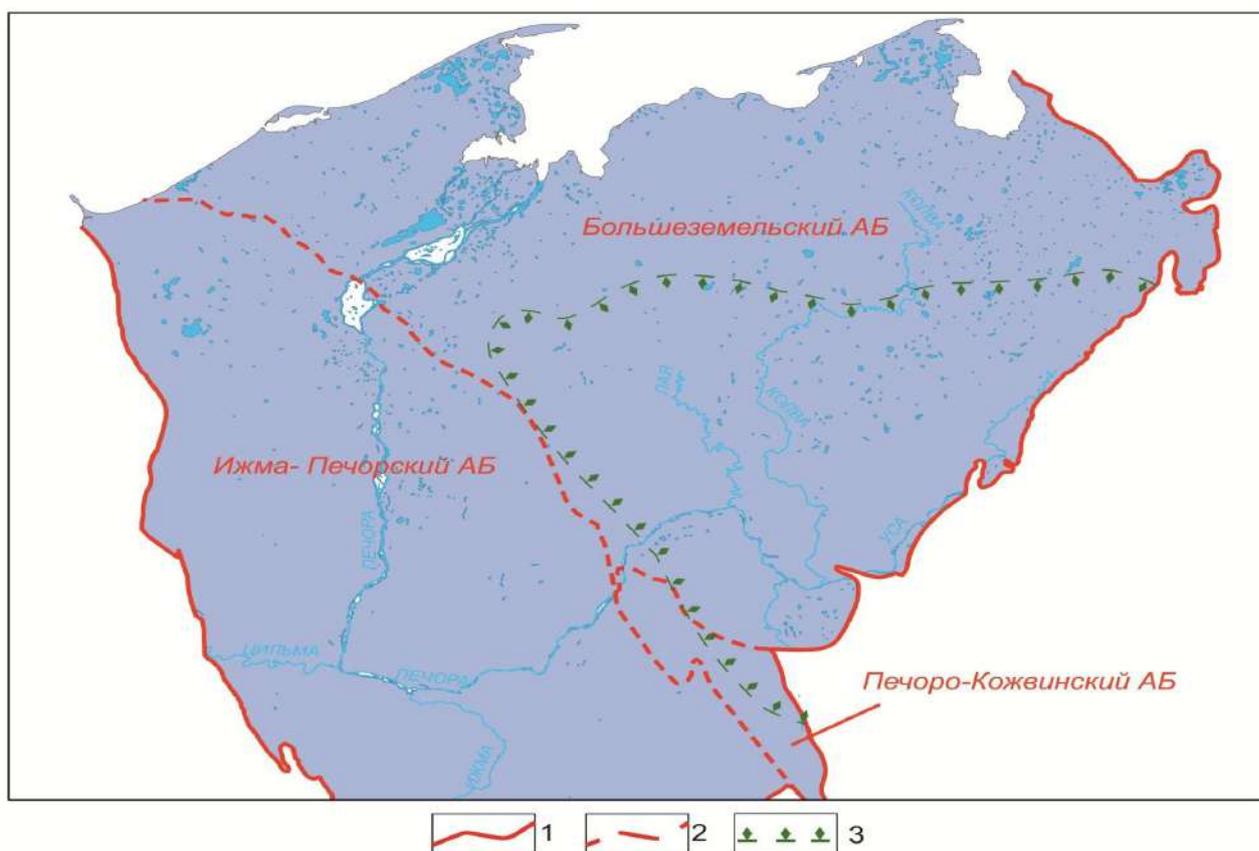
Установлена деградация современных ММП, на основе данных Государственного мониторинга состояния недр. Она проявляется в повышении их температуры, в уменьшении льдистости и ухудшении прочностных свойств отложений. Деградация на ландшафтах сложенных суглинистыми отложениями и торфами была «выше среднемноголетней» на 11-23%, а на ландшафтах с песчаными и гравийными грунтами более чем на 25%. Еще одно проявление деградации ММП - увеличения мощности несквозных таликов основных типов: радиационно-тепловых и гидрогенных. Величины приращений их мощности на озерно-аллювиальных верхнеплейстоценовых равнинах варьировались за 2-3-летний период наблюдений от 1,0 м на слабо дренированных площадях до 2,3 м на дренированных. Также отмечены явления глубокого протаивания ММП при разработке месторождений нефти вокруг эксплуатационных и нагнетательных скважин, что нарушает инженерно-геологические и гидрогеологические условия и может привести к негативным последствиям.

Встречаются реликтовые ММП в центральной и юго-восточной части криолитозоны ПАБ, помимо рассмотренных современных ММП, (рис.2). Здесь криолитозона имеет двухслойное строение мерзлых пород [3]. В голоценовом оптимуме реликтовая криогенные толщи частично протаяла. Причем, в Северной зоне локально и не глубоко, поэтому позднее эта толща сомкнулась с голоценовыми ММП [5]. При продвижении на север, граница реликтовых ММП совпадает с границей современных ММП, образуя единую криогенную толщу. В районах, где мощности современных ММП не достаточно велики, и не достают до кровли реликтовых криогенные толщи, распространяются двухслойные толщи. В этом районе значительно увеличены площади сквозных таликов, обусловленных наличием нескольких рек. В основном реликтовые ММП образуют сплошные массивы с невысокой вероятностью наличия таликов. Глубина залегания подошвы реликтовых многолетнемерзлых пород в северной части составляет 400-500 м (глубина залегания кровли 300м), в южной - 300-400 м (кровля 150-200м). Сквозные талики возможны только под крупными водотоками (Печора, нижнее течение рек Усы и Колвы) и в зонах крупных региональных разломов.

Выявленные закономерности распространения реликтовых ММП определяются палеогеологическими и палеогеографическими условиями, что свидетельствуют об

отсутствии их связи с современной климатической зональностью. Ввиду отсутствия связей реликтовых ММП с дневной поверхностью, деградация этих криогенных толщ практически не происходит. За исключением возможного расширения сквозных таликов, в связи с возможным увеличением объемов циркулирующей по ним воды.

Разделение криогенной толщи ПАБ на зоны различного распространения ММП, позволяет более углубленно рассматривать интересующие для изучения участки на исследуемой территории относительно ранее выделенных границ распространения ММП [3]. Необходимо учитывать зоны распространения ММП и их индивидуальные особенности при расчетах прогнозных ресурсов подземных вод. Наличие данных о глубинах залегания ММП позволят более детально картировать водоносность отложений, на локальном уровне. Для обоснованности геокриологических исследований следует рассматривать наличие каждой зоны и ее условий по бассейнам отдельно, что позволит, более точно оценить прогнозные ресурсы подземных вод.



**Рисунок 2. Реликтовые мерзлые толщи**

1 – граница гидрогеологической структуры первого порядка; 2 – граница гидрогеологической структуры второго порядка; 3 – граница распространения зоны реликтовых многолетнемерзлых пород;

### Литература

1. Ершов Э.Д., Баулин В.В., Гарагуля Л.С., Романовский Н.Н. Геокриология СССР Европейская территория СССР. – М.: Недра, 1988.
2. Ершов Э.Д., Кондратьева К.А., Логинов В.Ф., Сычев И.К. Геокриологическая карта СССР. Масштаб 1:2 500 000. – М.: МГУ, 1991.
3. Оберман Н.Г., Зархидзе В.С., Суходольский С.Е. и др. Геокриологические условия Европейской территории СССР и Урала. // Геокриология СССР. Европейская территория СССР. М., «Недра», 1988. С. 203-301.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ ДЕФОРМАЦИИ ГРУНТОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ МЕТОДОМ ТРЁХОСНОГО СЖАТИЯ (В СТАБИЛОМЕТРЕ)

Захаров Э.Ю. [e.sacharow@gmail.com](mailto:e.sacharow@gmail.com)

*GIG Gesellschaft für Ingenieurgeologie mbH, Schwerin  
Am Heidenbaumberg 5, 19073 Stralendorf,  
Deutschland, Германия*

Современные программные комплексы, использующие методы моделирования математических моделей грунта требуют определения лабораторными методами модулей деформации в условиях трёхосного сжатия. В данном докладе рассматриваются и сравниваются результаты испытания грунта в стабилометре проведённые в кинематическом и статическом режиме нагружения образца. Автором предлагается корректная формула расчёта относительной деформации грунта и приводятся примеры расчётов.

**Ключевые слова:** модуль деформации, математическое моделирование, метод трёхосного сжатия, стабилометр, кинематический режим нагружения, статический режим нагружения.

В настоящее время при проектировании сооружений и расчёте деформаций грунтов оснований широко используются методы математического моделирования с помощью программных комплексов PLAXIS, FLAC и других. Данные программы требуют в качестве входных параметров например модули деформации  $E_0$ ,  $E_{50}$  и  $E_{ur}$  определённые в лаборатории при испытании грунтов методом трёхосного сжатия в стабилометрах.

Главным документом регламентирующим определение модуля деформации грунта методом трёхосного сжатия в стабилометре является ГОСТ 12248-2010.

При испытании для определения характеристик деформируемости грунтов проводимых при постоянном всестороннем давлении в камере «вертикальную нагрузку прилагают с заданной скоростью деформирования образца – кинематический режим либо ступенями – статический режим».

Целью данной работы является определения степени влияния на результаты испытаний выбранного режима нагружения образца: кинематического либо статического.

Предполагается провести несколько серий испытаний различных грунтов: песков сухих, влажных и водонасыщенных, суглинков и глин с разной степенью водонасыщения.

В первой серии испытания методом трёхосного сжатия проводились на промытом просеянном песке, фракция от 0,5 мм до 1,0 мм в воздушно сухом состоянии, в одной лаборатории (GIG mbH), на одной установке компании Geomation, одним лаборантом.

В данном докладе рассматриваются результаты следующих испытаний:

- 6 испытаний в статическом режиме
- 6 испытаний в кинематическом режиме со скоростью деформирования образца 0,5 мм/мин и
- 6 испытаний в кинематическом режиме со скоростью деформирования образца 0,01 мм/мин

Как показали результаты проведённых испытаний на 18-ти образцах, выбор диапазона напряжений для линейной аппроксимации очень сильно влияет на результаты определения модуля деформации.

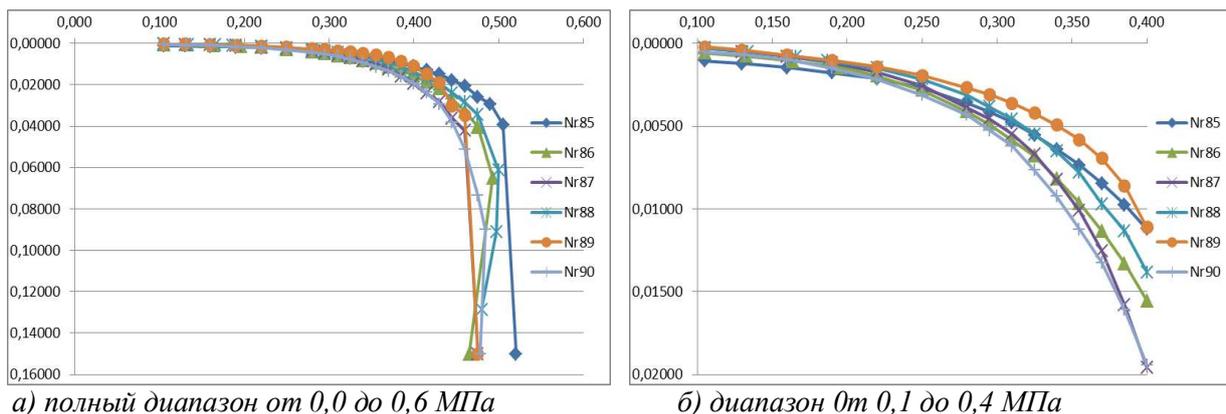


Рис. 2. Графики зависимости относительной деформации от вертикального напряжения в разных масштабах осей для одних и тех же испытаний. На примере 6 из 18 испытаний.

На рис. 2. показано 6 из 18 одних и тех же графиков зависимости относительной деформации от вертикального напряжения в разных масштабах осей из которых видно насколько нелинейны данные графики. Соответственно и результаты определения модуля деформации будут значительно отличаться друг от друга в зависимости от выбранного диапазона напряжений.

В докладе даётся описание проведённых испытаний и оценка результатов испытания грунта методом трёхосного сжатия в стабилометре в соответствии с ГОСТ 12248-2010 для определения модуля деформации.

Список литературы:

1. ГОСТ 12248-2010 Грунты, Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости
2. Дмитриев В.В., Ярғ Л.А., Методы и качество лабораторного изучения грунтов, Москва: КДУ, 2008
3. Болдырев Г.Г., Методы определения механических свойств грунтов, состояние вопроса, Пенза: ПГУАС, 2008

## К ПРОБЛЕМЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ ПРИ ВИБРАЦИОННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

*Изотова В.А. (Санкт-Петербургский горный университет,  
violettaizotova@yandex.ru)*

### Аннотация

Необратимые изменения, обусловленные техногенным физическим загрязнением, могут приводить к существенным отклонениям в инженерно-геологической обстановке. Одним из видов техногенного физического загрязнения окружающей среды является вибрационное. Этот вид воздействия является наиболее распространенным случаем динамической нагрузки.

В статье приведены основные виды источников вибраций на территории города, описаны изменения физико-механических свойств при вибрационном воздействии, описаны методы изучения динамических свойств грунтов.

**Ключевые слова:** вибрация, виброползучесть, разжижение, техногенное воздействие, динамические свойства грунтов.

### Введение

В качестве территории исследования выбран исторический центр Санкт-Петербурга – Васильевский остров. Здесь соседствуют здания с вековой историей и современные многоэтажные жилые комплексы. В настоящее время территория Васильевского острова интенсивно развивается: строятся многоэтажные жилые дома, транспортные развязки, в 2017 году состоялось открытие центрального участка Западного скоростного диаметра. Средняя пропускная способность всей трассы составляет 100 тысяч автомобилей в сутки. Планируется открытие станции метро «Горный институт», «Гавань», «Морской фасад».

В связи с этим ставятся следующие задачи: изучение и анализ современных источников вибрационного загрязнения территории Васильевского острова, обоснование методики проведения лабораторных исследований для определения динамических свойств грунтов.

### Основные источники вибрационного поля на территории Васильевского острова

Наибольшая роль в формировании структуры и параметров вибрационного поля в условиях города принадлежит различным видам транспорта. Вибрационное воздействие этих источников на геологическую среду и инженерные объекты формируется за счет высокой интенсивности, повсеместного распространения на городских территориях, а также длительного и практически непрерывного времени действия. Величина и размеры зоны действия источников транспортной вибрации определяются интенсивностью и составом транспортного потока, состоянием и качеством дорожного покрытия, а также литологией верхней части грунтовой толщи. Влияние других источников имеет, как правило, локальный, временный и менее интенсивный характер.

Источниками динамической нагрузки на исследуемой территории являются автомобили, метрополитен, трамваи, спецтехника, используемая в строительстве. По острову проходят 2 маршрута трамвая, 5 маршрутов троллейбуса, 8 маршрутов автобуса, 17 линий маршрутных такси, 2 станции Невско-Василеостровской линии: Василеостровская и Приморская. Протяженность трамвайных путей на территории Васильевского острова – 3,4 км, линии метрополитена – 2,5 км, автомобильных дорог – более 45 км. Характеристика транспортных источников динамических нагрузок приведена в таблице 1.

Таблица 1.

Характеристика транспортных источников динамических нагрузок [1]

Источник	Характеристики			
	Основная частота, Гц	Виброскорость частиц грунта, дБ	Виброускорение частиц грунта, дБ	Зона действия, м
Автомостраль	10-20	40-65	До 31	40-100
Метрополитен	30-60	75-135	90-135	60-120
Трамвай	20-45	90-130	56-103	150-300

Приведенные в таблице 1 данные позволяют сделать вывод о том, что наиболее существенными источником вибрации на территории городских агломераций, а именно на территории Васильевского острова, являются движущиеся транспортные средства, в первую очередь рельсовый транспорт.

### Геологическое строение верхней части разреза Васильевского острова

Абсолютные отметки поверхности в исторической части Санкт-Петербурга, к которой относится Васильевский остров, находятся в пределах от +2,0 м до +4,0 м по балтийской системе координат. В геологическом строении города на глубине до 60,0 м от поверхности земли залегают техногенные (tIV), современные озерно-морские литориновые (m, l IV), верхнечетвертичные озерно-ледниковые (lg III), верхнечетвертичные ледниковые (g III) и верхнепротерозойские ( $V_{kt_2}$ ) отложения.

Вся толща четвертичных отложений (за редким исключением) может рассматриваться как неустойчивая, обладающая способностью к развитию пластических деформаций (рис.1).

На территории Васильевского острова на глубине 4 м от поверхности, залегают современные техногенные отложения, в виде насыпного грунта – песчано-гравийной смеси с преобладанием песков разной крупности, с растительными остатками, местами заторфованные.

Под насыпным грунтом находится толща порядка 8 м. Она состоит из озерно-морских (литориновых) отложений представленных песками пылеватыми и средней крупности, средней плотности и плотными. Современные озерно-морские литориновые отложения (m, l IV) имеют мощность от 3-5 м до 12- 20 м, реже более 20 м. В этих грунтах отмечается присутствие органических остатков, в толще обнаруживаются слои погребенных торфяников. К морским отложениям приурочен водоносный горизонт, при этом водовмещающими грунтами служат мелкие либо тонкие пески пылеватые серого цвета. Водонасыщенные литориновые пески под действием незначительного гидродинамического давления легко переходят в плывуны. На глубине от 12 до 20 м, залегают слабые суглинки текучей консистенции.

Ниже, на глубине до 60 м, расположены озерно-ледниковые и ледниковые отложения, представленные суглинками текучей и текучепластичной консистенции, супесями от пластичной до полутвердой консистенции, с включениями гравия, гальки и валунов. На глубине более 60 м от поверхности, расположены верхнепротерозойские отложения - глины полутвердой и твердой консистенции.

Среднегодовой уровень грунтовых вод расположен на глубине около 2 м. Максимальное положение уровня грунтовых вод соответствует глубине 1,0 м и ожидается в периоды интенсивного снеготаяния, выпадения обильных дождей и нагонных явлений в Финском заливе.

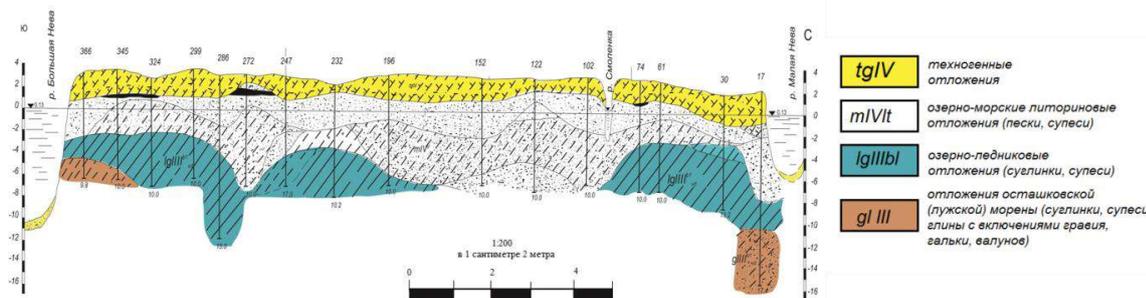


Рисунок 1. Геологический разрез Васильевского острова (по материалам ТрестГРИИ)

### Основные характеристики динамических свойств грунтов

Грунт является средой, передающей колебания от источника зданию или сооружению, поэтому необходимо определять характеристики динамических свойств, влияющие на передачу. Согласно «Методическим рекомендациям по определению динамических свойств грунтов, скальных пород и местных строительных материалов» научно-исследовательского института гидротехники им. Б.Е. Веденеева основными характеристиками динамических свойств грунтов являются [3]:

- характеристики упругих и поглощающих свойств при динамических нагрузках малой интенсивности, не превышающих предела упругости – модуль упругости, коэффициент Пуассона, коэффициент затухания колебаний, скорость распространения и коэффициент поглощения упругих волн;
- характеристики жесткости и поглощающих свойств оснований, используемые в расчетах колебаний жестких массивных фундаментов на грунтовом основании;
- характеристики сжимаемости грунтов при динамических нагрузках значительной интенсивности, превышающих предел упругости – кривые «напряжение-деформация», модули деформации при нагружении и разгрузении;
- характеристики сопротивления сдвигу и предельного состояния (прочности) грунтов при интенсивных динамических нагрузках сейсмического характера;
- характеристики свойств водонасыщенных несвязных грунтов, используемые при оценке изменения полных и эффективных напряжения, избыточного порового давления, прочности этих грунтов, устойчивости их структуры и возможности перехода в разжиженное состояние при динамических воздействиях.

На основании анализа опубликованной литературы и проведенных ранее исследований можно говорить о следующем поведении грунтов при динамических воздействиях [2]. На динамическую устойчивость, например, песков оказывает влияние влажность, плотность сложения и величины эффективных напряжений. С увеличением последних сопротивление песков динамическому воздействию увеличивается. Влияние влажности однозначно - максимальная динамическая устойчивость характерна при прочих равных условиях для капиллярно увлажненных песков, средняя - для сухих и минимальная - для водонасыщенных. Что касается прочностных свойств грунтов, то при вибрациях происходит уменьшение сопротивления сдвигу.

Вибрационное уплотнение происходит за счет уменьшения пористости грунта и может иметь место только в рыхлых грунтах, в частности песчаных со средней плотностью [1]. Между коэффициентом пористости грунтов и ускорением колебаний существует зависимость, подобная компрессионной зависимости, которая называется виброкомпрессионной кривой (рис.2.).

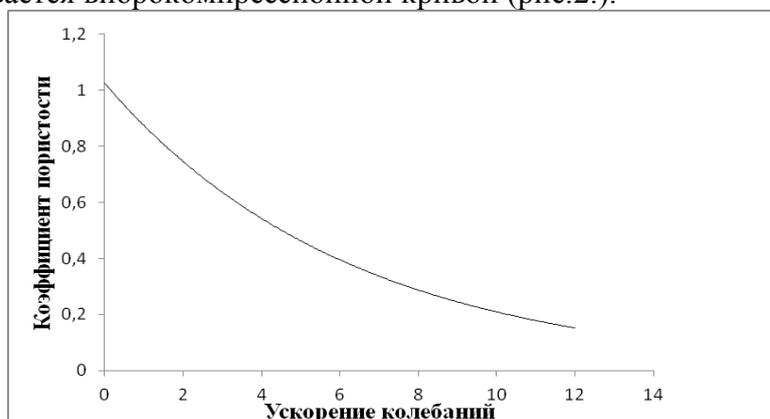


Рисунок 2. Виброкомпрессионная кривая песчаных грунтов

Подводя итог, можно сказать, что при вибрационном воздействии на грунт происходит изменение их характеристик, виброуплотнение. Возможно появление эффекта виброползучести и разжижение грунтов.

Вибрационное воздействие оказывает негативное влияние на состояние строительных конструкций и фундаментов существующих зданий, в том числе исторических, и, как правило, ухудшает свойства грунтов.

С ростом городской застройки возрастает необходимость мониторинга транспортной нагрузки, изучение физико-механических свойств грунтов и их изменения под действием вибраций.

## Литература

1. Жигалин А.Д. Техногенные физические поля и их роль в изменении геологической среды городов // Гидрогеологические и инженерно геологические условия территории городов - М.: Наука, 1989.
2. Изотова В.А. Вопрос о районировании территории Васильевского острова Санкт-Петербурга по реакции грунтов к вибрационным нагрузкам/В.А. Изотова//Сборник научных трудов по материалам XI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, том III. Пермь, 2018.
3. Методические рекомендации по определению динамических свойств грунтов, скальных пород и местных строительных материалов. П 01-72. Научный редактор Красников Н.Д., 1972.
4. Постановление правительства о государственной программе Санкт-Петербурга «Развитие транспортной системы Санкт-Петербурга» от 30 июня 2014 года №552 (с изменениями на 4 декабря 2018 года).
5. Тер-Мартirosян, З.Г. Механика грунтов [Текст]/ З.Г. Тер-Мартirosян – М.:Издательство АСВ, 2005. – 488 с.
6. Цытович, Н.А. Механика грунтов [Текст]/ Н.А. Цытович. – М.:Высш.шк., 1983. – 288 с.

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОДРУСЛОВОГО ПОТОКА И ЕГО РОЛЬ В ВОДНОМ БАЛАНСЕ ОТДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ

Каримова О.А.\* (МГРИ, каф. Гидрогеологии им. В.М.Швеца,  
*olga221271@yandex.ru*),

Зайцева А.В. (Институт водных проблем РАН, *yew-tree@mail.ru*)

### Аннотация

Доклад посвящен одной до сих пор не изученной до конца проблеме современной гидрологии и гидрогеологии – формированию подруслового стока и его роли в водном балансе. Такой феномен типичен для районов развития многолетнемерзлых пород, где он маркируется формированием огромных наледей. Но его также можно наблюдать в равнинных и горных районах. Цель доклада - дать краткое объяснение возникновения подрусловой поток, приведите несколько примеров его формирования

### Ключевые слова

ресурсы подземных вод; речной сток; подрусловой сток

Под «подрусловым потоком» (или подрусловыми водами) понимается грунтовый поток, формирующийся в хорошо проницаемых отложениях, слагающих подрусловое пространство и питающийся как за счет фильтрации речных, так и грунтовых вод, и движущийся в направлении движения реки. Кроме того, величина подруслового потока является важной составляющей одного из элементов водного баланса – питания (рис. 1).

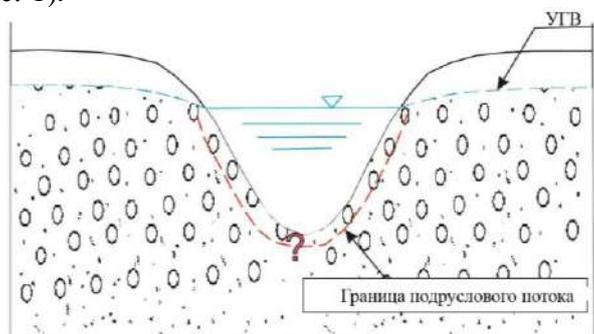


Рисунок 1. Схема формирования подруслового потока

Несмотря на то, что подрусловыми водами начали заниматься еще в середине прошлого века, до настоящего времени проблема его количественной оценки и изучения роли в водном балансе речных бассейнов практически не изучена как в России, так и за рубежом. Это связано, в первую очередь с тем, что подрусловой сток практически невозможно оценить с использованием инструментальных методов вследствие его существенной изменчивости как от сезона к сезону, так и из года в год. Следует отметить, что такого рода исследования проводились и проводятся в настоящее время для различных районов России и, в первую очередь, для предгорных регионов и для районов, характеризующихся наличием многолетнемерзлых пород. Кроме того, специалистам необходимо ответить на ряд важных вопросов:

- какое влияние оказывают речные воды, питающие подрусловой поток, и наоборот;

- какое количество воды поступает в подрусловый поток из водотоков, а какое поступает с грунтовым потоком;

- возможно ли использование подруслового потока для водоснабжения населения без ущерба речному стоку и какое его количество может быть отобрано на долгосрочную перспективу;

- существует ли вероятность загрязнения подрусловых вод, а через них и грунтовых, в случае загрязнения водотоков и какова скорость проникновения загрязняющих веществ в таких условиях и др.

Актуальность исследований закономерностей формирования подруслового стока заключается в том, что данный процесс происходит в различных природно-климатических условиях даже в пределах одного речного бассейна, что обуславливает трудности в выявление закономерностей взаимодействия речных и подземных вод. Определение возможности существования подрусловых потоков основывается главным образом на косвенных признаках: наличие хорошо проницаемых отложений, морфологических особенностях речной долины и т.д.

Структура речной долины определяет характер взаимосвязи между подрусловым потоком и поверхностным стоком: в районах расширения речных долин и увеличения подтока наблюдается уменьшение русла реки. Также сужение долины и уменьшение мощности толщи аллювиальных отложений вызывают уменьшение притока подрусловых вод в реку. Перераспределение поверхностного и подземного стока через долины предгорных рек (например, Северо-Кавказский регион) имеет четко выраженную бисерную структуру (рис. 2). Таким образом, происходит постоянный обмен водой между руслом реки и подрусловым потоком.

Его границы (нижняя и боковая) в основном определяются характером залегания водопроницаемых пород. Подземный сток воды может быть представлен в виде скоплений, заполненных аллювиальными отложениями, или в виде потока грунтовых вод, направленного вдоль реки. Подземный поток обычно образуется за счет речного стока через высокий проницаемый слой, застраиваемый дном реки, и частично питается грунтовыми водами из водоносных горизонтов прибрежных склонов, прилегающих к пойме. Наиболее сложные взаимосвязи имеют речные воды и грунтовые воды аллювиальных долин горных и предгорных районов.

Вопрос о структуре речного аллювия и распределении его фильтрационных свойств имеет практическое значение для изучения стока. Практическими исследованиями установлено, что грубый материал (валуны и галька) находится на дне намыва. Если слой аллювия состоит из песчано - глинистого материала, то распределение породы и, следовательно, фильтрационные свойства таковы: фракция песка находится в нижней части слоя аллювия, а глина - в его кровле.

Зону подтопления можно рассматривать как переходную зону между подземными и речными водами. Перераспределение поверхностного и подземного стока через долины предгорных рек (например, Северо-Кавказский регион) имеет бисерную структуру, что обусловлено чередованием сужения и расширения ее дна (рис. 2).

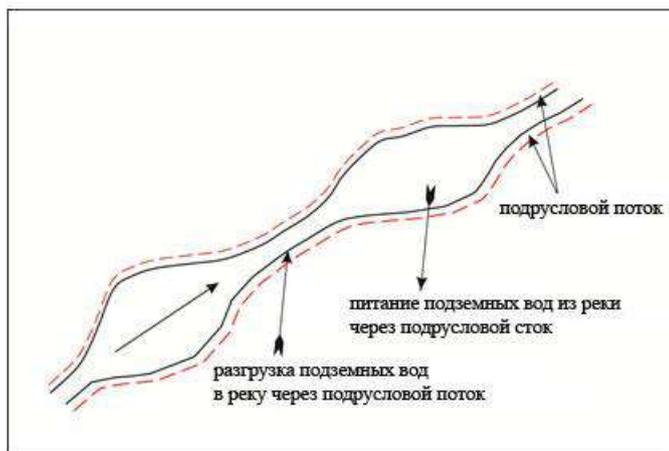


Рисунок 2. Схема соотношения долины реки и подруслового потока в предгорных районах

Следует отметить, что наиболее хорошо роль подруслового стока в водном балансе отдельных рек была изучена для рек криолитозоны, поскольку для этих территорий разгружающиеся подрусловые воды могут являться единственным доступным источником водоснабжения в зимний период. Так, например, в работах Маркова М.Л. была установлена связь между размером русла реки и шириной подруслового стока (рис. 3).

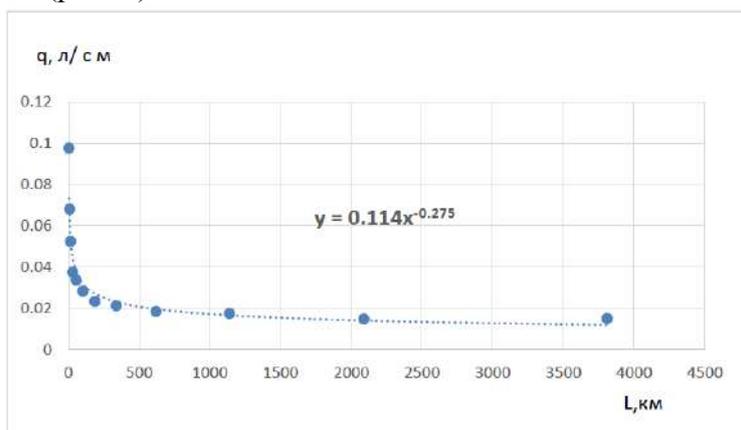


Рисунок 3. Изменение модуля подруслового стока рек на устьевом участке с их длиной

Выполненные оценки показали, что в северные моря разгружается порядка 2,5 км<sup>3</sup>/год подрусловых вод, наибольшие значения которого достигают 0,75 и 0,54 км<sup>3</sup>/год для Карскогосоря и моря Лаптевых.

В докладе изложены основные подходы, используемые в современной гидрогеологии для изучения подруслового стока, а также приведены некоторые результаты выполненных исследований для различных климатических условий.

## РЕСУРСЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ И ПРОБЛЕМЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

*Кац. В.Е. (Горно-Алтайское отделение государственного мониторинга геологической среды ФГБУ «Гидроспецмониторинг», [altai.geo@yandex.ru](mailto:altai.geo@yandex.ru)),  
Ролдугин В.В. (Горно-Алтайское отделение государственного мониторинга геологической среды ФГБУ «Гидроспецмониторинг», [altai.geo@yandex.ru](mailto:altai.geo@yandex.ru)),  
Климонтов Г.П. (АО «Алтай-Гео», [altai.geo@yandex.ru](mailto:altai.geo@yandex.ru))*

### Аннотация

В статье приведены актуальные на 2019 год данные по объемам потенциальных ресурсов, разведанных запасов и использования подземных вод в Республике Алтай. Рассматриваются юридические и инфраструктурные проблемные аспекты использования и охраны подземных вод в регионе.

### Ключевые слова

Республика Алтай, подземные воды, запасы, добыча, туриндустрия, водоснабжение, минеральные воды

Алтай – один из немногих уникальных природных регионов России, сохранивший естественный облик экосистем. Республика Алтай (РА) расположена в пределах внутриконтинентальной Алтае-Саянской горной области, занимающей центральное место на Евразийском континенте.

Население РА составляет 216 тыс. человек, более четверти из них (29 %) проживает в единственном городе республики Горно-Алтайске. На территории Республики Алтай размещены: 1 город республиканского подчинения, 10 сельских административных районов, население которых проживает в 244 населенных пунктах.

Большая доля особо охраняемых природных территорий в общей площади (26 % – заказники, заповедники, зоны покоя, национальные парки) предопределяет особый статус природоохранной деятельности в Республике Алтай. Телецкое озеро, Алтайский и Катунский заповедники, плато Укок и г. Белуха отнесены ЮНЕСКО к объектам Всемирного наследия.

В геологическом, гидрогеологическом и общегеографическом аспекте РА – один из наиболее сложных и интересных регионов России.

В перспективе, наряду с металлическими полезными ископаемыми (железо, марганец, золото, редкие металлы), одной из основных составляющих экономического потенциала республики могут стать её водные ресурсы.

РА находится в верховьях р. Оби, являясь водообразующей территорией. До 70% поверхностного стока, поступающего в «Обское море», формируется на территории республики.

Суммарные ресурсы водных объектов РА складываются из поверхностных и подземных вод. Общий объем природных вод оценивается в 128,9 км<sup>3</sup>, в т.ч. 3 % из них принадлежит подземным водам.

В гидрогеологическом плане территория РА находится в пределах юго-западной части Алтае-Саянской сложной гидрогеологической складчатой области (А-С СГСО), (структура I порядка), в пределах Горно-Алтайской и Саяно-Тувинской ГСО (структура II порядка). На площадях Горно-Алтайской и Саяно-Тувинской ГСО выделяются Алтайский и Саяно-Алтайский ГМ (структуры III порядка) и межгорные артезианские

бассейны (Уймонский, Бертекский, Чуйский, Курайский и Джулукульский), которые занимают незначительные площади среди структур Горно-Алтайской ГСО и Саяно-Алтайского ГМ [4].

Подземные воды РА локализируются в водоносных комплексах, развитых преимущественно в верхней трещиноватой зоне гидрогеологических стратотипов широкого возрастного диапазона (от триасового до протерозойского возраста). Определенный объем подземных вод сосредоточен в блоково-пластовых, пластовых водах артезианских бассейнов межгорных впадин и в водоносных комплексах и горизонтах четвертичных отложений разного генезиса.

Прогнозные ресурсы подземных вод РА составляют более 7 млн. м<sup>3</sup>/сут. [2] (без учета ресурсов подземных вод, заключенных на площадях особо охраняемых природных территорий). Степень разведанности их невысокая. На 01.11.2017 г. на территории РА в разной степени разведано 8 месторождений и 17 автономных участков пресных вод. Общая сумма разведанных запасов подземных вод по РА, по последней оценке на 2016 г., оценивается в 210905 тыс. м<sup>3</sup>/сут. (категории А+В+С<sub>1</sub>+С<sub>2</sub>), что составляет 2,8 % прогнозных ресурсов [4].

Помимо пресных подземных вод на территории РА выявлены локальные скопления минеральных вод, ресурсы которых не оценивались [1,3]

В хозяйственно-бытовой и производственной деятельности природные воды используются населением РА в объеме не менее 30 тыс. м<sup>3</sup>/сутки. Население РА обеспечено питьевой водой в достаточных объемах, по нормативным требованиям, действующим в Российской Федерации. Достаточные, даже местами избыточные запасы подземных вод на территории республики распределены крайне неравномерно. Исторически сложилось, что население, учитывая горный характер местности, в основном селилось по долинам многочисленных рек, в благоприятных ландшафтно-климатических условиях.

Многие годы сдерживающим фактором развития систем питьевого водоснабжения населения РА являлось хроническое отставание ввода систем канализования селитебных территорий и их техническое несовершенство. Эти два взаимозависимых аспекта водоснабжения и водоотведения решались в большинстве случаев отдельно, несвоевременно, и в итоге, не способствовали развитию систем централизованного водоснабжения. В РА менее 40 % населения пользуется водопроводной водой гарантированного качества.

Из общего числа водозаборов, 2/3 водозаборных сооружений в РА имеют срок эксплуатации 20-30 лет, ЗСО строгого режима соответствующие СанПиН 2.1.4.1110-02 «Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения» имеют менее половины водозаборов. Так в г. Горно-Алтайске имеются системы централизованного водоснабжения и канализации, но уровень благоустройства их составляет лишь 50 %, что значительно ниже среднестатистических годов России.

В 5 из 10 районных центров централизованным водоснабжением обеспечено менее трети населения. Два райцентра Улаган и Кош-Агач не имеют систем централизованного водоснабжения.

В свете вышеизложенного просматриваются следующие проблемные вопросы ресурсов и использования подземных вод в РА.

1. В гидрогеологическом плане РА изучена весьма слабо. Единственная



гидрогеологическая съёмка её территории проведена в 1972 г. и выполнена в масштабе 1:500 000.

2. Полноценная разведка месторождений подземных вод, выполняемая для административных центров РА проводилась в 1980-х годах. В 2012 г. после переоценки 4 месторождений в рамках федеральной программы, одно месторождение было списано с государственного баланса, так как земли, на которых находится месторождение, проданы в личную собственность, а на остальных трех месторождениях категории запасов были существенно понижены в связи с невозможностью оценить качество подземных вод [5]. Из 8 разведанных месторождений в настоящее время эксплуатируются 3, в т.ч. на 2-х проводится переоценка запасов.

3. При различных геологических, эколого-геохимических работах на территории РА были выявлены локальные скопления минеральных вод сопоставимых с азовским, кисловодским и марциальным типами [1,4]. До настоящего времени каких-либо работ по разведке, оценке запасов и выявления бальнеологических свойств вод не проводилось.

4. Отсутствие взаимодействия органов местного самоуправления в административных районах с министерствами по РА приводит к тому, что имеющиеся оцененные месторождения подземных вод не эксплуатируются, в то же время, на ближайших территориях бурятся одиночные скважины, на которые затрачиваются значительные средства.

5. Ежегодный государственный учет подземных вод, проводимый Территориальным Центром «Алтайгеомониторинг» показывает, что в 1,5-2 раза недоучитывается величина водоотбора по всей РА [4]. Как показывают материалы обследований, учет за водоотбором в регионе на должном уровне отсутствует. Это объясняется, во-первых, повсеместным отсутствием средств измерения (счетчиков) на водозаборах; во-вторых, лицензии на водопользование имеют менее половины пользователей, остальная часть добывает воду самовольно; в-третьих, в 50 % населенных пунктов доля подземных вод в хозяйственно-бытовом потреблении составляет 50%, на родники, колонки и колодцы приходится 5%, поверхностные воды составляют 45% водопотребления. Этот водоотбор ни каким образом не учитывается. В Кош-Агачском районе РА практически все эксплуатируемые скважины самоизливающиеся, не оборудованные заглушками. В формах отчетности водопользователи отчитываются только за количество используемой воды, причем зачастую занижают показатели отбора, остальное количество сбрасываемой воды нигде не учитывается.

6. Весьма серьезно стоит вопрос по добыче подземных вод многочисленными объектами туристической (около тысячи объектов??), которые весьма активно развиваются в РА. Не более полусотни из них имеют лицензии на добычу подземных вод, основная же масса их «самовольщики».

7. По мнению авторов, серьезной проблемой ресурсов подземных вод, является факт отсутствия каких-либо требований для организаций, осуществляющих бурение водозаборных скважин. Исключение их из лицензионных списков и отсутствие каких-либо договорных отношений с органами власти, привело к бесконтрольному повсеместному бурению по принципу «где хочу, там и бурю». В конечном итоге зачастую не соблюдаются требования СанПиН 2.1.4.1110-02 по созданию ЗСО строгого режима и СанПиН 2.1.4.1074-01 – требования по организации источников нецентрализованного водоснабжения. Буровые журналы таких скважин (глубина

которых достигает 60-80 м) мягко говоря, не корректные и неприемлемые для последующей оценки запасов подземных вод. Так как буровые организации нигде не учитываются и не отчитываются, материалы по гидрогеологическим исследованиям не доходят до территориальных фондов геологической информации региона.

## Литература

1. **Джабарова, Н. К.** Возможности использования слабоминерализованных подземных вод Горного Алтая для оздоровления населения / Н. К. Джабарова, А. А. Коханенко, В. Е. Кац. – Текст : непосредственный // Материалы к V научно-практической конференции 20-21 мая 2010 г. «Питьевые воды Сибири» / под ред. Ю. И. Винокурова, И. П. Салдана. – Барнаул : Пять плюс, 2010. – ISBN 978-5-904014-06-3. – С. 90
2. **Васильев, В. А.** Отчет по второму этапу работ "Оценка обеспеченности населения Российской Федерации ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения" : Республика Алтай : II этап / В. А. Васильев, С. А. Попов, Н. Варфоломеева и др. – Текст : непосредственный ; Гидрогеологическая экспедиция 15 района. – Горно-Алтайск: Горно-Алтайский филиал ТФГИ СФО, 2000. – 136 с.
3. **Кац, В. Е.** Минеральные воды на территории Республики Алтай и их возможное бальнеологическое использование / В. Е. Кац. – Текст : непосредственный // Сборник «Основные аспекты обеспечения благополучия населения и охрана окружающей среды Республики Алтай» / ФС по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека Управления Роспотребнадзора по Республике Алтай. – Горно-Алтайск, 2007 г.
4. **Кац, В. Е.** Отчет о результатах работ по объекту «Государственный мониторинг состояния недр территории Сибирского федерального округа (Республика Алтай) в 2014-2015гг. (В рамках Госконтракта АО «Томскгеомониторинг» №7Ф-13 от 10.09.2013г.) / В. Е. Кац, М. С. Достовалова. – Текст : непосредственный. – Майма, 2015. – 460 с.
5. **Рукс, Н. Ю.** Оценка состояния месторождений питьевых и технических подземных вод в нераспределенном фонде недр с целью приведения их запасов в соответствии с законодательством на территории Новосибирской, Омской, Томской областей, Алтайского края и Республики Алтай / Н. Ю. Рукс, К. М. Гагарина, М. С. Завражных; ОАО "Томскгеомониторинг", Филиал по РА "ТФИ по СФО", № 3005. – Томск, 2012. – Текст : непосредственный.

## АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД П-ВА ЯМАЛ ЗА ПЕРИОД С 1984 Г. ПО 2016 Г.

*Колошеин В.Б. (МГРИ, valentin.koloshein@gmail.com),  
Шубина Д.Д. (МГРИ, ddshubina@gmail.com)*

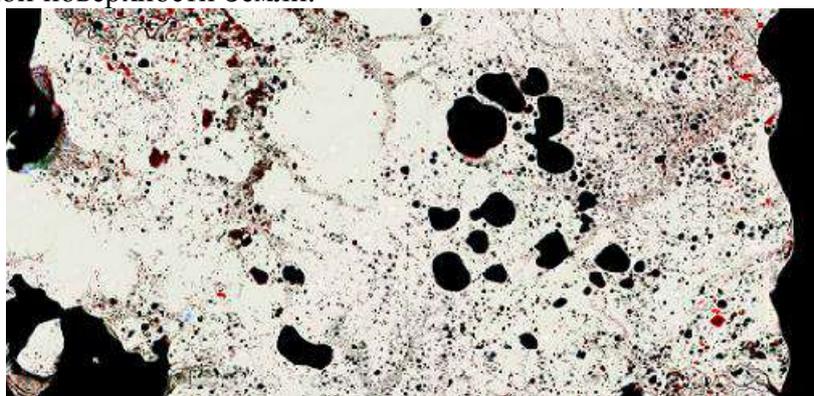
**Аннотация:** В данной статье рассматривается изменение площади распространения поверхностных вод на территории п-ова Ямал. На основе спутниковых снимков, изменения среднегодовой температуры и количества осадков на исследуемой территории сделан вывод о возможной причине – деградация термокарстовых процессов.

**Ключевые слова:** Ямал, ММП, криолитозона, деградация ММП, термокарст, потепление климата.

Полуостров Ямал расположен на севере Западной Сибири, входит в состав Ямало-ненецкого автономного округа. Рельеф полуострова равнинный, климат субарктический, на севере – арктический. Территория характеризуется преимущественно сплошным распространением многолетнемерзлых пород, мощность которых достигает нескольких сотен метров.

Поверхностные воды Ямала условно можно разделить на 3 типа: постоянные водотоки (реки), старичные озера, термокарстовые озера. Заозеренность территории зависит от геоморфологического элемента и для некоторых морских террас составляет 30-45% (рис.1).

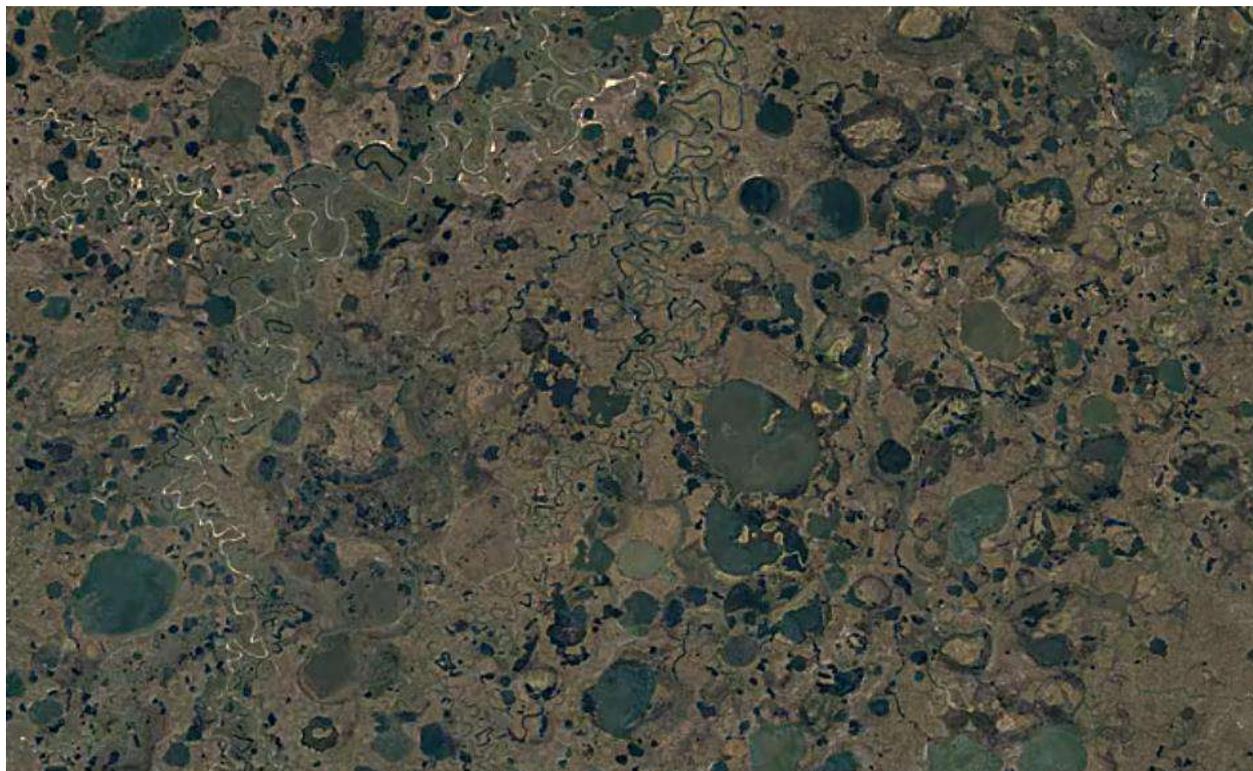
Для анализа изменения распространения поверхностных вод были использованы спутниковые фотоснимки, полученные в рамках программы Landsat. Съемка проводилась с 16-18-дневным циклом. Разрешение съемки варьировалось от 80 до 30 метров. Помимо спутниковых снимков, спутники также ведут съемку различными сканерами, предназначенными для получения мультиспектральных снимков всей поверхности Земли. На основании полученных фотоснимков и данных сканеров совместный исследовательский центр Европейской комиссии (The European Commission's Joint Research Centre) смог провести исследования по изменению площади водной поверхности Земли.



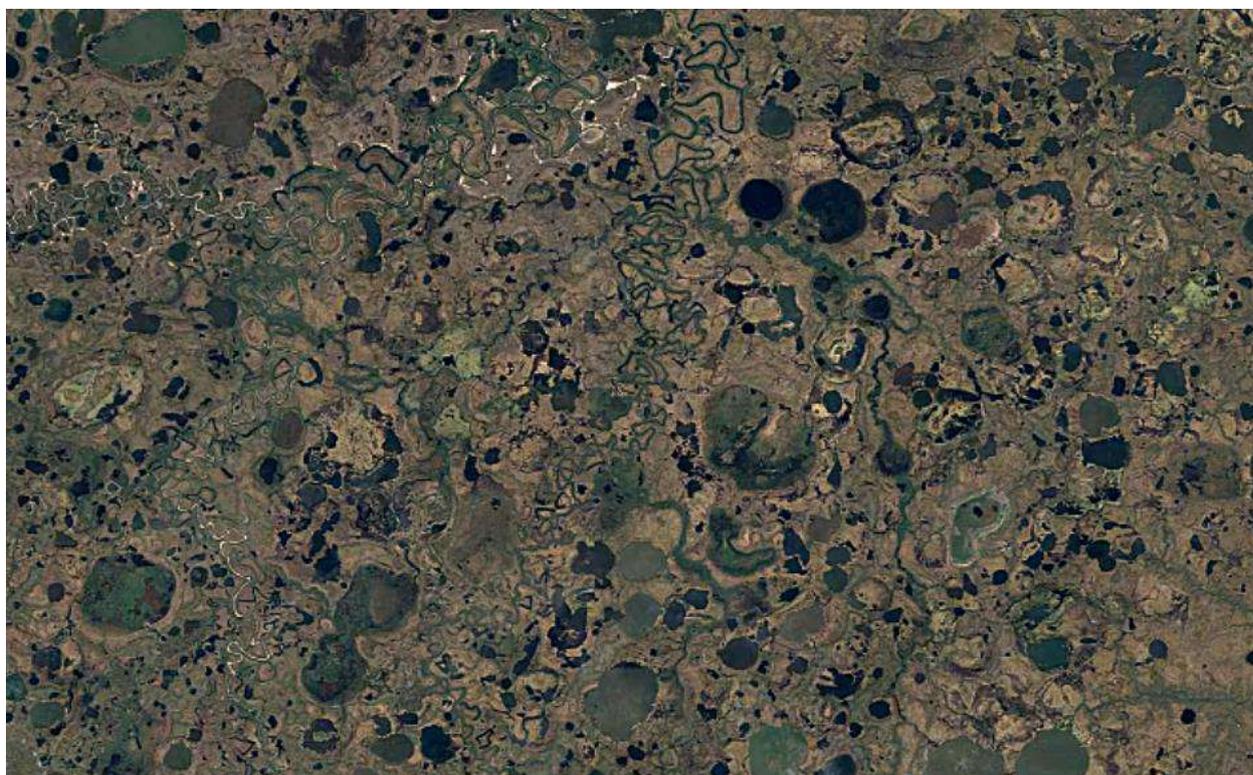
*Рисунок 1. Фрагмент территории Ямала (справа Обская губа). Цветом показано изменение площади поверхностных вод: красный – сокращение, зеленый - увеличение*

Анализируя орбитальные фотоснимки за 1984 и 2016 гг. (рис. 2,3) можно увидеть, что площадь большинства термокарстовых озер сократилась. На рисунке 4 наглядно показано площадное сокращение озер, что передано с помощью цвета.

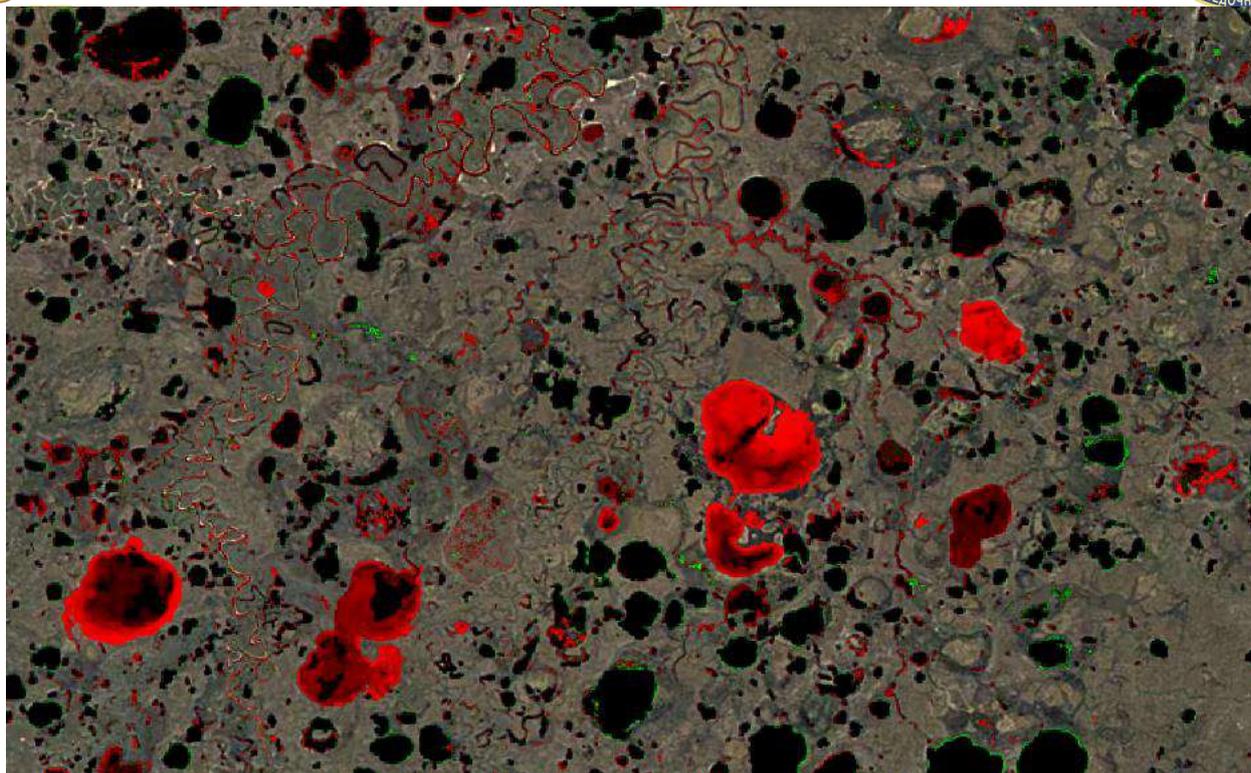
Детальное рассмотрение поверхностных вод п-ова Ямал дает понять, что большинство термокарстовых озер уменьшились в размерах, помимо этого уменьшение затронуло и старичные озера.



*Рисунок 2. Орбитальный снимок территории п-ова Ямал за 1984 г.*



*Рисунок 3. Орбитальный снимок территории п-ова Ямал за 2016 г.*



**Рисунок 4.** Изменение площади поверхностных вод за период 1984-2015 гг. (красный – сокращение площади, зеленый – увеличение площади).

Данный факт идет в разрез с климатическими данными. Согласно измерениям температуры за период 1969-2014 гг. по данным многочисленных метеостанций прослеживается тренд увеличения среднегодовой температуры – происходит потепление климата. В связи с этим и происходит деградация мерзлоты. Однако вместо увеличения происходит сокращение поверхностных вод.

По метеорологическим данным, количество осадков также имеет небольшую тенденцию к увеличению (см. график). Исходя из этого, можно сделать вывод, что основная причина уменьшения площади поверхностных вод – деградация термокарста. Термокарст представляет собой процесс вытаивания подземных льдов с образованием отрицательных форм рельефа. Механизм данного процесса заключается в том, что в уже образованных бессточных термокарстовых озерах вода аккумулирует солнечное тепло. Это тепло идет на повышение температуры поверхности пород дна водоема, что обычно обуславливает увеличение глубины сезонноталого слоя. В конечном итоге, это может привести к полному вытаиванию подземного и возникновение под водоемом несквозного (при малой мощности мерзлоты – сквозного) подозерного талика.



Рисунок 4. Сумма осадков рядом с исследуемой территорией

Для детального изучения этого вопроса в дальнейших исследованиях планируется решить следующие задачи:

- 1) Составить концептуальную содержательную модель взаимосвязи процесса деградации термокарста с компонентами инженерно-геологических условий (ИГУ) для различных геоморфологических элементов;
- 2) Количественно оценить взаимосвязь процесса деградации термокарста с показателями компонентов ИГУ;
- 3) Изучить динамику изменения других видов поверхностных вод, сопоставить полученные данные.

#### Литература

1. Крицук Л.Н. Подземные льды Западной Сибири. – М.: Научный мир, 2010. – 352 с.
2. Ершов Э.Д. Общая геокриология: Учеб. для вузов. – М.: Недра, 1990. – 559 с.
3. Оспенников Е.Н. и др. Экзогенные геологические процессы и явления (Южная Якутия). – М.: Московский университет, 1980. – 227 с.
4. <https://global-surface-water.appspot.com>

## ВЛИЯНИЕ СПЕЦИФИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕХНОГЕННЫХ ГРУНТОВ НА ПАРАМЕТРЫ СКЛАДИРОВАНИЯ

*Кондакова В.Н.\* (Санкт-Петербургский горный университет, [vkondakova9@yandex.ru](mailto:vkondakova9@yandex.ru)), Поспехов Г.Б. (Санкт-Петербургский горный университет, [pospehov@spmi.ru](mailto:pospehov@spmi.ru))*

**Аннотация:** В настоящее время наблюдается рост объемов накопления твердых отходов горного производства и увеличение площади территорий, отводимых под их складирование. Отвальные и вскрышные породы не только занимают большие площади, но и наносят существенный ущерб окружающей среде. Вследствие этого проблема складирования отходов горной промышленности является актуальной. Как известно, показатели физико-механических свойств техногенных переотложенных грунтов значительно отличаются от показателей грунтов естественного сложения и зачастую являются сложными в определении. В работе изложены основные инженерно-геологические особенности техногенных грунтов, влияющих на прочностные и деформационные характеристики. Также рассмотрены актуальные проблемы изучения физико-механических свойств техногенных грунтов, складирования данного типа грунтов и их использование как вторичного ресурса.

**Ключевые слова:** техногенные грунты, отходы горного производства, складирование отходов, физико-механические свойства грунтов

Существующий тренд увеличения добычи минерального сырья приводит к накоплению большого количества отходов добычи и переработки, среди которых особое внимание уделяется проблеме всё более ускоряющегося накопления твердых отходов горного производства. К ним относятся различные типы промышленных отходов, включающие строительные отходы, хвосты, шлаки, шламы, золы и золошлаки. Согласно ГОСТ 25100-2011 [1], к техногенным грунтам относятся измененные, перемещенные или образованные в результате инженерно-хозяйственной деятельности человека грунты. Следовательно, твердые отходы горной промышленности относятся к группе техногенных грунтов, проведение исследований которых регламентируется существующими общими нормативными документами для грунтов. Как известно, показатели физических, химических и механических свойств техногенных переотложенных грунтов, залегающих, например, в отвале, сильно отличаются от показателей грунтов естественного сложения. К характерным инженерно-геологическим особенностям техногенных грунтов насыпей и отвалов относятся:

- Возникновение нарушенной структуры вследствие разрыхления при выемке, транспортировке и проведении отвальных работ. Это обуславливает снижение прочности по сравнению с естественным залеганием;
- В процессе отсыпки происходит естественное фракционирование грунтов по вертикали, вследствие чего возникает сложное распределение свойств грунтов, определить которые не всегда является возможным;
- Изменение во времени параметров прочности в связи с уплотнением и изменением влажности. Недоуплотненность, водонасыщенность и, как следствие, способность к большой сжимаемости приводит к длительному периоду естественного уплотнения грунтов - 10-20 лет;

- Возникновение в водонасыщенных глинистых породах порового давления, являющегося существенным фактором развития оползней различных типов.
- Влияние процесса термовлагопереноса на физико-механические свойства грунтов.

Упомянутые выше свойства свидетельствуют о том, что физико-механические свойства отходов горного производства значительно отличаются от свойств природных грунтов. Стандартные методики расчета, разработанные для природных грунтов, часто оказываются несостоятельными при оценке, например, устойчивости откосов отвалов, сложенных техногенными грунтами. Так, исследования показывают существенное отличие значений прочностных и деформационных свойств грунтов, полученных в результате статистической обработки данных лабораторных исследований, от значений, полученных в ходе проведения статического зондирования грунтов [2]. Решение вопроса о неоднородности свойств техногенных грунтов может заключаться в создании моделей, учитывающих различия в значениях угла внутреннего трения и сцепления в теле отвала, на основе которых в массиве могут быть выделены отдельные инженерно-геологические элементы [2]. В связи с этим можно сделать вывод, что для получения достоверных результатов анализа прочностных параметров массива должна решаться задача о пространственном распределении свойств техногенных отложений, слагающих отвал, что в данный момент представляет определенную сложность.

Более того, необходимо обратить внимание на то, что изучение физико-механических свойств твердых отходов горного производства и прогноз изменения их свойств невозможен без проведения термометрических работ в рамках инженерно-геологических изысканий. Особенно актуальным этот вопрос является в случае возникновения в грунтах процессов промерзания-протаивания. Тем не менее, данный фактор до сих пор должным образом не учитывается. Существующие положения действующих нормативных документов по инженерно-геологическим изысканиям не содержат требований по проведению исследований температурного режима грунтовых массивов (за исключением зон распространения многолетнемерзлых пород). По-видимому, это связано с тем, что до сих пор не разработано методики прогнозирования изменения свойств грунтовых массивов при изменении температур.

К проблемам изучения отходов горнопромышленного производства также можно отнести слабую степень изученности некоторых видов отходов, что является сдерживающим фактором для их применения. Наиболее полное описание физико-механических свойств промышленных отходов и их классификация было выполнено Лычко М.Ю. [3]. Подробную описательную характеристику приводит Трофимов В.Т. [4]. Однако распределение свойств в техногенных грунтах очень сложное в силу условий их формирования, установить определенные закономерности не всегда представляется возможным вследствие наличия таких факторов как изменение свойств грунтов во времени, а также появление специфических свойств в массиве, что делает невозможным проведение лабораторного эксперимента.

Вследствие изъятия больших площадей для складирования отходов и причиняемого ущерба окружающей среде, в настоящее время являются актуальными вопросы о разработке методов утилизации и вторичного использования отходов и защиты окружающей среды, в решении которых пока не достигнуто существенных результатов. Одним из наиболее перспективных методов утилизации промышленных отходов является их применение в устройстве оснований зданий и сооружений. Однако одновременно с положительным опытом использования, в некоторых случаях при изменении температурно-влажностного режима наблюдаются значительные осадки сооружений, возведенных на техногенных грунтах. Также, в перспективе существует возможность переработки некоторых горнопромышленных отходов с извлечением

ценных компонентов с финансовой выгодой. Тем не менее, вследствие отсутствия необходимых мер защиты отвалов от процессов выветривания, вымывания и окисления, с течением времени извлечение компонентов становится экономически нецелесообразным и добываемые элементы превращаются в поллютанты и источник негативного воздействия на среду. Следовательно, при рассмотрении вопросов складирования и строительства с применением техногенно-преобразованных грунтов, должна рассматриваться комплексная задача прогнозирования инженерно-геологических и гидрогеологических условий территорий, отводимых для складирования, изменения во времени физико-механических свойств грунтов, возникновения неблагоприятных инженерно-геологических процессов и явлений. Вследствие разнообразия вышеперечисленных факторов, схемы защиты окружающей природной среды должны разрабатываться определенным образом для каждого конкретного случая с целью выбора и проведения оптимального набора мероприятий по охране среды.

В некоторых случаях методом обращения с отходами может являться искусственное улучшение их прочностных и деформационных свойств. Наиболее широкое применение улучшенные грунты получили при возведении объектов на многолетнемерзлых и просадочных лессовых грунтах. Каждый улучшенный грунт обладает заданными свойствами и становится пригодным для решения тех или иных строительных задач. Разработку методик по улучшению строительных свойств различных типов отходов до определенных заданных характеристик горнопромышленного производства также можно считать актуальной задачей.

Таким образом, физико-механические свойства грунтов, являющихся отходами горной промышленности, характеризуются пространственной неоднородностью и изменчивостью во времени, а также сложностью определения. В общем случае на состояние грунтов влияет минералогический и гранулометрический состав, глубина залегания и мощность, водонасыщенность, минерализация подземных вод, засоленность и период существования. Дальнейшее их изучение техногенных грунтов, а, следовательно, и поиск методов получения достоверной информации об их свойствах, позволит вовлекать большую часть техногенных грунтов во вторичное использование, принимать рациональные решения на стадии проектирования и предотвращать возникновение неблагоприятных инженерно-геологических процессов и явлений.

### Литература

1. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация (с Поправками). – Введ. 01.01.2013. – М. Стандартинформ, 2013. 38 с.
2. Лычко Ю.М. Использование промышленных отходов для устройства оснований зданий и сооружений // Обзор. М. ВНИИИС. 1982 г. 66 с.
3. Пендин В.В., Фоменко И.К., Горобцов Д.Н., Никулина М.Е. Комплексное моделирование устойчивости откосов грунтовых отвалов // Горный журнал, 2018. № 11. с. 92-96.
4. Трофимов В.Т. Грунтоведение // Издательство МГУ. Москва. 2005 г. 1024 с.



## РОЛЬ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ХОДЕ РЕСТАВРАЦИИ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ ПРИ ОСВОЕНИИ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА

*Кувшинников В.М. \*(МГРИ-РГГУ им. Серго Орджоникидзе, kv-igit@mail.ru),  
Буфеев Ф.К. (МГРИ-РГГУ им. Серго Орджоникидзе, fbufeev@hotmail.com)*

### **Аннотация:**

Рассмотрен комплексный подход к реставрации и приспособлению объектов культурного наследия с освоением подземного пространства на примере объекта культурного наследия федерального значения – усадьбы Голицыных. Главное здание располагается в центре Москвы, в непосредственной близости к перегонному тоннелю метрополитена в сложных инженерно-геологических условиях на территории, потенциально опасной по проявлению карстово-суффозионных процессов. Подземное пространство проектируется на глубину более 8 метров с устройством свайно-плитного фундамента с шарнирным опиранием плиты на сваи. Технологические и конструктивные решения определяются преимущественно исходя из инженерно-геологических условий территории. Испытания несущей способности предварительно напряжённых вдавливаемых свай в полевых условиях показало значительное увеличение их несущей способности по сравнению с расчётами.

**Ключевые слова:** инженерно-геологические изыскания, памятники архитектуры, объекты культурного наследия, приспособление, реставрация, освоение подземного пространства, устройство свайно-плитных фундаментов, испытания свай, несущая способность.

При проведении работ по реставрации и приспособлению объектов культурного наследия возникает необходимость увеличения площадей. При этом в Федеральном законе «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) Российской Федерации №73-ФЗ» определено, что «на территории памятника или ансамбля запрещаются строительство объектов капитального строительства и увеличение объёмно-пространственных характеристик существующих на территории памятника или ансамбля объектов капитального строительства». Данным законом запрещается возможность увеличения объёмно-пространственных характеристик надземных частей существующих сооружений, но при этом не исключается возможность нового строительства за счёт освоения подземного пространства.

Задача освоения подземного пространства технически очень сложна и требует комплексного подхода. Особенно возрастает сложность выполнения работ на объектах культурного наследия при их реставрации, поскольку для памятников архитектуры существует закреплённый предмет охраны, который не допустимо ни изменять, ни затрагивать какими-либо воздействиями. В настоящее время безаварийно функционирует целый ряд сданных в эксплуатацию объектов, где тем или иным образом было произведено освоение подземного пространства. Это Государственные академические Большой и Малый театры, Московская государственная консерватория, музей-усадьба «Остафьево», Музей Рерихов, усадьба Долгоруковых Бобринских (фонд Б.Н. Ельцина), и многие другие.

В общем виде задача увеличения площадей за счёт освоения подземного пространства решается при разработке проекта реставрации и приспособления, который базируется на следующих основных видах комплексных научных исследований: историко-

архивных и библиографических, натуральных историко-архитектурных, инженерно-технических (в т.ч. инженерно-геодезических, инженерно-геологических и инженерно-гидрологических изысканиях), инженерных химико-технологических по строительным и отделочным материалам, специальных инженерно-технологических исследований и исследованиям по объёмным параметрам.

По результатам комплексных научных исследований составляется отчёт, в котором определяется техническое состояние объекта и оценивается возможность освоения подземного пространства. На основании этого отчёта в три стадии разрабатывается проект реставрации и приспособления. На первой стадии «эскизного проекта» рассматриваются архитектурные и конструктивные решения. В случае выявления аварийного состояния разрабатывается проект первоочередных противоаварийных работ.

На следующей стадии «проекта» разрабатывается проект реставрации и приспособления, в рамках которого и осуществляется архитектурное и конструктивное проектирование. Разделом «архитектурные решения» определяется назначение, планировка и габариты помещений. В разделе «конструктивные решения» производится разработка и расчёт несущих конструкций, которые обеспечивают как сохранность объекта культурного наследия, так и устойчивость всего сооружения в целом.

Все технологические решения по вывешиванию здания, ограждению котлованов, экскавации грунта рассматриваются в проекте организации строительства. Следующим, не менее важным этапом является организация и ведение геотехнического мониторинга при строительстве и последующей эксплуатации памятника архитектуры.

Рассмотрим реализацию освоения подземного пространства при комплексной реконструкции, реставрации и приспособлении зданий объекта культурного наследия федерального значения городской усадьбы Голицыных под Галерею искусства стран Европы и Америки XIX-XXI вв.

Здание располагается в Москве на ул. Волхонка в непосредственной близости к перегонному тоннелю метрополитена. Имеет прямоугольную конфигурацию в плане, 4 этажа и подвал под частью здания с заглублением 4,4 метра. Габариты здания 68,75x29,87 м, высота 27 м. Основные ограждающие конструкции существующего здания кирпичные стены, несущие конструкции первого и второго этажа кирпичные стены, третьего и четвёртого этажа – каркасные стены из железобетонных колонн и балок, проектируемого подземного пространства – монолитные железобетонные стены и перекрытия, фундамент ленточный.

В 2014 году ООО «ИГИТ» были проведены инженерно-геологические изыскания, в процессе которых были определены инженерно-геологические условия территории памятника.

В геоморфологическом отношении территория расположена на второй надпойменной террасе р. Москвы. Поверхность территории спланирована, с абсолютными отметками 134-136м. Естественный рельеф погребен комплексом техногенных накоплений, мощностью до 5 м, преимущественно песчаного состава с большим количеством строительного мусора.

В геологическом строении территории сверху вниз принимают участие современные техногенные накопления (tQIV), верхнечетвертичные озерно-болотные отложения молодого-шекснинского горизонта (h, l-QIII<sub>mol</sub>), верхнечетвертичные аллювиальные отложения второй надпойменной террасы р. Москвы (aQ<sup>2</sup>III), среднечетвертичные флювиогляциальные отложения (fQII) и верхнекаменноугольные отложения (C<sub>3</sub>).

Согласно карте инженерно-геологического районирования г. Москвы по степени опасности проявления карстово-суффозионных процессов и в соответствии с «Инструкцией по проектированию зданий и сооружений в районах г. Москвы с проявлением карстово-суффозионных процессов» при существующем геологическом строении и гидрогеологических условиях территория изысканий является потенциально опасной по проявлению карстово-суффозионных процессов. В соответствии с СП 11-105-97 ч. II категория устойчивости данной территории относительно интенсивности образования карстово-суффозионных провалов и средних диаметров карстово-суффозионных провалов определяется как «V-Г».

Под зданием запроектировано освоение подземного пространства на глубину 8,64 м с созданием подземного этажа с техническим подпольем. При выборе конструктивных решений устройства новых переаглубленных фундаментов существующего здания был принят вариант свайного фундамента. Свайные фундаменты предусматривают передачу нагрузки от здания на нижерасположенные грунты. По данным ИГИТ на территории здания возможно образование воронки диаметром 3 м с разуплотнением вышележающих грунтов. Таким образом, свая, погруженная в грунт с удовлетворительными характеристиками, со временем может оказаться в зоне влияния данного негативного процесса и потерять свою несущую способность с формированием эффекта негативного трения. В этом случае создается риск передачи значительных нерасчетных нагрузок на конструкции фундамента здания.

Для обеспечения возможности восприятия дополнительных нагрузок при «провале» было принято решение об объединении отдельных свай фундаментной плитой, которая сможет перераспределить напряжения по основанию в случае возникновения локальных очагов разуплотненного грунта и максимально нивелировать неравномерные осадки здания. Опираемые плиты на сваи было принято шарнирным для обеспечения их беспрепятственного выпадения в случае образования карстовой воронки. Таким образом, принятая конструктивная схема для данных специфических инженерно-геологических условий – свайно-плитный фундамент с расположением свай по контуру загрузки плиты.

В проекте реставрации и приспособления были разработаны следующие виды работ:

- подготовительные работы;
- закрепление грунтов основания на примыкании объекта к участку размещения тоннеля метрополитена и соседнего здания – объекта культурного наследия «Городская усадьба Лопухиных»;
- увеличение сплошности существующих стен и фундаментов выше ростверка методом инъектирования;
- демонтаж существующих конструкций и разработка грунта;
- устройство монолитных железобетонных ростверков;
- устройство свайного основания из вдавливаемых и буроинъекционных свай;
- подводка новых железобетонных конструкций подземного этажа;
- устройство монолитных железобетонных перекрытий и лестниц;
- гидроизоляция наружных стен и днища подземного этажа.

Проектом было предусмотрено устройство 258 вдавливаемых свай диаметром 219 мм без рёбер жёсткости, 179 вдавливаемых свай диаметром 219 мм с дополнительными рёбрами жёсткости и 36 вдавливаемых свай диаметром 159 мм, а также 29 буроинъекционных свай с пятой диаметром 200 мм. Длина свай 17-20 м. Перед началом свайных работ проектом было предусмотрено испытание грунтов натурными сваями диаметром 219 мм, а после устройства свайного поля статическое испытание свай вдавливающей нагрузкой.

Технология устройства свай следующая: каждая свая задавливается по технологии вдавливания элементов стальных пустотелых оболочек равнопрочно соединяющимися секциями длиной 1 м. Затем производится бетонирование ствола сваи. После этого каждая свая подлежит предварительному напряжению гидравлическим домкратом, который устанавливается между ростверком и устройством фиксации предварительного напряжения, установленным на оголовок сваи. После достижения максимального усилия устройство фиксации предварительного напряжения закрепляется с помощью резьбовых пар, после чего домкрат демонтируется.

По расчётам несущая способность свай составляла 105-120 тонн, а натурные испытания введённых в работу свай показали значения 168-180 тонн при осадке 10-30мм. Таким образом, предварительное напряжение свай позволяет реализоваться деформациям при устройстве свай и исключить осадку здания в процессе его эксплуатации после освоения подземного пространства. Анализ результатов инженерно-геологических изысканий, сравнения характеристик грунтов, полученных в лабораторных условиях, полевыми методами и натурными испытаниями свай, позволил оптимизировать количество запроектированных свай, что значительно снизило стоимость производства работ.

## НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЕТОВ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ЗАСТРОЙКИ

*А.П. Кулешов\* ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ)»*

### **Аннотация**

Достоверность информации, полученной в ходе изысканий, влияет на надежную эксплуатацию имеющихся строений, является ресурсосберегающим, минимизирующим фактором сокращения затрат на реконструкцию жилого и производственного фонда, оказавшегося в зоне воздействия нового строительства.

В настоящее время инженерно-геологические изыскания для строительства объектов в стесненных городских условиях не предоставляют полный набор характеристик грунтов востребованных в дальнейших расчетных схемах оценки напряженно-деформируемого состояния совместной работы системы «основание – грунт».

Для задания моделей требуется определенный набор основных характеристик грунта:

- упругих параметров (модуль упругости, число Пуассона, секущий модуль упругости при 50 % значения, тангенциальный модуль упругости, коэффициент бокового давления грунта);
- параметров пластичности (угол внутреннего трения, сцепление, угол дилатансии);
- специальные параметры (показатель степени, опорный уровень напряжения).

В связи с этим, назрела необходимость разработки технологической схемы операций по проведению инженерно-геологических изысканий с целью повышения их качества и достоверности и получения параметров грунта под численное моделирование. Достоверное описание напряженно-деформированного состояния (НДС) зависит от меры совершенства описания механических свойств грунтов.

Процесс определения характеристик грунта, используемых в математических расчетах и не определяемых при стандартных изысканиях, является важной составляющей анализа напряженно-деформированного состояния и прогноза функционирования зданий и сооружений в условиях плотной застройки.

### **Ключевые слова**

Грунт, напряженно-деформированное состояние, метод конечных элементов, модуль деформации, моделирование, осадка, параметры грунта, методика определения параметров, численное моделирование.

На протяжении последних десятилетий главным приоритетом в градостроительной политике Москвы, как и других мегаполисов (например, Санкт-Петербург, Новосибирск, Красноярск) - усиление внимания к реконструкции и повышению плотности городской застройки, а также интенсивному освоению и использованию подземного пространства [1].

Неоднородность инженерно-геологических условий города Москвы ведет к деформациям оснований, разрушению, расположенных по соседству, строений (авариям) по причине нового строительства [2].

Следовательно, при проведении новой или повторной застройки на обустроенных площадках с различными инженерно-геологическими условиями требуется сохранение исправного состояния имеющихся зданий и сооружений.

В инженерной геологии работают со специфическим, исключительно сложным, материалом, реально-дискретным, анизотропным, с меняющимися свойствами и геометрией расположения структурных элементов – с грунтами [3].

Для понятия и описания поведения этой физической реальности, применяется набор математических методов. Учет совместной работы системы «основание–грунт» на протяжении многих десятилетий является основополагающим принципом расчета и проектирования в отечественных нормах [4].

Информационной основой для проведения геотехнических расчетов с использованием моделей механики грунтов, на основании которых принимаются проектные решения по устройству фундаментов зданий и сооружений, являются инженерно-геологические изыскания.

При решении сложных геотехнических задач все чаще применяются программные комплексы на основе метода конечных элементов. Применение таких комплексов требует особого внимания к моделям грунтового основания и назначения параметров.

В настоящее время в ходе инженерно-геологических изысканий в условиях плотной застройки определение необходимых параметров грунтов производится в разных объемах и с разной целью в зависимости от стадии проектирования.

Критерием стесненных условий является возведение зданий, расположенных вплотную или на небольшом расстоянии (до 10 м) от существующих сооружений, одинаковая глубина заложения и конструкции фундамента, что приводит к пересечению сжимающих толщ или активных зон уплотнения, возникающих от зданий и как следствие всего к деформациям.

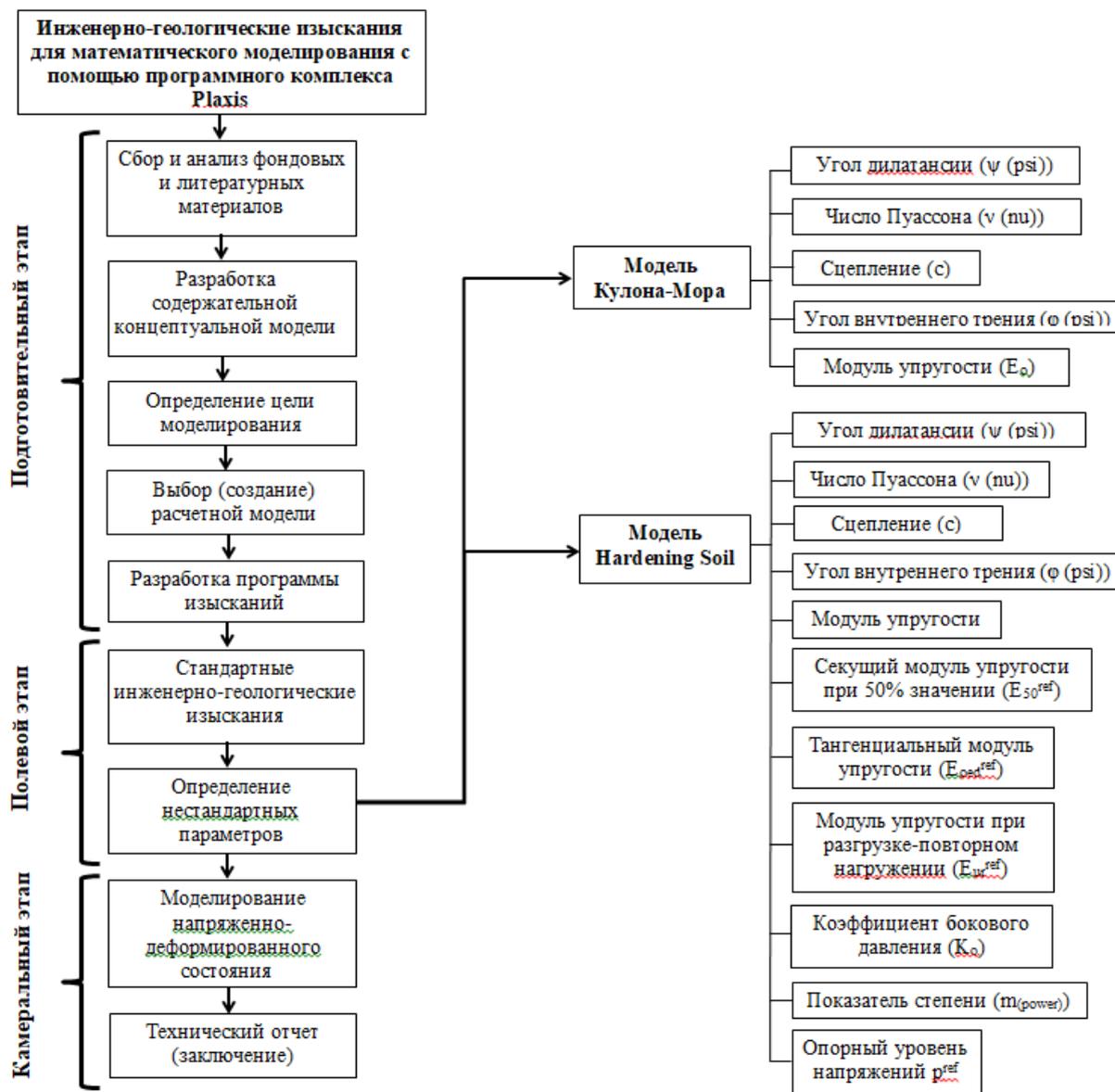
Многие организации в настоящее время не имеют возможности проводить полевые определения прочности и деформируемости грунтов, сводя полевые работы к буровым работам с определением классификационных и основных физических свойств. Показатели механических свойств грунта, используемые в расчетах, часто принимают по таблицам СНиПов и ГОСТов [5 и др.]. Однако эти данные являются справочными, табличными и могут использоваться только для предварительной оценки напряженно-деформированного состояния. Одним из главных путей повышения точности оценки напряженно-деформированного состояния является достоверное определение механических свойств грунтов [6, 7].

Наиболее часто в современной практике на основе МКЭ применяется комплекс PLAXIS, ориентированный на выполнение геотехнических расчетов НДС системы "основание-сооружение" в процессе ее формирования и дальнейшей эксплуатации в соответствии с действующими нормативными документами и позволяющий вдумчиво и ответственно подойти к прогнозу поведения грунтов.

Из всего многообразия моделей грунта комплекса PLAXIS наиболее применяемыми в практической деятельности являются – упруго-идеально-пластическая модель (модель Кулона-Мора) и упругопластическая модель с упрочнением (Hardening Soil Model (HS)). Для задания моделей требуется определенный набор основных характеристик грунта [8, 9]:

- упругих параметров (модуль упругости, число Пуассона, секущий модуль упругости при 50 % значения, тангенциальный модуль упругости, коэффициент бокового давления грунта);
- параметров пластичности (угол внутреннего трения, сцепление, угол дилатансии);
- специальные параметры (показатель степени, опорный уровень напряжения).

Разработанная технологическая схема инженерно-геологических изысканий (рис. 1), полностью обеспечивает проектировщиков параметрами, используемыми для применения МКЭ при геотехнических расчетах: комплекс PLAXIS (упруго-идеально-пластическая модель (модель Кулона-Мора) и упругопластическая модель с упрочнением).



**Рисунок 1.** Технологическая схема операций по проведению инженерно-геологических изысканий с целью моделирования напряженно-деформируемого состояния основания методом конечных элементов (МКЭ)

Основными результатами исследований являются следующие положения:

- 1 Величина ошибки деформаций, полученных расчетом традиционными методами, по сравнению с данными натурных наблюдений составляет от 64 до 86 %.
- 2 Наиболее сопоставимые результаты с данными многолетних мониторинговых наблюдений Plaxis дает при использовании входных параметров определенных специальными методами, а не из справочных пособий.
- 3 Точность геотехнических расчетов связана с необходимостью полноценных специальных лабораторных исследований по определению механических свойств - стабилметрические испытания.

4 Использование длительных мониторинговых наблюдений при анализе математических расчетов является необходимым, так как позволяет оценить и откорректировать математические расчеты.

5 Результаты проведенного корреляционного анализа свидетельствуют об эффективности его применения при анализе результатов наблюдений за вертикальными перемещениями конструкций, позволяют предварительно спрогнозировать дальнейшее изменение состояния ПТС и ее теоретический срок функционирования, дают возможность получить систему критериев безопасности.

### Литература

1. Тер-Мартирян А.З., Мирный А.Ю., Соболев Е.С. Особенности определения параметров современных моделей грунта в ходе лабораторных испытаний // Геотехника. – 2016. – № 1. – С. 66–72.
2. Mangushev R.A., Konyushkov V.V., Dyakonov I.P. Analysis of Practical Application of Screw-in Cast Piles // Soil Mechanics and Foundation Engineering. – 2014. – V. 51 (5). – P. 227–233.
3. Strokova L.A. Numerical model of surface subsidence during subway tunneling // Soil Mechanics and Foundation Engineering. – 2009. – V. 46 (3). – P. 117–119.
4. Deformations of soil in deep excavations: Comparing calculation results with in-situ measurements / V.M. Ulitsky, A.G. Shashkin, K.G. Shashkin, M.B. Lisyuk, V.A. Vasenin // Proc. of the 17<sup>th</sup> International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering: the Academia and Practice of Geotechnical Engineering. – St. Petersburg, 2009. – V. 3. – P. 2107–2110.
5. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. – М.: Стандартинформ, 2011. – 166 с.
6. Soil-structure interaction effects / V.M. Ulitsky, A.G. Shashkin, K.G. Shashkin, V.A. Shashkin, M.B. Lisyuk // Geotechnical Engineering for Infrastructure and Development: Proc. of the XVI European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ECSMGE. – 2015. – V. 7. – P. 4191–4196.
7. Plaxis. Material Models Manual. – 2016. – 216 p. URL: <https://www.plaxis.ru> (дата обращения 11.09.2017 г.).
8. Analysis of the settlements of buildings and structures erected on weak clayey soils with allowance for shear deformations over time / M.A. Luchkin, V.M. Ulitsky, A.G. Shashkin, K.G. Shashkin // Soil Mechanics and Foundation Engineering. – 2007. – V. 44 (2). – P. 56–61.
9. Randolph M.F., Jamiolkowski M.B., Zdravkovic L. Load Carrying Capacity of Foundations // Advances in Geotechnical Engineering: the Skempton Conference / Eds. R.J. Jardine, D. M. Potts, K. G. Higgins. – London, 2004. – P. 207–240.

## ДОСТОВЕРНОСТЬ РАСЧЕТА СВАЙ НА ГОРИЗОНТАЛЬНУЮ НАГРУЗКУ

*Кургузов К.В.\* (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе организация, kppn-2010@yandex.ru),  
Фоменко И.К. (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, ifolga@gmail.com), Сироткина О.Н.  
(Московский государственный Университет им. М.В. Ломоносова, onsirotkina@gmail.com)*

**Аннотация:** рассматриваются факторы, влияющие на механизм взаимодействия сваи и окружающего грунта. Производится сравнительная оценка методов расчета несущей способности свай на горизонтальную нагрузку. Для сопоставления различных расчетных методик были выполнены численные расчеты, при использовании модели Кулона-Мора, и расчеты по методике теории местных упругих деформаций, до сих пор, регламентируемой строительными нормами и правилами. Конечно-элементная модель сваи в грунте разработана и рассчитана в пространственной постановке при использовании твердотельных элементов высокого уровня. Показано, что применение численных расчетов в оценке несущей способности свайных фундаментов и перемещений позволяет получать результаты с высокой степенью приближения к данным полевых экспериментов, уровень достоверности которых выше, чем при использовании нормативных аналитических методик.

**Ключевые слова** свайный фундамент; несущая способность; метод конечных элементов; горизонтальная нагрузка; модель Мора-Кулона

Неизбежно на протяжении всей истории практики строительства возникала необходимость возведения или усиления фундаментов зданий. В этом аспекте широкое применение находили фундаменты глубокого заложения, в том числе свайные фундаменты. Одним из частных случаев устройства такого фундамента является проектирование свайной системы, воспринимающей горизонтальные воздействия.

Ранние методы расчета свай на горизонтальное воздействие на рубеже 19-20вв. и позднее, выполнялись как для шпунтового ограждения в предположении абсолютно жесткого стержня, который поворачивался под воздействием горизонтальной нагрузки, при этом происходил сдвиг грунта в верхней зоне [1, 2]. Сопrotивление грунта рассчитывалось по классической теории предельного напряженного состояния грунта [3]. Сегодня такие методы как правило не применяются, так как многочисленными экспериментами была доказана их несостоятельность [4].

В силу упрощения аналитических расчетов методика местных упругих деформаций получила широкое распространение. На ее основе были предложены различные модификации, в основном сводящиеся к различному учету изменения коэффициента постели по глубине. Этот метод до сих пор является основным в российской практике проектирования и регламентируется действующим Сводом Правил 22.13330 «Основания зданий и сооружений» (далее СП 22.13330).

При этом методика не лишена существенных недостатков:

- данная методика не учитывает деформации точек грунтовой среды, расположенных в непосредственной близости от области воздействия нагрузки, не лежащих в одной плоскости;
- значения коэффициентов постели не удается получить экспериментальными способами для каждой площадки строительства [5], поэтому эти

значения принимаются по обобщенным табличным данным, что мягко говоря, ошибочно, так как табличные значения не могут отражать широкого спектра физико-механических характеристик грунтов и различных механизмов взаимодействия сваи с грунтовой средой при широком диапазоне технологических, геометрических, силовых и прочих факторов;

- различные эмпирические доработки, моделирующие квазинелинейное изменение коэффициента постели по глубине, имеют искусственный характер и не находят экспериментальных подтверждений;
- методика не учитывает целый спектр краевых условий, влияющих на истинный нелинейный характер изменения деформаций и напряжений грунтовой анизотропной среды.

Такой, достаточно скудный, математический аппарат данной методики предопределяет тщетность многочисленных попыток в ее доработке, до приемлемого и широкого уровня применения.

Изложенные обстоятельства обуславливают необходимость дальнейшей разработки достоверных аналитических выражений, основанных на математической модели взаимодействия свайной системы с окружающим грунтовым массивом. Очевидно, что для этого, прежде всего, необходимо уточнить расчетную модель массива. Для этого могут применяться модели, максимально отражающие истинный характер зависимостей механических и физических характеристик грунта, которые бы учитывали пластический и реологический механизм поведения грунта. При этом перспективным направлением (хотя, возможно и не ближайшего будущего) представляются методики аппарата механики дискретных сред при микроструктурном подходе.

Механизм взаимодействия сваи и окружающего грунта, является комплексным и сложным процессом который зависит от многих факторов [3, 6, 7]:

- природные факторы - истории образования грунтовых массивов (которая, в частности, определяет степень недоуплотненности или переуплотненности, слагающих их грунтов), их текущего и прогнозного состояния (в том числе напряженно-деформированного). Сложности напластования инженерно-геологических элементов территории. Строения и состава окружающих грунтов их физических и механических свойств;

- типа свай, их физических и геометрических параметров;
- глубины погружения сваи;
- технологии погружения;
- конфигурации нагрузок и воздействий, действующих на сваю;
- процессов, изменяющихся во времени и др.

Не малую роль в механизме взаимодействия свай с грунтом выполняет тип свай и технология их устройства.

О влиянии природных (инженерно-геологических) факторов говорит и то обстоятельство, что, например, деформации грунта для случаев испытания свай в песчаных и глинистых грунтах неодинаковы [8]. Так, в песках при перемещении сваи грунт оседает со стороны ее задней грани и смещается вперед и в разные направления со стороны передней грани. В связных грунтах грунт уплотняется под нагрузкой, а в предельном состоянии сваей прорезается полость при одновременном сохранении вертикальной стенки со стороны задней грани [4].

Не малую роль имеет конфигурация нагрузок и воздействий, действующих на сваю. Понятно, что на перемещение сваи под нагрузкой будет влиять и направление действия нагрузки по отношению к главным осям свайного элемента, и повторяемость этой нагрузки, и соотношение различных по форме воздействий, и интенсивность

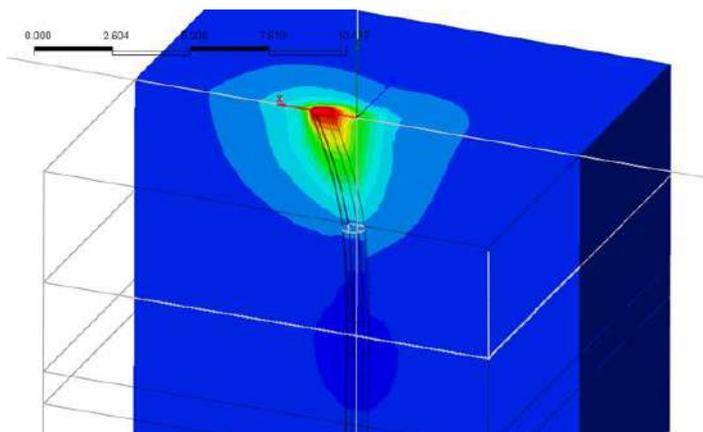
воздействия, и другие факторы. Так интенсивность нагрузки действует на характер сопротивления сваи, когда при разных значениях нагрузки изменяется доля сил трения на поверхности сваи, которая по данным некоторых опытов составляла до 36% от общего сопротивления сваи в грунте [4].

Высокая трудоемкость ручных расчетов при использовании нелинейных математических моделей поведения грунтовой среды в прошлом предопределило развитие эмпирических упрощенных методик расчета свайных фундаментов. Сегодня при высоком уровне развития цифровой индустрии и повсеместном использовании численных расчетов в решении инженерных задач имеется возможность использовать и развивать сложные математические модели механики сплошной и дискретной среды [9]. Современный уровень вычислительных мощностей позволяет полностью отказаться от использования упрощенных и малодостоверных эмпирических методик, базирующихся на гипотезе Фусса-Винклера или применять их сугубо для оценочных расчетов в первом приближении.

Компьютерный анализ геотехнических задач позволяет учитывать различные факторы, влияющие на конечный результат в автоматическом режиме, при малых временных затратах. Эти расчеты не требуют учета огромного количества эмпирических коэффициентов, регламентируемых действующей нормативной документацией в строительстве. Достоверность результатов численных расчетов ни в какой мере не зависят от классификации свай по критерию жесткости или длины погружения и прочего. Численные расчеты позволяют учитывать различные комбинации факторов влияния: конфигурации системы воздействия на сваю, физическую и геометрическую нелинейность надземных конструкций, фундаментов и оснований, в том числе с учетом реологических процессов и пр.

Современные конечно-элементные комплексы (Plaxis, Midas, RS3 и пр.), позволяют использовать параметрические модели свай которые имеют определенные пользовательские преимущества: снижение времени и трудоемкости моделирования на препроцессоре, упрощенное геометрическое моделирование, более высокая вероятность успешной сходимости задачи, широкий спектр возможностей на постпроцессорном этапе, включая получение данных не только о напряженно-деформированном состоянии элементов, а также данных о значениях и распределениях внутренних усилий и пр. Перечисленные преимущества дают широкие возможности при решении инженерных задач. Такая параметризация свай имеет и недостатки. Параметрическое моделирование свайных фундаментов строится на упрощенной математической функции поведения элемента, когда происходит замена объемного твердотельного элемента на одномерный элемент. Т. е. распределение усилий, напряжений и деформаций происходит в приближенном виде по некоторой функции [10]. При этом, вначале, происходит расчет функции параметрического элемента и только потом, отдельно, решается его взаимодействие с конечно-элементной сеткой, моделирующей грунтовой массив. Такая двойная расчетная схема приводит к искаженному результату.

Таким образом, при использовании численных методик хороший уровень достоверности расчетов свай может быть достигнут только при использовании объемных твердотельных конечных элементов (solids) высокого уровня (16, 32 и более узлов) при формулировании задачи в пространственной постановке с учетом математических моделей поведения грунтов. Результаты выполненного расчета сваи на горизонтальную нагрузку, выполненные методом конечных элементов представлены на рисунке 1.



**Рисунок 1.** Численные расчеты и характер деформирования сваи под воздействием горизонтальной нагрузки.

Выполненное сравнение полученных методом конечных элементов с расчетом сваи на горизонтальную нагрузку, согласно методике, приведенной в СП 22.13330 и данными по экспериментальным нагружениям сваи в полевых условиях, показало, что средний коэффициент соответствия  $K$ , расчетов с полевыми испытаниями составляет:

- по результатам анализа МКЭ -  $K=0.729$ ;
- по результатам аналитических расчетов в соответствии с СП 22.13330 -  $K=0.448$ .

Таким образом, уровень достоверности численных расчетов оказался выше по сравнению с нормативной методикой СП 22.13330 на 62.7%.

### Литература

1. Березанцев В.Г. Расчет одиночных свай и свайных кустов на действие горизонтальных сил. Москва: изд-во и 8-я тип. Воен. изд-ва, 1946 (Ленинград). - 60 с.
2. Kupchikova, N.V., Kurbatskiy, E.N. Analytical Method Used to Calculate Pile Foundations with the Widening Up on a Horizontal Static Impact. Materials of the International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety, Astrakhan, 2017.
3. Ободовский А. А. Проектирование свайных фундаментов. М.: Стройиздат, 1977. 112с
4. Буслов А.С. Работа свай на горизонтальную нагрузку за пределами упругости в связных грунтах. Ташкент: Фан, 1979. - 106 с.
5. Полянкин А.Г. Исследование работы свай на горизонтальные и моментные нагрузки и совершенствование методов расчета оснований свайных фундаментов. Диссертация, к.т.н. Новосибирск. 2014.
6. Глотов Н.М., Луга А.А., Силин К.С., Завриев К.С. Свайные фундаменты. Москва : Транспорт, 1975. - 431 с..
7. Грутман М.С. Свайные фундаменты. Киев : Будівельник, 1969. - 190 с..
8. Reese, L.C., Van Impe, W. Single Piles and Pile Groups Under Lateral Loading, 2nd Edition. Taylor & Francis Group, London, 2011.
9. Duncan, M., Chin-Yung Chang Nonlinear analysis of stress and strain in soil. Journal of the soil mechanics and foundations division, September, SM5, 1970: PP. 1629-1652.
10. Dao, T.P.T. Validation of Plaxis Embedded Piles for lateral loading. Plaxis. Delft University of Technology, Delft, 2011.

## ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОСТАТИСТИЧЕСКОГО МЕТОДА «КОКРИГИНГ» ДЛЯ АНАЛИЗА И ИНТЕРПОЛЯЦИИ МНОГОМЕРНОЙ ГЕОЛОГО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ КАРТ В ДЕЛЬТЕ Р. МЕКОНГ (СРВ)

*Лам В.Х.-К.\* (МГРИ, e-mail: [lamviet2906@gmail.com](mailto:lamviet2906@gmail.com)),*

*Лисенков А.Б. (МГРИ, e-mail: [Lisenkov.rsgpu@mail.ru](mailto:Lisenkov.rsgpu@mail.ru))*

*Фам Т.Н. (МГРИ, e-mail: [Phamlinhru@gmail.com](mailto:Phamlinhru@gmail.com))*

**Аннотация:** Геостатистический метод «Кокригинг» является оптимальным для анализа и интерполяции многомерных данных в условиях их дефицита (в базе данных ограничено количество точек отбора проб в пределах обширной области исследования). Оцененные эксплуатационные запасы средне-плиоценового водоносного горизонта, составляют 19,5% от суммарных запасов всех горизонтов в регионе, и на него в основном ориентировано водоснабжение дельты Меконга. Использование изотопных исследований для определения возраста и условий формирования подземных вод в среднеплиоценовом водоносном ( $n_2^2$ ) горизонте дельты Меконга начались с 1982 года, но до настоящего времени не имеет однозначных результатов. Построение карт возраста средне-плиоценового водоносного горизонта по геостатистической интерполяции с высокой точностью для определения местоположения области питания, разгрузки, движения потока подземных вод, является актуальным вопросом, влияющим на сельскохозяйственное производство и жизни людей в дельте Меконга. Впервые, в практике гидрогеологических исследований было использовано многомерное пространственное моделирование «Кокригинг» (основная переменная – возраст подземных вод средне-плиоценового водоносного горизонта; дополнительная переменная – отметки глубин опробования) для построения специальных карт в дельте Меконга. Построение карты возраста подземных вод средне-плиоценового водоносного горизонта с точностью 0,967 является результатом этих исследования, которые показали эффективность этого метода для анализа и интерполяции многомерных данных в условиях их дефицита. На основе этой карты было определено местоположение области питания, на северо-востоке дельты Меконга (Юго-Восточная область). Фильтрационный поток подземных вод ориентирован из области питания в юго-западном направлении. Разгрузка осуществляется в морскую акваторию (Сиамский залив и Восточное море). Действительная скорость фильтрации потока составляет 8 м/год.

**Ключевые слова:** геостатистика, многомерный анализ, интерполяция, переменные, подземные воды, изотопные исследования, карта возраста.

Геостатистика является современным методом, который пользуется популярностью в мире для построения специализированных карт для целей разведки и добычи полезных ископаемых, геофизических исследований, в гидрогеологической практике, в геохимии, нефтегазовой отрасли, и др.

Впервые, в 1993-1994 годах по методу геостатистической интерполяции были построены специализированные карты во Вьетнаме, но только с использованием одной переменной. Этот метод встроен в такие специализированные программные обеспечения для геологии, как: *surfer*, *mapinfo*, и др. Дефектом этих программ является неконтролируемый процесс интерполяции, и как следствие, низкая точность и высокая вариация данных. большая.

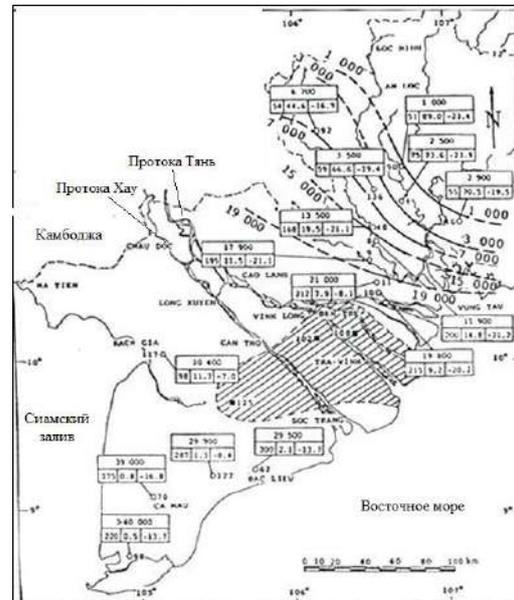
Средне-плиоценовый водоносный горизонт является играет важную роль в системе водоснабжения региона, поскольку его эксплуатационные запасы составляют до 20 % от суммарных запасов всех горизонтов [1]. Кроме того, рост населения, изменение климата, рост минерализации подземных вод, просадка грунтов и другие

проблемы осложнили планирование, управление и использование водных ресурсов дельты Меконга. Следовательно, задачи, направленные на повышение точности полученных результатов при построении специализированных карт для целей гидрогеологического исследований является актуальным вопросом, влияющим на планирование, управление и использование водных ресурсов в дельте Меконга.

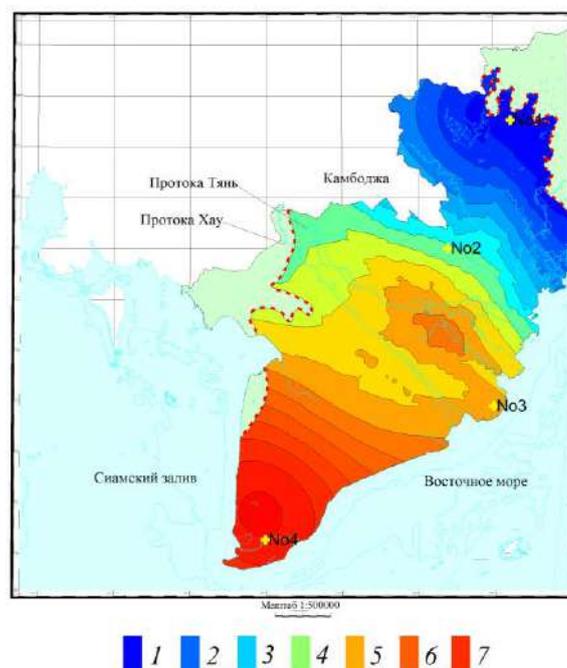
Ниже, на Рис. 1.а,б,в показаны карты возраста подземных вод средне-плиоценового водоносного горизонта, построенные разными методами для разных периодов опробования.



**Рисунок 1.а.** Карта возраста плиоценового водоносного горизонта на 1998 г [4]



**Рисунок 1.б.** Карта возраста средне-плиоценового водоносного горизонта на 2003 г [3]



**Рисунок 1.в.** Карта возраста средне-плиоценового водоносного горизонта по результатам многомерного пространственного моделирования (лет)- на 2016 г.: 1 – 0-5000; 2 – 5000-10000; 3 – 10000-15000; 4 – 15000-20000; 5 – 20000-25000; 6 – 25000-30000; 7 – 30000-35000;

На рис. 1.а приведена карта возраста плиоценового водоносного горизонта, построенная для периода 1982 – 2001гг [4]. После 2003 года плиоценовый водоносный

горизонт был разделён на средний и нижний плиоцен по новой гидрогеологической стратификации [5]. Карта возраста средне-плиоценового водоносного построения на 2003г. была с помощью метода геостатистической интерполяции (но с использованием одной переменной) приведена на рис. 1.б. При этом точки отбора проб были сосредоточены, в основном, в центре дельты. Южная часть дельты Меконга не имела дополнительной информации. Построенная таким методом карта возраста не позволяет однозначно определить положение областей питания и разгрузки, направление движения подземных вод и оценить скорость фильтрации.

В дальнейшем количество информации в базе данных было увеличено. В 2015 году было дополнительно отобрано 18 проб воды для определения возраста с использованием изотопа  $C^{14}$  и других свойств. Были привлечены данные предыдущих исследований [2], в том числе 24 пробы, отобранные до 2001 гю (всего 42 пробы).

При использовании геостатистической интерполяции «Кокригинг» для построения карт возраста средне-плиоценового водоносного горизонта (рис. 1в) в качестве основной переменной использован возраст подземных вод средне-плиоценового водоносного горизонта, а дополнительной переменной служили отметки глубин опробования. Выполненные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Несмотря на то, что количество данных является ограниченным в большой области исследования, применение геостатистической интерполяции «Кокригинг» по многомерным данным показало высокую точность построения специализированных карт в дельте Меконга. Карта возраста подземных вод изучаемой территории была построена с коэффициентом корреляции 0,967 (рис. 1.в), что подтверждает высокую эффективность проведенных исследований.

2. Разница в параметрах ошибки оценки многопеременной модели и модели с одной переменной показывает эффективность использования всей собранной информации. Очевидно, что построение специализированных карт в дельте Меконга по методу интерполяции с одной переменной создавало большую ошибку оценки, которая непосредственно влияла на результаты построений. Поэтому, мы считаем, что необходима разработка стандарта ошибок оценки для построения специализированных карт в дельте Меконга.

3. Карта возраста подземных вод средне-плиоценового водоносного горизонта (рис. 1.в) идентифицирует местоположение области питания на северо-востоке дельты Меконга (Юго-Восточная область). Движение потока подземных вод со скоростью 8 м/год здесь ориентировано из области питания в юго-западном направлении. Разгрузка осуществляется в морскую акваторию (Сиамский залив и Восточное море). Добавим, что направления потоков на карте возраста и карте пьезометрических уровней совпадают. Таким образом, результаты исследования являются достоверной базой для гидрогеологических исследований и решают сложные проблемы планирования, управления и использования водных ресурсов дельты Меконга.

#### **Литература**

1. Лам В. Х.-К., Лисенков А. Б., Лаврушин В. Ю. Условия формирования подземных вод в дельте Меконга (Социалистическая республика Вьетнам) по данным изучения изотопного состава кислорода и водорода // Известия вузов. Геология и разведка. 2018, №1, С.42–48.
2. Lam H.Q.V. Application of isotopic hydrological to study groundwater dynamics of Pliocene aquifer in Mekong Delta. Hochiminh university of technology, Vietnam national university. Hochiminh, 2016, P. 29–30. (In Vietnam)
3. Nguyen K.C., et al., Applications of nuclear techniques in protection and researching groundwater in Mekong delta, Center for nuclear technique, Hochiminh city, 2003. (In Vietnam)



4. Vu V.N., et al., Groundwater in Nambo plain. Hanoi, Department of Geology and Mineral Vietnam. 1998. P. 20–25, 70. (In Vietnam)
5. Nguyen H. D., et al. Stratigraphic division n-q and study geological structure of the southern plain, Department of Geology and Mineral Vietnam, Hochiminh city, 2003, Report №2, p6 (In Vietnam)

## ОТРАЖЕНИЕ ПОЗДНЕМИОЦЕНОВОГО ГЛЯЦИОКРИОГЕННОГО ПЕРИОДА В СЕВЕРНОМ ПОЛУШАРИИ

Лаухин С.А. (МРГИ-РГГРУ имени Серго Орджоникидзе, e-mail valvolgina@mail.ru)

**Аннотация:** Покровное оледенение существует непрерывно в Антарктиде начиная с олигоцена. В неогене выделяется два гляциокриогенных периода, когда площадь его и объём льда в Антарктиде существенно менялся. Обсуждаются следы климата миоценового оледенения Антарктиды в северном полушарии

**Ключевые слова:** миоцен, покровное оледенение, следы палеоклимата

Антарктическую (Кайнозойскую) гляциокриогенную (ГК) эру Н.М.Чумаков (1), в отличие от более древних ГК эр, не поделил на ГК периоды и эры. О ней сказано «В позднем кайнозое выделяется три ледниковых максимума (олигоцен, поздний миоцен и поздний плиоцен-плейстоцен), которые могут... рассматриваться как гляциопериоды» (1, с. 103). Границы же ГК периодов в этой ГК эре им не указаны, ГК эпохи не выделены. Цель статьи: определить границы позднемиоценового ГК периода, попытаться выделить, ограничить и охарактеризовать в нём ГК эпохи и показать их отражение в природных событиях северного полушария. При этом, определение границ ГК периода и его эпох будет сделано анализом литературы по оледенению Антарктиды, а собственные полевые материалы автор имеет по миоцену только северного полушария.

Олигоценый ГК период завершился в начале миоцена, когда объём антарктического покровного ледника на 1-2 млн. лет резко превысил на 30% его современный объём (2). Этап между олигоценовым и позднемиоценовым ГК периодами можно назвать неледниковым только условно, т.к. покровный ледник, как выяснилось (2), с олигоцена не покидал Антарктиду до сих пор, но до позднего миоцена он редко достигал современного объёма, а чаще составлял 80-50%, иногда 25% от современного его объёма. Поскольку покровный ледник не выходил за пределы одного континента, этапы между ГК периодами и эпохами можно условно назвать неледниковыми. Покровный же ледник больше современного объёма может означать начало нового ГК периода. Этап между олигоценовым и позднемиоценовым ГК периодами начался в раннем миоцене. В 90-е годы считалось, что в раннем миоцене «климат был тёплый и выравненный во всех океанах, температура поверхностных вод в умеренных и полярных районах была выше современной (7-12°C)..., а в миоценовый оптимум, 16,5-15 млн. лет назад (млн), воцарялись ещё более тёплые условия» (3, с.282). В этот оптимум в Антарктиде предполагалось, что произрастали теплоумеренные леса из нотофагусов, что говорит о деградации покровного оледенения и сохранении его лишь в виде горного (4). Теперь же выяснилось (2), что после рубежа олигоцена и миоцена до 17 млн в районе зал. Мак Мердо Антарктиды нотофагусовые леса сменились холодной влажной тундрой со среднетлетними температурами 2-7° С (5). Выяснилось, что после завершения олигоценового ГК периода в раннем миоцене объём льда в Вост-Антарктическом ледниковом щите редко превышал 50% его современного объёма (иногда достигая 100% его). Во время межледниковий граница этого щита уходила на сотни км от берегов океана вглубь материка (2). За пределами материка в это время началось формирование шельфового ледника моря Уэддола. На о-ве Кинг Джонс (около 60° ю.ш.) после 19 млн началось отступление куполов горного оледенения (6). 17 млн объём Вост-Антарктического щита резко достиг 130% от современного. Похолодание было коротким и не стало началом нового ГК периода. Около 16,5-16 млн наступил оптимум миоцена. Во время оптимума в районе Сухих долин возникла система каналов длиной 50 км и

глубиной до 250 м, по которым в оптимум происходил спуск талых вод в океан. Вероятно тогда же в горах принца Чарльза образовались фиорды глубиной более 200 м. (7), в максимум оптимума Вост-Антарктический щит мог иметь объём льда 25% от современного, а Зап-Антарктический щит исчезал почти целиком (8). Установлено повышение уровня моря во время оптимума и падение его после оптимума. Завершился оптимум 14(15?) млн. С 14 до 13 млн объём ледниковых щитов резко увеличился (2). После 13,5 млн началось формирование Зап-Антарктического щита, а 13 тлн площадь ледникового покрова Антарктиды была уже близка современной. Максимальное увеличение объём льдов Антарктики достиг 11 млн (2). 1-ю ГК эпоху позднемiocенового ГК периода можно относить к (11,6?)-11 млн. 10,7-9 млн наступила трансгрессия и произошло заполнение фиордов в горах принца Чарльза мариногляциальной толщей мощностью 200 м и отложения эти распространялись на плато Фишера почти в 500 км от берега океана (9). «Неледниковый» этап между 1-й и 2-й ГК эпохами можно предполагать (2) между 10,7 и 8(?) млн. Во 2-ю ГК эпоху, 8(?) - 5,3 млн, известно несколько аградаций и деградаций покровного ледника: среди них наибольшие (?) похолодание было, вероятно, 5,9-5,3 млн., а потепление 6,5-5,9 млн. Для ледникового щита Антарктического п-ва в позднем миоцене М.Поунд установил 12 фаз продвижения (2). «Неледниковый» этап между позднемiocеновым и плиоцен-плейстоценовым ГК периодами был короткий. Около 5-3 млн по берегам материка средняя годовая температура была выше современной на 3°C, распространялись тундры, а около 3 млн климат стал полярным – наступил плиоцен-плейстоценовый ГК период. Были небольшие отклонения. 4,92-4,25 млн в зал. Мак Мердо температура воды была +5°C, согласно составу диатомей; по берегам залива росли деревья (5). Эпизод потепления в раннем плиоцене едва ли был продолжительнее 2 млн. лет.

После этой схемы эволюции покровного ледника Антарктиды, отгороженной в позднем миоцене от тёплых океанов Циркумантарктическим течением, обсудим отражение её ГК эпох в палеоклиматах Северного полушария, где в то же время атмосферные течения приносили в Арктику тепло с юго-востока, ещё слабо отгороженного Памиро-Гималайским барьером, а с юга финальными этапами закрытия западного конца Тетиса.

Северный океан, ещё не ледовитый, в начале миоцена, был замкнутым опреснённым бассейном. Прол. Фрама только 17,5 млн достиг ширины 100 км (10) и возник поток из Атлантики достаточный, чтобы влиять на климат Арктики. В Атлантике южнее 58°с.ш. до Средиземноморья весь ранний миоцен был теплопроводный; в бурдигале только около 64°с.ш. происходило обеднение теплопроводного наннопланктона (11). В оптимум миоцена в Атлантике северная граница субтропиков, согласно Н.С.Блюм и др.(12), достигала 60°с.ш. В Тихом океане субтропики поднимались почти до 60°с.ш. (12).

Вдоль побережья Северного Ледовитого океана в раннем миоцене СВ Азии между 70° и 75° с.ш., по палинологическим данным, преобладали смешанные мелколиственно-широколиственные леса с примесью термофилов (олеация, энгельгардия, ликвидамбр и др. до 18% в палинокомплексе (ПК). Аналогичные ПК изучены в дельте Маккензи (13). На о-ве Девон в конце раннего миоцена средние годовые температуры (СГТ) были 8-12°C (14). В оптимум миоцена сосново-березовые леса обогатились термофилами (буковые, мирики и др. в ПК более 20-25% -буковый горизонт). На СВ Азии между 66° и 72°с.ш. в оптимум миоцена буковый горизонт был открыт Г.Г.Карташовой в 1974 г в бассейне Яны, А.Ф.Фрадковой в 1979 г на Сахалине и Камчатке, С.А.Лаухиным и др. в 1982 г в низовьях Колымы, Вольфом в 1980 г на Аляске (12). На Чаун-Чукотке (13) и на севере Чукотского п-ва (15) буковый горизонт не выявлен, хотя оптимум миоцена в ПК выражен чётко. На Камчатке в это время известна богатая субтропическая и южнобореальная малакофауна (16). Во 2-й половине среднего миоцена началось похолода-

ние. На хр. Ломоносова 13 млн доминировали морские отложения, появился паковый лёд (17). На Камчатке тогда же преобладали бореальные моллюски и отмечены гальки ледового разноса (16). На Аляске 13-12 тлн СГТ уменьшились с +11 до +4°C. 11,61-7,25 млн на берегах Северного ледовитого океана произрастали хвойные леса и СГТ была +4±1°C, а 7,25-5,35 млн – СГТ были в разных районах побережья от -10 до +6°C (17). В оптимум плиоцена, 5-4 млн на о-ве Элсмир СГТ была на 18±4°C выше современной (18). Начало плиоцен-плейстоценового ГК периода и в Северном полушарии, видимо, начинается с 3 млн, т.к. около 3,5 млн на шельфе у о. Врангеля 70°30' с.ш., по данным Е.А. Гусева и др. (17), произрастали сосново-березовые леса с редкой примесью тсуги. А в 500-550 км к ЮЮЗ в оз. Эльгыгытгын (Чаун-Чукотка), 67°30' с.ш., слои датированные 3,55-3,4 млн содержат ПК темнохвойных лесов с елью, пихтой, примесью тсуги и мирики (19). Современные аналоги раннеплиоценовых лесов у о-ва Врангеля и оз. Эльгыгытгын располагаются приблизительно на 20° южнее. А 3,2-3,1 млн с того же Анадырского плоскогорья, на котором находится оз. Эльгыгытгын, на Ванкремскую приморскую низменность спустился ледник журавлиного оледенения (20). Слои синхронные этому оледенению в разрезе оз. Эльгыгытгын содержат ПК палеотундростепи (19).

Здесь мы обсудили палеоклиматы миоцена-раннего плиоцена северных районов Азии. На юге Западной Сибири и в Прибайкалье палеоклиматы миоцена проявлены не так контрастно. Аридизация нивелирует там палеотемпературные колебания. Но на юге умеренной зоны, в Западной Европе, по данным Л.И. Коста, С.Б. Манумы, Дж. Паувела, Д. Зевенбума улавливается даже кратковременное похолодание начала миоцена, отнесенное к олигоценному ГК периоду (21,23). В Предкавказье это похолодание отражено подвижками вниз горной поясности (21). В районе Сицилии наиболее значительные понижения температуры вод было 13,6; 12,1; и 11 млн. Но наиболее контрастно проявлены позднемиоценовые похолодания на Дальнем Востоке около 45° с.ш. и 132° в.д., где отмечено усиление зимнего муссона в 8,6; 8,84; 10,7; 10,8; 11,8 млн (22)

#### Литература

1. Чумаков Н.М. Оледенения Земли. М.: ГЕОС. 2015. 159 с.
2. Левитан М.А., Лейченков Г.Л. История кайнозойского оледенения и седиментации в Южном океане // Литология и полезные ископаемые. 2014, № 2. С. 115-136
3. Невеская Л.А. Этапы развития бентоса фанерозойских морей. Мезозой. Кайнозой. М.: Наука. 1999. 504 с
4. Борзенкова И.И. Изменения климата в кайнозое. СПб.: Гидрометеоиздат. 1992. 247 с.
5. Fielding Ch.R., Hardwood D.M., Winter D.M. et al. Neogene stratigraphy of Taylore Valley, Transantarctic Mountains, Antarctica: Evidency for climate dynamism and a vegetated Early Pliocene coaslaine of McMerdo Sound // Global. Planet.Change. 2010. P. 37-49
6. Kraewski K.P., Tatur A., Mozer A. et al. Cenozoic climate evolution in the northern Antarctic Peninsula region: geochronoly and pleoenvironments of the Eocene-Miocene succecion of King George Island // Abs.of IPY Meeting Oslo-2010. Oslo. 2010 No PS2-C.40
7. Lewis R., Marchant D.R., Kowalewski D.E. et al. The age and origin of the Labyrinth Western Dry Valleys, Antarctic: Evidence for entensive middle Miocene subglacial Floods and fresh water discharge to the Southern Ocean // Geology. V. 34. No 7. P. 513-516
8. Anderson J.B., Warny S., Askin R.A. et al. Progressive Cenozoic cooling and the demise of the Antartica's last refugium // Geology. 2010. P. 59-67
9. Hambry M.J., Glasser N.F., McKelvey B.C et al. Cenozoic landscape evolution of an East Antarctic coasis (Radok Lake area, northern Prince Charles Mountains), and its implications for the glacial and climatic history of Antarctica // Quart. Sci. Rev. V.26. 2007. P.598-626



10. Thompson B., Nilson J., Nycander J. et al. Ventilation of the Miocene Arctic Ocean: An idealized model study// *Paleoceanography*. V. 25. 2010. PA4216
11. Крашенинников В.А., Басов И.А., Головина Д.А. и др. Миоцен северо-восточной части Средиземноморья. М.: Научный мир. 1999. 185 с.
12. Изменения климата и ландшафтов за последние 65 миллионов лет. М.: ГЕОС. 260 с.
13. Александрова Г.Н. Геологическое развитие Чаунской впадины (Северо-Восток России) в палеогене и неогене. Статья 2. Неоген// *Бюлл. МОИП, отд. геолог.* Т. 91, вып.6. 2016. С. 11-35
14. Eronen J.T., Fortelius V., Micheel A. et al. Neogene aridification of the Northern Hemisphere// *Geology*. V. 40. 2012. P. 823-826
15. Лаухин С.А., Величко С.В., Нархинова В.Е. и др. Ванкаремская падина.// Палеоген и неоген Северо-Востока СССР. Якутск: ЯНЦ СОАН СССР. 1989. С. 62-76
16. Гладенков Ю.Б. Биосферная стратиграфия. М.: ГЕОС. 2004. 119 с.
17. Левитан М.А., Антонов Г.А., Гельви Т.Н. Фациальная структура, качественные параметры и условия накопления мезозойско-кайнозойских отложений в циркумарктическом поясе. Сообщение 3. Миоцен-плиоцен // *Геохимия*. № 11, 2016. С. 963-977
18. Csank A.Z., Patterson W.P., Eglington B.M. et al. Climate variability in the Early Pliocene Arctic: Annually resolved evidence from stable isotope values of sub-fossil wood elesmere Island, Canada.// *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Paleoecol.* V. 308. 2011. P. 339-349
19. Andreev A.A., Wennrich V., Tarasov P.E. et al. Late Pliocene/Early Pleistocene environments of north-eastern Siberia inferred from lake Elgugutgun pollen record// *Geomorphology and Palaeogeography of Polar Regions*. S-Peterburg. 2012. P. 241-244
20. Лаухин С.А., Пушкарь В.С., Тарасова Е.В., Черепанова М.В. О возрасте древнейших оледенений Чукотки // *Вестник СВНЦ ДВО РАН*. № 2. 2017. С. 13-19
21. Филиппова Н.Ю., Головина Л.А., Белуженко Е.В. Граница палеогена и неогена на Северном Кавказе и в Предкавказье: современное положение и проблемы.// *Неоген и квартал России: стратиграфия, события и палеогеография*. М.: ГЕОС. 2018. С. 55-61
22. Лихачева О.Ю., Пушкарь В.С., Черепанова М.В., Павлюткин Б.И. Зональная диа-томовая шкала и основные геоботанические события неогена приморья// *Вестник ДВО РАН*. 2009. № 4. С. 64-72
23. Филиппова Н.Ю., Головина Л.А., Белуженко Е.В. Биостратиграфия алкунской свиты (?олигоцен-нижний миоцен) северной Осетии по микропалеонтологическим данным (диноцисты, наннопланктон, споры и пыльца)// *Стратиграфия. Геолог. корреляция*. Т. 18, № 3. 2010. С. 83-106



## ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ЛЕДНИКОВ НА ПРИМЕРЕ ЛЕДНИКА Г.ЭЛЬБРУС

*Ледовских Г.Ю.\* (МГРИ-РГГРУ им. С. Орджоникидзе, Galoled97@yandex.ru)*

### Аннотация

Изменение климата отрицательно влияет на площадь оледенения в горных экосистемах, но темпы и характер такого влияния различен в разных горных регионах мира. Для проверки гипотезы о деградации ледников, была проведена работа по исследованию динамики ледника горы Эльбрус, заключающаяся в дешифрировании аэрофотоснимков. Выявлено сокращение площади ледника на 5% за период с 1974 по 1999 гг..

**Ключевые слова:** динамика ледников, гора Эльбрус, рост среднегодовых температур, последствия деградации ледников, аэрофотоснимки.

Тема глобального потепления и деградации ледников является достаточно актуальной в наше время. Во время обучения в МГРИ-РГГРУ студенты-бакалавры изучают ряд предметов, позволяющий получить знания о геокриологии Земли. В 2017 году, в процессе работы на семинарских занятиях по предмету «Геокриология» во время обучения в МГРИ-РГГРУ, были выполнены работы по изучению показателей метеостанций «Якутск», «Тазовский», «Магадан», «Болванский» на период 1961-1990 гг. Были получены различные данные, но при обобщении результатов видно, что по данным за 30 лет наблюдался рост среднегодовых температур. Станции расположены в разных точках страны, и так как в России можно проследить практически все природные условия, ввиду большой протяженности с севера на юг, то можно сделать вывод об общепланетарном характере полученных результатов. При дальнейшей работе над исследованием был учтен факт того, что повышение температуры воздуха должно отразиться на площадях, занимаемых ледниками. Вследствие этого была выдвинута гипотеза о деградации ледников.

Треть всего баланса внешнего теплооборота Земли расходуется на фазовые превращения льда.

Теплота кристаллизации, которая высвобождается при формировании атмосферного льда, и теплота таяния, которая поглощается при падении льда к поверхности Земли и его переносе в более низкие широты, — это мощнейшие факторы перераспределения тепла на Земле.

Высокое альbedo снежно-ледниковых поверхностей перестраивает радиационный баланс всего земного шара. Поскольку одним из главных законов природы Земли является широтная зональность и снежно-ледниковый покров также занимает зоны, прилегающие к полюсам, то альbedo закономерно распределяется по поверхности земного шара. Таким образом, значительная часть солнечной радиации, приходящей к леднику, отражается в атмосферу.

За последние 150 лет было отмечено повышение уровня Мирового океана. В последние десятилетия повышение уровня моря усилилось и причины этого подъема уровня, очевидно, связаны с повышением температуры, которое, с одной стороны, ведет к расширению теплеющей поверхностной толщи океана, а с другой — вызывается таянием ледников и тем самым увеличением прироста воды в океане.

Сравнение баланса массы Антарктического ледникового покрова в середине и в конце прошлого столетия показывает возрастающую активность: и приход, и расход массы льда здесь возросли. Но при этом общий итог остался положительным, т. е. на протяжении последних 50 лет масса льда в Антарктиде продолжает нарастать, что, очевидно, сдерживает рост уровня Мирового океана. Таким образом, исследования последних лет показывают, что климатическая система — одна из сложнейших на Земле, требующая взаимосвязанного изучения глобальных изменений в океане, атмосфере, криосфере, почве, лесах и других природных системах. Невнимание к процессу отступления ледников может привести, в дальнейшем, к катастрофическим последствиям.

В процессе изучения данной темы были использованы исследования, материалы и данные работ, выполненных различными организациями, а также данные, полученные в результате ранее проводимых учебных занятий. Также проводились собственные исследования, основанные на дешифрировании аэрофотоснимков ледника Эльбруса за 1974 и 1999 гг, были проведены расчеты площади. Для удобства исследований, данное изучение проводилось с использованием программы CorelDRAWGraphicsSuite X8. За 100% принималась площадь ледника на 1974 г. В результате вычисления площади, занимаемой ледником, по аэрофотоснимкам, с использованием программы CorelDRAWGraphicsSuite X8, выявлено, что площадь ледника сократилась примерно на 5% за период с 1974 по 1999 годы.

По результатам проведенных исследований можно с уверенностью сказать, что за последнее время происходило сокращение ледникового покрова. Цифры, полученные в результате дешифрирования аэрофотоснимков и расчета площадей, можно поставить под сомнение, так как качество снимков не позволяет с абсолютной точностью определить границы ледника, но уменьшение площади, занимаемой ледником, очевидно. Кроме того, реально оценить площадь исследуемого ледника по снимкам аэрокосмической съемки не представляется возможным ввиду того, что часть ледника может быть покрыта моренными отложениями, под которыми невозможно выделить реальные границы ледника, что вводит погрешность в полученные результаты. Но, несмотря на это, выявлено явное сокращение территории, занимаемой ледником, что подтверждают исследования различных лет по данной теме другими исследователями.

### Выводы

Для современной эпохи, очевидно, характерно глобальное потепление, отражающееся на состоянии ледников и ведущее к их отступанию. Невнимание к процессу отступления ледников может привести, в дальнейшем, к катастрофическим последствиям.

### Список литературы:

1. Статья «Климатическая роль оледенения» . Автор: Владимир Михайлович Котляков, академик РАН, директор Института географии РАН, почетный президент Русского географического общества «Экология и жизнь» №11, 2010
2. Межуниверситетский аэрокосмический центр при Географическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова: [Электронный ресурс].  
M.URL:[http://www.geogr.msu.ru/science/aero/center/int\\_sem5/sem5\\_1.htm](http://www.geogr.msu.ru/science/aero/center/int_sem5/sem5_1.htm)
3. National Geographic Society (USA). What the World Would Look Like if All the Ice Melted: [Электронный ресурс]. Washington, 2013.

## К ВОПРОСУ О ВЗАИМОСВЯЗИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ (ТЕХНИКО – ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ) И СОЦИАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

*Леньшин В.П. (Российский государственный геологоразведочный университет им.  
Серго Орджоникидзе (МГРИ), lenshin.vlad@yandex.ru)*

**Аннотация:** Актуальность статьи в предлагаемых технологиях для решения вопросов подготовки и повышения квалификации профессиональных кадров для геологической отрасли в рамках реализации задач Стратегии развития минерально-сырьевой базы РФ.

**Ключевые слова:** Стратегия развития минерально-сырьевого комплекса РФ; взаимодействие социально – гуманитарных и естественно – технических знаний; инновационные образовательные технологии; цифровые технологии и платформенные решения; площадки Центра молодежного инновационного творчества.

Актуальность научного исследования вопросов взаимосвязи производственных (техничко – технологических) и социальных технологий в геологической отрасли и дальнейшей их интеграции во все ее направления деятельности обусловлена национальными целями и стратегическими задачами развития Российской Федерации,<sup>1</sup> Стратегией научно – технологического развития Российской Федерации,<sup>2</sup> Стратегией развития минерально – сырьевой базы Российской Федерации.<sup>3</sup>

Основная цель, стоящая перед геологической отраслью - развитие минерально-сырьевой базы и создание условий для устойчивого обеспечения минеральным сырьем социально-экономического развития Российской Федерации.

К одной из эффективных форм достижения цели и реализации стоящих перед геологической отраслью задач относится консолидация органов государственной власти, научно–образовательного и предпринимательского сообществ на системного подхода.

Значимость технико – технологической составляющей для геологической отрасли очень велико не только в силу того, что она связана с добычей, первичной переработкой, транспортировкой и реализацией минерального сырья, но и с тем, что количественные показатели и качественные характеристики их конечного продукта оказывают существенное влияние на основные параметры долгосрочного прогноза социально – экономического развития Российской Федерации.<sup>4</sup>

Техничко – технологические разработки выполняют функцию связующего звена между естественно – научными знаниями и их практическим применением в процессе производства.

В обществе, кроме естественно – научного знания, функционируют и развиваются социально – гуманитарные знания. В основе взаимосвязи естественно –

<sup>1</sup> См.: Указ Президента РФ от 7 мая 2018 г. №204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».

<sup>2</sup> См.: Указ Президента РФ от 1 декабря 2016 г. №642 «О Стратегии научно – технологического развития Российской Федерации».

<sup>3</sup> См.: Распоряжение Правительства РФ от 22 декабря 2018 года № 2914-р «Стратегия развития минерально – сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года».

<sup>4</sup> См.: Леньшин В.П. Программа социально – экономического развития как основа всесторонней модернизации российского общества // Вестник Московского университета. Серия 21. Управление государством и обществом – 2013 - №4 – С.97-110.

научного и социально – гуманитарного знания, с точки зрения российско – американского социолога Питирима Сорокина, служение человеческим целям<sup>5</sup>.

Реализация задач такого взаимодействия в геологической отрасли представлена не только инновационными техническими (производственными), но и современными социальными технологиями.

Реализация таких основных задач как: формирование эффективной системы коммуникации в области науки, технологий и инноваций в целях обеспечения повышения восприимчивости экономикой и обществом соответствующих инноваций; модернизация профессионального образования, в том числе посредством внедрения адаптивных, практико-ориентированных и гибких образовательных программ; формирование системы непрерывного обновления работающими своих профессиональных знаний и приобретения ими новых профессиональных навыков, включая овладение компетенциями в области цифровых технологий и платформенных решений; формирование эффективного взаимодействия в системе «образование – наука – производство» возможна только при взаимодействии технических (*производственных*) и социальных технологий.

Структурно социальные технологии относятся к одному из видов родовой модели социологического знания. Научно – теоретической основой социальных технологий выступают теория и методология социальной философии, социологии, экономики, права, социальной психологии, управления.

К особенностям социальных технологий относится их междисциплинарный, практико-ориентированный характер, а также диалектический алгоритм взаимодействия двух стадий: разработка инновационных социальных технологий и их внедрение как в деятельность органов государственной власти, органов местного самоуправления, научно – образовательного и предпринимательского сообществ, так и в отношения между ними, в том числе на основе консолидированного взаимодействия.

Стадия разработки осуществляется при наличии количественных показателей и качественных характеристик, иных эмпирических данных полученных по результатам проведенных социологических исследований.

Специфика стадии внедрения состоит в ее научно – методическом, социологическом, аналитическом, информационном (в том числе в социальных сетях), экспертном и рекламном (социальная реклама) сопровождении.

Социальные технологии, в контексте взаимодействия участников консолидированного взаимодействия, создают условия для наиболее эффективной реализации прогнозируемой, мотивированной, рациональной, целенаправленной и преобразовательной деятельности субъектов, а также необходимых субъектно – субъектных отношений, реализация которых осуществляется посредством ориентационной и проектной функций сознания.

Задача ориентационной функции сознания – осмысление субъектом окружающего мира в целях сделать его понятным и предсказуемым. Данная функция сознания отвечает на вопрос: что же представляет собой мир и люди, живущие в нем.

Задача проектной функции сознания - конструирование новых, виртуальных объектов, отношений отсутствующих в реальности, но которые должны быть созданы в соответствии с желанием и волей человека. Так, в основе реализации Стратегии развития минерально – сырьевой базы геологической отрасли консолидация представительных и исполнительных органов государственной власти, научного, научно – образовательного и предпринимательского сообществ, формирование

<sup>5</sup> См.: Человек. Цивилизация. Общество. М., 1992.

благоприятных правовых, инвестиционных условий, делового климата и, что немаловажно, обеспечение этих составляющих необходимыми технологиями (производственными, социальными) и кадровым потенциалом.

К одной из особенностей кадрового потенциала геологической отрасли реализация полученных компетенции в производственно – технологической (техничко – технологической, социально – коммуникативной), проектной, научно – исследовательской и организационно – управленческой деятельности. Эффективность кадрового потенциала, в данном случае, необходимо рассматривать в контексте внедрения цифровых технологий и платформенных решений.

Повышение эффективности подготовки кадров для геологической отрасли может выступать в виде следующего триединства: программы по основным курсам дисциплин; междисциплинарные учебные программы; программы практикумов Центра молодежного инновационного творчества МГРИ, деятельность которого представлена технико – технологическим и социально – технологическим направлениями.<sup>6</sup>

Социальные технологии это не только создание условий для формирования прогнозируемой, мотивированной, консолидированной деятельности различных субъектов, но и приобретение обучающимися соответствующих навыков разработки и внедрения инновационных цифровых технологий и опыта платформенных решений в структуры геологической отрасли, а также эффективной реализации субъектно – субъектных отношений по достижению общественно значимых целей, на основе социокультурных ценностей многонационального российского общества.

К основным разновидностям социальных технологий относятся: коммуникативные, образовательные, технологии социального проектирования, иные. Основанием для такого деления является объект исследования. Данное разделение носит условный характер, так как в процессе реализации стоящих задач, как перед отдельными субъектами, так и обществом в целом, они функционируют совместно и создают условия для более эффективного их решения.

#### **Литература:**

1. Федеральный закон РФ от 23.08.1996 №127-ФЗ «О науке и государственной научно – технической политике». Редакция от 23.05.2016 (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.07.2017).
2. Указ Президента РФ от 7 мая 2018 г. №204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».
3. Указ Президента РФ от 1 декабря 2016 г. №642 «О Стратегии научно – технологического развития Российской Федерации».
4. Распоряжение Правительства РФ от 22 декабря 2018 года № 2914-р «Стратегия развития минерально – сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года».
5. Леньшин В.П. Программа социально – экономического развития как основа всесторонней модернизации российского общества // Вестник Московского университета. Серия 21. Управление государством и обществом – 2013 - №4 – С.97-110.
6. Момджян К.Х. Социальная философия. Деятельностный подход к анализу человека, общества, истории. Часть 1. М., 2013. С. 52-125.
7. Андреева Г.М. Социальная психология. М., 2004. С.71 – 141.
8. Человек. Цивилизация. Общество. М., 1992.

<sup>6</sup> См.: Указ Президента РФ от 7 мая 2018 г. №204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДИКИ МУЗЕЕФИКАЦИИ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ

Миннебаев И.С. (МГРИ, [mislamiks@gmail.com](mailto:mislamiks@gmail.com))

**Аннотация.** В данной статье проведен краткий анализ существующих методик, принципов музеефикации археологических памятников, разработанных археологами, рассмотрены требования к музеефицируемому объекту. Автор обращает внимание на то, что до сих пор музеефикация проводится без изучения инженерно-геологических условий территории, на которой располагается объект культурного наследия, и экзогенных геологических процессов, которые могут быть опасны для длительного, управляемого, безаварийного существования археологического музея.

**Ключевые слова.** Археологические памятники, музеефикация, природный ландшафт, инженерно-геологические условия, инженерно-геологические исследования, экзогенные геологические процессы

В настоящее время в России продолжает развиваться общемировая тенденция сохранения археологических памятников путём музеефикации в условиях естественного ландшафта.

На территории России в государственном реестре числятся 43 музея-заповедника, организованных на базе археологического памятника или имеющих таковые на своей территории, а так же около 40 объектов, перспективных для создания на их территории музеев-заповедников (рис. 1). Существующие музеи-заповедники сконцентрированы преимущественно в центральных регионах России и Республике Хакасия, а предполагаемые объекты музеефицирования располагаются как в более северных регионах, так и на востоке нашей страны.



**Рисунок 1.** Схема распространения археологических музеев-заповедников на территории

России: ● – существующие; ● – перспективные для создания

Перед началом создания музея-заповедника необходимо обоснование музейфикации того или иного археологического объекта [6–13]:

- нормативно-правовое;
- историческое;
- культурологическое;
- научно-образовательное;
- туристическое.

Нормативно-правовая база музейфикации основана на музейграфических источниках, научно-технической документации и Федеральных законах РФ, постановлениях правительства, министерств культуры, отражающих официальную позицию государственных структур по вопросам сохранения и популяризации объектов археологического наследия. Эти аспекты в полной мере освещены в работе Ефремовой Е.В. [6].

Одним из ключевых моментов музейфикации является определение принципов, с использованием которых памятник археологии превращается в музейный объект. Археологи формулируют эти принципы следующим образом [14]:

- принцип сохранности;
- принцип приоритета сохранения природно-культурного ландшафта;
- принцип достоверности;
- принцип маркирующей визуализации;
- принцип целостности;
- принцип обратимости и функциональности;
- принцип «многофункциональности».

Принципы музейфикации археологических памятников с точки зрения инженера-геолога были сформулированы в 2007 г. О.Е. Вязковой [3]:

- исторический подход;
- наглядность;
- сохранность;
- реконструкция (создание новодела);
- идентичность условий;
- моделирование взаимодействий;

Видно, что ряд принципов признаются справедливыми и заслуживающими внимания в более поздней работе археологов.

С точки зрения туристической привлекательности музейфицируемый памятник должен отвечать следующим требованиям [5]:

- хорошее состояние транспортной инфраструктуры (Шишкинская писаница – 350 км от Иркутска);
- лёгкость доступа к памятнику (городища в районе Красной Поляны и в Кисловодской котловине расположены на высоте 80–250 м);
- наличие достаточного числа экспонируемых элементов памятника (одиночное расположение одного типа памятника не привлекает туристов).

Анализ существующей литературы, посвященной музейфикации археологических памятников, показал, что вопросы изучения археологических памятников и дальнейшего создания музеев-заповедников на их основе чаще всего рассматриваются в культурологическом, туристическом, музейведческом контексте без внимания к инженерно-геологическим аспектам возможности сохранения памятников.

За это время было установлено, что музеефикация возможна несколькими способами [5]:

- в условиях естественного ландшафта без специальных инженерно-технических мероприятий;
- в условиях естественного ландшафта с применением мер искусственной защиты (техническая мелиорация);
- музеефикация в павильонах на фоне ландшафта (с мерами технической защиты или без них);
- сохранение элементов археологических памятников, перемещенных в музей.

К сожалению, до сих пор решения о способе музеефикации того или иного памятника принимаются без инженерно-геологических исследований и, соответственно, без учёта состава, состояния, свойств грунтов, слагающих его сферу взаимодействия, протекающих в ней процессов, а также технологических возможностей реставрации и последствий их применения. При сохранении археологических памятников необходимо учитывать возможность их длительного, управляемого, безаварийного существования [3]. По естественным причинам не все грунты могут соответствовать этому требованию. Неграмотные действия при музеефикации ни в коем случае не должны приводить к ускоренному разрушению памятника. Она обязана базироваться на строго рассчитанном эксплуатационном режиме, основу которого составляет тщательное изучение инженерно-геологических условий функционирования природно-археологической системы [4].

Стоит отметить, что все же имеется успешный опыт инженерно-геологических исследований при музеефикации археологических памятников. Было проведено инженерно-геологическое сопровождение музеефикации комплекса археологических памятников на территории музея-заповедника Дивногорье. Изучались инженерно-геологические условия и технологии строительства городища Аркаим, вследствие чего были даны рекомендации по сохранению раскрытых элементов городища. Также на основе инженерно-геологических исследований проводилась защита от подтопления музея «Горгиппия». Все эти работы были проведены О.Е. Вязковой.

В сложившейся ситуации автор предлагает при проведении подготовительных исследований и создании проектных решений для музеефикации обращать особое внимание на условия развития опасных экзогенных геологических процессов, а также на физико-механические свойства грунтов, входящих в сферу взаимодействия ПАС. Таким образом удастся предотвратить создание музеев-заповедников на базе потенциально неустойчивых ПАС и избежать финансовых и культурных потерь.

На данном этапе рассмотрения проблем необходимо разработать методологию инженерно-геологических исследований при музеефикации археологических памятников. Но следует понимать, что создание единой методики для всех объектов затруднительно вследствие их незакономерного территориального распределения и разнообразных инженерно-геологических условий, существующих в тех или иных регионах.

### Литература

1. Вязкова О.Е. Инженерно-геологические условия создания и функционирования культового комплекса Байте /Археология, палеоэкология и палеодемография Евразии: Сборник статей. – М.: ГЕОС, 2000. С. 31–44.
2. Вязкова О.Е. Вопросы музеефикации археологических памятников в условиях естественного ландшафта //Материалы научной конференции «Сурож, Сугдея, Солдайя в истории и культуре Руси-Украины». – Судак. 2002. С. 59–61.

3. *Вязкова О.Е.* Опыт и перспективы инженерно-геологических исследований при музеефикации памятников археологии /Софійські читання. Матеріали III міжнародної науково-практичної конференції «Памятки Національного заповідника «Софія Київська» та сучасні тенденції музейної науки» (Київ, 24-25 листопада 2005р.). – Київ: «Академперіодика», 2007. С. 447–452.
4. *Вязкова О.Е.* Природно-археологические системы: понятие, структура, этапы формирования и функционирования /Изв. Вузov. Геология и разведка, 2015. № 6. С. 57–59.
5. *Вязкова О.Е., Миннебаев И.С.* Современное состояние проблемы инженерно-геологических исследований при музеефикации археологических памятников / Материалы докладов XIV общероссийской конференции изыскательских организаций. 2018. С. 538–543.
6. *Ефремова Е.В.* Проблемы музеефикации объектов археологического наследия в России в отечественных исследованиях 1961-2012 гг.
7. *Кайдалов А.И., Сечко Е.А.* Археологические исследования в Курганском музее: история и перспективы /В сборнике: АРХЕОЛОГИЯ СРЕДНЕГО ПРИТОБОЛЬЯ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ. Материалы межрегионального круглого стола, посвященного 50-летию Курганской археологической экспедиции. Под редакцией Д.Н. Маслюженко (отв. ред.), И.К. Новикова. 2016. С. 136–139.
8. *Кепин Д.В.* Дефиниция понятия «музей-заповедник» /Искусство и культура. 2016. № 1 (21). С. 80–87.
9. *Ковешникова Е.А.* Музеефикация археологических и палеонтологических памятников в Кемеровской области /В сборнике: Образовательные стратегии и инициативы в этнокультурном развитии регионов Большого Алтая материалы международной научно-практической конференции. Под ред. И.Р. Лазаренко. 2016. С. 93–99.
10. *Паршикова Т.С.* Опыт музеефикации археологических памятников Алтайского края: проблемы и перспективы /Известия Алтайского государственного университета. 2017. № 5 (97). С. 213–217.
11. *Покровская А.Ф., Евдокимова М.А.* Характеристика сети археологических музеев-заповедников России /Ученые записки музея-заповедника «Томская Писаница». 2017. № 5. С. 22–30.
12. *Серегин Н.Н., Паршикова Т.С.* К проблеме оценки туристско-рекреационного потенциала археологических комплексов степной части Алтайского края /Известия Алтайского государственного университета. 2015. № 4-1 (88). С. 231–235.
13. *Федоров-Давыдов Г.А., Булатов Н.М.* Археологические музеи-заповедники (проблемы и перспективы) / Методические основы охраны и использования памятников археологии. Сб. научн. трудов. М., 1987. С. 111–119.
14. *Яковлева Е.А., Лопатин Н.В., Михайлов А.В.* Археологический парк на Труворовом городище : основные предпосылки и принципы проектирования / Археология и история Пскова и Псковской земли. С. 292-300.

## ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ СУБАКВАЛЬНЫХ ФЛЮИДОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

*Миронюк С. Г. (Центр анализа сейсмических данных МГУ им М. В. Ломоносова, [mironyuksg@gmail.com](mailto:mironyuksg@gmail.com))*

### **Аннотация**

Показано широкое распространение в морях разного типа, омывающих берега РФ, флюидогенных образований методы изучения и оценки опасности которых еще недостаточно разработаны. На морском дне они представлены как положительными, так и отрицательными микро-и мезоформами рельефа. Приведены примеры, иллюстрирующие их опасность для подводных сооружений.

### **Ключевые слова**

Флюид, флюидопроявления, флюидогенные деформации, моря, мезо-и микрорельеф, грязевой вулканизм, соляные диапиры, бугры газового вспучивания, покмарки, газовые факелы

За последние десятилетия, благодаря новым технологиям морских исследований (многолучевое эхолотирование (МЛЭ), гидролокация бокового обзора (ГЛБО), сейсморазведка высокого разрешения и др.) существенно изменились наши представления о масштабах флюидопроявлений в морских бассейнах, воздействии флюидов на процессы литогенеза и рельефообразования. Во всех морях, омывающих берега России, в различных их батиметрических областях были выявлены прямые и косвенные следы фокусированной разгрузки флюидов на морском дне, включая: жидкие и газообразные углеводороды, пласты глин, солей и т. д. Обнаружено, что флюидодинамические потоки, помимо ранее известных солянокупольных и грязевулканических образований, создают и иные специфические как положительные, так и отрицательные донные формы мезо- и микрорельефа.

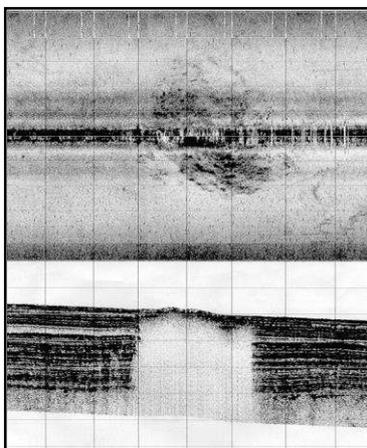
С восходящими напорными потоками флюидов связаны, помимо диапировых структур, т. н. «флюидогенные деформации»: воронки и грабены проседания, сбросы и надвиги покровного типа и др. [7]. Места концентрированной разгрузки часто маркируются ореолами биохеогенных аутигенных карбонатных образований, в частности икаитом, полями железомарганцевых конкреций.

Выработано правило [2] обходить участки дна с сильно пересеченным рельефом, газовыми проявлениями, развитием грязевого вулканизма и др. Ниже мы проанализируем лишь отдельные стороны рассматриваемой проблемы на примере ФО распространенных в морях разного типа (Черном, Баренцевом, Карском и др.). Ранее [8], на примере Азово-Черноморского бассейна, была дана характеристика грязевых вулканов, перечислены наиболее опасные для сооружений явления, прямо или косвенно связанные с грязевулканическими извержениями и т. д.

В настоящем сообщении рассматриваются, в основном, лишь ФО меньших размеров (бугры газового вспучивания, сопки, грифоны и др.), соизмеримые по масштабу с морскими техногенными объектами. Как и подводные грязевые вулканы, указанные ФО представляют собой сложные флюидодинамические системы, в которых происходят процессы выноса газов, вод и твердых частиц из недр на морское дно.

Как правило, восходящие фокусированные потоки флюидов до момента их разгрузки, приподнимают вышележащие отложения, образуя купола, которые выражены в рельефе округлыми в плане положительными формами: буграми, холмами и иными неровностями рельефа. Такие морфоскульптуры часто называют буграми газового вспучивания (domes). Впервые вертикальные потоки флюидов, создающие

купола и сопки были зафиксированы в верхней части геологического разреза в ходе изысканий для строительства газопровода «Голубой поток» (Черное море) около 20 лет назад и получили название «диапироподобные структуры» (рис.1).

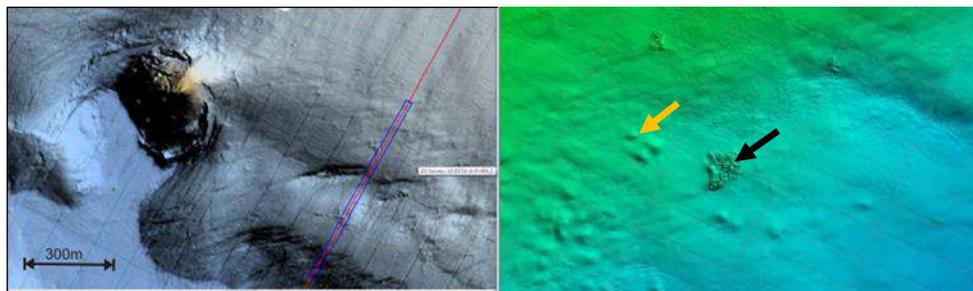


**Рисунок 1.** Место фокусированной разгрузки флюидов вблизи трассы газопровода «Голубой поток». Вверху на сонограмме сопка высотой около 3 м и диаметром 120-140 м, внизу (зона осветления) «диапироподобная структура» (профилограмма)

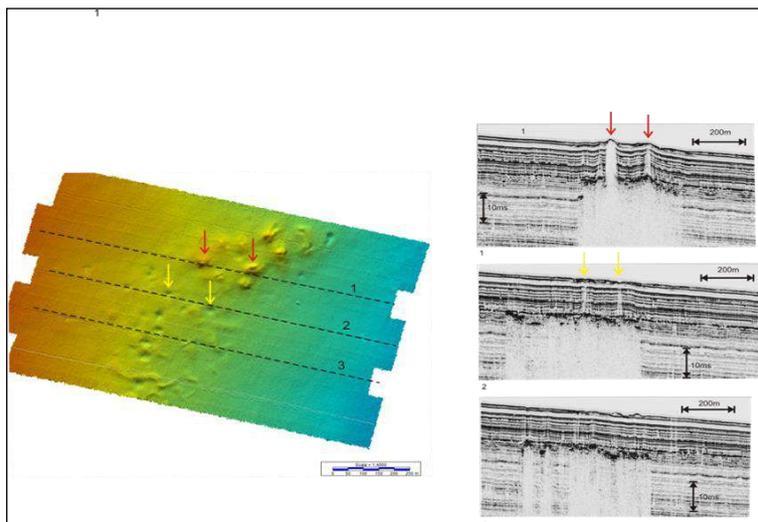
Моря с коллизионным (орогенным) типом тектонического режима (Черное море)

Моря с указанным типом тектонического режима, котловины которых выполнены мощной толщей глинистых отложений характеризуются многочисленными и масштабными флюидопроявлениями.

В Черном море, в ходе инженерно-геологических изысканий для строительства трубопроводов, скважин, выбора площадок установки буровых платформ нами обнаружены: грязевые вулканы и сопки (рис.2), глиняные диапиры, дома и покмарки (рис.3), флюидогенные деформации (рис. 4), газогидраты.

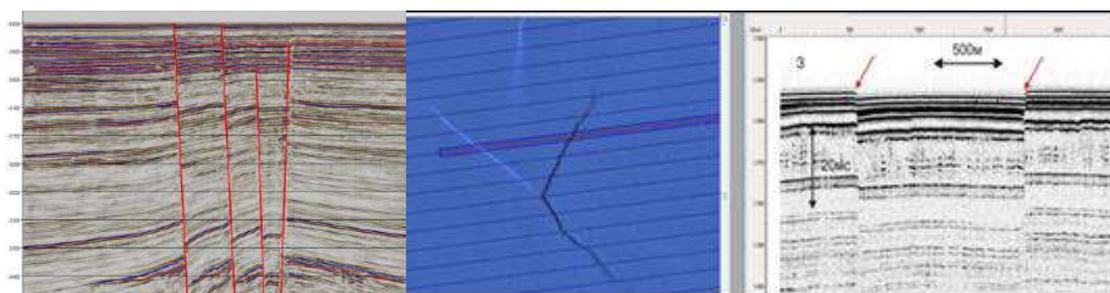


**Рисунок 2.** Слева - активный грязевой вулкан «Нефтяной». Высота 25 м, размеры основания 500x400 м. Минимальное безопасное расстояние от кратера – не менее 500-600м. Справа - грязевая сопка (черная стрелка) размером 170x210 м, высотой 3,5 м, возникшая на месте группы домов (желтая стрелка)



**Рисунок 3.** Домы (красные стрелки) и покмарки (желтые стрелки) на дне Западно-Черноморской впадины. Слева - цифровая модель рельефа; справа - профилограммы

К числу важных результатов сейсморазведки МОГТ-2D М на участке детальных исследований в центральной части Черного моря относится выявленное куполообразное поднятие (диапир) с системой разнонаправленных разрывных нарушений (рис. 4, слева). В сводовой части этого поднятия в приразломных частях зафиксированы многочисленные амплитудные аномалии типа «яркое пятно» вызванные скоплениями газа в осадках. Выделенные разрывные нарушения в форме пликативных и дизъюнктивных дислокаций проявились и на дне моря (рис. 4, справа). Образование разрывов связано с проседанием ограниченного ими блока. Амплитуда разрывов уменьшается снизу-вверх от 3 м на глубине 28 м до 1 м и менее - на поверхности дна.



**Рисунок 4.** Слева- фрагмент сейсмического временного разреза (до глубины 350 м ниже поверхности дна) по профилю, пересекающего Западно-Крымский разлом; справа - современные разрывные нарушения

#### Моря с платформенным тектоническим режимом (Азовское море)

В Азовском море изыскания выполнялись в береговой зоне и в окрестностях г. Темрюк (Таманский полуостров) (2012 г.) и в Керченском проливе (2015 г.). Оба участка расположены в пределах Индоло-Кубанского краевого прогиба. На Таманском полуострове и в Азовском море представлены все известные формы грязевулканических проявлений: вулканы, грязевые сопки, сальзы, грифоны. Распространены вулканы: наземные и морские. По степени активности и положению в

геологическом разрезе выделяют вулканы, соответственно, действующие и потухшие; открытые и погребенные [8,15].

Нами был обследован подводный действующий грязевой вулкан «Тузлинский» приуроченный к зоне активного разлома Керченского пролива [10]. Вытянутая с юга на север структура вулкана представляет собой отчетливо выраженное в рельефе округлое поднятие с перепадом высот около 3 м и линейными размерами около 90х60 м (рис.5).



**Рисунок 5.** Грязевой вулкан «Тузлинский» (слева- мозаика ГЛБО, справа – модель рельефа по данным МЛЭ)

Уникальное ФО было обследовано нами в 2012 г. в районе м. Каменный. Здесь в 2011 г. результате давления газов, с последующим их выбросом, произошло выпирание грунта в районе пляжа и прилегающего подводного склона [3,9,13] (рис. 6). ФО длиной 280 м и шириной 100 м имело выпуклую поверхность. Максимальная амплитуда поднятия в пределах береговой линии достигала почти 3,5 м. Скорость поднятия составила ориентировочно более 2 м/мес. Можно предположить, что возникновение поднятия связано с зарождением нового грязевого вулкана (эмбриональная стадия) или было обусловлено активизацией морского вулкана, который, по данным ГНЦ ФГУП «Южморгеология» (2007 г.) находится в 1000-1200 м к северу от описываемого ФО. Следует заметить, что аналогичные события, согласно наблюдениям И. Н. Гусакова (ООО «Поиск») имели место и раньше, в 2002 г. на склоне «горы» Зеленского (выброс и воспламенение газа) и в начале 2019 г. (г. Крымск).



**Рисунок 6.** Слева-участок выпирания грунта у м. Каменный (стрелка), справа-новообразованный уступ высотой 2,5 м

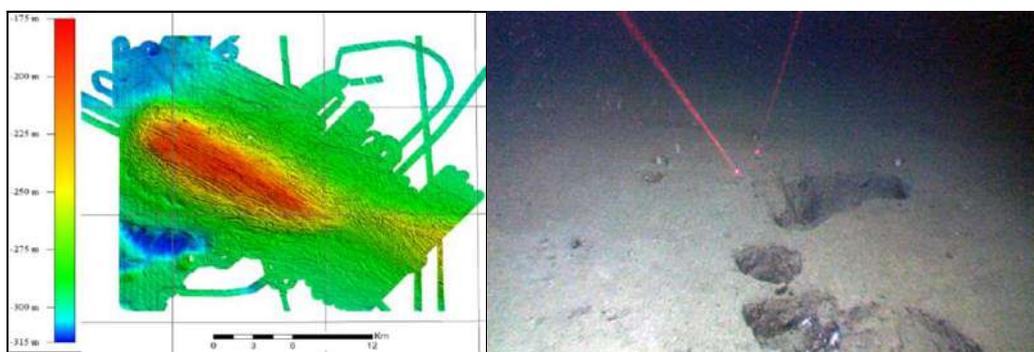
#### Западно-Арктические платформенные моря (Баренцево, Карское моря)

По сравнению с морями, расположенными в пределах альпийской складчатой области, в морях с платформенным тектоническим режимом ФО не имеют широкого распространения. Проявлений активного грязевого вулканизма на дне

рассматриваемых морей не обнаружено, за исключением отдельных вулканоподобных структур в Печерском и Карском морях, природа которых пока не ясна [6].

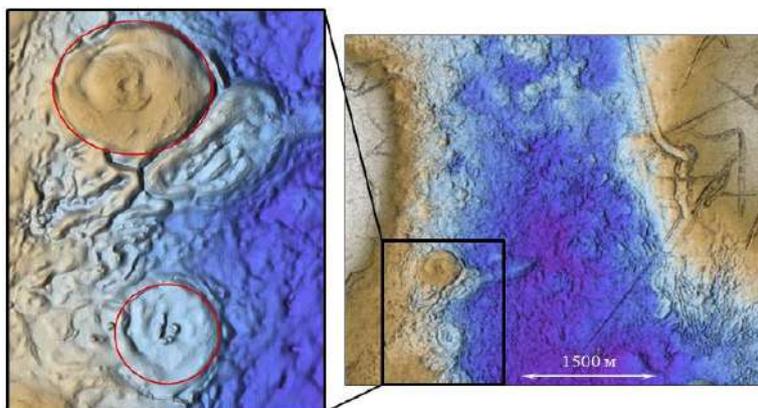
В ходе изысканий для строительства объектов обустройства Штокмановского газоконденсатного месторождения (Баренцево море) ни ГЛБО, ни эхолотированием не были обнаружены признаки современной разгрузки газов (газовые факелы) в водную толщу на участках распространения покмарок. Был сделан вывод, что изученные воронки газового выброса являются реликтовыми, и возникли в период голоценового послеледникового потепления или находятся в «спящей» стадии.

Характерными для Баренцево-Карского шельфа являются соляные диапиры [11]. Исследования российских [1,16], а в 2015 г. норвежских специалистов [17] в Баренцевом море выявили поднятия солянокупольного генезиса. Установлено, что поверхность одного из куполов, несет следы экзарационной деятельности древних айсбергов, покрыта покмарками глубиной 25-30 м и диаметром до 100 м. Исследования с помощью телеуправляемого необитаемого подводного аппарата (ТНПА) и эхолота показали, что на поверхности купола имеются вертикальные отверстия диаметром до 1 м, а в водной толще над ними – газовые факелы (рис.6).



**Рисунок 7.** Слева- соляной купол на юге Баренцева моря (прогиб Тиддли). Размеры: длина 11,5 км, ширина 8-10 км, высота 50-80 м. Глубина моря 190-270 м. Справа- отверстия в донных отложениях диаметром 20-100 см.

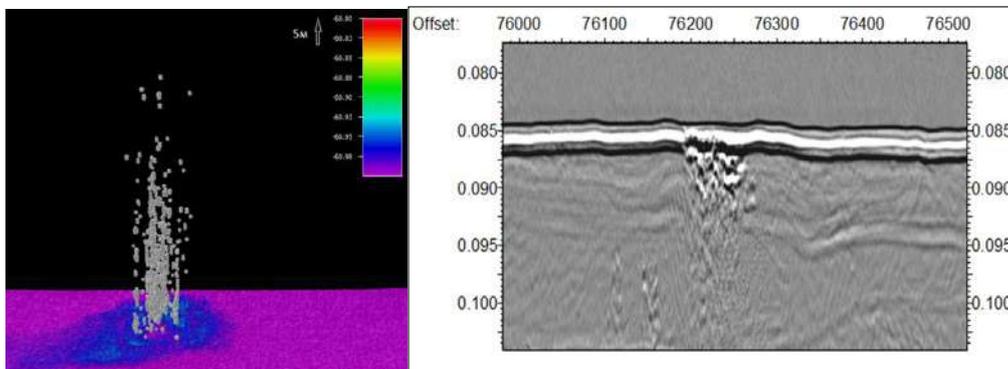
Своеобразные ФО обнаружены в Карском море в пределах Южно-Карского свода. Здесь по данным МЛЭ выделяется несколько десятков округлых поднятий на морском дне различных размеров. Самые крупные ФО такого типа диаметром до 400 м и высотой до 30-40 м располагаются в юго-западной части площади (рис. 7). По ряду признаков можно предположить их грязевулканическое происхождение.



**Рисунок 8.** Специфические округлые образования по данным батиметрии морского дна (Карское море)

*Лаптевоморский шельф с признаками кайнозойского рифтогенеза*

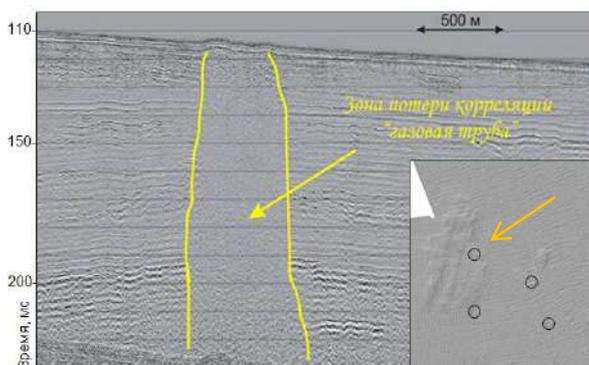
Рифтогенный режим моря Лаптевых обусловил высокую сейсмичность акватории и повышенную интенсивность флюидопроявлений [4,5]. Высокую степень опасности для морских сооружений среди ФО представляют, как и в других морях, дома и активные покмарки (рис. 8).



**Рисунок 9.** Пример газовых факелов, приуроченных к активным покмаркам (слева - данные съемки МЛЭ, справа- временной разрез по профилю, пересекающего неглубокую одиночную покмарку с признаками вертикальной миграции газа к поверхности дна – данные сейсморазведки сверхвысокого разрешения) (обработка данных МЛЭ выполнена Д. О. Тюрюковой)

*Моря в пределах Тихоокеанского сейсмического пояса (на примере Охотского моря, участок северо-восточного шельфа).*

Охотское море, наряду с морем Лаптева, относится к бассейнам активной подводной разгрузки флюидов в связи с повышенной тектонической раздробленностью земной коры и, соответственно, флюидного морфолитогенеза. Оно является пока единственным морем в регионе, где обнаружены, такие специфические ФО как газогидратные «бугры и ямы» [12]. Повсеместно присутствуют одиночные покмарки и их скопления, нередко приуроченные к участкам морского дна расположенных непосредственно над месторождениями углеводородов. Установлено, например, что над центральной частью Киринской структуры в перекрывающих залежь породах отчетливо выделяется «газовая труба» (субвертикальный канал миграции газа), приуроченная к сбросу (рис. 8).



**Рисунок 10.** Вертикальная зона миграции флюида и сопка (врезка) с покмарками (в черных кружках) по данным сейсморазведки высокого разрешения и батиметрии морского дна

Выход флюида, содержащего глинистый материал, привел к образованию на поверхности дна непосредственно над «газовой трубой» пологого бугра (сопки) размером 600×400 м и высотой до 1,5 – 2 м, сложенного, в отличие от окружающих его песчаных отложений, супесью. Бугор имеют овальную форму, слегка вытянут в ЮЮЗ-ССВ направлении (195° - 15°) (см. врезку на рис.8). На бугре и на прилегающей к нему площади морского дна наблюдаются наибольшее для рассматриваемого участка скопление покмарков. Их глубина составляет первые метры, диаметр 5-20 м. Учитывая высокую степень опасности данной структуры при обустройстве месторождения было принято решение перенести часть подводного оборудования на безопасное расстояние от описанного выше ФО.

Таким образом, весь имеющийся материал дает основание включить в перечень морских геологических опасностей разнообразные ФО и дополнить раздел 6.8 СП 11-114-2004 [14] соответствующими требованиями к изысканиям в районах их развития. Наиболее распространенными мезо- и микроформами флюидогенного типа рельефа являются воронки газового выброса (покмарки), купола (домы) и грязевые сопки. В зависимости от геологических, геохимических, термобарических и др. условий разгрузки флюидов, положительные формы рельефа могут быть сложены газо-и газогидратонасыщенными породами, а также дисперсными осадками аномальными по своему составу и свойствам. Изучение ФО требует специальных исследований в несколько этапов. На ранних этапах работ допускаются экспертные оценки опасности ФО.

### Литературы

1. Абрамова А. С., Зарайская Ю. А. Использование сонарных данных многолучевого эхолотирования как метод идентификации неотектонических элементов в рельефе на примере южной части Баренцевоморского шельфа//Проблемы тектоники континентов и океанов. Материалы LI Тектонического совещания. М.: ГЕОС. С. 8-13.
2. ВН 39-1.9-005-98. Нормы проектирования и строительства морского газопровода. М.: ОАО «Газпром», 1998. 20 с.
3. Гусаков И. Н. Новые сведения о проявлении грязевулканической деятельности на Северо-Западном Кавказе// Геология и полезные ископаемые Мирового океана. №4 (38). 2014. С. 118-122.
4. Коллюбакин А. А., Миронюк С. Г., Росляков А. Г. и др. Применение комплекса геофизических методов для выявления опасных геологических процессов и явлений на шельфе моря Лаптевых / А. А. Коллюбакин, С. Г. Миронюк, А. Г. Росляков и др. // Инженерные изыскания. 2016. № 10-11. С. 38–52.
5. Коллюбакин А. А., Росляков А. Г., Миронюк С. Г. и др. Изучение приоритетных геологических опасностей при подготовке к поисково-разведочным работам на шельфе моря Лаптевых // Инженерные изыскания. 2017. № 10. С. 36–52.
6. Крапивнер Р.Б. Признаки неотектонической активности Баренцевоморского шельфа? //Геотектоника. 2007. № 2. С. 73-89.
7. Мейснер Л. Б., Туголесов Д. А. Флюидогенные деформации в осадочном выполнении Черноморской впадины// Разведка и охране недр. №7. 1997. С. 18-21.
8. Миронюк С. Г. Грязевые вулканы Азово-Черноморского бассейна и прилегающей территории и оценка их опасности для зданий и сооружений//Геориск. №3. 2010. С. 20-28.

9. Миронюк С. Г., Отто В. П. Газонасыщенные морские грунты и естественные газовыделения углеводородов: закономерности распространения и опасность для инженерных сооружений// Геориск, № 2. 2014. С. 8-18.
10. Миронюк С. Г., Росляков А. Г., Корост Д. В. Геологические опасности Керченского пролива // Геориск. 2016. № 4. С. 20–31
11. Никишин В.А. Эвапоритовые отложения и соляные диапиры прогиба Урванцева на севере Карского моря// Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4.Геология. 2012. № 4. С. 54-57
12. Обжиров А. И., Пестрикова Н. Л., Шакиров Р. Б. и др. Районы газогидратопроявления в пределах Охотского моря//Вестник ДВО РАН. 2007. № 1. С.42-51.
13. Попков В. И., Фоменко В. А., Е. А. Глазырин Е. А., Попков И. В. Катастрофическое тектоническое событие лета 2011 года на Таманском полуострове// Доклады Академии наук. 2013. Том 448. № 6. С. 680-683.
14. СП 11-114-2004. Инженерные изыскания на континентальном шельфе для строительства
15. Шнюков Е. Ф., Шереметьев В. М., Маслаков Н. А. и др. Грязевые вулканы Керченско-Таманского региона. Краснодар: ГлавМедиа, 2006.176 с
16. Юрченко А. Ю., Ахманов Г. Г. Флюидоразгрузка и современные геологические процессы в центральном Баренцевом море: результаты 18-го рейса Плавучего Университета ЮНЕСКО-МГУ // Материалы научной конференции "Морская биология, геология, океанология - междисциплинарные исследования на морских стационарах", посвященной 75-летию Беломорской биологической станции им. Н.А. Перцова. Т-во научных изданий КМК Москва, 2013. С. 333–335.
17. Вøе R., Bellec V., Sigrid Elvenes S., Jørgensen L. L. Salt diapir and gas leakage onTiddlybanken.[http://www.mareano.no/en/news/news\\_2013/salt\\_diapir\\_and\\_gas\\_leakage\\_on\\_tiddlybanken](http://www.mareano.no/en/news/news_2013/salt_diapir_and_gas_leakage_on_tiddlybanken)

## ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ НА ПРИМЕРЕ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА В РАЙОНЕ ПРОЛИВА НЕВЕЛЬСКОГО

*Музыка Дмитрий Сергеевич*  
*Научный руководитель Буфеев Фёдор Константинович*  
*МГРИ-РГГРУ*

### **Аннотация:**

В данном докладе рассмотрены частные примеры оптимизации анализа обработки материалов инженерно-геологической съемки с помощью применения современных информационных технологий. Практика показала, что использование фотоаппаратов с функцией записи местоположения, программ GeoSetter, AndroidTS GPS Test, Microsoft Excel, AutoCAD способствуют росту точности и надежности получаемой информации, а также увеличению скорости обработки информации на камеральном этапе работ.

**Ключевые слова:** инженерно-геологическая съемка, современные информационные технологии, методология инженерно-геологической съемки, geosetter, AndroidTS GPS Test, Microsoft Excel, AutoCAD.

Оптимизация методов получения и обработки информации в ходе изысканий, что позволяет сократить время выполнения поставленных задач, а соответственно и общую стоимость, является целью, которая преследуется не только исполнителем, будь то организация, ответственная за выполнение работ, или конкретный работник, но и заказчиком. Как нельзя кстати на помощь приходят современные информационные технологии, внедряемые на всех этапах производства изысканий.

В качестве примера были использованы материалы производственной практики на инженерно-геологических изысканиях для разработки основных проектных решений (ОПР) по объекту и документации по планировке территории (ППТ) строительства транспортного перехода через пролив Невельского на объекте «Строительство железнодорожной линии Селихин – Ныш с переходом пролива Невельского».

Согласно ГОСТ 16350-80 «Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей» территория района относится к умеренно-холодному, влажному климату<sup>[1]</sup>. Сильное влияние на формирование климата района оказывает Охотское море. Климатической особенностью района также являются ярко выраженное распространение микроклимата и изменчивость погоды в течение суток.

Рельеф материковой и островной частей рассматриваемой территории резко различен: на береговой части о. Сахалин развиты песчаные пляжи различной ширины, интенсивно размываемые, берег на материковой части района представляет собой абразионный уступ, у подножья которого прослеживается полоска узкого песчаного пляжа, местами с глыбовыми высыпками.

Гидрологический режим района формируется под влиянием ряда факторов, основными из которых являются: климатические условия, приливно-отливные явления, характер водообмена с Татарским проливом и Охотским морем, а также сток реки Амур.

Участок проектируемого перехода через пролив Невельского ограничен береговыми выступами северо-восточной части Сихотэ-Алинского вулканического пояса (Хабаровский край) и пологим берегом западной части Северо-Сахалинского осадочного бассейна (Сахалинская область).

Геологическое строение материковой и островной частей рассматриваемой территории резко различно. На материке широко развиты скальные вулканогенные породы (порфириды, туфоконгломераты, туфолавы и пр.), на островной части, на сотни метров в глубину по разрезу, распространены осадочные (пески, глинистые грунты с прослоями торфов в верхней части разреза).

Подземные воды подрусловой толщи пролива приурочены к трещиноватым погребенным изверженным породам скального массива и рыхлым песчано-галечниковым накоплениям. На материковом участке подземные воды фиксируются в рыхлых, преимущественно четвертичных образованиях делювиального склона; трещиноватых изверженных скальных породах. В островной части подземные воды приурочены к песчаной толще, разделенную суглинистыми и глинистыми прослоями четвертичного возраста.

В районе работ отмечены следующие экзогенные геологические процессы и явления: выветривание, склоновые процессы; заболачивание местности, формирование болот, накопление торфа; мерзлотные явления: термокарстовые озера, бугры пучения; абразия морского берега; эрозионные процессы в ручьях и речных долинах; эоловые процессы, перемещение песчаных масс, формирование дюн и эоловых бугров.

Инженерно-геологическая съемка — комплексный метод получения информации о наборе компонентов инженерно-геологических условий некоторой территории путем наблюдений и описания свойств геологической среды и дешифрирования аэро/космофотоснимков, дополненных другими методами (горно-буровыми, геофизическими, опробованием). Территорией съемки могут быть район предполагаемого хозяйственного освоения; вариант трассы линейного сооружения; вариант строительной площадки, реже выбранная строительная площадка. Съемка ведется с целью обоснования схем развития и размещения отраслей промышленности и народного хозяйства (зонирование территории); сравнительной оценки геологических условий строительства сооружений на намеченных вариантах, проводимой для выбора площадки размещения сооружения (трассы); решения вопросов размещения отдельных сооружений на строительной площадке и специальных вопросов разработки прогноза изменения свойств геологической среды при освоении территории. Основным продуктом инженерно-геологической съемки всегда является карта инженерно-геологических условий с пояснительной запиской.

Инженерно-геологическая съемка включает: наземные и аэровизуальные наблюдения, дешифрирование космоснимков, горные и буровые работы, инженерно-геологическое опробование, геофизические работы, некоторые специальные методы (зондирование, пенетрационно-каротажный и др.). Состав работ, входящих в инженерно-геологическую съемку, может несколько изменяться в зависимости от природных, в том числе и геологических, условий и масштаба съемки. В процессе проведения инженерно-геологической съемки получают данные, используемые для составления карты инженерно-геологических условий.

Рассматриваемые примеры использования современных информационных технологий касаются получения и обработки информации из маршрутных наблюдений с описанием точек наблюдения и прохождением малых горных выработок (закопушек, расчисток и пр.) Так, для получения фотоматериалов с точек наблюдения использовался фотоаппарат с функцией записи местоположения на основе системы GPS. Эта функция позволяет дополнительно верифицировать визуальную информацию,

подтвердить принадлежность фотоматериалов к соответствующим точкам наблюдения в районе работ. Не стоит забывать и о том, что, записанная в электронном формате, эта информация с легкостью переносится в любые инструменты дальнейшей обработки информации на камеральном этапе изысканий.

Информация о точном местоположении точек наблюдения для надежности может дублироваться в памяти почти любого смартфона на базе Android с помощью программы AndroiTS GPS Test, особенно в случае если фотоаппарат теряет связь со спутниками - таким образом телефон послужит подстраховкой. Так же с помощью данной программы или аналогичной ей возможно полевое нанесение информации о широтном простираннии границ геоморфлогических элементов или других площадных объектов с помощью функции записи трека маршрута. Таким образом достигается довольно высокая степень достоверности выделенных границ в виду того, что они в дальнейшем обрабатываются и наносятся на графические приложения не на основе прерывистых данных, а на основе постоянного прослеживания<sup>[2]</sup>.

При анализе собранной информации крайне важна карта фактов, позволяющая оценить изменчивость фактических данных, отраженных на топографической основе или космоснимках, в пространстве. Для достижения наибольшей эффективности создается интерактивная карта фактов на основе Google Планета Земля, в которой возможно с точной привязкой к координатам отразить на космоснимках фотоматериалы с точек наблюдения, сами точки наблюдения, треки маршрутов и площадные объекты. Кроме того, подвижный масштаб интерактивной карты открывает массив собранной информации для рассмотрения с разных перспектив, что также может помочь при дешифрировании космоснимков. Для привязки фотографий к местоположению на космоснимке формируется файл в формате KMZ с помощью программы Geosetter, которая позволяет обрабатывать большие массивы материалов, что экономит не только время, но и силы, которые затрачиваются при ручном наборе координат точек, а также позволяют избежать ошибок, связанных с человеческим фактором, когда по случайности возникают опечатки, недостаток или избыток символов. В результате создается потенциально более совершенная интерактивная карта фактов, на основе которой производится дальнейшая интерпретация информации в ходе камерального этапа работ.

Наиболее распространенным программным обеспечением, используемым в инженерной геологии для создания графических приложений, карт, колонок и пр. является система проектирования AutoCAD. Одним из преимуществ AutoCAD является использование векторной графики, основанный на математическом описании элементарных геометрических объектов, что так же, как и вышеупомянутая интерактивная карта, открывает доступ к динамичному масштабированию без потери разрешающей способности графического приложения. Однако зачастую возникают проблемы при переносе данных в том числе и с интерактивной карты на топографическую основу в виду использования разных систем координат для привязки местоположения и форматов используемых файлов. А именно, файлы, созданные для работы в инструментарии Google Планета Земля не могут быть напрямую импортированы в AutoCAD за счет различий в структуре этих программ, более того, в частных случаях даже данные, занесенные в исходные файлы, записаны в неподходящей для созданной топ. основы системе координат. В таком случае путем из файлов формата KMZ или KML извлекается информация о точках наблюдения, с помощью конвертера производится изменение массива координат, после чего они заносятся в специально созданную таблицу в рабочем пространстве Microsoft Excel. Инструментарий Microsoft Excel также позволяет работать с массивами данных, поэтому создается специальная команда, которая в свою очередь формирует массив



команд для внесения координат точек в рабочее поле AutoCAD. Подобный четкий, хотя и далёкий от совершенства, алгоритм сохраняет огромное количество времени именно благодаря относительной автоматизации процесса, которая с приходом сложной вычислительной техники проникает во все сферы жизни, упрощая, а иногда и вовсе сводя до минимума монотонную работу в таких многофакторных областях, как геология, где на специалистах лежит огромная ответственность за плоды их трудов.

### **Литература**

1. ГОСТ 16350-80 «Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей»
2. Бондарик Г.К. Методика инженерно-геологических исследований М.: Недра, 1986

## ТРАНСФОРМАЦИЯ СОСТАВА ПРИРОДНЫХ ВОД В ПРЕДЕЛАХ ОДНОЙ ИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗОН В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

*Мусин Р. Х.\* (Казанский федеральный университет, Rustam.Musin@kpfu.ru),  
Галиева А.Р. (Казанский федеральный университет, abdullina\_albina94@mail.ru),  
Кудбанов Т. Г. (Казанский федеральный университет, ferrum828@gmail.com)*

**Аннотация.** В статье рассматриваются особенности состава поверхностных и подземных вод в окрестностях одной из крупных промышленных зон Татарстана во временном интервале 1979–2018 гг., особенности состава подземных вод на одной из промплощадок, а также в районе действующего полигона захоронения промышленных отходов. Показано, что максимальной трансформации состав природных вод подвержен в пределах и ближайшей окрестности действующего полигона захоронения отходов, при этом на удалении 1,0-1,5 км от него признаки загрязнения исчезают.

**Ключевые слова:** подземные и поверхностные воды, промышленная зона, нефтехимическое производство, качество воды, загрязнение

Одними из основных проблем современности являются проблемы загрязнения окружающей среды и ухудшения качества её основных компонентов. Максимальной интенсивности это загрязнение достигает в пределах и окрестностях крупных промышленных зон, а также в районах разработки месторождений полезных ископаемых. В статье рассматриваются характер и особенности влияния на гидросферу одной из промышленных зон в Республике Татарстан, функционирующей более 50 лет.

Татарстан характеризуется довольно значительным промышленным и сельскохозяйственным потенциалом. Здесь успешно функционируют предприятия машиностроения, нефтепереработки и нефтехимии, более 60-ти лет идет активная разработка нефтяных месторождений, отмечается существенный прирост выпуска сельскохозяйственной продукции. Рассматриваемая промышленная зона расположена в пределах залесённого водораздела с превышением над базисом эрозии до 160 м. Её площадь составляет около 20 км<sup>2</sup>. Геологический разрез представлен платформенной карбонатно-терригенной толщей пермского возраста. Он отличается многократным чередованием прослоев глин, песчаников, алевролитов, реже мергелей и глинистых известняков. Мощности отдельных прослоев редко когда превышают 6-8 м (табл. 1).

Таблица 1

Доля основных разновидностей пород в сложении  
приповерхностной части геологического разреза

Стратиграфический уровень	Мощность, м	Породный состав, %		
		Глины	Песчаники	Известняки
1 (верхний)	До 40-42	54	36	10
2 (средний)	77-79	67	28	5
3 (нижний)	79-80	80	12	8

Примечание. Алевролиты отличаются наименьшей распространённостью, они рассматриваются совместно с глинами.

Подземные воды (ПВ) формируют типичные междуречные потоки. Области их питания являются водоразделы, а областями разгрузки – речные долины. Разноуровневые водоносные горизонты связаны нисходящим перетеканием. Мощность зоны пресных ПВ достигает 250 м. Рассматриваемая промышленная зона

функционирует со второй половины 1960-х гг. В настоящее время в её пределах перерабатывается более 15 млн. т нефти в год. Стоимость ежегодно выпускаемой продукции составляет около 300 млрд. руб. (по данным с официальных сайтов предприятий промзоны).

Для выявления характера и степени изменения во времени качественных показателей химического состава природных вод использован следующий фактический материал: данные разномасштабных и разновременных геологосъемочных и тематических работ [1, 3, 6], результаты исследований одного из действующих полигонов захоронения промышленных отходов [4, 7]; собственные полевые и аналитические исследования одной из промплощадок (~2 км<sup>2</sup>, 2017 г.) и окрестностей промзоны (~220 км<sup>2</sup>, 2018 г.). Заимствованная из литературных источников аналитика воды включала компоненты, определяемые при сокращённом (по [5]) анализе воды. Собственная аналитика – определение pH, перманганатной окисляемости, содержаний основных ионов: HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, F<sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Li<sup>+</sup>; концентраций ряда тяжёлых металлов: Fe, Mn, Cd, Pb, As, Cr, Cu, Ni, Zn, а также нефтепродуктов. Ионный состав определялся на хроматографе Dionex ICS-1600, металлы детектировались на атомно-абсорбционном спектрометре ContrAA-700, а нефтепродукты – с помощью газового хроматографа Кристаллюкс-4000M.

Рассматриваемая промзона отличается максимально негативным воздействием на атмосферный воздух. Объёмы выбросов в атмосферу в 2015 г. составили около 75 тыс. т. Приоритетными загрязнителями являются диоксид серы (26%), диоксид азота (17%), оксид углерода (15%), смеси предельных углеводородов C1-C5, C6-C10 и C12-C19 (19%) [2]. Данные площадного гидрогеохимического изучения свидетельствуют о том, что каких-либо существенных изменений химсостава ПВ в верхней части разреза за последние 40 лет в окрестностях промышленной зоны не произошло (табл. 2).

Таблица 2

Особенности состава подземных вод верхней части разреза в окрестностях промзоны

Период времени	Кол-во проб	Минерализация, мг/л	Жёсткость, ммоль/л	Окисляемость, мгО/л	pH	Преобладающий тип воды
1979-1980 гг.	9	<u>382-509,5</u> 448,9±50,06	<u>3,8-6,0</u> 5,12±0,68	<u>1,1-5,7</u> 3,3±1,79	<u>7,4-8,4</u> 7,94±0,37	HCO <sub>3</sub> /Ca, HCO <sub>3</sub> /Mg-Ca
1994-1999 гг.	27	<u>347,6-623,2</u> 489,9±60,82	<u>4,1-7,6</u> 5,44±0,77	<u>1,28-4,48</u> 2,28±0,99	<u>6,7-8,1</u> 7,35±0,43	HCO <sub>3</sub> /Mg-Ca
2018 г.	16	<u>417,3-587,0</u> 482,8±36,72	<u>3,02-6,33</u> 5,38±0,76	<u>0,48-4,08</u> 1,60±1,35	<u>7,18-8,06</u> 7,43±0,22	HCO <sub>3</sub> /Ca, HCO <sub>3</sub> /Mg-Ca

Примечание. В этой и последующих таблицах в числителе – предельные значения (минимум-максимум), в знаменателе – среднее и стандартное отклонение.

В таблице приведены данные по родникам, составы вод которых не имеют существенного искажения за счет какого-либо локально проявленного загрязнения. Учитываемые родники дренируют обводнённую осадочную толщу, литологический состав которой отражён в таблице 1. Они близки по химическому составу ПВ, который определяется довольно кратковременным взаимодействием атмосферных осадков с породами разреза. В связи с этим, родниковые воды в таблице 2 не отнесены к каким-либо конкретным гидростратиграфическим уровням, а рассматриваются совместно для каждого периода времени. Удаление опробованных родников от ограничений промзоны составляет 0,4-6,0 км. Типы воды – по [5].

Поверхностные воды в пределах промзоны представлены верховьями ручьёв. В меженное время их существование связано лишь с разгрузкой подземных вод. В связи с этим, составы поверхностных и подземных вод близки (табл. 3, данные 2018 г.). При этом в первых отмечаются несколько более высокие уровни окисляемости и

концентраций  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ , что вероятно связано с аэрогенным загрязнением поверхности.

Таблица 3

Сопоставление составов подземных и поверхностных вод в окрестностях промзоны

Тип природных вод	Кол-во проб	Минерализация, мг/л	Жёсткость, ммоль/л	Окисляемость, мгО/л	pH	Нефтепродукты, мг/л	Преобладающий тип воды
Подземные	16	<u>417,3-587,0</u> 482,8±36,72	<u>3,02-6,33</u> 5,38±0,76	<u>0,48-4,08</u> 1,60±1,35	<u>7,18-8,06</u> 7,43±0,22	<u>0,020-0,065</u> 0,032±0,017	$\text{HCO}_3/\text{Ca}$ , $\text{HCO}_3/\text{Mg-Ca}$
Поверхностные	25	<u>240-614,9</u> 492,6±72,4	<u>2,24-7,09</u> 5,63±1,18	<u>0,48-6,08</u> 2,82±1,56	<u>6,97-8,08</u> 7,68±0,24	<u>0,004-0,19</u> 0,041±0,05	$\text{HCO}_3/\text{Ca}$ , $\text{HCO}_3/\text{Na-Ca}$

Несколько иная ситуация отмечается на промплощадках. На одной из них ПВ первого от поверхности водоносного горизонта приурочены с одной стороны к пермским глинисто-песчаным породам, а с другой – к четвертичным покровным суглинкам. Глубина его залегания 1,5-2 – 5-8 м. Второй от поверхности водоносный горизонт локализован в пермских песчаниках, кровля которых вскрывается на глубинах 10-20 м (табл. 4).

Таблица 4

Особенности состава подземных вод на одной из промплощадок

Водоносный горизонт	Кол-во проб	Минерализация, мг/л	Жёсткость, ммоль/л	Окисляемость, мгО/л	pH	Нефтепродукты, мг/л	Преобладающий тип воды
Первый от пов.	31	<u>264-1249</u> 772±232	<u>3,56-17,74</u> 10,02±3,63	<u>1,28-17,28</u> 5,39±3,59	<u>6,25-7,45</u> 6,85±0,29	<u>0,008-0,13</u> 0,045±0,033	$\text{HCO}_3/\text{Ca}$ , $\text{Cl-HCO}_3/\text{Ca}$ , $\text{HCO}_3/\text{Mg-Ca}$
Второй от пов.	6	<u>390-681</u> 560,7±119,1	<u>5,08-9,76</u> 7,51±2,01	<u>1,92-4,12</u> 3,48±0,82	<u>6,43-7,84</u> 7,25±0,53	Не определ.	$\text{HCO}_3/\text{Ca}$ , $\text{HCO}_3/\text{Mg-Ca}$

Примечание. В таблице приведены данные 2017 г.

Увеличение минерализации связано с концентрированием почти всех макро- и мезокомпонентов, а также Fe и Mn. Так содержания некоторых компонентов могут достигать (мг/л):  $\text{HCO}_3^-$  – 879;  $\text{Cl}^-$  – 267;  $\text{SO}_4^{2-}$  – 126;  $\text{NO}_3^-$  – 141;  $\text{Br}^-$  – 0,81; Fe – 4,16; Mn – 3,0. Подобная картина обусловлена локально проявленными утечками из многочисленных водоводов, аэрогенным загрязнением территории, а также более интенсивным выщелачиванием минерального матрикса подземными водами, которые приобрели большую углекислотную агрессивность. Содержания гидрокарбонат-иона в подземных водах рассматриваемого района, характеризующихся преобладанием природных факторов в формировании их химического состава, не превышают 380 мг/л. На промплощадке средняя концентрация  $\text{HCO}_3^-$  составляет 448 мг/л. Увеличение углекислотной агрессивности подземных вод может быть связано лишь с повышением парциального давления углекислого газа. Последнее возможно за счет хемо- и биодеструкции органического вещества. Обогащенность приповерхностной части промплощадки органическим веществом следует и из повышенной окисляемости ПВ (табл. 4) и вод систем поверхностного дренажа (табл. 5).

Таблица 5

Особенности состава вод системы поверхностного дренажа промплощадки

Кол-во проб	Минерализация, мг/л	Жёсткость, ммоль/л	Окисляемость, мгО/л	pH	Преобладающий тип воды
4	<u>349-433</u> 391±44	<u>4,14-5,02</u> 4,44±0,40	<u>3,86-7,89</u> 5,89±1,70	<u>7,09-7,91</u> 7,37±0,38	$\text{Cl-SO}_4\text{-HCO}_3/\text{Na-Ca}$

Максимальной трансформации состав подземных вод подвержен в пределах и ближайшей окрестности шламонакопителей и полигонов захоронения промышленных отходов. Характеристика одного из полигонов приведена в [4, 7]. Здесь минерализация

грунтовых вод может достигать 7–12 г/л; жесткость 70–135 ммоль/л; концентрации наиболее характерных загрязнителей (мг/л): нефтепродукты – до 500–982; фенолы – до 13,9; железо общее – до 153 (преобладающий гидрогеохимический тип воды – хлоридно-гидрокарбонатный натриево-кальциевый). Правда, уже на небольшом удалении от полигона (150-200 м) возможно снижение концентраций многих компонентов-загрязнителей на 1-2 порядка. Детальный анализ гидрогеологических условий этого действующего полигона захоронения промышленных отходов позволил выявить, что загрязнение ПВ связано с инфильтрацией и нисходящей фильтрацией первичных атмосферных осадков, преобразованных процессами взаимодействия в системе “вода-отходы”, и, в меньшей степени, жидких отходов. Отходы полигона могут быть поставщиками в ПВ сульфатов, хлоридов, железа, бария (?), а также нефтепродуктов, фенолов, формальдегида, бензола, толуола, ксилола, этилбензола (при этом высокие – более чем в 10 раз – превышения ПДК характерны только для железа и тесно скоррелированных друг с другом органических веществ). Поведение же большей части остальных макро- и микрокомпонентов наиболее адекватно описывается моделью интенсивного выщелачивания из минерального матрикса агрессивными углекислотными водами с концентрациями гидрокарбонатов свыше 800–1000 мг/дм<sup>3</sup> (содержания  $\text{HCO}_3^-$  в полигонных фильтрах могут достигать 4-8 г/дм<sup>3</sup>). Процессы самоочищения подземных вод приводят к тому, что уже на удалении 1,0-1,5 км от полигона (по направлению фильтрационного потока) признаки загрязнения подземных вод, вызванные функционированием полигона, - отсутствуют. Таким образом, довольно существенные изменения химического состава подземных вод в пределах одной из крупных промышленных зон Республики Татарстан отмечаются лишь в пределах и ближайшей (100-300 м) окрестности различных полигонов захоронения отходов нефтехимического производства. По мере удаления от них признаки загрязнения постепенно исчезают. Высокие буферные свойства природной среды данной промзоны и определяют неизменность во времени химического состава ПВ в её окрестностях (табл. 2).

### Литература

1. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200000. Серия средневожская. Листы: N-39-IV, N-39-V, N-39-VI. Объяснительная записка /Б.И. Фридман, И.М. Задорожный. М. 1990. 234 с.
2. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2015 г. Казань, 2016. URL: [http://eco.tatarstan.ru/rus/file/pub/pub\\_619802.pdf](http://eco.tatarstan.ru/rus/file/pub/pub_619802.pdf)
3. Мусин Р. Х. Техногенные изменения в гидrolитосфере Республики Татарстан // Недропользование XXI век. 2013. № 5 (42). С. 61-66.
4. Мусин Р. Х., Мусина Р. З. О влиянии на гидrolитосферу полигонов захоронения промышленных отходов //Недропользование XXI век. 2014. № 1 (45). С. 84-87.
5. Отраслевой стандарт. Воды подземные воды. Классификация по химическому составу и температуре. М.: ВСЕГИНГЕО, 1986. 12 с.
6. Сунгатуллин Р. Х. Комплексный анализ геологической среды: на примере Нижнекамской площади. Казань: Мастер-Лайн. 2001. 140 с.
7. Musin R. Kh., Kurlyanov N. A., Kalkamanova Z. G., Korotchenko T. V. Environmental state and buffering properties of underground hydrosphere in waste landfill site of the largest petrochemical companies in Europe // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2016. V. 33.

## ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ПОДТОПЛЕНИЯ ОДНОЙ ИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЛОЩАДОК В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

*Мусин Р. Х. \* (Казанский федеральный университет, Rustam.Musin@kpfu.ru),  
Галиева А.Р. (Казанский федеральный университет, abdullina\_albina94@mail.ru),  
Кудбанов Т. Г. (Казанский федеральный университет, ferrum828@gmail.com),  
Курлянов Н. А. (СургутНИПИнефть, nikitakurlyanov@gmail.com)*

**Аннотация.** В статье рассматриваются природно-техногенные условия одной из промплощадок в Республике Татарстан. Раскрываются причины её подтопления и даются рекомендации по снижению уровня грунтовых вод.

**Ключевые слова:** подтопление, промплощадка, грунтовые воды, инфильтрационное питание, режимные наблюдения, балансовые расчеты

Одним из негативных факторов функционирования промышленных объектов, промплощадок, городских поселений является подтопление их территорий. Обычно оно бывает вызвано усилением питания или ухудшением условий разгрузки грунтовых вод. Подтопление ведет к ухудшению санитарно-эпидемиологической обстановки, снижению несущих свойств грунтов и т.д. [1, 2, 6].

Республика Татарстан характеризуется развитыми отраслями машиностроения, нефтехимии и нефтепереработки; довольно интенсивной разработкой нефтяных месторождений и интенсивным сельскохозяйственным производством.

В середине 2000-х годов началось строительство нового нефтеперерабатывающего предприятия в непосредственной близости от уже функционирующих крупных предприятий аналогичного и нефтехимического профиля. В 2011 г. оно выдало первую продукцию, при этом возведение необходимых производственных объектов завершено лишь на половине промышленной площадки. В настоящее время строительство необходимых новых инженерных сооружений и проведение различных коммуникаций продолжается параллельно с выпуском промышленной продукции. Застроенная и функционирующая часть промышленной площадки (~2 км<sup>2</sup>) испытывает подтопление.

Промплощадка располагается в осевой части довольно крупного и пологого первично залесённого водораздела. В ненарушенных природных условиях уклон земной поверхности составлял 0,018. Верхняя часть геологического разреза сложена комплексом карбонатно-терригенных пермских платформенных отложений, которые перекрываются комплексом покровных элювиально-делювиальных четвертичных суглинков. Мощность покровных суглинков увеличивалась до 15–20 м в направлении уклона земной поверхности. Подземные воды первого от поверхности водоносного горизонта (в дальнейшем изложении – грунтовые воды) были локализованы в пермских глинисто-песчаных породах и четвертичных суглинках. Они имели субнапорный характер. Их уровенная поверхность повторяла рельеф, глубина её залегания в меженные периоды варьировала в пределах (1,5-2,0) – (7,0-7,5) м, при преобладающих значениях – 3–6 м. Напорный градиент составлял 0,017. Питание грунтовых вод в естественных условиях было исключительно атмосферным (инфильтрационное и конденсационное питание). Разгрузка происходила плановой фильтрацией, эвапотранспирацией и нисходящим перетеканием.

Возведению промышленных объектов предшествовала вырубка леса и планировка территории. В настоящее время рельеф промплощадки представляет собой

ряд субгоризонтальных поверхностей, разделенных ступенями (уступами) высотой 2-3 м. С поверхности практически повсеместно развиты слабопроницаемые насыпные грунты, основой которых являются первичные элювиально-делювиальные суглинки. Их мощность – 0,5–12 м, преобладающие значения – 2–6 м. На 2017 г. глубины залегания уровня грунтовых вод варьировали в пределах 0,5–9,5 м, преобладающие их значения – 1,5–3,5 м. В целом, площадь участков с глубиной залегания зеркала грунтовых вод до 3 м составляла не менее 65-70 % территории, с глубиной менее 2 м – 15-20 %, а с глубиной более 4 м – около 10-12 %. Последние фиксировались в основном по периферии промплощадки, где либо близповерхностным залеганием обладают мощные пачки пермских песчаников, либо существенна дренажная роль близрасположенных оврагов (овражных ручьев). Разгрузка грунтового водоносного горизонта, как и в естественных условиях, происходит путем плановой фильтрации, испарения и нисходящего перетекания. При этом современное испарение должно быть сопоставимым с уровнем эвапотранспирации в ненарушенных условиях, а интенсивность нисходящего перетекания скорее всего превышает естественный уровень. Первое связано с меньшей глубиной современного залегания уровня грунтовых вод и с тем, что суглинки (преобладающая приповерхностная разность пород) обладают довольно значительной высотой капиллярного поднятия. Капиллярная кайма на многих участках сейчас, скорее всего, достигает земной поверхности, что значительно усиливает испарительный эффект. Более высокое значение интенсивности нисходящего перетекания связано с увеличением вертикального напорного градиента за счет подъема уровня грунтовых вод.

Емкостные и фильтрационные параметры верхней части разреза по данным наливов в шурфы и скважины (ОФО), а также откачек из скважин приведены в таблице 1.

Таблица 1

Фильтрационные и емкостные параметры верхней части разреза

Водовмещающие породы	Кол-во ОФО	Коэффициенты фильтрации, м/сут	Гравит. водоотдача, д.е.
Суглинки насып. грунтов	13	<u>0,064-0,4</u> 0,12	<u>0,026-0,2</u> 0,073
Четвертичные суглинки	6	<u>0,005-0,28</u> 0,14	0,07
Пермские глины	2	0,08	0,09
Пермские песчаники	10	<u>0,08-0,99</u> 0,33	<u>0,023-0,164</u> 0,10

Примечание. В числителе – предельные значения (min-max), в знаменателе – среднее.

В пределах промплощадки действует система поверхностного дренажа. Она представлена забетонированными канавами и различными лотками. Дренажные воды отводятся на очистные сооружения, расположенные прямо на промплощадке. К сожалению, поверхностный дренаж характеризуется малым радиусом влияния, находится в неудовлетворительном техническом состоянии, а также он не имеет повсеместного распространения.

Основной причиной подъема уровней грунтовых вод (в среднем на 1-3 м относительно природных условий) и их преобладающее залегание на глубинах до 3 м является следствием усиления инфильтрационного питания и сложения разреза слабопроницаемыми грунтами. Усиление питания на первых этапах функционирования

промплощадки было связано с вырубкой леса (уменьшение эвапотранспирации), планировкой территории (ликвидация поверхностного стока) и длительным существованием отдельных строительных котлованов и канав. Впоследствии за счет подъёма уровня усилилось испарение, которое вероятно компенсировало былую эвапотранспирацию, но нормально функционирующий поверхностный сток до сих пор не организован. Величина поверхностного стока в природных условиях, подобных условиям залесенного пологого водораздела, существовавшего на месте промплощадки должна составлять 10-15 % от годовой нормы осадков. Большая часть этого поверхностного стока на рассматриваемой промплощадке переведена в подземный сток (инфильтрационное питание). Величина инфильтрационного питания грунтовых вод на одном из близрасположенных к промплощадке объектов, в сходных природных условиях составляла 12,2% от годовой нормы осадков в 554,6 мм/год. При этом общее количество эффективных осадков оценивалось в 14,3 % (2,1 % от нормы осадков в приводораздельной части склонов шло на питание второго от поверхности водоносного горизонта (комплекса)) [4, 5]. Добавление к этой величине еще 5-10 % от нормы осадков (первичного поверхностного стока) как раз и должно вызвать наблюдаемые изменения в положении уровней подземных вод. Кроме этого, дополнительным питанием являются и утечки сточных вод. Доказательством таких утечек служит трансформация гидрогеохимического поля, но точную величину таких утечек выявить пока очень сложно.

Авторами проведено определение величины современного инфильтрационного питания грунтовых вод. Для этого были использованы данные режимных наблюдений за поведением уровней грунтовых вод в период 2012-2016 гг. по 5 наблюдательным скважинам, расположенным по периферии промплощадки, а также балансовые расчеты по двум изолированным локальным площадкам в центральной части рассматриваемого объекта.

Инфильтрационное питание ( $W$ ) по наблюдательным скважинам оценивалось следующим образом (табл. 2):

$$W = \Delta H * \mu / \Delta t, \quad (1)$$

где  $\Delta H$  амплитуда подъёма уровня грунтовых вод за время  $\Delta t$  (м/сут),

$\mu$  - недостаток гравитационного водонасыщения.

Данная формула корректна в случае постоянства транзитного стока ( $Q_{\text{притока}} \approx Q_{\text{оттока}}$ ) [3, 8].

Балансовые расчеты проведены на основе методики Института гидротехники (табл. 3) [7]. Слой среднего многолетнего поверхностного стока определялся по формуле:

$$Y = \alpha_{\text{ср}} * P, \quad (2)$$

где  $\alpha_{\text{ср}}$  среднее значение коэффициента годового поверхностного стока, характеризующееся индивидуальными значениями для каждой поверхности;

$P$  – годовая норма осадков (мм).

Расчет испарения предполагает использование индивидуальных поправочных коэффициентов ( $K_{\text{вп}}$ ) к среднему многолетнему испарению с естественных ландшафтов для различных видов поверхностей. Среднеголетнее испарение при отсутствии экспериментальных данных определяется так:

$$E = E_0 \frac{E}{E_0}, \quad (3)$$

где  $E_0$  – испаряемость, мм/год;  $E/E_0$  – относительное испарение.

Значения обоих параметров можно определить по приводимым в методике картам. Для рассматриваемой промплощадки  $E_0=600$  мм/год,  $E/E_0=0,7$ ; отсюда  $E=420$  мм/год, что составляет 75,7% от нормы осадков.

Приведенные данные убедительно свидетельствуют, что основной причиной подтопления промплощадки является усиление инфильтрационного питания грунтовых вод. Наиболее эффективным способом понижения их уровня является реконструкция существующей системы поверхностного дренажа с дополнительной планировкой территории для увеличения его эффективности и создания новых дренажных линий (система поверхностного дренажа играет роль природного поверхностного стока).

Таблица 2

Величины инфильтрационного питания грунтовых вод  
по данным режимных наблюдений

№ скв.	Водовмещающие породы	$\mu$ , д.е.	Инфильтрационное питание	
			В виде слоя воды (мм/год)	В % от нормы осадков
11	Четвертичные суглинки	0,07	178,5	32,0
12	Четвертичные суглинки	0,07	154,0	27,8
13	Пермские глины и песчаники	0,9	194,4	34,9
14	Пермские песчаники	0,1	144,0	26,1
15	Четвертичные суглинки	0,07	93,0	23,5

Примечание. Номера скважин – условные,  $\mu$  – на основе данных наливов в шурфы.

Средние величины инфильтрационного питания грунтовых вод, локализованных в пермских породах (в % от нормы осадков) – 30,5; а в покровных четвертичных суглинках – 27,8.

Таблица 3

Водный баланс двух изолированных блоков в центральной части промплощадки

№ блока	Площадь, м <sup>2</sup>	Приход воды, мм/год	Расходные статьи баланса, %		
			Испарение	Поверхн.сток (дренажная система)	Подземный сток (инф. питание)
1	63725	554,6	72,94	0,06	27
2	70118	554,6	72,8	5,5	21,7

### Литература

1. Анпилов В. Е. Формирование и прогноз режима грунтовых вод на застраиваемых территориях. М.: Недра, 1984. 160 с.
2. Дегтярев Б. М. Дренаж в промышленном и гражданском строительстве. М.: Стройиздат, 1990. 238 с.
3. Лебедев А. В. Оценка баланса подземных вод. М.: Недра, 1989. 174 с.
4. Мусин Р. Х., Курлянов Н. А., Калкаманова З. Г. О буферных свойствах подземной гидросферы в районах полигонов промышленных отходов //Сергеевские чтения. Инженерная геология и геоэкология. Фундаментальные проблемы и прикладные задачи. Вып. 18. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (24-25 марта 2016 г.). М.: РУДН, 2016. С. 520-525.
5. Мусин Р. Х., Мусина Р. З. О влиянии на гидролитосферу полигонов захоронения промышленных отходов //Недропользование XXI век. 2014. № 1 (45). С. 84-87.
6. Прогнозы подтопления и расчет дренажных систем на застраиваемых и застроенных территориях. Справ. пособие к СНиП. М.: Стройиздат, 1991. 272 с.
7. СТП ВНИИГ 210.01.НТ-05 Методика расчета гидрологических характеристик техногенно-нагруженных территорий. СПб.: ВНИИГ, 2005.
8. Шестаков В.М., Поздняков С.П. Геогидрология. М.: ИКЦ “Академкнига”, 2003. 176 с.

## МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

*Натчук Максим Влидимирович (МАОУ лицей №81, maks2002.new@mail.ru),  
научный руководитель: Галинский Андрей Александрович (ТИУ,  
[galinskijaa@tyuiu.ru](mailto:galinskijaa@tyuiu.ru))*

### Аннотация

В данной работе представлена модернизация система очистки хозяйственно-питьевой воды на промышленных объектах. С помощью внедрения в технологию новых методов очистки воды, а также замена всех химически токсичных реагентов на безопасные для человеческого здоровья. Тем самым наблюдается экологический скачок воды. Вода не только становится более чистой и пригодной для хозяйственной-питьевой деятельности, но и снижаются экономические не выгодные затраты на дорогие ядохимикаты. **Цель работы:** модернизировать систему хозяйственно-питьевого водоснабжения на промышленных объектах.

### Ключевые слова

Вода, очистка, коагуляция, аэрация, промышленный объект, установка, безопасность, модернизация

### Текст доклада

Человек примерно на две трети состоит из воды, которая в основном распределяется между клеточным содержимым, межклеточной жидкостью, кровью и т.д. Вода играет исключительно важную роль в организме человека: является средой, в которой протекают все физико-химические процессы; участвует в процессах окисления и гидролиза; выполняет транспортную и выделительную функции. Кроме того, вода необходима организму человека для хозяйственно-бытовых, гигиенических нужд.

Таким образом, немаловажным фактором для здоровья человека является химический состав воды. В связи с интенсивным загрязнением источников водоснабжения, особенно в индустриальных районах, его роль многократно возрастает.

Все вышесказанное ставит перед промышленными компаниями задачу подготовки воды, пригодной для хозяйственно-питьевой деятельности в условиях вахтового метода работы, которая с удалением производственных объектов в сторону Крайнего Севера еще более усложняется.

Примером этого может быть станция ГНПС №1 «Заполярье», которая является одной из самых северных объектов транспорта жидкого углеводорода в мире.

На станции используется исключительно химический метод очистки. Который не только экономически не выгоден, но и не соответствует нормативам ПДК веществ в воде. Нерешенными задачами остаются такие как, нормализация уровня рН воды, и контроль наличия двух- и трехвалентного железа. (Таблица 1)

Наименование показателя	Ед. изм.	Нормативы ПДК ГН 2.1.5.1315-03, не более	Результат анализа
Водородный показатель	ед. рН	6-9	В диапазоне от 5,68±0,2 до 8,95±0,2
Железо (II)	мг/дм <sup>3</sup>	1,50	1,28±0,67
Кремний	мг/дм <sup>3</sup>	10	9,7±1,9

Таблица 1 – Показатели очищенной воды, не соответствующие ПДК

Так же в технологии используются два крайне опасных реагента. Гидроксид натрия и Гипохлорит кальция – едкие, токсичные и коррозионно-активные вещества II класса опасности. Применяются для регулирования pH воды перед процессом окисления, и выступают в качестве основного компонента при процессе окисления осаждённого в воде железа, соответственно. Всё это делает технологию очистки питьевой воды с помощью химического метода не выгодными и химически опасными для здоровья человека.

В этой связи был произведен анализ альтернативных физических методов подготовки воды.

Одним из распространенных методов коагуляции при очистке питьевой воды является ее насыщение кислородом, т.е. аэрация. Данный метод коагуляции не только эффективно связывает взвешенные вещества и коллоидные частицы, но и, одновременно с этим, вызывает процессы окисления растворенного в воде двухвалентного железа. Для наиболее интенсивного процесса обогащения кислородом предлагается двухэтапная аэрация поверхностных вод: перед и после бака исходной воды.

Для этого необходимо произвести следующие действия:

- 1) полная замена химической коагуляции на физическую. Демонтаж отстойников для воды и лишней трубной продукции, ввод в схему гидроциклона, эжектора и напорной флотации.
- 2) замена токсичного подщелачивающего реагента (гидроксид натрия) на безопасные, биологические элементы (Corosex+Calcit).
- 3) внедрение биологических наполнителей Filter AG и Brim вместо кварцевого песка и сорбента AC. Предполагается, улучшение очистки от железа, а также усиленное удаление микроорганизмов в отличие от предыдущих элементов.

Внедрение новой технологии очистки, а также новых безопасных реагентов.

Позволят вывести технологию очистки воды на новый уровень.

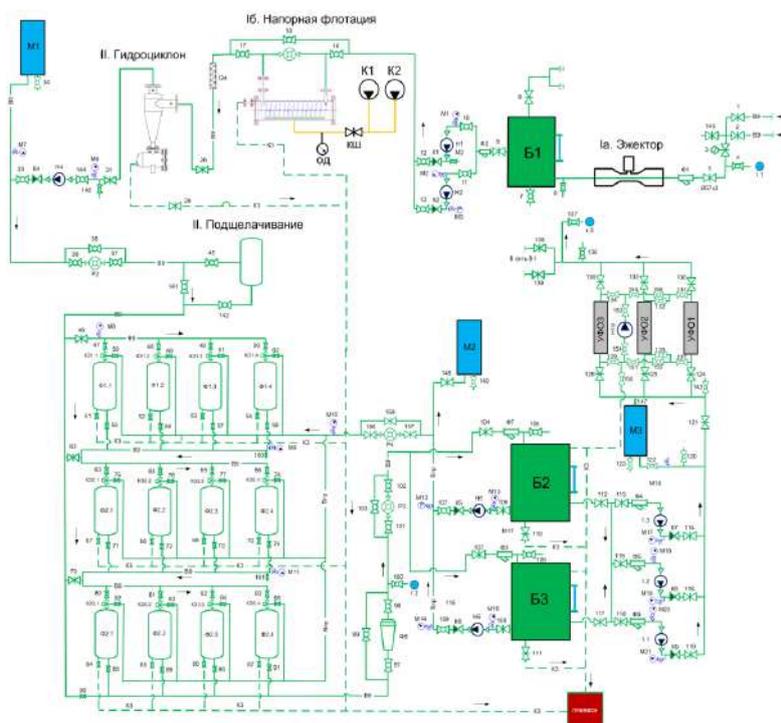


Рисунок 1 – Изменённая схема физической очистки воды

С учетом принятых изменений в технологии был произведен сравнительный анализ химического и физического метода водоподготовки. Расчет экономического эффекта от внедрения новых методов водоподготовки представлен в таблице 3. Расчеты производили по формулам экономического эффекта и окупаемости:  $E_f = \Delta\Pi - E_n \times S_k$

За счет внушительных капитальных вложений на двухэтапную технологию аэрации в первый год эксплуатации наблюдается небольшой рост суммарных годовых затрат в 25,3%. Однако, уже со следующего года происходит значительное снижение стоимости эксплуатации водоподготовки. График накопления экономического эффекта представлен на рисунке 2.

Этап технологии	Химический метод	Физический метод
1. Коагуляция	Гидроксохлорид алюминия 60 кг/мес. (2 мешка) 144 000 руб./год	Капитальные затраты на систему аэрации: Ia. Эжектор ~ 50 000 руб. Iб. Компрессор (напорная флотация) ~ 60 000 руб. ~ 2200 кВт*ч /год → 28000 руб./год Гидроциклон: ~ 30 000 руб. СМР и трубная продукция: ~ 50 000 руб.
2. Подщелачивание	Гидроксид натрия 25 кг/мес. (1 мешок) 45 000 руб./год	Расход смеси засыпки: Corosex+Calcite 1:4 Corosex: 6 мешков (120 л) 28 000 руб./год Calcite: 30 мешков (480 л) 49 500 руб./год
3. Окисление	Гипохлорит кальция 35 кг/1 мес. (1 бочка) 42 000руб./год	—
4. Засыпка I линии фильтров	Песок кварцевый 0,3-0,8 мм. ~ 8 мешков по 25 кг Замена 1 раз/год 5 500 руб./год	Filter AG ~ 5 мешков по 28 л (15,5 кг) Замена 1 раз/год → 9 000 руб./год
5. Засыпка II линии фильтров	Сорбент АС 0,4-1,0 мм. ~ 5 мешков по 15 кг Замена 1 раз/год 8 500 руб./год	Birm ~ 5 мешков по 28 л (19 кг) Замена 1 раз/год → 22 500 руб./год
Итого:	245 000 руб./год	327 000 руб./год в первый год 137 000 руб./год в последующие года
		<b>Экономический эффект: 108 000 руб./год</b>

Таблица 2 – Экономический эффект от внедрения предложенных изменений

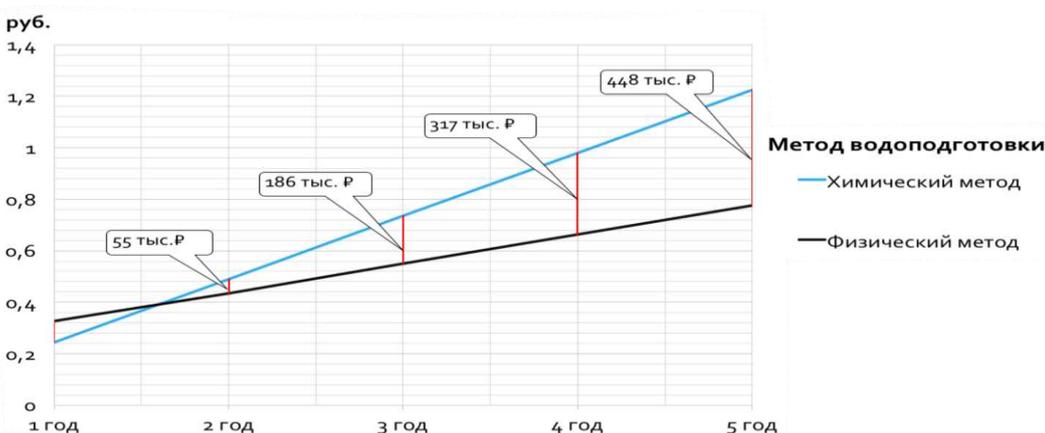


Рисунок 2 – График накопления экономического эффекта

В представленной научной-исследовательской работе было рассмотрено внедрение физического метода водоподготовки и реагентов природного происхождения в технологию очистки воды на промышленном объекте.

Полученные результаты дали возможность сформулировать следующие выводы:

- 1) стоимость ежегодных затрат на водоподготовку уменьшаются на 44 %. Срок окупаемости капиталовложений менее 7 месяцев.
- 2) увеличивается уровень экологичности технологии водоочистки и, как следствие, безопасности производства для работников рабочих профессий. Ввиду отсутствия химических реагентов, пропадает целый ряд вредных и опасных производственных факторов.
- 3) повышается уровень автономности системы водоподготовки. Уменьшаются риски, связанные с ошибкой дозирования растворов хим. реагентов. Пропадает необходимость в мониторинге расхода реагентов, трудоемком процессе очистки отстойников.

### Литература

1. Водоподготовка: Справочник. /Под ред. д.т.н., действительного члена Академии промышленной экологии С.Е. Беликова. М.: Аква-Терм, 2007. – 240 с.
2. ГН 2.1.5.1315-03. ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. – Москва: Главный Государственный санитар РФ Г.Г. Онищенко, 2003. – 94с.
3. ГОСТ 17.1.1.01-77. Охрана природы. Гидросфера. – Москва: Изд-во стандартов, 1978. – 31 с.
4. Животнев В.С. Обезжелезивание подземных вод: Аналит. обзор / АН СССР/ В.С. Животнев, Б.Д. Сукасян. - М., 1975. - 67 с.
5. Илья Леенсон. ВОДОРОДНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ (РН). – Москва: Энциклопедия Кругосвет, 2006 – 7с.
6. Кульский Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды: Процессы и аппараты. -Киев: Наукова думка, 1983.- 527 с.
7. Николадзе Г.И. Обработка подземных вод для хозяйственно-питьевых нужд// Водоснабжение и санитарная техника. -1998. № 6. - С. 4-9.
8. Николадзе Г.И. Улучшение качества подземных вод.-М.: Стройиздат, 1987.- 239 с.
9. Предприятие ГНПС 1 Заполярье ПАО ТРАНСНЕФТЬ СИБИРЬ.
10. Староверов С.В., Юдин Р. И. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ВОД. – Белгород: Белгородский ГТУ, 2013. – 11с

## КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФУНДАМЕНТОВ ИСТОРИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ КИРИЛЛО-БЕЛОЗЕРСКОГО МОНАСТЫРЯ И СТРУКТУРА СФЕРЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ИПТС

*Подборская В.О. (МГРИ, DKIG@yandex.ru),  
Невечера В.В.\* (МГРИ, nevecheryavv@mgr-rggru.ru)*

**Аннотация.** В тезисах рассматриваются конструктивные особенности фундаментов исторических сооружений Кирилло-Белозерского монастыря. Приведены обобщенные характеристики фундаментов культовых и гражданских зданий, крепостных сооружений монастыря, возведенных в разное время. Кратко охарактеризована структура сферы взаимодействия памятников и геологической среды.

**Ключевые слова:** памятник архитектуры, фундамент, природно-техническая система, геологическая среда.

Материалы многолетних исследований МГРИ, ООО «ИГИТ» по изучению и оценке состояния фундаментов памятников Кирилло-Белозерского монастыря были обобщены. [1,2] Установлено, что все исторические здания и сооружения монастыря выстроены на ленточных фундаментах, материалом которых служат валуны магматических и метаморфических пород разного диаметра, уложенные рядами без забутовки, или забутованные грунтовым материалом. Основание фундаментов, как правило, усилено деревянными сваями разной степени сохранности.

Основными характеристиками конструкций фундаментов являются высота (h) и глубина заложения (d). Обобщенные характеристики фундаментов культовых и гражданских зданий, крепостных сооружений монастыря, возведенных в разное время, представлены в таблице\*.

	XVI век		XVII век			XVIII в.
	Культовые и граждан. здания	Крепост. сооружения	Культовые и граждан. здания	Крепостн. башни	Крепостные стены Внешняя ветвь    Внутрен. ветвь	
Высота фундамента (h), м	0,7-1,45	1,0-1,7	0,45-1,5	1,15-2,35	1,0-2,3    0,9-1,7	1,85-2,8
Современная глубина заложения фундамента, (d), м	0,95-2,47	1,8-2,8	0,45-2,2	1,15-2,60	1,1-2,3    1,0-1,9	2,0-3,0
Форма и особенности фундамента	Повсеместно фундаменты ленточные, валунные, с разнообразной формой боковой грани – прямоугольной, треугольной, трапецевидной, ступенчатой, платформенного типа. с расширением от вертикальной поверхности стены до 1,0м.					
Инженерная подготовка основания	В большинстве случаев сваи, l от 0,9 до 2,2 м, круглого сечения, редко квадратного, редко гать, шпунтовые ограждения.					

\*По материалам исследований МГРИ, ООО «ИГИТ»

Как видно из таблицы наименьшая высота фундамента отмечается у построек XVI и XVII веков, в некоторых случаях, ее значение не достигает 1,0 м (высота фундамента

у ц. Епифания составила 0,45 м, у ц. Владимира – 0,85 м). Наибольшая высота фундамента отмечается у зданий XVIII в., так, фундамент ц. Кирилла имеет высоту 2,8 м. Установлено неодинаковое значение высот фундаментов в границах одного объекта, возведенного единовременно. Фундаменты пилонов и опорных стен древнего ядра комплекса Успенского собора, построенного в 1497 г., имеют высоты 1,35-1,45 м, а стены алтарной апсиды 1,0 -1,25 м. [3]. Крепостные стены Нового города, которые конструктивно состоят из внешних, внутренних и поперечных «ветвей» разных по высоте и форме, также имеют несовпадающие по высоте фундаменты. Для участков прясла крепостной стены от Вологодской до Кузнечной башни в поперечном сечении значения высот фундаментов составляют следующие «триады» 1,8-1,25-1,3м, 1,8-1,5-1,25 м. В продольном сечении значения высот фундаментов внешней ветви крепостной стены между Казанской и Вологодской башнями изменяются от 1,0 до 2,3 м. [2]

Глубина заложения фундаментов  $d$  от дневной поверхности в принципе должна совпадать с его высотой. Однако, для исторических сооружений глубина заложения фундамента от современной дневной поверхности не совпадает с первоначальной из-за повышения положения уровня дневной поверхности, происшедшей в результате роста культурного слоя, и, как правило,  $d > h$ , что наглядно демонстрирует таблица. Значение глубины заложения фундаментов больше его высоты на величину роста культурного слоя.

Кроме разнообразия фундаментов по высоте и глубине заложения отмечается их различие по форме боковой грани и величине расширения фундамента от вертикали стен. Выделяются 4 наиболее часто встречаемые формы боковой поверхности фундаментов: прямоугольная, треугольная, трапецевидная и сложная, и еще 4 по величине расширения фундамента относительно стен. Установлено, что наиболее часто в шурфах были встречены фундаменты с прямоугольной и трапецевидной формой боковой грани с расширением от вертикали стены на величину от 0,1 до 1,0 м. Так, в 27 шурфах, пройденных для изучения фундаментов крепостных стен, только в 4 случаях отмечено отсутствие расширения фундамента от вертикали стены, в остальных - фундамент был расширен.

Сваи являются важным элементом конструкции фундаментов, они встречены в большинстве пройденных шурфов. В расположении свай друг относительно друга не отмечено закономерности: в одних случаях они формируют геометрически правильное свайное поле с расстоянием (шагом) между сваями 0,4-0,5 м, в других случаях они располагаются в шахматном порядке, а иногда беспорядочно. Можно с большой вероятностью заключить, что свайное поле в основании фундаментов было обязательным конструктивным компонентом при строительстве, но качественная технология производства работ не соблюдалась повсеместно. Современное состояние свайного основания также не одинаково и определяется конкретными инженерно-геологическими условиями. В одних случаях встречаются сваи хорошей сохранности, без ярко выраженных признаков деструкции древесного материала, в других случаях выявлена полная деструкция древесины и в основании сформировались вместо свай открытые полости. [1, 2,3].

Без информации о конструкции фундаментов невозможно смоделировать структуру и строение сферы взаимодействия памятника с геологической средой, поскольку она определяется строением и взаимоотношением двух функциональных блоков – подземной части памятника – фундамента и сферой взаимодействия - частью геологической среды, взаимодействующей с фундаментом, ограниченной границами зон развития инженерно-геологических процессов.

Подсистема «сфера взаимодействия памятников Кирилло-Белозерского монастыря и геологической среды» характеризуется сложной пространственной

структурой, определяемой неоднородностью геологического строения, значительным количеством инженерно-геологических элементов, непростыми гидрогеологическими условиями, активными проявлениями экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов. Кроме этого, структура сферы взаимодействия с течением времени претерпевает изменения. Крайняя степень эволюционного изменения отмечается во время трансформации свайного основания из элемента фундамента в элемент сферы взаимодействия, тогда происходит изменение структуры и видоизменение выделенных инженерно-геологических элементов.

Информация о строении и структуре сферы взаимодействия памятника и геологической среды, а также о процессе её эволюции, позволяет провести детальное районирование для участков, на которых располагаются элементарные ИПТС, что дает возможность составить расчетные схемы сферы взаимодействия и спрогнозировать вероятность развития инженерно-геологических процессов. [1,3].

### Литература

1. Невечеря В.В. Концепция раннего предупреждения развития негативных инженерно-геологических процессов для сохранения памятников архитектуры (на примере Кирилло-Белозерского музея-заповедника) / Автореферат дисс... канд. геол.-минер. наук: 25.00.08 / Невечеря Вадим Вадимович. – М., 2017. – 28 с.
2. Пашкин Е.М., Подборская В.О., Нефёдов С.Л. Результаты исследования причин деформаций крепостной стены Нового города от Кузнечной до Вологодской башни в 2000-2001 г. г. //Кириллов: Краеведческий альманах. Вып.5.– Вологда: «Легия», 2003. С.185–196.
3. Пендин В.В., Подборская В.О., Дубина Т.П. Применение основных положений концепции раннего предупреждения развития негативных инженерно-геологических процессов для сохранения памятников архитектуры (на примере Успенского собора в Кирилло- Белозерском музее-заповеднике) // Геориск. 2010. № 4. С. 4–18.



## ОСОБЕННОСТИ МОНИТОРИНГА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И РЕКОНСТРУКЦИИ НАРУЖНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ ПАМЯТНИКОВ ИСТОРИИ И КУЛЬТУРЫ

*Никушина Т.А. (МГРИ-РГГУ, tanush-618@mail.ru)*

### **Аннотация.**

Особенности разработки программы и проведения мониторинга деформаций исторических сооружений при проведении ремонтно-строительных работ на их территории.

**Ключевые слова:** геотехнический мониторинг, памятник истории и культуры, деформация конструктивных элементов сооружения, осадка здания.

Необходимость реконструкции инженерных сетей исторических сооружений, являющихся, как правило, архитектурными памятниками истории и культуры, обусловлена старостью, изношенностью, и вследствие этого, часто аварийным состоянием используемых коммуникаций, срок безопасной эксплуатации которого исчисляется столетиями и поэтому давно истек. Появились современные материалы, технологии и, главное, новые требования к качеству, состоянию, эксплуатационным характеристикам коммуникационных сетей, обеспечивающих их надежную долговременную эксплуатацию. Работы по замене коммуникаций на территориях исторических сооружений включают прокладку газовых труб, устройство ливневой канализации, очистных сооружений, линии электроснабжения и др. Однако, проведение любых работ по строительству или реконструкции внутриплощадочных инженерных сетей на территориях памятников истории и культуры осложняется их особым правовым статусом. Строительно-монтажные работы на территории памятников истории и культуры должны сопровождаться археологическими исследованиями, а также разработкой программы и проведением геотехнического мониторинга деформаций исторических сооружений, а также зданий и сооружений окружающей застройки, попадающих в зону влияния строительных работ.

Целью мониторинга является обеспечение сохранности исторических зданий и сооружений, попадающих в зону влияния строительно-монтажных работ по реконструкции инженерных сетей археологического памятника.

При разработке концепции мониторинга состояния исторических сооружений необходимо иметь в виду, что они находятся в тесном взаимодействии с окружающей их природной средой. Следовательно, должна выполняться декомпозиция природной среды и исторического сооружения на элементы, которые различаются характером функционирования, парагенезисами техногенных и физико-геологических процессов, геологическими, геоморфологическими, гидрогеологическими условиями, климатом, растительностью и т.д.

Мониторинг подразделяется на два этапа – подготовительный (стартовый) и основной (рабочий). На подготовительном этапе выполняется изучение проектной документации и инженерно-геологических условий сооружений и территории; визуальное освидетельствование исторических сооружений, подлежащих наблюдениям с фотофиксацией имеющихся дефектов и повреждений; установка геодезических марок с учетом требований ГОСТ Р 56198-2014 и ГОСТ 24846, составление схемы их фактического расположения. Выполняется стартовая геодезическая съемка с привязкой установленных марок к государственной реперной сети; замеры уровня подземных вод в имеющихся на территории объекта гидрогеологических скважинах.

Основной (рабочий) этап мониторинга за техническим состоянием зданий и сооружений проводится во время выполнения строительных работ. На этом этапе производятся инструментальные наблюдения за воздействиями от работы строительной

техники на здания, и при необходимости осуществляется корректировка способов производства работ.

В состав инструментального контроля входят: определение осадок зданий и сооружений по установленным на подготовительном этапе деформационным маркам; наблюдения за изменением уровня грунтовых вод в гидрогеологических скважинах и пр.

При проектировании внутриплощадочных инженерных сетей на территории особо ценного объекта культурного наследия народов Российской Федерации «Ансамбль Новодевичьего монастыря» были рассчитаны характеристики максимальных дополнительных осадок и кренов. Подавляющее большинство зданий Новодевичьего монастыря относятся ко II категории и располагаются вплотную к траншеям и котлованам. Дополнительные расчетные максимальные осадки составляют от 0,2 до 9,7 мм, относительные расчетные разности осадок от 0,000005 до 0,00056.

Проекты коммуникаций на территории Новодевичьего монастыря, предполагают расширение и углубление расположенных вблизи зданий исторической застройки существующих колодцев до 6м. Работы выполняются под защитой ограждений и стальных опускаемых колец в условиях высокого уровня грунтовых вод, расположенного на 1-3м выше отметки низа колодцев. Поэтому, при выполнении расчетов деформаций исторических сооружений, учитывалось негативное влияние понижения уровня грунтовых вод на основания фундаментов существующих зданий.

Расчеты влияния строительства колодцев на существующие здания Новодевичьего монастыря показали изменения максимальной расчетной осадки зданий II категории от 0,0 до 7,4 мм, а расчетную неравномерность осадки от 0,000057 до 0,0006.

Результаты выполняемых в процессе мониторинга измерений деформаций окружающей застройки сравниваются с дополнительными предельными и прогнозируемыми величинами. Дополнительные предельные деформации для зданий III категории- памятников архитектуры с несущими стенами из кирпичной кладки без армирования находящихся в ограниченно-работоспособном состоянии, составляют: максимальная осадка 0,5 см, относительная разность осадок 0,0004, а для зданий II категории состояния конструкций, что соответствует работоспособному состоянию, составляют: максимальная осадка 1,0 см, относительная разность осадок 0,0006 (табл. К.1 Приложения К СП 22.13330 Основания зданий и сооружений Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\*).

Согласно ГОСТ 24846-2012, для зданий и сооружений, возводимых на песчаных, глинистых и других сжимаемых грунтах устанавливается II класс точности измерений. Для него допускаемая погрешность определения вертикальных перемещений составляет 2мм. Для заданной погрешности измерения вертикальных перемещений величина необходимой точности определения высоты слабо определяемой (содержащей наибольшую погрешность) высотной деформационной марки составляет 1,2 мм для условий равноточных измерений.

С учетом вышесказанного, с помощью геотехнического мониторинга возможно получение абсолютных и относительных величин деформаций зданий ансамбля Новодевичьего монастыря в процессе строительно-монтажных работ при реконструкции инженерных сетей, и сравнение их с расчетными. Далее, решается задача по выявлению причин возникновения и степени опасности деформаций для нормальной эксплуатации объекта мониторинга, и принятия своевременных мер по борьбе с возникающими деформациями.

## ПРОБЛЕМА КАЧЕСТВА ПРОВЕДЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ

*М.Е. Никулина\** (Российский государственный геологоразведочный университет, [nikulinatari93@mail.ru](mailto:nikulinatari93@mail.ru)), *Д.Н. Горобцов* (Российский государственный геологоразведочный университет, [dngorobtsov@mail.ru](mailto:dngorobtsov@mail.ru))

### Аннотация

Рассматриваются основные понятия и определения, связанные с качеством, его управлением, уровнем и показателями, качеством продукции, а также контролем. Даны характеристики компонентов, входящих в понятие «качество». Ввиду того, что управление качеством представляет собой систематизированный процесс, раскрываются основные стадии согласно циклу Деминга. Также в статье представлены ключевые положения качества инженерных изысканий, а точнее качества инженерно-геологической информации. Раскрыта взаимосвязь качества накопленной и оперативной инженерно-геологической информации, и методологии проведенных и производимых изысканий. Выработан механизм управления методологией инженерно-геологических изысканий для оперативной оценки качества инженерно-геологической информации. Выработанный механизм должен обеспечивать должное качество инженерных изысканий и, в частности, продукта изысканий – инженерно-геологической информации.

### Ключевые слова

Качество, инженерно-геологические изыскания, оперативная и накопленная инженерно-геологическая информация, оптимум информации, компоненты инженерно-геологических условий

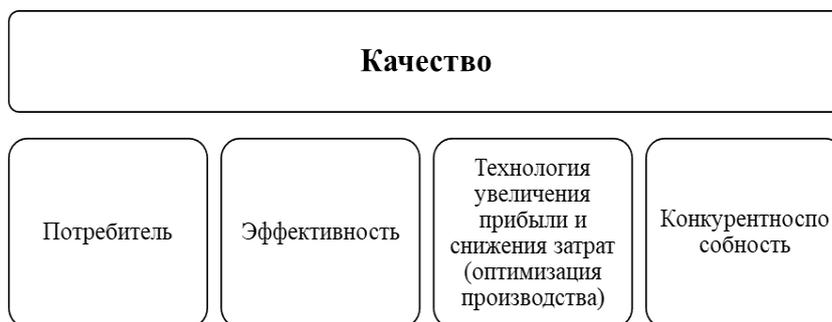
### Общие понятия о качестве

Существует большое количество определений понятия качества. Международный стандарт ИСО 9000:2011 трактует данное понятие следующим образом: качество – это совокупность свойств и характеристик продукции, которые придают ей способность удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности [12]. Американский профессор Х. Д. Харрингтон разделял понятия качество и высшее качество [13]. Так, под качеством он понимал соответствие продукции ожиданиям потребителя за соответствующую цену. Высшее качество у Харрингтона представляло собой превышение ожиданий потребителя за меньшую цену, нежели он предполагал [13].

Качество – не абстрактная категория, а осязаемый каждым человеком конкретный измеритель полезности, целесообразности и эффективности любого труда [1, 12]. Уровень качества представляет собой оценку, которая основана на сопоставлении рассматриваемой продукции или услуги фирмы с продукцией, производимой конкурентами, а также с действующими стандартами [12]. Производство продукции соответствующего уровня влечет за собой снижение затрат на доработку в случае обнаружения дефектов. Однако, изготовление продукции, обладающей заведомо высоким качеством увеличивает затраты времени на ее создание, а также на применяемое оборудование и, как следствие, должно увеличивать затраты денежных средств. Но при анализе уровня качества произведенной продукции отмечается, что вложенные средства окупаются и приносят значительный доход.

С понятием качества следует связывать понятие эффективность [2]. Если особое внимание уделять качеству производства работ, то можно значительно увеличить эффективность работы фирмы (например, посредством снижения затрат на

производимую продукцию и предоставляемые услуги). Тем самым, когда мы говорим о качестве, мы подразумеваем качество работы компании, качество самой компании (ее престиж) и качество производимой ею продукции [2] (рис. 1).



*Рисунок 1. Характеристика компонентов, входящих в понятие «качество»*

Управление качеством представляет собой систематизированный процесс, который входит в понятие система управления качеством. Как правило, на предприятиях данную систему представляют собой специализированные организационные структуры, которые распределяют между собой процедуры и процессы контроля качества. Согласно циклу Деминга [11] управление качеством осуществляется по 4 последовательным стадиям: планирование, осуществление, контроль и управление воздействием. Степень полноты использования всех вышеуказанных составляющих определяет грамотность управления качеством.

Управление качеством отличается от понятия контроль. Однако контроль качества производимых товаров и услуг является важной составляющей системы управления качеством. Контроль является одной из самых эффективных мер, обеспечивающих создание продукции высокого качества [12].

### **Сведения об инженерно-геологическом аудите и качестве инженерных изысканий**

Инженерно-геологический аудит (ИГА) – комплексная процедура независимой оценки деятельности изыскательской организации и ее подрядчиков, направленная на выявление отклонений от первоначальных проектных решений или сознательного ухудшения качества окончательного продукта, сопровождающаяся разработкой корректирующих мероприятий, а также дополнительной проверкой их соблюдения [4, 8, 9, 10]. Аудиторская деятельность в области инженерной геологии охватывает все фирмы и организации, осуществляющие изыскания и строительные работы.

Суть любого аудита – получение качественной информации. Проверяемая в процессе инженерно-геологического аудита информация разнообразна как по содержанию, так и по качеству. Для успешного проведения аудита инженерно-геологическая информация также должна отвечать определенным требованиям качества.

Инженерно-геологическая информация – сведения о структуре и свойствах геологической среды и процессах ее движения, отбираемые и используемые для оценки ее современного состояния и прогноза взаимодействия с другими средами (атмосферой, поверхностной гидросферой, биосферой), в том числе с искусственной средой (сооружения и другие продукты человеческой деятельности) [7].

Объем инженерно-геологической информации обширен. Именно инженерно-геологическая информация влияет на создание и функционирование природно-технических систем (ПТС) [2]. При ИГА проверке подвергается как информация, содержащаяся в архивных данных (накопленная), так и получаемая в процессе

проведения изысканий (оперативная) [2, 3]. Качество данных сведений зависит от качества проведенных и производимых изысканий. Аудиторы обязаны оценивать, графическую (инженерно-геологические разрезы и колонки буровых скважин), цифровую (статистическая обработка данных изысканий), описательную информацию (отчеты об инженерно-геологических изысканиях). Для достижения требуемого уровня качества информация должна соответствовать условию оптимума информации. Она должна быть полной, точной, достаточной, совместимой и сопоставимой для решения инженерных задач. Оптимум инженерно-геологической информации – минимально необходимый и достаточный для решения инженерной задачи объем информации заданного качества, удовлетворяющий требования замкнутости, полноты, равнопредставительности, равноточности и равной вероятности [2, 5, 6].

Качество инженерно-геологической информации зависит от правильно выбранной методологии проведения изысканий, их сроков, объемов и видов, разнообразия компонентов инженерно-геологических условий (ИГУ). Вследствие этого, даже инженер-геолог не всегда в состоянии правильно оценить объемы и виды инженерно-геологической информации. Следовательно, качество полученной информации и проведенных изысканий всегда ограничивается субъективным фактором и носит определенный ошибочный характер.

Для управления качеством инженерно-геологической информации необходимо выработать механизм управления методологией инженерно-геологических изысканий (пример представлен на рис. 2). Объектом управления будут являться выполняемые работы при инженерно-геологических изысканиях, а субъектом – лица, занимающиеся управлением качеством. Выработанный механизм должен обеспечивать должное качество инженерных изысканий и, в частности, продукта изысканий – инженерно-геологической информации. Механизм управления качеством инженерно-геологических изысканий должен включать в себя подсистемы метрологического, технологического, информационного контроля. Для достижения поставленной задачи по обеспечению качества необходимо производить оценку на стадии планирования, прогнозирования и производства работ.



Рисунок 2. Пример механизма управления качеством в области инженерных изысканий

## Выводы

Выполнение качественных изысканий возможно при соблюдении следующих условий:

- производимые работы отвечают требованиям заказчика и потребителя, а также действующим нормативным документам;
- изыскания производятся по приемлемой цене за оптимальный срок;
- соответствие количества произведённых работ их качеству;
- установлении ответственности за обеспечением качества на всех этапах проведения изысканий;
- выполнение работ точно в срок, используя передовые технологии и материалы.

К сожалению, большая часть вышеупомянутых условий, в настоящее время, не соблюдается. Именно с этим и связана проблема качества инженерных изысканий.

### Литература

1. Бейсова Р.С. Аудит качества: учебное пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 2006. – 66 с. – ISBN 5-89146-700-0.
2. Бондарик Г.К., Ярг Л.А. Инженерно-геологические изыскания: учебник для вузов. – 3-е изд. – М.: КДУ, 2014. – 420 с.
3. Бондарик Г.К., Ярг Л.А. Инженерная геология. Вопросы теории и практики. Философские и методологические основы геологии: учебное пособие. – М.: ИД КДУ, 2015. – 296 с.
4. Горобцов Д.Н., Никулина М.Е. Инженерно-геологический аудит и его роль в системе качества изысканий. Материалы XII общероссийской конференции изыскательских организаций. «Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации». М.: ООО «Геомаркетинг», 2016. С. 39-43.
5. Дмитриев В.В. Оптимизация лабораторных инженерно-геологических исследований. М.: Недра, 1989. – 184 с: ил.
6. Дмитриев В.В., Ярг Л.А. Методы и качество лабораторного изучения грунтов: учебное пособие. – М.: КДУ, 2008. – 542 с.
7. Комаров И.С. Накопление и обработка информации при инженерно-геологических исследованиях. М.: Недра, 1972. – 296 с.
8. Никулина М.Е. Определение области применения инженерно-геологического аудита. Материалы первой научно-практической конференции молодых специалистов «Инженерные изыскания в строительстве». М.: Издательство «Геомаркетинг», 2017. С. 95-101.
9. Пендин В.В., Горобцов Д.Н., Никулина М.Е. Методика инженерно-геологического аудита. Труды юбилейной конференции, посвященной 25-летию образования ИГЭ РАН «Сергеевские чтения». Москва: РУДН, 2016. Выпуск 18. С.772-777.
10. Пендин В.В. Никулина М.Е. Роль инженерно-геологического аудита в оценке качества изысканий // Известия высших учебных заведений. Научно-методический журнал. Геология и разведка. М.: 2017. №2 (март-апрель). С. 51-55.
11. Деминг Э. Выход из кризиса: Новая парадигма управления людьми, системами и процессами: пер. с англ. – 5-е изд. – М.: Альпина Паблишер, 2012. – 419 с. – ISBN 978-5-9614-2249-8.
12. Ребрин Ю.И. Управление качеством: учебное пособие. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004. – 174 с.
13. Харрингтон Д. Управление качеством в американских корпорациях: сокр. пер. с англ., авт. вступ. ст. и науч. ред. Л. А. Конарева. — М.: Экономика, 1990. — 272 с. — ISBN 5-282-00672-3.

## СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ МЕТОДИК ОЦЕНКИ КАРСТОВОЙ ОПАСНОСТИ

*Орехов Д.А.\* (МГРИ-РГГРУ им. Серго Орджоникидзе, d-orehov@mail.ru),  
Романова Е.Р.\* (МГРИ-РГГРУ им. Серго Орджоникидзе,  
liza170298.romanova@yandex.ru),  
Буфеев Ф.К. (МГРИ-РГГРУ им. Серго Орджоникидзе, fbufeev@hotmail.com)*

### **Аннотация:**

Рассмотрены методики оценки карстовой опасности, разработанные отечественными и зарубежными специалистами, выполнено их сравнение. В результате были выявлены кардинальные различия в подходах к оценке карстовой опасности специалистами разных стран.

**Ключевые слова:** карстовый процесс, карстовая опасность, оценка опасности.

Карстовый процесс – процесс растворения горных пород поверхностными и подземными водами. Карстовые явления широко распространены, поэтому проблемами изучения карста и его распространения интересуются специалисты различных областей знания. Первые попытки научного исследования карста были предприняты в 1703 году географом С.У. Ремезовым – он составил чертеж и описание Кунгурской пещеры. Таким образом, карстовые процессы и явления изучаются уже более трёх веков.

Карст существенно влияет на ландшафтные особенности территории, ее рельеф, подземные и поверхностные воды и, прежде всего, на хозяйственную деятельность человека. Особенно велико значение районирования карста в инженерно-строительном деле. Некоторые потенциально опасные объекты такие как атомные станции, химические предприятия и магистральные трубопроводы, расположены на закарстованных территориях. Для ряда городов проблемы изучения карста и борьбы с его отрицательными последствиями выходят на первый план при предотвращении чрезвычайных ситуаций. Исходя из совокупности всех этих фактов большое значение имеет своевременная и правильная оценка карстовой опасности.

Для прогноза провалообразования в странах СНГ используют методы основанные на детерминированных (расчетно-теоретические, экспериментальные) и стохастических (вероятностно-статистические, теорико-вероятностные) моделях.

Одна из первых расчётных методик была разработана Г.М. Шахунянцем [1]. Автор исходит из условия, что мощность неразрушенных карстующихся пород от свода полости до поверхности меньше мощности, при которой грунт выдерживает собственный вес и внешнюю нагрузку.

Методика Г.М. Троицкого [2] заключается в определении первоначального диаметра карстового провала исходя из условия равновесия круглоцилиндрического столба грунта, зависающего над полостью определенного размера. Вес столба уравнивается суммарным трением и сцеплением, действующими по его боковой поверхности. Исходными данными для использования методики Г.М. Троицкого являются данные о механических свойствах, удельном весе и толщине перекрывающей толщи.

Методика В.П. Хоменко [3] существенно отличается от остальных. Она подразумевает, что перекрывающая тоща будет минимум двухслойной, состоящей из водоносных песков и водоупоров, а также учитывает наличие трещинно-карстовых вод. В. П. Хоменко рассмотрел две расчетные схемы: первом случае горизонт надкарстовых вод имеет безнапорный характер и является ближайшим к поверхности водоносным

горизонтом, а во втором – он перекрыт водоупорным слоем, и присутствующие в нем подземные воды отделены от трещинно-карстовых подстилающим водоупором. Исходными данными для использования формул расчета максимально возможного диаметра провала являются некоторые механические и физические свойства песчаных отложений, а так же данные о мощностях и величинах напоров водоносных горизонтов.

В зарубежных странах карстоопасность классифицируется по различным ее типам, в числе которых выделяются следующие (Щербаков С.В., 2013):

- тип I – загрязнение геологической среды;
- тип II – снижение строительной надежности наземных сооружений вследствие провалов или оседаний. В зависимости от тех или иных видов карстопроявлений целесообразно подразделять карстоопасность типа В на соответствующие подтипы: IIa (провалы); IIb (локальные оседания); IIc (старые карстовые воронки); IId (неравномерные осадки); IIe (общие оседания); IIf (карстовые или карстово-суффозионные просадки);
- тип III – возможное осложнение строительства при освоении подземного пространства или устройстве глубоких фундаментов;
- тип IV – утечки воды из водохранилищ и других водоемов.

В разных странах вектор внимания направлен к оценкам карстоопасности различных типов. В США и в странах Западной Европы, наибольшее значение придается карстоопасности типа I, в то время как в Германии и Испании – типа II. Карстоопасности типов III и IV посвящены работы китайских и греческих специалистов.

В ходе исследования также были проанализированы существующие зарубежные методики оценки карстовой опасности. Публикации были найдены в публикациях на интернет-ресурсах, в сборниках научных конференций, учебной литературе и др. Исследуемые методики разработаны специалистами из таких стран, как Китай, США, Испания, Италия, Германия, Польша, Швейцария и Канада. Они были разделены на две группы – качественные и количественные.

Количественные методики оценки карстовой опасности были разработаны такими специалистами, как J. Fenk, I. Lerche и C. Lempp, J. Liszkowsky, F. Kammerer, P.J. Clark и F.C. Evans, P. Williams, R. Fritz и D. Stoyan, Carter T.G.

Немецкий специалист J. Fenk [4] для анализа механизма провалообразования и последующего составления методики оценки карстоопасности проводил экспериментальные работы – применял плоский стенд со стеклянной вертикальной стенкой, заполненный песчаным и глинистым материалами. На основании этих работ J. Fenk вывел формулы для расчёта диаметра возможного карстового провала, а также вероятность и время его возникновения.

В свою очередь, I. Lerche и C. Lempp [5] на основе знаний статистических закономерностей изменчивости морфометрических параметров карстовых форм предлагают использовать конкретный алгоритм для оценки любых морфометрических параметров карстовых форм (площади, диаметров, глубины, высоты и т.д.) при известном их распределении. На основании статистических исследований глубин провалов и физико-механических свойств грунтов небольшой по мощности и однородной по составу перекрывающей толщи отложений польским исследователем J. Liszkowsky [6] были установлены зависимости между глубиной провалов, сцеплением, углом внутреннего трения и удельным весом грунтов.

Немецким карстоведом F. Kammerer (Гвоздецкий Н.А., 1972) для оценки устойчивости закарстованных территорий был предложен показатель интенсивности образования провалов для оценки устойчивости закарстованных территорий.

Используя особенность поверхностных карстопроявлений группироваться в карстовые поля, рядом исследователей были предложены методические приемы по оценке и прогнозу карстового процесса. Так, методика пространственного прогноза образования новых провалов в карстологической практике англоязычных стран получила название анализ ближайшего соседства. В Германии исследования взаиморасположения поверхностных карстовых форм осуществляются с применением двух анализов – анализа взаимодействия и анализа направленности или ориентации.

Основной задачей анализа удаленности, применяемого зарубежными исследователями из США, Австралии, Новой Зеландии, Испании и ряда других стран, является установление особенностей пространственного распространения карстопроявлений. Основной упор делается на установление собственно самой тенденции карстопроявлений к кластеризации (сгущению), либо же к случайному или дисперсному распространению. Для этого используется специальный показатель – индекс пространственного распределения  $R$ , впервые предложенный P.J. Clark и F.C. Evans [7], а впоследствии апробированный P. Williams применительно к практике карстологических исследований.

Среди применяемых в Германии методов оценки опасности карста по характеру взаиморасположения карстовых форм выделяются два: анализ взаимодействия и анализ направленности. Это сугубо математические подходы к оценке карстоопасности, основанные на применении вероятностно-статистического аппарата. Оба анализа базируются на изучении точечной статистики – распределения поверхностных карстовых форм в пространстве.

Анализ взаимодействия использует статистический подход, известный как «семплирование Гиббса». Анализ направленности позволяет оценивать вероятные направления формирования будущих провалов. С его помощью устанавливаются структурно-тектонические условия развития карстового массива, оценивается направленность развития трещиноватости, а вместе с тем и вероятные направления формирования новых провалов.

Анализ направленности, предложенный R. Fritz и D. Stoyan [8], получил распространение среди специалистов ряда стран. Испанские специалисты предложили комплексировать результаты анализа ближайшего соседства, выполненного с применением индекса пространственного распределения, и анализа направленности при зонировании территорий по степени карстоопасности. Прогнозная способность такой модели повышается с ростом тенденции карстовых форм к кластеризации и наличия магистрального направления, в котором происходит формирование новых карстопроявлений.

Американский исследователь Carter T.G. [9] разработал для определения толщины горных потолочных целиков (кровли) и оценки риска обрушения кровли подземных полостей различного происхождения (горные выработки, гражданское строительство, карстообразование) метод Scaled Span. Самые последние доработки метода основаны на применении анализа логистической регрессии, чтобы обеспечить более точную оценку риска возникновения провала.

К качественным относятся методики Reuter F. и Molek H., Lei M., Jiang X. и Yu L., W. Zhou, B.F. Beck и A.L. Adams, W. Shuo-Sheng и Q. Xiaomin, а также KarstALEA.

Во Фрайбергской Горной Академии разработана методика вероятностно-статистического анализа образования карстовых провалов на основе статистики точечных процессов (Reuter F., Molek H., 1980). При этом карстовые провалы различных диаметров на поверхности земли представлялись в виде точек на плоскости, местоположение которых соответствовало центрам провалов. Расположение точек

относительно друг к другу принималось случайным, т.е. независимым (в статистическом, но не в геологическом смысле).

Китайскими специалистами (Lei M., Jiang X. и Yu L., 2002) предложена модель интегральной оценки карстоопасности, позволяющая оценивать вероятность образования провала с учетом трех комплексных показателей: уровни грунтовых вод в периоды межени и паводков, мощность толщи перекрывающих отложений, степень закарстованности коренных пород и расстояние от тектонических разломов.

W. Zhou, B.F. Beck и A.L. Adams [10] предложили методику интегральной оценки карстоопасности, именуемая матричным анализом. Среди факторов природного строения в анализе участвуют топографические особенности рельефа, формации, к которым приурочены коренные породы, генезис и мощность грунтов перекрывающей толщи отложений, удаленность от синклиналей складок, а также некоторые геофизические параметры.

Метод KarstALEA (Filipponi M., 2012) рассматривает связанные с карстом опасности, исследования и рекультивацию соответствующим образом для каждой фазы планирования и строительства подземного инженерного сооружения. Этот метод был разработан в Швейцарском федеральном технологическом институте совместно со Швейцарским институтом спелеологии и карстоведения и Швейцарским федеральным управлением дорог. Метод основан на концепциях начальных особенностей и концепции спелеогенетических зон. Авторы метода утверждают, что карстовые каналы не развиваются случайным образом, а связаны с разрывами в массиве горных пород.

Анализ зарубежных методик по оценке карстовой опасности показал, что не существует какой-либо универсальной методики: одни методы позволяют рассчитать параметры карстового провала, другие – оценить вероятность его возникновения, третьи – выявить потенциальные зоны возникновения карстовых провалов. Также следует вывод, что зарубежных специалистов карстовая опасность интересует в основном с точки зрения экологии, в то время как в российской практике анализ карстовой опасности используется в строительной сфере.

### Литература

1. Дублянский В.Н. Карстоведение Ч.3. Инженерное карстоведение: учеб. Пособие / В.Н. Дублянский, Г.Н. Дублянская, В.Н. Катаев., В.П. Костарев, В.В. Толмачев; Пермь гос. нац. иссл. ун-т. – Пермь, 2011.
2. Миронов Н.А. Сравнительная оценка методов прогнозирования диаметров провалов // Современные методы получения и обработки информации при инженерно-геологических изысканиях. М., 1990. С.68–78.
3. Хоменко В.П. Карстово-суффозионные процессы и их прогноз. М.: Наука. 1986
4. Fenk J. Eine Theorie zur Entstehung von Tagesbruchen Uber Hohlräumen im Lockergebirge. - Freiburger Forschungshefte, A 639, 1981.
5. Lerche I., Lempp C. Methods for estimating associated risks of sinkhole occurrences: a demonstration using available data from the Ruhr Valley region of Germany // Environmental Geosciences. № 9, issue 4, 2002. P. 173-183.
6. Liszkowsky J. Bemerkungen über die Geomechanik von Ordfällen // Simp. of the IAEG. Sinkholes and subsidence. Eng.-geol. problems related to soluble rocks. Hannover, 1974. s. 12-16.
7. Clark P.J., Evans F.C. Distance to nearest neighbor as measure of spatial relationships in populations // Ecology. № 35, 1954. P. 445-453.
8. Fritz R., Stoyan D. Mathematic-statistical investigations for describing regularities of karsification phenomena in carbonate and sulphate rocks // Proceedings Intern. Symp. «Engineering Geology of Karst». Perm, 1993. V. 1. P. 139-150.



9. Carter, T.G., Alcott, J. and Castro, L.M., 2002. Extending Applicability of the Crown Pillar Scaled Span Method to Shallow Dipping Stopes, Proc. 5<sup>th</sup> Nth. American Rock Mech. Symp.
10. Zhou W., Beck B.F., Adams A.L. Application of matrix analysis in delineating sinkhole risk areas along highway (I-70 near Frederick, Maryland) // Environmental Geology. № 44, 2003. P. 834- 842.

**ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО  
ПРОИЗВОДСТВА НА КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД АЛЬБ-  
СЕНОМАНСКОГО ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА НА ПРЕДПРИЯТИИ ОАО  
«СТОЙЛЕНСКИЙ ГОК»**

*Погорельцева Е.И.\* (НИУ «БелГУ», ekaterina.pogoreltzeva@yandex.ru)*

**Аннотация:** Проанализирован качественный состав подземных вод альб-сеноманского водоносного горизонта в зоне влияния объектов горнопромышленного производства. Построены графики содержания по нескольким химическим компонентам. Получены выводы об изменении состава подземных вод в зоне повышенной техногенной нагрузки. Выявлено, что одним из объектов влияния на подземные воды является хвостохранилище ОАО «Стойленский ГОК». В основании чаши хвостохранилища отсутствуют региональные водоупорные слои, что создает благоприятные условия для гидравлической связи техногенных вод с природными водоносными горизонтами.

**Ключевые слова:** Ключевые слова: подземные воды, альб-сеноманский водоносный горизонт, наблюдательная скважина, ПДК, качество подземных вод.

В пределах Старооскольского железорудного района КМА предприятием ОАО «Стойленский ГОК» открытым способом разрабатывается Стойленское железорудное месторождение, что оказывает существенное влияние на гидродинамические и гидрохимические показатели подземных вод, нарушая их естественное состояние.

Гидрогеологический разрез в районе исследований представлен маастрихтуронским, альб-сеноманским, апт-неокомским, волжским, келловей-батским, нижнекаменноугольным водоносными горизонтами, а также трещинными водами руднокристаллического фундамента [3, 4].

С позиций хозяйственно-питьевого водоснабжения наибольший интерес представляет альб-сеноманский водоносный горизонт (K<sub>1-2</sub> al-s), приуроченный к средне- крупнозернистым пескам мощностью 20÷40 м, как наиболее выдержанный по распространению и водообильный [5]. Коэффициент фильтрации водовмещающих песков изменяется в пределах 5÷20 м/сут. Водоносный горизонт, находясь в зоне интенсивного водообмена, имеет тесную гидравлическую связь с залегающими выше аллювиальным и мело-мергельным горизонтами, поверхностными водами. .

По результатам произведенного анализа установлено, что содержание загрязняющих веществ в поверхностных водах хвостохранилища в основном ниже значений предельно-допустимых концентраций для вод хозяйственно-питьевого назначения. Содержание ряда веществ (железо общее) постоянно или эпизодически превосходит значение ПДК. По результатам гидрохимического опробования в альб-сеноманском водоносном горизонте выделено 6 типов воды: гидрокарбонатные кальциевые, гидрокарбонатные магниевые-кальциевые, сульфатно-гидрокарбонатные кальциевые, гидрокарбонатные натриево-кальциевые, сульфатно-гидрокарбонатные натриевые и сульфатно-гидрокарбонатные натриево-кальциевые.

В скважинах, расположенных в границах хвостохранилища (12г, 9г, 8н, 7н, 4н) содержание Feобщ варьирует в пределах от 0,2 мг/дм<sup>3</sup> до 0,6 мг/дм<sup>3</sup>. При продвижении от хвостохранилища содержание Feобщ снижается до (0,1-0,02 мг/дм<sup>3</sup>) (Рис.3). Увеличение содержания наблюдается только в скважинах 20г, 19г, 3 (0,24-5,4 мг/дм<sup>3</sup>), расположенных «треугольником» относительно друг друга в районе рудничной площадке, а также в скважине 5г, находящейся вблизи шахтного ствола №3 (0,35

мг/дм<sup>3</sup>). В самом хвостохранилище содержание Feобщ превышает ПДК и составляет в среднем 0,3-0,5 мг/дм<sup>3</sup>.

Содержание сухого остатка в скважинах 12г, 9г, 8н, 4н изменяется в пределах от 439 до 466 мг/дм<sup>3</sup>. Как и в предыдущем случае, при продвижении от хвостохранилища содержание сухого остатка снижается до 338-388 мг/дм<sup>3</sup> (Рис.4). В поверхностных водах хвостохранилища концентрация данного компонента составляет 500-570 мг/дм<sup>3</sup>.

По содержанию сульфат-иона так же наблюдается повышенное содержание в скважинах вблизи хвостохранилища 12г, 9г, 8н, 7н, 4н (от 54 мг/дм<sup>3</sup> до 104 мг/дм<sup>3</sup>). При продвижении от хвостохранилища содержание сульфат-иона снижается (до 11,5-31,0 мг/дм<sup>3</sup>) (Рис.1). В скважинах 19г, 20г, 3, 1н содержание сульфат-иона увеличивается (до 121-361 мг/дм<sup>3</sup>). В скважине 5г содержание сульфат-иона достигает 119 мг/дм<sup>3</sup>. В хвостохранилище содержание сульфат-иона составляет около 170 мг/дм<sup>3</sup>.

Таким образом выявлено, что основным источником нарушения гидрохимического режима альб-сеноманского водоносного горизонта в пределах деятельности ОАО «Стойленский ГОК» является хвостохранилище. В основании чаши хвостохранилища отсутствуют региональные водоупорные слои, что создает условия для облегчённой гидравлической связи техногенных вод с природными водоносными горизонтами.

Источником сульфатного загрязнения подземных вод являются дренажные воды карьера, которые совместно с шахтными водами используются в технологическом цикле обогащения и в дальнейшем поступают в хвостохранилище. Степень загрязнения подземных вод зависит от местоположения наблюдаемого участка по отношению к хвостохранилищу, интенсивности инфильтрационных потерь из него и скорости массопереноса.

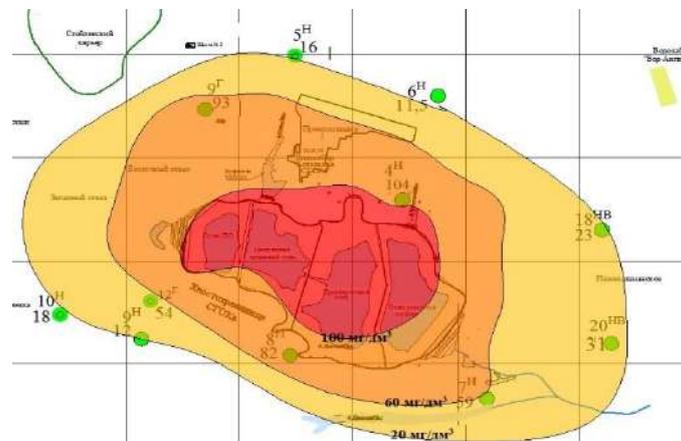


Рис.1 Карта изолиний содержания сульфат-иона в подземных водах режимных скважин альб-сеноманского водоносного горизонта

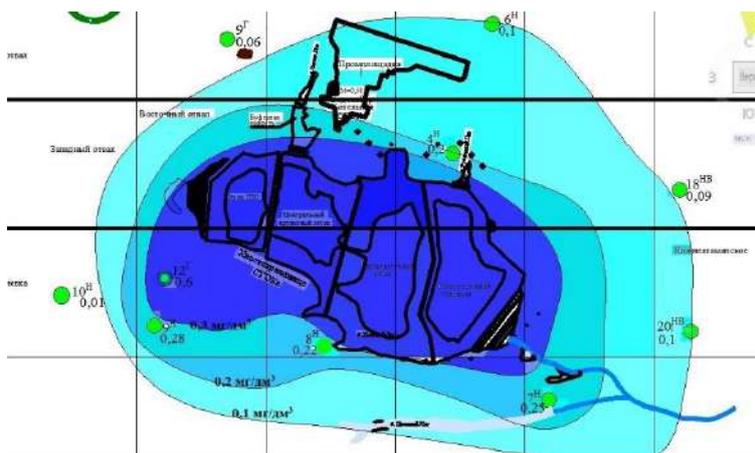


Рис. 3 Карта изолиний содержания железа общего в подземных водах режимных скважин альб-сеноманского водоносного горизонта

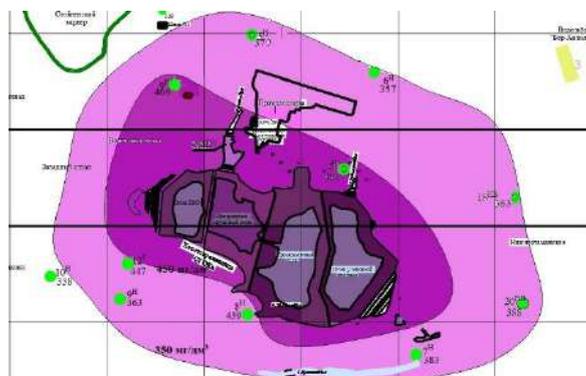


Рис.4 Карта изолиний содержания сухого остатка в подземных водах режимных скважин альб-сеноманского водоносного горизонта

В целом, содержание компонентов (в первую очередь макрокомпонентов) гидрохимического состава подземных вод не превышает нормы ПДК и чаще соответствует фоновому. Тем не менее, выявлен тренд роста концентраций сульфат-иона в режимных скважинах во времени в период с 2006 по 2017 г. Так же прослеживается тенденция роста содержания железа общего и степени минерализации подземных вод альб-сеномана по мере приближения к хвостохранилищу [8]. Так как под чашей хвостохранилища отсутствуют водоупорные горные породы, это способствует активной инфильтрации техногенных вод из хвостохранилища вниз по гидрогеологическому разрезу. Следовательно, хвостохранилище Стойленского ГОКа играет существенную роль в нарушении естественного гидрохимического режима альб-сеноманского водоносного горизонта.

Представленное исследование нуждается в дальнейшем углублении. Требуется постановка и осуществление физического и численного моделирования процессов миграции техногенных вод хвостохранилища в водоносных горизонтах для разработки конкретных природоохранных мероприятий [9]. Активное использование подземных



вод исследуемого района для хозяйственно-питьевого водоснабжения диктует значимую актуальность приведенных перспективных исследований.

### Список литературы

1. Бочаров В.Л. Влияние горнодобывающих предприятий на подземные воды Старооскольско-Губкинского района КМА // Вестник ВГУ. Сер: Геология, 2017. № 4. - С.95-99.
2. Бочаров В.Л. Признаки техногенной метаморфизации подземных вод Михайловского горнопромышленного района / В.Л. Бочаров, Ю.Е. Вершинина, Л.Н. Строгонова // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. : Геология.. – 2014– №4. – С.85-92
3. Кравчук Т.Н., Сергеев С.В. Прогноз загрязнения подземных вод при разработке железорудных месторождений КМА методами численного моделирования // Научные ведомости, 2012. № 15 (134). Выпуск 20. - С.168-172.
4. Петин А.Н., Крамчанинов Н.Н., Погорельцев И.А., Уколов И.М. Оценка техногенного воздействия на подземные воды в зоне влияния Старооскольско-Губкинского промышленного комплекса // Известия Самарского научного центра РАН, том 15, №3(3), 2013. - С. 949-953.
5. Хаустов В.В. Об экологической стороне процессов разработки полиметаллического месторождения Тырныауз. Часть 2. Твердый и жидкий сток // Известия Юго-Западного государственного университета, сер. Техника и технологии, 2016, №3 (20). - С. 68-79.
6. Хаустов В.В., Костенко В.Д. О миграции химических элементов в подземных водах региона КМА // Известия Юго-Западного государственного университета, сер. Техника и технологии, 2014, №3. - С. 65-70.
7. Хаустов В.В., Костенко В.Д., Дубяга А.П. К проблеме экологического аудита объектов недвижимости // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2012. № 2-3. С. 258-262.
8. Хаустов В.В. Роль геодинамики в формировании гидrolитосферы // В кн.: Будущее гидрогеологии: современные тенденции и перспективы (коллективная монография). Санкт-Петербургский гос. ун-т. Санкт-Петербург, 2008. С. 217-230.
9. Khaustov V.V., Ustiugov D.L. Formation of drainage waters of Tyrnyauz deposit in ecological aspect // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2017, №87, 042006. – 5 p.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕОРИИ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ Г.К.БОНДАРИКА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ КОНЦЕПЦИЙ СОХРАНЕНИЯ ПАМЯТНИКОВ РУССКОЙ АРХИТЕКТУРЫ

*Подборская В.О.\* (МГРИ, DKIG@yandex.ru),  
Пендин В.В. (МГРИ, pendin@yandex.ru), Невечеря В.В. (МГРИ,  
nevecheryavv@mgri-rggru.ru)*

**Аннотация.** В тезисах рассматривается применение элементов теории природно-технических систем (ПТС) Г.К.Бондарика в деле охраны памятников архитектуры. Разбирается понятие исторических ПТС, их иерархия, классификация, структура. Рассматривается структурная схема локальной исторической природно-технической системы Кирилло-Белозерского монастыря.

**Ключевые слова:** природно-техническая система, памятник архитектуры, геологическая среда, структурные взаимодействия.

Профессор Г.К. Бондарик одним из первых осознал необходимость нового, системного подхода к объекту инженерно-геологических исследований и настойчиво проводил мысль о представлении его в виде природно-технической системы (ПТС), включающей искусственные и естественные элементы. По определению Г.К.Бондарика [1,2] «Природно-техническая система (ПТС) есть целостная упорядочная в пространственно-временном отношении совокупность взаимодействующих естественных и искусственных компонентов, представленных веществом и полями, которая обладает эмерджентными (системообразующими) свойствами». Таким образом, любое сооружение может рассматриваться как искусственная подсистема в природно-технической системе. Среди многообразия видов современных ПТС (гражданские, культурно-исторические, промышленные, гидротехнические, транспортные и др.) особо выделяют «исторические природно-технические системы (ИПТС)», в которых памятник архитектуры рассматривается как искусственная подсистема, включающая взаимосвязанные конструктивные и архитектурные элементы, а сфера взаимодействия памятника с геологической средой как совокупность компонентов природной подсистемы: приповерхностной области литосферы, подземной гидросферы. Длительность существования ИПТС исчисляется сотнями лет, и она должна быть пролонгирована до бесконечности, путем изменения первоначального функционального назначения и превращения в музейную, охраняемую ИПТС.

В последние десятилетия рассмотрение архитектурных памятников как подсистем ИПТС принято у ведущих специалистов (Е.М.Пашкин, В.В.Дмитриев, В.М.Кувшинников, и др.), работающих в этой области. [3,4]. Понятия ИПТС, иерархические уровни ИПТС (элементарный и локальный) включены в ГОСТ-Р-55945-2014 Правила инженерно-геологических изысканий (исследований) для сохранения объектов культурного наследия. [3]. Так, отдельный памятник и сферу взаимодействия с ним геологической среды относят к элементарным ИПТС, а под локальными ИПТС, понимают исторически и композиционно связанные архитектурные ансамбли (храмовые комплексы, монастыри, кремли, усадьбы, фрагменты градостроительной застройки и др.), а также природно-антропогенные ландшафты.

Во многом подобная иерархия согласуется и с существующей в реставрационном процессе ступенчатой методологией выполнения реставрационных работ, в значительной степени, зависящей от классификационного местоположения объекта реставрации (отдельно стоящие здания и сооружения; комплекс усадебных построек; комплекс зданий и сооружений ансамблей – кремли, монастыри; исторический квартал и др.).

Исторические и архитектурные объекты, рассматриваемые как искусственные подсистемы ИПТС, отличаются большим разнообразием, что обуславливает особый методический подход к изучению и сохранению памятников истории и культуры, созданию комплексных концепций сохранения объектов культурного наследия. Обобщение материалов многочисленных инженерно-геологических исследований на исторических территориях и для отдельных памятников, их систематизация, позволили предпринять попытку классификации ИПТС. [5] Целью классификации являлось приведение разрозненных сведений о различных ИПТС в единую взаимосвязанную систему, опирающуюся на общие признаки – основания, и на этой основе проведение дальнейшей оптимизации инженерно-геологических исследований на исторических территориях.

Для решения задач по сохранению и управлению локальными ИПТС нами была предложена обобщенная структурная схема локальных архитектурных ИПТС [4]. Общая структура локальной ИПТС определяется отношениями элементарных ПТС, входящих в локальную в качестве ее подсистем. В качестве структурных подразделений локальной архитектурной ИПТС предлагается рассматривать: *элементарные ИПТС, природно-археологические системы (ПАС) культурного слоя и некрополей, природно-трансформированные системы (ПТРС) водных и ландшафтных объектов, современные элементарные ПТС*. Элементарные ИПТС, ПАС культурного слоя, ПТРС водных и ландшафтных объектов являются охраняемыми и сохраняемыми, современные ПТС имеют функциональное назначение.

В соответствии с вышеизложенным было проведено структурирование локальной ИПТС Кирилло-Белозерского монастыря. Главными структурообразующими компонентами которой являются *элементарные ИПТС* различного назначения, созданные в XVI-XVIII в.в. Всего выделяются 53 элементарные ИПТС. Подсистемами «сооружения» элементарных ИПТС являются охраняемые исторические объекты – памятники разного назначения и возраста – культовые и гражданские сооружения, оборонительные объекты (крепостные стены и башни) и другие. Подсистема, представляющая совокупность природных компонентов - «сфера взаимодействия памятника с геологической средой» («СВ»). Подсистемы «СВ» элементарных ИПТС неодинаковы по формам и размерам, они пересекаются и формируют сложную по структуре и форме сферу взаимодействия локальной ИПТС. *Природно-археологические системы (ПАС)* – это функционально единая совокупность памятников археологии и окружающей их природной среды. Для локальной ИПТС Кирилло-Белозерского монастыря ПАС состоит из подсистем собственно культурного слоя, который может быть рассмотрен как главный компонент природно-археологической системы, и захоронений (некрополи). Наличие на территории монастыря измененных ландшафтных объектов – речки Свяги и холмов, Успенского и Ивановского позволяет выделить *природно-трансформированную систему (ПТРС)*. Также в структуру входят *современные ПТС*, которые сформированы разнообразными коммуникационными объектами (линии водопроводных и отопительных сетей и др.), объектами инженерной защиты (дренажные сооружения). Они создавались целенаправленно, начиная с конца XX в. Выделенные структурные подразделения взаимодействуют между собой.

Существование локальной ИПТС происходит в постоянном взаимодействии выделенных структурных составляющих, режим взаимодействия которых определяет режим функционирования всей системы. Взаимодействия начинаются со времени формирования объектов, носят природный и техногенный характер, имеют разную по времени продолжительность и интенсивность. Предлагаемая схема взаимодействий между структурными компонентами локальной ИПТС дает возможность спрогнозировать характер режима функционирования системы.

Представление о структуре системы и взаимодействиях между ее подразделениями, основанное на элементах теории ПТС Г.К.Бондарика, позволяет целенаправленно определить направление развития ИПТС, исследовать процессы, происходящие в результате взаимодействий ее подсистем, что в конечном итоге, позволяет наиболее полно спроектировать систему мониторинга, прогноза и управления ИПТС и реализовать существующие концепции сохранения объектов культурного наследия.

### Литература

1. Бондарик Г.К., Ярг Л.А. Методика инженерно-геологических исследований. М., 2008, 333 с.
2. Бондарик Г.К. Экологическая проблема и природно-технические системы. М: 2004.
3. ГОСТ Р 55945-2014. Правила инженерно-геологических изысканий (исследований) для сохранения объектов культурного наследия. М. Стандартинформ, 2014
4. Невечера В.В., Пендин В.В. Структура локальных исторических природно-технических систем Материалы XII общероссийской конференции изыскательских организаций «Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации» М.: ООО «Геомаркетинг». 2016
5. Пендин В.В., Заботкина Л.В., Подборская В.О. Предложения по классификации исторических природно-технических систем//Геология и разведка, 2012, №3, с.56-62.

## ОПАСНЫЕ ЭКЗОГЕННЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ НА АВТОТРАССЕ «КОЛЫМА» (ЯКУТСК-МАГАДАН)

*А.А.Поморцева\** (Санкт-Петербургский горный университет,  
[a.a.pomortseva@mail.ru](mailto:a.a.pomortseva@mail.ru)),

*О.А. Поморцев* (Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,  
[olegpomortsev@mail.ru](mailto:olegpomortsev@mail.ru)), *О.Н. Толстухин* (Институт мерзлотоведения СО РАН,  
[ton@rambler.ru](mailto:ton@rambler.ru))

### Аннотация

В условиях современных климатических изменений рассматриваются инженерно-геологические проблемы автотрассы «Колыма». В масштабах опытного участка трассы (600-725 км), определены природные и техногенные факторы, модулирующие опасные инженерно-геологические обстановки. Выявлены механизмы активизации экзогенных геологических процессов аномалиями климата. Оценена инженерная защита трассы. Предложены рекомендации по оптимизации инженерных решений. Все полученные результаты являются новыми.

**Ключевые слова:** автотрасса «Колыма», геологическая среда, аномалии климата, экзогенные геологические процессы, инженерные решения.

### Введение

Федеральная автотрасса «Колыма» (Якутск – Хандыга – Усть-Нера – Магадан) - стратегически важная магистраль северо-востока России, обеспечивает круглогодичный доступ к золотоносным подрайонам Верхояно-Колымской горно-складчатой области и транспортную связь между крупными субъектами Российской Федерации - Республикой Саха (Якутия) и Магаданской областью. Наличие этой опорной транспортной сети открывает возможность строительства железной дороги от Якутска до Магадана, что в свою очередь, может послужить основой для развития наземных транспортных сетей в направлении Чукотки.

Трасса проложена по горной местности, в исключительно сложных природно-климатических условиях, в зоне сплошного распространения толщ многолетнемерзлых пород (ММП) мощностью от 100 до 500 м и более и крайне расчлененного рельефа. По данным сейсмического районирования территория отнесена к зоне 9-бальных сотрясений.

Об инженерно-геологических проблемах на трассе связанных с аномалиями климата известно давно, но их специальные исследования были начаты нами только в 2013 г.

**Целью работы** является выявление причин и механизмов возникновения и развития опасных инженерно-геологических ситуаций на автотрассе «Колыма», что может послужить основой для обоснования решений по ее дальнейшей модернизации и инженерной защите.

**Методика исследований:** анализ геологической, геоморфологической, климатологической, гидрологической, геокриологической и другой информации в рамках поставленной задачи, полевые маршрутные изыскания и аналитические лабораторные исследования [1].

**Район исследования** приурочен к долине р. Восточная Хандыга секущей субширотно хребты Сетте-Дабан и Сунтар-Хаята с охватом наиболее сложной в инженерно-геологическом отношении высокогорной водораздельной зоны (Рисунок 1).

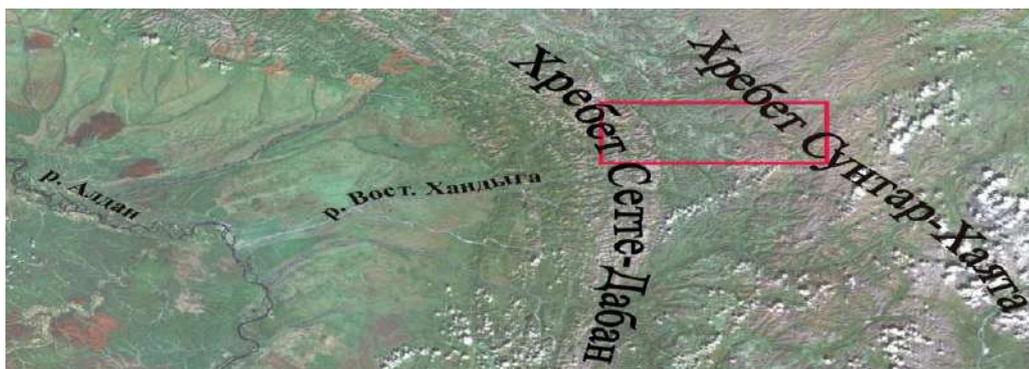


Рисунок 1. Район исследования.

Общая протяженность участка 125 км, от 600 до 725 км трассы. Перепад высот основания дорожного полотна в пределах опытного участка составляет более 800 м. Глыбовый характер тектоники обеспечил наличие в пределах района разобщенных разновысотных горных узлов. Наиболее высокоприподнятые глыбы характерны для восточной части района.

В геологическом отношении исследуемая территория неоднородна. В ее строении участвуют карбонатно-терригенные толщи Сетте-Дабанского антиклинория и каменноугольные, пермь-триасовые толщи Южно-Верхоянского синклинория. Они представлены широким спектром осадочных пород – от доломитов, гипсов и известняков – до глинистых сланцев, песчаников, мергелей, алевроитов, аргиллитов [2]. По современным представлениям эти породы являются достаточно надежными основаниями инженерных сооружений за исключением глинистых сланцев наиболее податливых по отношению к процессам водной эрозии и механическому воздействию [1].

Из рыхлых отложений широко представлены верхнечетвертичные продукты геологической деятельности ледников последнего – Сарганского (Вюрмского) оледенения плейстоцена. Наиболее полный разрез этих отложений вскрывается в береговом обрыве р. Восточная Хандыга в районе устья ручья Лагерь. Мощность отложений достигает 20 м. Судя по данным спорово-пыльцевого анализа, для времени их формирования были характерны суровые климатические условия ландшафтов холодных щебнистых полупустынь развивавшихся на предгорьях горных ледников [2]. Голоценовые отложения (аллювиальные, пролювиальные, делювиальные, элювиальные, озерно-болотные и другие) при их достаточно широком распространении маломощны. Исключение представляют только аллювиальные образования на участках надпойменных террас наиболее крупных водотоков. Их мощность достигает 30-50 м, при средней, – около 10-15 м.

В тектоническом отношении район достаточно сложен. В бассейне р. Вост. Хандыга наблюдаются крупные дизъюнктивные нарушения: Восточно-Сетте-Дабанский, Кюрбеляхский и Сеторымский сбросо-сдвиги северо-восточного простираения. В рельефе наблюдается ярко выраженное альпинотипное среднегорье с абсолютными отметками вершин до 1800-2400 м, и превышением водоразделов над днищами речных долин до 800-1300 м. В профилях долин выделяются крутые, часто обрывистые склоны (гравитационного срыва крутизной более 40°); склоны делювиально-осыпного сноса средней крутизны (около 30°); пологие склоны делювиального сноса и делювиально-солифлюкционного накопления. Днища крупных речных долин и межгорных впадин несут следы ледниковой деятельности в виде ледниковой обработки, моренных образований и водно-ледниковых террас. В рельефе исследуемой территории наряду с широко

распространенным альпинотипным среднегорьем не малую часть составляет классическое массивное среднегорье приуроченное к району Алдано-Индибирского водораздела.

**Анализ проблемы и обсуждение результатов.** В своем заложении, особенно в процессе реконструкции в 2012-2017 гг., автотрасса нередко подрезает коллювиальные, пролювиально-делювиальные шлейфы гор и конусы выноса временных водотоков создавая условия для поступления склоновых отложений непосредственно в зону полотна трассы. Развитию этого процесса наряду с широким распространением гляциальных, флювиогляциальных, делювиальных и др. наносов в виде обрывов нависающих над трассой, способствуют и природные факторы моделирующие активизацию экзогенных геологических проявлений. В качестве такого фактора в последние годы выступают значительные аномалии атмосферного увлажнения летних сезонов. В условиях горной местности ливневые осадки модулируют паводковые волны катастрофических масштабов способные сносить не только подтаявшие отложения склонов, но и разрушать тело дорожной подушки, особенно на участках ливневых переходов (Рисунок 2).



*Рисунок 2. Проблемная зона в районе реки Ат-Мооле во время прохождения паводковой волны 2013 г.*

В таблице 1 приведены данные по сумме атмосферных осадков в Южном Верхоянье в июле 2013 г.. Норма атмосферных осадков июля по всем станциям Южного Верхоянья оказалась превышенной более чем в два и даже в три раза.

*Таблица 1. Сумма выпавших осадков в июле 2013 г., мм*

Станция	Норма	2013 г.	%
Крест-Хальджай	50	187	374
Теплый ключ	82	232	283
Западная	101	-	
Восточная	72	199	276
Томпо	60	193	322
Агаякан	52	116	223
Оймякон (аэропорт)	48	124	258

Наиболее опасные ситуации были зафиксированы на участках выхода к трассе длинных и разложистых склонов водоразделов, а так же боковых, нередко висячих долин притоков с большими водосборными площадями. Здесь во время прохождения ливневых дождей возникали бурные и мощные линейные потоки способные взламывать по ходу своего движения не только рыхлые отложения склонов, но и элементы инфраструктуры трассы.

Следы их воздействия на склоны и дно долин иногда напоминают последствия схода снежной лавины (Рисунок 3).



(а)



(б)

**Рисунок 3.** Лавиноподобный прочес длинного склона на участке р. Ат-Мооле - «Черный прежим», с вывалом леса в 2015 г (снимок сверху, фото М.Ф. Третьякова) (а) и блокирование водосливных лотков (б).

На участках трассы примыкающих к коротким и крутым склонам водоразделов несмотря на менее интенсивный сток во время прохождения ливневых «атак» наблюдалось блокирование наносами систем водоотведения (рисунок 3 (б)).

#### **Заключение.**

Результаты выполненных исследований можно свести к трем ключевым выводам: 1) бесперебойная и безопасная эксплуатация автотрассы «Колыма» в Южном Верхоянье может осуществляться только при совершенствовании ее инженерной защиты; 2) несмотря на современное наращивание инженерного обустройства трассы она все еще остается под контролем природной стихии; 3) инженерное решение проблемы на отдельных участках трассы видится исключительно в применении свайных фундаментов. Альтернативу этому решению может составить только постоянное присутствие на трассе необходимого количества тяжелой техники способной оперативно устранять возникающие разрушения.

#### **Литература**

1. Бондарик Г.К., Ярт Л.А. Инженерно-геологические изыскания. М. - 2007. 418 с.
2. Коростелев В.И. Краткий очерк геологического строения севера Южно-Верхоянского синклиория. Якутск, издание Якутского государственного университета, 1980. - 104 с.

## ТЕМПЫ ДЕГРАДАЦИИ МЕРЗЛОТЫ У ЮЖНОЙ ГРАНИЦЫ КРИОЛИТОЗОНЫ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОНИТОРИНГА)

*Пономарева О.Е.\* (МГРИ, ИКЗ ТюмНЦ СО РАН, o-ponomareva@yandex.ru),*

*Дроздов Д.С. (МГРИ, ИКЗ ТюмНЦ СО РАН, ТюмГУ, ds\_drozдов@mail.ru)*

*Гравис А.Г. (ИКЗ ТюмНЦ СО РАН, ag.gravis@gmail.com),*

*Бердников Н.М. (ИКЗ ТюмНЦ СО РАН, nikolaj-berdnikov@yandex.ru),*

*Устинова Е.В. (ИКЗ ТюмНЦ СО РАН, ТюмГУ, ТИУ [sciensec@ikz.ru](mailto:sciensec@ikz.ru)),*

*Успенский А.М. (МГУ [drusili.drus@gmail.com](mailto:drusili.drus@gmail.com)),*

*Бочкарев Ю.Н. (МГУ, ИКЗ СО РАН, [uboch@yandex.ru](mailto:uboch@yandex.ru)),*

*Лешневская Е.Ф. (ТИУ, [leshnevskajae@tyuiu.ru](mailto:leshnevskajae@tyuiu.ru))*

### Аннотация

Современное изменение климата привело к значительной неблагоприятной трансформации теплового состояния многолетнемерзлых пород, что по оценкам специалистов в ближайшем будущем грозит разрушением хозяйственной инфраструктуры в Арктике. У южных границ криолитозоны Западной Сибири температура многолетнемерзлых пород была высокой (-1..-2°C) уже в XX веке, когда начиналось хозяйственное освоение этих районов, а в XXI веке температура повысилась до нуля, тем не менее, пока это не привело к катастрофическим последствиям. Установлено, что ряд природных особенностей замедляет и сглаживает негативное воздействие климата на многолетнемерзлые породы. К числу этих особенностей относится широкое развитие эпикриогенных, относительно малольдистых грунтов, возникновение слоя «нулевая завеса», мощный напочвенный покров.

### Ключевые слова

Российская Арктика, современное изменение климата, деградация мерзлоты, многолетнемерзлые породы, нулевая завеса, потепление климата, мерзлота несливающегося типа.

Многочисленными исследованиями установлено, что происходящее сейчас повышение температуры воздуха, в Российской Арктике приводит к снижению несущей способности пород как оснований зданий и сооружений, местами к полной деградации многолетнемерзлых пород (ММП), увеличению глубины сезонного оттаивания пород, а также к развитию опасных криогенных процессов. Последствием названных природных процессов является разрушение инфраструктуры в районах, которые имеют большое экономическое значение для нашей страны, поскольку к ним приурочены основные месторождения полезных ископаемых. Подсчитано, что к середине 21 века в зоне риска окажутся до 20% существующих объектов инфраструктуры Российской Арктики. Представляется важным оценить скорость природных разрушительных процессов и их региональные особенности у южной границы криолитозоны.

Стартовыми площадками изучения реакции криолитозоны на направленное изменение климата служат геокриологические стационары. Один из самых южных в Западной Сибири – Надымский расположен в северной тайге, где острова мерзлоты приурочены к торфяникам и буграм пучения. Исследования в районе стационара начались в 70-х гг. XX века в связи со строительством газопровода Надым-Пунга. Ряды геокриологических данных по некоторым объектам стационара насчитывают 45 лет, что соизмеримо с длительностью метеорологических наблюдений в районе (метеостанция Надым). Таким образом, существующие данные позволяют выполнять

обоснованное сопоставление трендов изменения климата и параметров, характеризующих геокриологические условия.

Анализ климатических данных позволил выявить 6 следующих важных тенденций, характеризующих темпы современного изменения климата в районе исследований и определяющих трансформацию геокриологических условий. 1. Среднегодовая температура воздуха характеризуется значительной межгодовой изменчивостью, которая, тем не менее, уверенно позволяет выявить тренд, направленный на повышение температуры воздуха. 2. Период с 1961 по 1979 гг. был относительно холодным, а темп повышения температуры – столь низким, что геокриологические условия стационара Надым в течение рассматриваемого периода оценивались как стабильные. 3. Период с 1980 до 1996 г. повышение температуры воздуха составляло 0,03-0,04°C/год, что обусловило постепенное увеличение глубины оттаивания грунтов, повышение температуры ММП. 4 1997-1999 гг. ознаменовались небывалым понижением температуры, обусловившим всплеск криогенного пучения грунтов. 5. С 2000 г. темпы повышения температуры воздуха возросли до 0,1°C/год, экстремально теплые годы стали повторяться часто, а количество выпадающих атмосферных осадков, прежде всего зимних, увеличивалось, что крайне негативно отразилось на состоянии ММП, но пока не привело к нарушению хозяйственной инфраструктуры района. Ряд природных особенностей района исследований замедляет и сглаживает негативное воздействие климата на многолетнемерзлые породы.

Стационар расположен в Западной Сибири, в подзоне северной тайги, на III озерно-аллювиальной равнине с абсолютными отметками поверхности 30-40 м, в пределах озерно-болотного типа местности. Равнина сложена супесчано-суглинистыми отложениями, которые перекрыты торфом. Острова эпикриогенных ММП приурочены к торфяникам, буграм пучения, краевым частям заболоченных ложбин стока. Объемная льдистость за счет ледяных включений в суглинках, залегающих на глубинах 4-10 м, (под торфом и песками) составляет на торфяниках 2-12%, на буграх пучения от 24 до 35-40%. Из криогенных процессов на территории стационара развито криогенное пучение, и локально – термокарст (на отдельных буграх пучения).

В 70-х гг. XX века температура ММП на глубине 10 м (подошва слоя годовых амплитуд) составляла -1,8°C на крупнобугристых торфяниках, -0,9°C на плоских торфяниках, - 0,5°C на буграх пучения, -0,2 в краевых частях заболоченных ложбин стока. Под влиянием направленного изменения климата произошло следующие значительные изменения температурного поля ММП. Температура ММП на глубине 10 м повысилась до -0,01...-0,1°C и различия между ландшафтами сгладились. В краевых частях заболоченных ложбин стока эпизодически формировался слой «нулевая завеса» на глубинах 2-3 м. Подошва этого слоя резко начала опускаться после 2000 г., достигла глубины 10 м в 2013 г. В настоящее время мощность этого слоя составляет приблизительно 10 м. В зависимости от сочетания климатических параметров конкретного года температура пород в этом слое может незначительно отклоняться от значения ноль в одну или другую сторону, поэтому положение кровли, подошвы (и, соответственно мощность) слоя меняется от года к году. Формирование слоя «нулевая завеса» препятствует оттаиванию более глубоких горизонтов ММП.

Оборудование термометрических скважин логгерами круглогодичного действия позволило установить, что температура ММП на глубинах 2 и 5 м повышается, причем быстрее, чем на 10 м. Повышение температуры в верхней части разреза ММП способствует более интенсивному и глубокому сезонному протаиванию грунтов, достигающему местами более 2 м, что в свою очередь приводит к образованию участков с переуглубленной кровлей мерзлоты. Процесс протаивания пока не распространился на льдистые суглинки, поэтому массовой активизации термокарста не

отмечено. Локальные проявления термокарста установлены на стационаре и за его пределами. Выявлены бугры пучения, с термокарстовыми провалами и озерками на поверхности, бугры, склоны которых нарушены свежими оползнями и трещинами, свидетельствующими о процессе разрушения бугров. В окрестностях стационара обнаружено термокарстовое озеро, образовавшееся на месте бугра пучения. Время образования озера (1999-2000 гг.) установлено дендрохронологическим способом, по стволам деревьев, которые оказались затопленными и погибли после полного протаивания бугра.

Таким образом, пока процессы разрушения охватывают лишь бугры пучения, сложенные с поверхности льдистыми породами. На остальной территории стационара криогенные ландшафты находятся в состоянии близком к критическому, но, по-видимому, в этом состоянии они могут пребывать неопределенно долго из-за формирования слоя «нулевая завеса».

Наши данные свидетельствуют о том, что на залесенной поверхности старых бугров пучения повышения температуры ММП не происходит. Причиной этого, возможно является сильное затенение поверхности бугра летом, благодаря разрастанию древесной растительности и кустарника. Изменение растительности обусловлено повышением температуры воздуха и увеличением количества выпадающих атмосферных осадков. Ввиду того, что растительный покров в течение года способен оказывать как отепляющее, так и охлаждающее влияние, предусмотреть его суммарное влияние на криогенные ландшафты стационара без специальных исследований затруднительно.

Трансформация растительного покрова, эволюция слоя «нулевая завеса», широкое развитие малольдистых пород в верхнем части разреза ММП безусловно оказывают влияние на тепловое состояние ММП. Однако учет этих факторов при выполнении расчетов теплооборотов не всегда возможен, поэтому для коррекции и расчетов необходимы данные прямого мониторинга, который необходимо продолжать.

**Благодарности.** Работа выполнена благодаря программам РАН и СО РАН, грантам РФФИ (18-55-11005\_АФ\_Т(ClimEco), 18-05-60004, 18-55-11005– заявлено продолжение, 19-05-00786), РФФ (№ 16-17-00102, 16-05-00249– заявлено продолжение), субсидии Минобрнауки № 14.587.21.0048 (RFMEFI58718X0048), международным программам TSP, CALM, GTN-P, PEEH, SWIPA, GCW, SODEEP, администрации ЯНАО, предприятиям ГазпромДобычаНадым, ГазпромДобычаУренгой, Нортгаз.

## ИСПЫТАНИЕ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЯ НАТУРНЫМИ БУРОИНЪЕКЦИОННЫМИ СВАЯМИ

*Сайко О.В.*

*Институт Геоэкологии им. Е.М.Сергеева РАН,*

*[saykoolya@gmail.com](mailto:saykoolya@gmail.com)*

Аннотация: сочетание свайного фундамента и укрепленного твердеющим раствором массива грунта улучшает физико-механические характеристики вмещающего грунтового массива. Процесс состоит из инъецирования в грунт уплотняющего и проникающего раствора в зависимости от геологического строения и свойств грунтов массива. Гидравлическая природа метода уплотнения позволяет воздействовать в первую очередь на наиболее слабые зоны грунтового массива. Это в значительной степени снижает предпосылки для развития неравномерных осадок в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: буроинъекционные сваи, свайный фундамент, испытание натуральных свай.

Инъецирование грунтов водоцементными, водоцементноизвестковыми и другими растворами - широко используется в процессе укрепления оснований исторических сооружений. Распространение получила также технология создания буроинъекционных свай (БИС). Как правило, БИС представляют собою бетонные конструкции диаметром от 120 до 400 мм и глубиной заложения до 20 метров, изготовленные посредством инъекций бетонного раствора внутрь скважины в процессе ее бурения. Благодаря своим техническим свойствам БИС используются при: производстве работ на слабых грунтах; проведении работ в историческом центре города; необходимости изготовления опор под определенным углом наклона; усилении оснований сооружений. В соответствии с ГОСТ 30672-2012, ГОСТ 5686-2012 для выяснения применимости, эффективности БИС выполняют определения несущей способности БИС путем контрольных испытаний грунтов сваями.

Одновременно, широкое распространение получили методы технической мелиорации грунтов, изменения их свойств, укрепления грунтов инъекционными методами через инъекторы диаметром меньше 150 мм. В соответствии с указаниями СТО НОСТРОЙ 2.3.18-2011. При использовании этой технологии метод закрепления основывается на устройстве буроинъекционных свай и определении их несущей способности, а также на инъекционном уплотнении грунтов путем нагнетания по специальной технологии вяжущих и твердеющих растворов при давлении, превышающем структурную прочность слабых и структурно-неустойчивых грунтов, но не превосходящего суммы давления фундаментной плиты, подбетонки и структурной прочности грунтового массива.

Укрепление грунтов основания инъекционным методом в режиме гидроразрывов, основанном на инъекционном уплотнении массива грунта локально направленными гидроразрывами, в результате чего происходит повышение плотности и связности грунтов, армирование грунтового массива, улучшение механических свойств слабых грунтов, как за счет уплотнения, так и за счет образования жестких включений из застывшего уплотняющего раствора, что преобразовывает массив грунта в природно-техногенный композит с высокими прочностными и деформационными свойствами.

В итоге получается выгодное для решения многих практических задач сочетание свайного фундамента и укрепленного твердеющим раствором массива грунта.

Получается метало-цементнокаменно-грунтовый квазимонолитный массив грунта, обладающий высокой несущей способностью.

В связи с этим значительный интерес представляет оценка несущей способности свай, формирующихся при инъекциях слабых грунтов твердеющими растворами.

Испытания грунтов статической вдавливающей нагрузкой на натурную буроинъекционную сваю выполнялись с целью изучения характера распределения закачиваемого цементного раствора в толще слабых грунтов и определения несущей способности свай в Коломенском и Люберецком районах МО, на территории Покровского Хотькова ставропигиального женского монастыря и в городском округе Красногорск, вблизи д. Путилково.

Укрепляемые инъекцированием грунты были представлены в Коломенском районе текучепластичными суглинками, в Люберецком районе песками рыхлыми и средней плотности от мелких до гравелистых, в Хотьковском районе пластичными и текучепластичными супесями, в д. Путилково рыхлыми песками. В результате полевых испытаний статическими вдавливающими нагрузками были установлены предельные величины нагрузок на сваи: в Коломне - от 18 до 33 тс (180-330 кН); в г. Люберцы - 19,4 - 21,0 тс (189,6-205,8 кН); в Хотьковском районе - от 14,5 до 16,3 тс (145-163 кН), в д. Путилково – от 74,4 до 77,7 тс (730-762 кН).

Одновременно, в процессе инъекцирования подаваемого под давлением водоцементного затвердевшего раствора были образованы метало-цементнокаменно-грунтовые квазимонолитные массивы грунта, обладающий высокой несущей способностью.

Результаты выполненных исследований позволяют представить возможные предельные величины нагрузки на свайный фундамент и одновременно несущую способность массива грунтов усиленного инъекцированием.

#### **Список литературы:**

1. Технический отчет о результатах опытных работ по определению несущей способности буроинъекционных свай на объекте: «Строительство механического цеха ООО «Коломенское производство полиуретанов» по адресу: Московская область, Коломенский район, д. Сычево, ул. Газопроводная, д.5»; ООО фирма «ЭКОТЕХКОНТРОЛЬ», Москва, 2017.
2. Технический отчет о результатах опытных работ по определению эффективности противокарстовой защиты и несущей способности буроинъекционных свай на объекте: «Жилой микрорайон в северо-восточной части г. Люберцы Московской области, квартал 3, 3-й пусковой комплекс, жилые дома 30, 31, 32»; ООО фирма «ЭКОТЕХКОНТРОЛЬ», Москва, 2016.
3. Технический отчет о результатах испытаний грунтов статической вдавливающей нагрузкой на натурную сваю по ГОСТ 5686-2012 для разработки проектной документации по усилению грунтов основания Служебного корпуса на территории Покровского Хотькова женского монастыря РПЦ; ООО фирма «ЭКОТЕХКОНТРОЛЬ», Москва, 2018.
4. Расчет основания. К проектной документации: укрепление грунтов основания фундамента жилого дома № 6. Комплексная жилая застройка с объектами инфраструктуры. Жилые дома № 1,2,3,4,5,6 по адресу: московская область, городской округ Красногорск, вблизи д. Путилково; ООО «Горпроект-1», г. Волгодонск 2018 г.
5. СТО НОСТРОЙ 2.3.18-2011. «Укрепление грунтов инъекционными методами в строительстве», Москва, 2012.
6. ГОСТ 30672-2012 «Грунты. Полевые испытания. Общие положения»
7. ГОСТ 5686-2012 «Грунты. Метод полевых испытаний сваями»

## АНАЛИЗ ОПЫТА ЭКСПЛУАТАЦИИ БОРЖОМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ ЕГО ОСВОЕНИЯ

*Секерина И.Н. (ЗАО ГИДЭК, [sekerina@hydec.ru](mailto:sekerina@hydec.ru))*

**Аннотация:** В настоящей статье рассмотрен этап современной эксплуатации Центрального участка Боржомского месторождения в 2015-2018 гг. В результате ведения работ с целью прироста запасов был произведён подбор оптимальных нагрузок по скважинам участка. При анализе опытно-промышленной эксплуатации выделено три гидродинамических периода: неравномерного отбора, форсированного режима и сбалансированной эксплуатации. Стабилизация уровней на последнем периоде при суммарном водоотборе по участку в 282 м<sup>3</sup>/сут послужила основой для обоснования прироста запасов.

**Ключевые слова:** месторождение углекислых минеральных вод, водоотбор подземных вод, мониторинг, опытно-промышленная эксплуатация, анализ режима эксплуатации, прирост запасов.

Боржомская минеральная вода в связи с её высокой бальнеологической ценностью является одним из крупнейших естественных богатств Грузии. На базе Боржомского месторождения углекислых минеральных вод, как и в советский период, продолжают работу санатории, а также два завода по розливу.

Боржомское месторождение углекислых минеральных вод расположено на территории города-курорта Боржоми и прилегающих сел республики Грузии. В гидрогеологическом отношении месторождение относится к центральной части Аджаро-Триалетской водонапорной системы, являющейся северо-западной окраиной гидрогеологической структуры Малого Кавказа Крымско-Кавказской гидрогеологической области. Минеральные воды боржомского типа с минерализацией 5-7.5 г/л приурочены к трещиноватым карбонатным отложениям (верхнемеловой-нижнепалеоценовый водоносный комплекс), осложнённым структурными складками, которые сопровождаются формированием геодинамических зон сжатия и растяжения, а также разрывными проводящими и экранирующими сбросовыми нарушениями линейного типа (рис. 1). Продуктивный комплекс выходит на дневную поверхность вдоль сводовой части Боржомской антиклинальной складки, где находится его основная область естественной разгрузки. Сверху комплекс перекрыт слабопроницаемой толщей флишевых отложений среднего палеоцена - нижнего эоцена, представленных песчано-глинистой толщей. Этот горизонт локально обводнён водами боржомского типа с минерализацией 2-5 г/л [1]. Месторождение состоит из 3-х участков: Центрального, Ликанского и Вашловани-Квибисского, представляющих собой автономные объекты изучения и эксплуатации.

За весь более чем 120-летний период добыча минеральных вод осуществлялась в общей сложности из двух источников и 37-ти скважин. В статье рассмотрен Центральный участок месторождения в связи с его наиболее длительной и сложной историей эксплуатации. С 1953 по 2015 год на Центральном участке происходило постепенное снижение водоотбора во времени с 303 по 174 м<sup>3</sup>/сут, продиктованное условием сохранения самоизлива на устье эксплуатационных скважин.

В настоящее время розлив минеральной воды осуществляется "IDS BORGOMI BEVERAGES CO.N.V". В последнее пятилетие в связи с расширением мощностей заводов розлива возросла потребность в добыче минеральных вод и возникла необходимость в обосновании оптимального способа эксплуатации применительно к увеличенной потребности. В связи с этим, с 2014 по 2018 годы ЗАО "ГИДЭК"

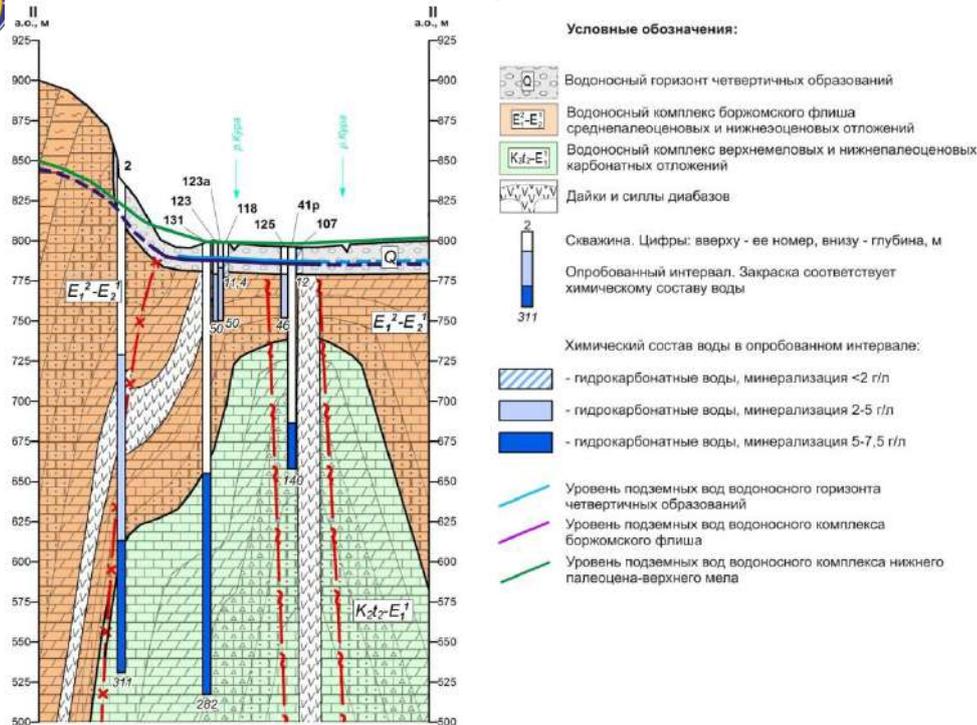


Рис. 1. Схематический геолого-гидрогеологический разрез Боржомского месторождения

совместно с "IDS BORGOMI GEORGIA" вело работы на Боржомском месторождении углекислых минеральных вод (под научно-методическим руководством Боровского Б.В.). Исторически условие сохранения самоизлива на скважинах Боржомского месторождения являлось основным критерием, определяющим возможную величину водоотбора. Однако, ещё в 1963 г. в соответствии с результатами разведки Боржомского месторождения углекислых вод было показано, что запасы могут быть увеличены "при расширении эксплуатационных площадей и применении принудительного способа эксплуатации с понижениями динамических уровней воды в скважинах до уровня грунтовых и речных вод, а на участках где последние отсутствуют – до более низких отметок" (Гаглоев и др., 1963 г.). При постановке настоящих работ, выполненных ЗАО "ГИДЭК", предпосылкой возможности увеличения водоотбора по Центральному участку послужила регистрация в 2014 году продолжающейся восходящей сосредоточенной разгрузки минеральных вод боржомского типа в долине р. Куры. Наличие разгрузки описывалось ещё в 20-х-30-х годах XX века в работах А. М. Овчинникова и оценивалась им в 500 м<sup>3</sup>/сут [2], что выше добычи минеральных вод с 1982-2015 гг по Центральному участку (174 м<sup>3</sup>/сут) практически в 3 раза.

В процессе проведения специальных работ (2015-2018 гг) для обоснования возможности увеличения суммарного водоотбора была принципиально изменена схема эксплуатации на участке: самоизливающиеся скважины по мере снижения напора или расхода были переведены на насосную эксплуатацию; скважины стали эксплуатироваться в стабильном режиме отбора; ряд наблюдательных скважин с уровнем ниже поверхности земли был введён в эксплуатацию. В результате управления эксплуатацией с целью прироста водоотбора по участку подбор оптимальных нагрузок по скважинам осуществлялся последовательно: изначально суммарный отбор был увеличен на 72 м<sup>3</sup>/сут (с 154 до 226 м<sup>3</sup>/сут), затем отбор был увеличен ещё на 139 м<sup>3</sup>/сут (до 365 м<sup>3</sup>/сут), далее было произведено сокращение отбора на 83 м<sup>3</sup>/сут (до 282 м<sup>3</sup>/сут) (рис. 2). В связи с тем, что все работы проводились в условиях работы действующего предприятия по розливу минеральных вод, то необходимое количество воды подавалось на заводы, а остальная вода - на сброс.

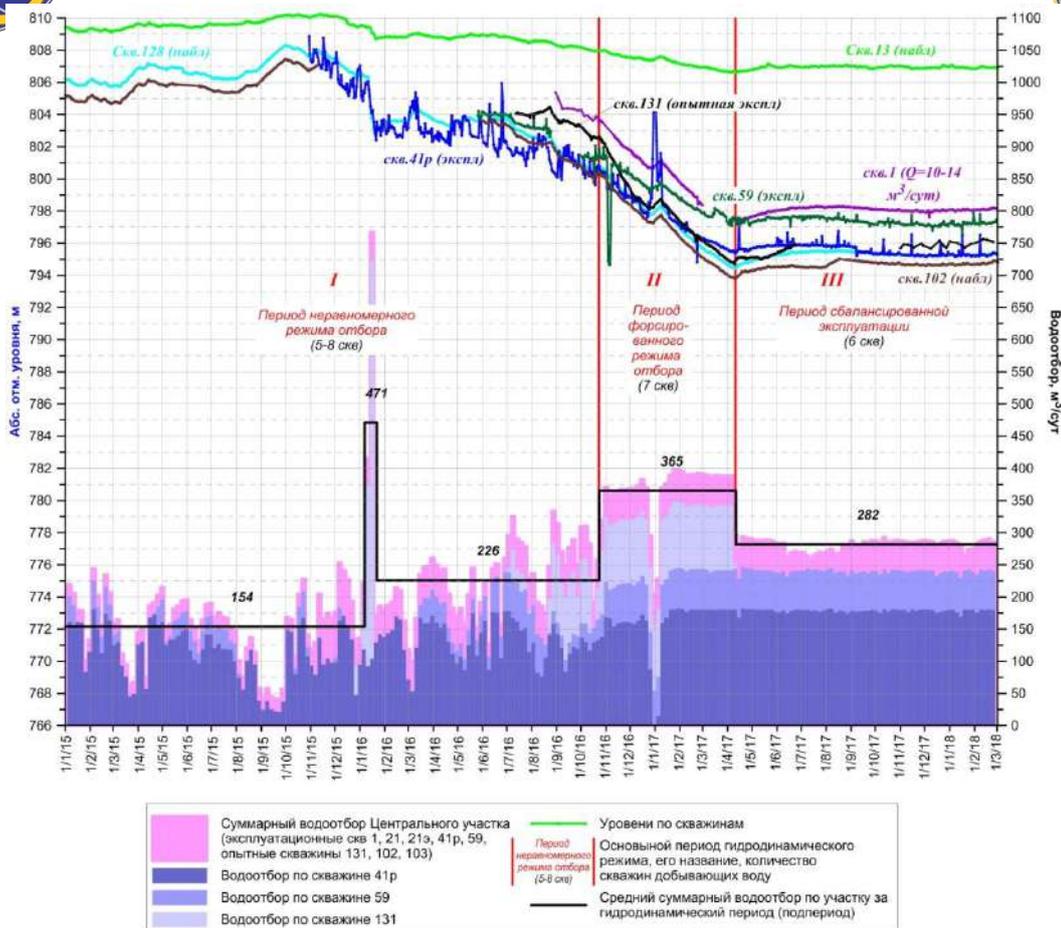


Рис. 2. Гидродинамическая характеристика основных периодов опытно-промышленной эксплуатации Центрального участка Боржомского месторождения в 2015-2018 гг

Анализ современного режима - периода опытно-промышленной эксплуатации производится с помощью выделения отдельных гидродинамических периодов, различающихся изменчивостью суммарного водоотбора и хода изменения напоров (уровней). Принципиально было выделено 3 гидродинамических периода (рис. 2).

Период I характеризуется непостоянством среднесуточного суммарного водоотбора 154-471 м³/сут. В начале 2016 года было зафиксировано снижение уровней по ряду скважин участка как реакция на самоизлив и выделение газа при бурении новой скважины 131 (дублер основной эксплуатационной скважины участка 41р). Выделение основного объёма газовой смеси произошло с 7 по 20 января 2016 года со средним дебитом минеральной воды 344 м³/сут, достигая 19 января максимальной величины в 1360 м³/сут. На самоизлив отреагировали скважины 13, 128, 41р и 102 - величина реакции от 0.8 до 4 м (рис. 2).

Период II характеризуется форсированным режимом отбора в 365 м³/сут, достигнутым совместной эксплуатацией скважины 41р и её дублера скважиной 131, что практически в 2 раза превышает величину водоотбора по участку в последние несколько десятилетий. В течение 3х месяцев суммарный средний водоотбор по участку составлял 388 м³/сут, а в отдельные моменты времени достигал максимального значения 400 м³/сут. Все скважины участка, как наблюдательные, так и эксплуатационные отреагировали на значительный прирост суммарного водоотбора - снижением уровней от 1 до 6.6 м. Отметим, что скорость снижения была существенно выше, чем в последние месяцы гидродинамического периода I. Разгрузка минеральных вод в долине р. Куры продолжала фиксироваться.

Период III продолжительностью 11 месяцев характеризуется стабилизацией

уровней по всем скважинам при суммарном отборе в  $282 \text{ м}^3/\text{сут}$  (превышение на  $110 \text{ м}^3/\text{сут}$  по сравнению с отбором 1982-2015 гг. или в 1.5 раза). По самоизливающимся скважинам 41р и 59 восстановления уровня за весь гидродинамический этап не произошло. Однако, надо учитывать, что замеры производились устьевыми измерителями, а реальные пластовые уровни по этим самоизливающимся скважинам несколько ниже. По всем наблюдательным и эксплуатационным скважинам на насосном способе эксплуатации зафиксировано восстановление уровней на 0.3-1 м. По скважине 131 отмечено восстановление на 1.98 м, значительное превышение в восстановлении над другими скважинами участка связано с выводом скважины из эксплуатации перед началом этого периода. Вызывает дискуссию и необходимость дальнейшего изучения вопрос снижения уровней за форсированный период до 7 м и восстановление лишь на 1 м после снятия нагрузки в  $83 \text{ м}^3/\text{сут}$ .

Анализ режима опытно-промышленной эксплуатации позволил получить необходимые данные о возможности прироста запасов по верхнемеловому-нижнепалеоценовому водоносному комплексу Центрального участка на основании стабильного режима эксплуатации в течение 11 месяцев в количестве  $282 \text{ м}^3/\text{сут}$ , а также возможность эксплуатации участка в форсированном режиме в течение не более 3х месяцев с отбором  $365 \text{ м}^3/\text{сут}$ . Фиксация разгрузки минеральных вод в долине реки Куры свидетельствует о возможности превышения ресурсов комплекса над величиной достигнутого отбора.

Обоснованная в процессе опытно-промышленной эксплуатации оптимальная схема работы скважин на Центральном участке Боржомского месторождения представляет собой площадную систему 6 скважин расположенных на расстоянии от 0.1 до 5 км друг от друга с дебитом от 1 до  $180 \text{ м}^3/\text{сут}$ . Это позволяет вести эксплуатацию с проектным суммарным водоотбором в  $282 \text{ м}^3/\text{сут}$  (рис. 3), необходимым для покрытия перспективной потребности для розлива минеральных вод при сохранении гидродинамических ограничений по понижению уровней в целевом водоносном комплексе и сохранении качества подземных вод.

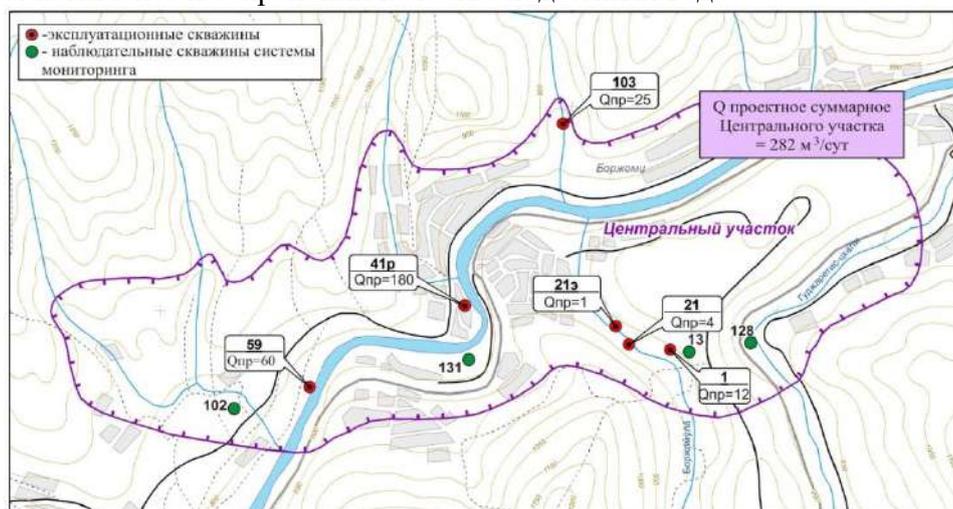


Рис. 3. Оптимальная схема эксплуатации Центрального участка Боржомского месторождения

### Литература

1. Вартамян Г.С., Плотникова Р.И., Харатишвили Л.А., Чхаидзе Д.В. Гидрогеологическая модель Боржомского месторождения минеральной воды // Советская геология. 1985. №3. С. 105-113.
2. Чихелидзе С.С. Природные ресурсы Грузинской ССР. Минеральные воды, М.: Академии наук СССР, 1962, том 3, 438 с.

## СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЛЕНТОЧНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

*Синицын А.Р. \* студент 4 курса гидрогеологического факультета,  
8 (962) 955-14-61, sin27san@gmail.com,*

*Шубина Д.Д. старший преподаватель кафедры инженерной геологии,  
8 (905) 586-74-35, ddshubina@gmail.com*

### Аннотация

*В данной статье рассмотрены проблемы подсчета несущей способности для ленточных фундаментов в российской и международной практике.*

### Ключевые слова

*Инженерная геология, несущая способность грунта, ленточные фундаменты.*

В виду широкого применения ленточных фундаментов в строительстве актуальной становится проблема определения их несущей способности. В данной работе была предпринята попытка количественно оценить различия в несущей способности ленточных фундаментов, определенной различными способами. Для примера был выбран гибкий ленточный фундамент на трех различных типах грунта: идеально связном, идеально сыпучем и обладающим сцеплением, и трением.

При взаимодействии фундаментов и сооружений с грунтами основания на поверхности контакта возникают контактные напряжения. Знания контактных напряжений необходимо как для расчета напряжений в основании, создаваемых сооружением, так и для расчетов самих конструкций. В данной работе мы брали в расчет гибкий фундамент при соотношениях (длины и ширины)  $l/b \geq 10$ , что соответствует случаю плоской задачи. Данные методы вычисления основываются на теории прочности Кулона-Мора, где к элементарному объему грунта приложены главные напряжения  $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$ . При постепенном увеличении напряжения  $\sigma_1$ , оставляя постоянной величину  $\sigma_3$ . В конце концов произойдет сдвиг по некоторой площадке, наклоненной к горизонтальной плоскости.

В качестве различных подходов был выбран регламентированный российским законодательством вариант расчета по формуле п. 5.7.11 СП 22.13330-2016, а также ПО "АВС".

Результаты оценки несущей способности по российскому нормативному документу СП 22.13330 показали сравнительно завышенную несущую способность основания из-за встроенных коэффициентов, таких как коэффициенты несущей способности и формы фундамента, в данную формулу:

$$N_u = b' l' (N_\gamma \xi_\gamma b' \gamma_1 + N_q \xi_q \gamma_1 d + N_c \xi_c c_1)$$

*Формула 1. «Определение вертикальной силы предельного сопротивления основания для дисперсных грунтов СП 22.13330-2016»*

На один метр ширины ленточного фундамента были сделаны ручные расчеты, используя формулу выше. Результат несущей способности в идеально сыпучем грунте показал результат 468,8 кН/м, что было на 16,8% больше, чем в программе ABC (390,2 кН/м).

Результаты оценки несущей способности по программе ABC “Analysis of Bearing Capacity”, написанная профессором Мартином из университета Оксфорд, показала заниженную оценку несущей способности идеально сыпучего грунта по сравнению с расчетами из СП 22.13330. В данной программе заложен алгоритм расчета, выбирающий автоматически спецификацию вычислений несущей способности. Примеры расчетов приведены ниже.

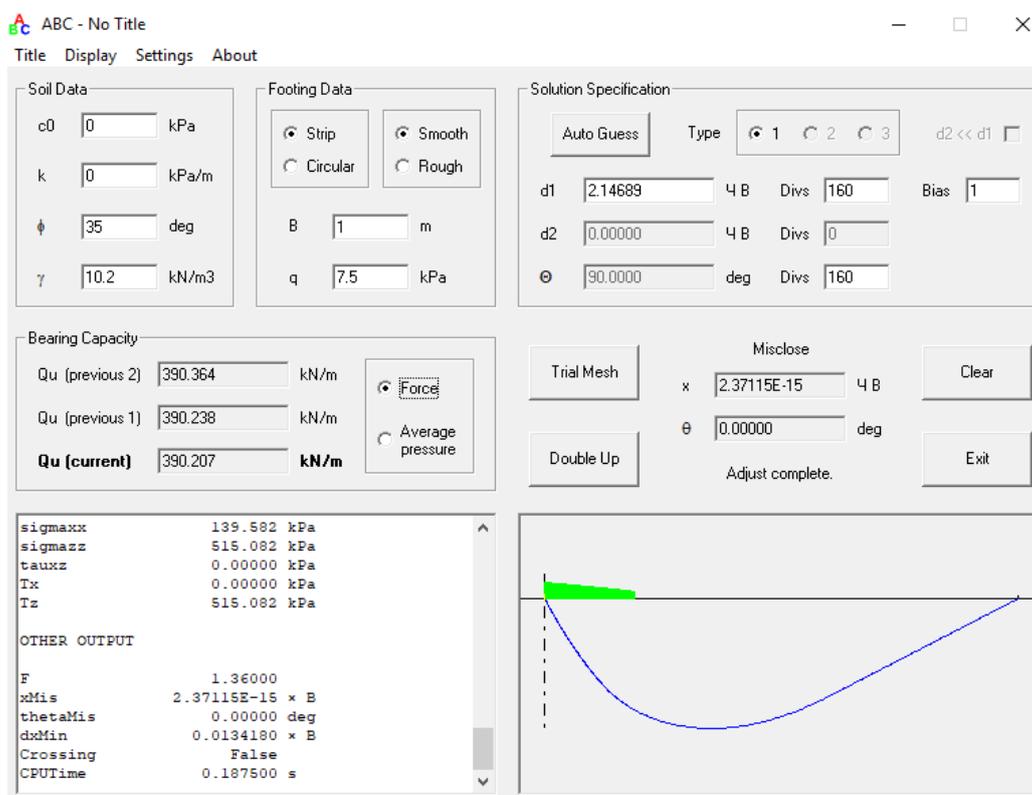


Рисунок 1. Расчет несущей способности для дисперсных грунтов в программе ABC

Анализируя конечные результаты, полученные разными методами, можно сделать вывод о расхождении в значениях несущей способности основания. В дальнейшем, решение этой проблемы поможет оптимизировать затраты и минимизировать уровень опасности.

### Литература

1. СП 22.13330 «СНиП 2.02.01-83\* Основания зданий и сооружений»
2. User Guide for ABC - Analysis of Bearing Capacity v1.0
3. С.Б. Ухова «Механика грунтов, основания и фундаменты» 2002 с.106,107,127.

## О РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТА КОНЦЕПЦИИ ПРОГРАММЫ «ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ТРАНСГРАНИЧНЫХ ВОД РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»

*Станкевич А.П. (ЦНИИКИВР, [aps\\_stankevich@mail.ru](mailto:aps_stankevich@mail.ru)),  
Черепанский М.М. (МГРИ, [vodamch@mail.ru](mailto:vodamch@mail.ru))*

### Аннотация

Рассмотрена общая проблема природного и техногенного загрязнения поверхностных и подземных вод в трансграничных бассейнах рек Западной Двины и Днепра. Для решения этой проблемы предлагается разработка проекта концепции программы Союзного государства «Использование и охрана трансграничных вод Республики Беларусь и Российской Федерации» («Трансграничные воды»). Сформулированы цели и задачи программы.

**Ключевые слова:** поверхностные и подземные воды, трансграничные бассейны рек, природное и техногенное загрязнение, мониторинг, системы управления использования и охраны, сохранение и улучшение качества вод.

Беларусь и Россия имеют общие трансграничные бассейны рек Западной Двины и Днепра. Данные мониторинга указывают на общую проблему природного и техногенного загрязнения поверхностных и подземных вод, что обуславливает необходимость разработки новых подходов и методов их охраны. Для решения этой проблемы, в 2017 году ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет им.С.Орджоникидзе» (МГРИ) совместно с РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов» (ЦНИИКИВР), Институтом природопользования Национальной Академии Наук Беларуси, УО «Белорусский государственный технологический университет» приступили к разработке проекта концепции программы Союзного государства «Использование и охрана трансграничных вод Республики Беларусь и Российской Федерации» («Трансграничные воды»).

Цель программы:– сохранение и улучшение качества поверхностных и подземных вод для эффективного использования водноресурсного потенциала с учётом комплекса институциональных, экономических, социальных, природно-климатических и экологических факторов в контексте совершенствования системы управления использованием и охраной трансграничных речных бассейнов Беларуси и России.

Задачи программы:

1. Гармонизация водного законодательства.
2. Оценка и уточнение трансграничного водноресурсного потенциала.
3. Оценка степени загрязнённости поверхностных и подземных вод по национальным стандартам и определение степени их защищённости.
4. Выявление наиболее уязвимых зон, подверженных наибольшему техногенному загрязнению поверхностных и подземных вод - «горячих точек».
6. Определение основных источников загрязнения трансграничных водных ресурсов - «горячих точек».
7. Проведение анализа возможных путей ликвидации или резкого снижения влияния источников загрязнения.
8. Ликвидация выбранных «горячих точек».

Для решения поставленных задач предлагаются следующие мероприятия:

1. Анализ водного законодательства и подготовка перечня основных направлений его гармонизации.
2. Разработка текущих и перспективных водохозяйственных балансов трансграничных бассейнов рек.
3. Разработка единой ГИС качества трансграничных поверхностных и подземных вод бассейна р. Западная Двина и бассейна р. Днепр.
4. Построение карт защищенности поверхностных и подземных вод от загрязнения.
5. Проведение мониторинговых исследований качества поверхностных и подземных вод на водных объектах, неохваченных регулярными наблюдениями.
6. Проведение исследований по определению 10 «горячих точек» на территории Беларуси и России, оказывающих наибольшее негативное воздействие на поверхностные и подземные воды.

7. Разработка программы мер для каждого объекта из перечня «горячих точек» с определением объемов и источников финансирования мероприятий, индикаторов реализации.

Исследования предлагается выполнять в два этапа. Для определения первоочередных мероприятий, направленных на реализацию поставленных стратегических целей, предлагается на 1-ом этапе выполнить ряд научно-исследовательских работ, которые позволят на 2-ом этапе приступить к осуществлению практических мероприятий по охране и улучшению экологического состояния трансграничных водных объектов.

В качестве НИР 1-го этапа предлагается:

1. Анализ и разработка концепции гармонизации водного законодательства Беларуси и России.
2. Разработка единой (РФ и РБ) методики оценки степени воздействия точечных источников (выпусков сточных вод) на качество поверхностных вод.
3. Разработка единой методики оценки степени воздействия диффузных (рассредоточенных) источников на качество поверхностных вод и подземных вод.
4. Инвентаризация точечных и диффузных источников загрязнения трансграничных поверхностных водных объектов и определение степени их влияния на загрязнение вод. Определение 10 приоритетных точечных источников загрязнения.
5. Разработка единой базовой математической модели формирования качества вод поверхностных и подземных вод трансграничного бассейна.
6. Разработка единой ГИС качества поверхностных и трансграничных вод бассейна р. Западная Двина и бассейна р. Днепр.
7. Оценка защищенности источников питьевого водоснабжения для трансграничных подземных водных объектов. Выделение наиболее уязвимых зон.
8. Проведение обследования 10 очистных сооружений на территории РФ и территории РБ, входящих в перечень наиболее крупных загрязнителей водной среды. Подготовка рекомендаций по усовершенствованию их работы.
9. Разработка системы индикаторов и информационной системы для контроля эффективности водоохранных мероприятий на трансграничных водных объектах.

На втором этапе предлагается реализация разработанных мероприятий первого этапа на выбранных объектах, оказывающих наиболее негативное воздействие на трансграничные водные объекты Беларуси и России.

Реализация мероприятий, предложенных в программе, позволит гарантировать надежное и экономически целесообразное водообеспечение хозяйственных объектов, при сохранении водноресурсного потенциала территории Белоруссии и России.



## ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ МЕЛ-МЕРГЕЛЬНЫХ ПОРОД ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

*Тарабукин В.В (Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе, tarabukin.vladislaw@yandex.ru)*

**Аннотация:** Мел-мергельные породы имеют ряд специфических свойств, они широко распространены по территории Воронежской области. В связи с этим, ставится задача определить участки распространения данных пород по территории области и выделить наиболее опасные участки для проектирования сооружений.

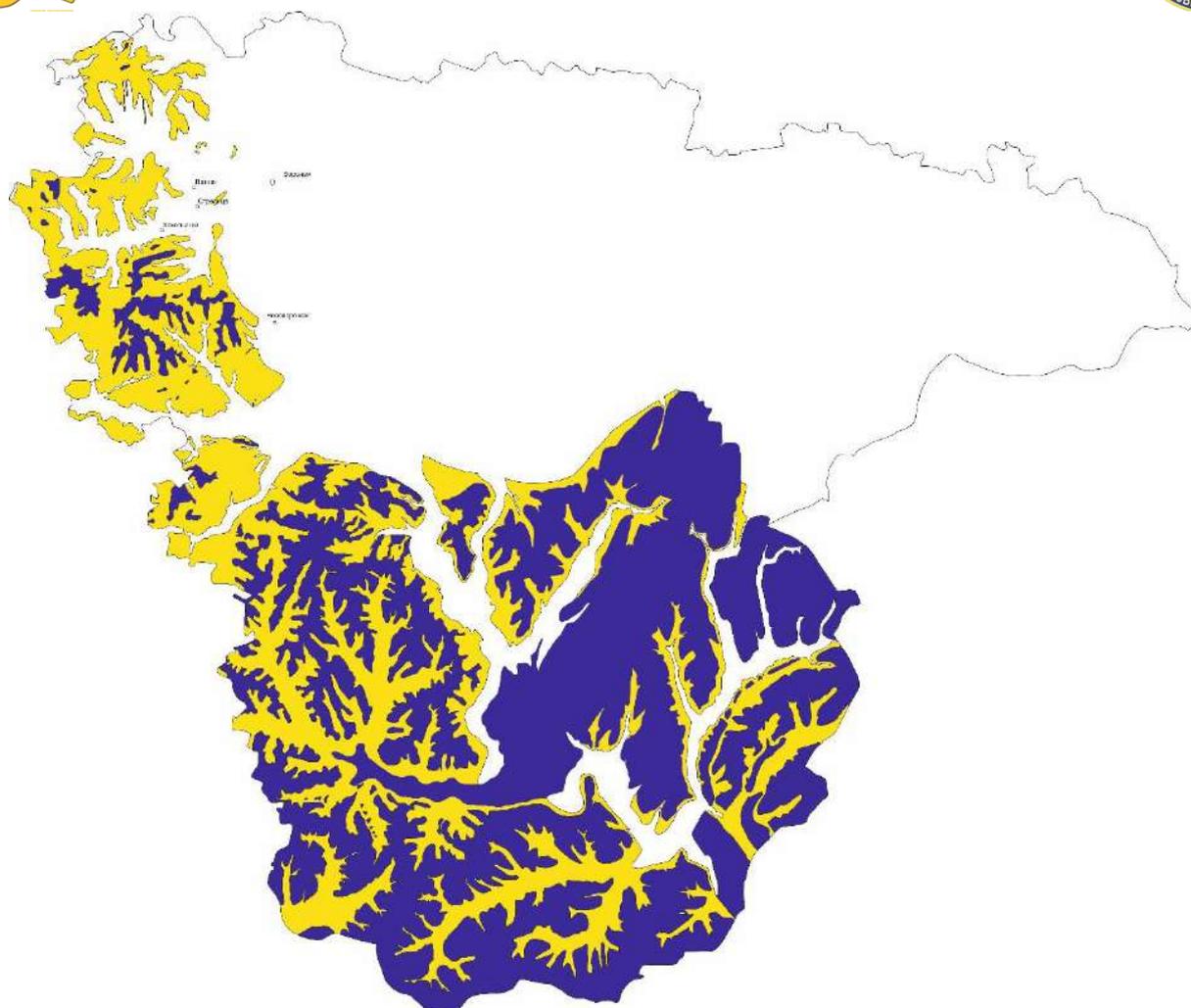
**Ключевые слова:** мел-мергельные породы, инженерно-геологическое районирование, инженерные сооружения, инженерно-геологические процессы, специфические грунты.

На территории Воронежской области имеют широкое распространение мел-мергельные породы верхнемелового возраста, обладающие рядом специфических особенностей. К таким особенностям относится закарстованность отложений, протекание суффозионных процессов, быстрое выветривание пород из-за слабых структурно-кристаллизационных связей, а также резкое ухудшение деформационных свойств при замачивании. При попадании в сферу взаимодействия со зданиями и сооружениями они могут привести к проблемам при проектировании и эксплуатации последних. Рассматриваемые породы встречаются в туронском, коньякском, сантонском, кампанском и маастрихтском ярусах [1, 2].

Основной целью данной работы являлся анализ зон распространения мел-мергельных отложений на территории Воронежской области, с выделением участков наиболее вероятного попадания данных пород в сферу взаимодействия со зданиями и сооружениями. В связи с этим, было проведено изучение геологических карт Воронежской области масштаба 1:500 000, а также отдельных листов масштаба 1:200 000 и построена схема инженерно-геологического районирования мел-мергельных пород на данной территории (рис. 1).

Выходы на поверхность мел-мергельных отложений приурочены на значительных площадях к отрицательным формам рельефа (склоны речных долин, балок и оврагов). В остальных случаях мел-мергельные породы перекрываются более молодыми породами дочетвертичного возраста, а также четвертичными отложениями различного генезиса. На схеме можно заметить, что рассматриваемые отложения тяготеют к правобережью реки Дон, имеют широкое распространение в южной части области, а также встречаются в зоне Калачского поднятия вплоть до окрестностей города Боброва.

Большинство мел-мергельных пород, имеющих распространение в пределах области не несут опасности для будущих рядовых сооружений, однако на рассматриваемой территории имеются участки, которые могут преподнести «сюрпризы» как для изыскателей, так и для проектировщиков. Данные участки характеризуются непосредственным выходом на дневную поверхность мел-мергельных пород и маломощной перекрывающей толщей (рис. 2). На схеме цветом указаны участки распространения мел-мергельных пород.



- участок наименее вероятного попадания мел-мергельных отложений в сферу взаимодействия проектируемых сооружений (перекрывающая толща более 20 м)
- участок наиболее вероятного попадания мел-мергельных отложений в сферу взаимодействия проектируемых сооружений (перекрывающая толща менее 20 м)

**Рисунок 1.** Схема распространения мел-мергельных отложений в пределах Воронежской области

На северо-западном участке области, ограниченном с юга рекой Потудань, мел-мергельные отложения представлены довольно широко, исключением являются территории пойм рек, больших балок. В пределах балок и оврагов описываемые породы выходят на дневную поверхность, в остальных случаях перекрыты четвертичными отложениями мощностью от 5 до 20 м. Благодаря небольшим мощностям четвертичных пород, изучаемые отложения, с большой долей вероятности, могут выступать как основания для сооружений, так и попадать в сферу их взаимодействия.

Для западного участка, ограниченного реками Потудань с севера, с юга – Черной Калитвой, с востока – рекой Дон, характерно распространение мощных толщ палеоген-неогеновых отложений по вершинам водоразделов, перекрывающих мел-мергельные

породы. На склонах речных долин, балок и оврагов изучаемые породы выходят либо непосредственно на дневную поверхность (район Острогожска), либо перекрыты маломощными четвертичными отложениями (мощность перекрывающей толщи изменяется в интервале 5–20 м) (рис. 2).



*Рисунок 2. Меловые породы турон-коньякского возраста, залегающие на поверхности в районе Острогожска, с размещённым в них водоотводящим инженерным сооружением*

Для южной части Воронежской области характерны более мощные палеоген-неогеновые отложения (до 80 м), перекрывающие мел-мергельные породы на водоразделах. Минимальная глубина до мел-мергельных пород на данном участке варьируется в пределах 5–20 м. В долинах рек, балок и оврагов мелы выходят на дневную поверхность. Участки, на которых они будут попадать в сферу взаимодействия с сооружениями, не велики по площади.

Для района Калачского поднятия также характерно наличие мощной (до 100 м) палеоген-неогеновой толщи. Минимальная мощность отложений, перекрывающих мел-мергельные породы, отмечена в долине реки Подгорная, где мощность вышележащих четвертичных отложений над изучаемыми породами изменяется от нескольких до двадцати метров.

Проанализировав распространение мел-мергельных отложений, их глубину залегания от дневной поверхности, можно утверждать, что наиболее вероятными участками, на которых рассматриваемые породы могут выступать в качестве оснований сооружений или попадать в их сферу взаимодействия, довольно широко распространены в северо-западной, западной части Воронежской области. Для южного района области, а также для района Калачского поднятия характерно наличие мощной толщи палеоген-неогеновых и четвертичных отложений, перекрывающих рассматриваемые породы, в связи с этим, мел-мергельные породы только на редких участках могут попадать в сферу взаимодействия с сооружениями.

### Литература

1. Савко, А. Д. Геология Воронежской атеклизы / А. Д. Савко // Труды НИИ геологии Воронеж. гос. ун-та. Сер. Геология. Вып. 12. – 2002. – 165 с
2. Тарабукин, В. В Особенности использования мел-мергельных образований в качестве оснований зданий и сооружений // Вестник ВГУ. Серия: геология. 2017. №4. С 127–128.

## ГИПОТЕЗА ФОРМИРОВАНИЯ ЕРГЕНИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД

*Фисун Н.В.\* (Российский государственный геологоразведочный университет им.  
Серго Орджоникидзе (МГРИ), [nat.fisun@yandex.ru](mailto:nat.fisun@yandex.ru)),*

*Фисун О.Ню (Российский государственный геологоразведочный университет им.  
Серго Орджоникидзе (МГРИ), [olga\\_n\\_fisun@mail.ru](mailto:olga_n_fisun@mail.ru))*

**Аннотация.** Статья посвящена изучению роли диффузионных процессов и поглощенного комплекса глинистых водоупоров в формировании состава подземных вод. Исследования, выполненные авторами на Ергенинском месторождении минеральных вод, позволили обосновать диффузионную гипотезу его образования и показать уязвимость этого уникального месторождения, что требует особого подхода к его эксплуатации.

**Ключевые слова:** диффузионные процессы, месторождение минеральных вод, гидродинамическая структура, ергенинский водоносный горизонт, майкопский глины, вертикальное опробование.

Ергенинское месторождение минеральных вод (ЕММВ) является базовым месторождением одноименного типа минеральных вод. Согласно ГОСТ Р 54316-2011 «Воды минеральные природные питьевые» подземные воды этого месторождения относятся к XXI группе вод с минерализацией около 5 г/л и обладают широким диапазоном показаний к лечебному применению при заболеваниях органов пищеварения.

Месторождение расположено в г. Волгограде в местечке Веселая балка и известно более 200 лет. Это был один из первых в России курортов с минеральными и грязевыми ваннами, а минеральная вода месторождения - первая из отечественных представителей бутилированных вод. Первыми исследователями минеральной воды были врачи. Так, И.Я. Вир (Иоганн Иоахим Виер) в 1775 году, узнав о целебных свойствах источника, исследовал воду и стал применять в лечебных целях. Сегодня здесь функционирует завод минеральных вод. Систематические гидрогеологические исследования на месторождении проводятся с 60-х годов прошлого столетия. Впервые по результатам разведочных работ были подсчитаны запасы подземных минеральных вод (Сидорин А.Ф., Акуз И.К., 1971). Гидродинамическая структура авторами была тогда представлена пьезометрическим куполом. В последующие годы исследования ЕММВ продолжили авторы данной работы в связи с переоценкой запасов подземных вод. В ходе этих исследований для определения перспектив разработки месторождения возникла необходимость уточнения его генезиса, который, как оказалось, был дискуссионным. Условия формирования химического состава ЕММВ изучались разными авторами, мнения которых о происхождении солевого состава и минерализации подземных вод противоречивы. Среди гипотез можно выделить седиментационную, тектоническую и гипотезу, высказанную нами и объясняющую формирование этого уникального месторождения процессами выщелачивания гипса из подстилающих майкопских глин.

В пользу тектонической гипотезы свидетельствуют работы самарских гидрогеологов (М.И. Зайдельсона, А.И. Чистовского и др.), которые считают, что неотектонические процессы обуславливают гидрогеологические аномалии, выявленные в Нижнем Поволжье за пределами описываемого района. Аномалии связаны с разгрузкой палеозойских вод, проявляются куполами соленых вод.

Учитывая местоположение ЕММВ в зоне новейших тектонических движений, наличие мегатрещиноватости, солянокупольной тектоники и близость Приволжского сброса, ученые полагают, что тектонические особенности строения территории благоприятны для формирования гидрогеологических аномалий, обусловленных вертикальной гидравлической связью вод мезокайнозойского и палеозойского комплексов.

Однако отсутствие термоаномалии, и, как показали наши работы, гидродинамической аномалии в той форме, в которой она свойственна купольным структурам, является уязвимым звеном тектонической гипотезы. Авторы данной работы придерживаются гипотезы формирования ЕММВ, которую можно назвать диффузионной, и ее обоснованию посвящена данная работа.

В структурном плане месторождение расположено в пределах Бекетовского грабена. Солянокупольная тектоника проявилась здесь поднятием кровли майкопских глин в районе Бекетовской брахиантиклинали (рис.1). Сброс, осложняющий Бекетовскую брахиантиклиналь, проходит по юго-восточной окраине участка между водозаборными скважинами, разделяя месторождение. Меньшая юго-восточная часть Ергенинского месторождения оказывается в приподнятом блоке брахиантиклинали, основная часть, включая скважину 47б, в опущенном блоке.

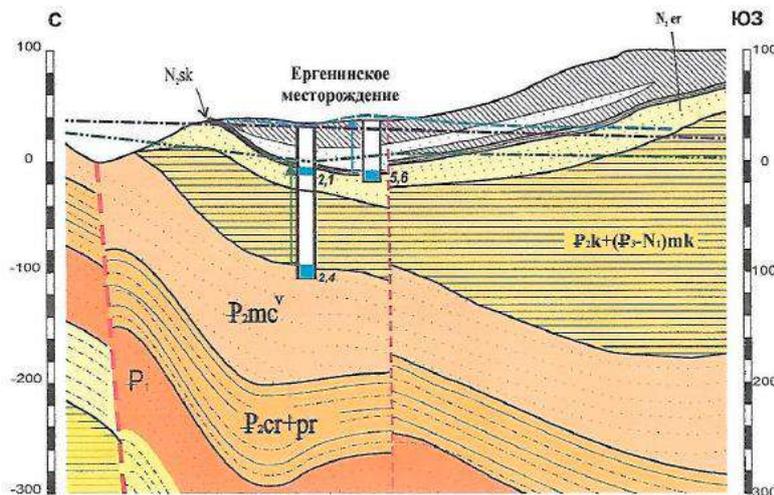
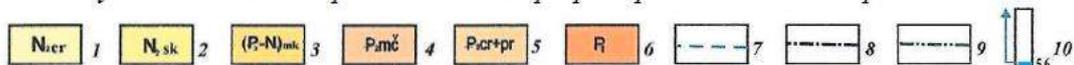


Рисунок 1. Геолого-гидрогеологический разрез Ергенинского месторождения



Водоносные горизонты: 1-ергенинский, 4-мечеткинский, 5-царицынский-проллейский, 6 – палеогеновый; водоупорные горизонты: 2-скифский, 3-киевский-майкопский. Пьезометрические уровни водоносных горизонтов: 7- ергенинского, 8-мечеткинского, 9-сеноманского. 10-скважина, стрелкой показан напорный уровень, цифры справа – минерализация опробованного интервала, г/л.

В геологическом строении месторождения принимают участие отложения палеогеновой, неогеновой и четвертичной систем. Осадки ергенинской свиты ( $N_{2er}$ ) имеют широкое распространение и залегают на сильно эродированной поверхности майкопских глин, выполняя древнюю эрозионную ложбину. Водосодержащими породами являются пески кварцевые, обычно хорошо отсортированные с преобладанием средне- и мелкозернистых фракций.

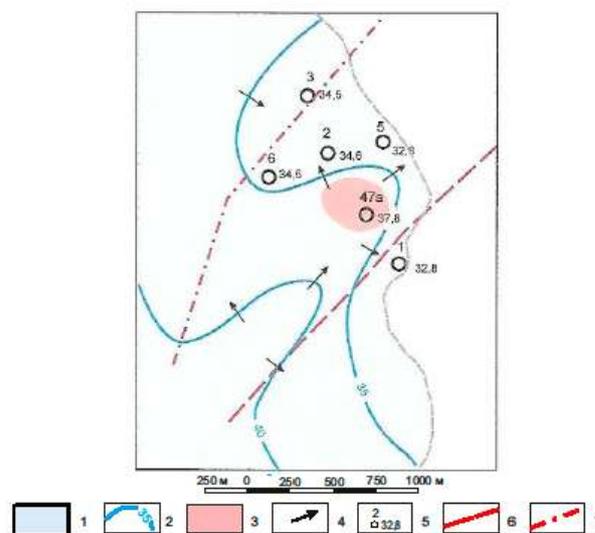
Большое значение в формировании месторождения имеют верхний и нижний водоупорные горизонты. Верхним водоупором являются скифские глины с обилием включений гипса, экранирующие ергенинский водоносный горизонт совместно с прислоненными к ним глинистыми осадками II (хвалынской) террасы и затрудняющие

свободную разгрузку водоносного горизонта в долину р. Волги. В подошве залегают глины майкопской серии, также обогащенные гипсом.

В верхней части гидрогеологического разреза месторождения выделяется четыре водоносных горизонта: выше ергенинского залегают хазарский и верхнечетвертичный горизонты, ниже – мечеткинский горизонт. Уровень мечеткинского горизонта устанавливается ниже уровня ергенинского на 32 м, гидравлическая связь между горизонтами не установлена, поэтому воздействие мечеткинского горизонта можно исключить.

Напорные поверхности нижележащих водоносных горизонтов также устанавливаются на более низких отметках, и их участие в формировании ЕММВ также исключается.

Для получения представления о положении месторождения в региональном потоке подземных вод и гидрогеологической роли тектонических нарушений авторами была построена карта гидроизопъез, на которой ЕММВ был «встроен» в региональный поток (рис. 2).



**Рисунок 2. Положение ЕММВ в региональном потоке подземных вод**

1-область развития ергенинского водоносного горизонта; 2 – гидроизопъезы и их отметки, м; 3 – зона ЕММВ; 4 – направление потока подземных вод; 5 – скважина, ее номер и абсолютная отметка уровня, в м; 6 – тектоническое нарушение, выделенное в 1971 г; 7 – то же, установленное авторами по гидрогеологическим признакам

В итоге формируется сложная гидродинамическая структура, обусловленная влиянием границ и тектонических нарушений. Выделенный в 1971 году разлом в юго-восточной части месторождения нами дополнен еще одним тектоническим нарушением, проведенным к северо-западу от водораздела пьезометрической поверхности по осевой линии «ложбины стока». В этом случае северо-западная и юго-восточная границы месторождения имеют тектонический характер, скорее всего, закрытый, северо- восточная и восточная границы совпадают с контуром выклинивания ергенинских отложений вблизи обрывов Волжской террасы, где они контактируют с хазарскими глинами, а юго-западная граница проведена по изолинии минерализации 5 г/л. Как видно, пьезометрического «купола» не наблюдается, можно говорить только о подземном водоразделе.

Изменение химического состава подземных вод по разрезу ергенинского горизонта исследовано по результатам вертикального опробования при разведке месторождения и интерпретированного авторами данной работы. Построенные нами графики изменения минерализации и макрокомпонентного состава приведены на рис. 3. Как видно, по разрезу

повсеместно отмечается зональность: минерализация снижается с удалением от кровли майкопских глин, что свидетельствует в пользу диффузионной гипотезы формирования ЕММВ.

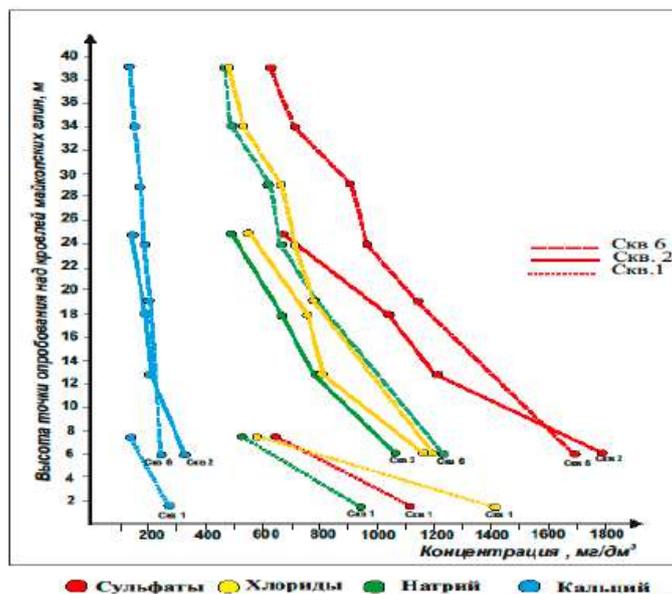


Рисунок 3. Изменение показателей состава подземных вод ЕММВ в вертикальном разрезе

Таким образом, диффузионная гипотеза образования ЕММВ объясняется рядом факторов: экранирующая роль разломов, затрудненные условия разгрузки подземных вод в сторону Волги и как следствие – застойный режим, низкие скорости фильтрации способствуют диффузии солей из майкопских глин и накоплению их в водоносном горизонте. Лечебные свойства ергенинской воды обусловлены, скорее всего, не только макрокомпонентами, но и микроэлементами, которые всегда присутствуют в морских глинах.

Знание гипотезы формирования месторождения ко многому обязывает: нарушение застойного режима техногенным вмешательством может привести к разбавлению ергенинских вод инфильтрационными водами и разрушению месторождения.

Научное значение выполненных исследований заключается в оценке роли диффузионных процессов на контакте подземных вод с водоупорными горизонтами, что является свидетельством водной миграции атомов, учение о которой заложено великим В.И. Вернадским.

## СТЕПЕНЬ «ТЕХНОГЕННОСТИ» ОПАСНЫХ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

*Хоменко В.П.\* (ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ),  
khomenko\_geol@mail.ru)*

**Аннотация.** На фоне характерной для современной инженерной геодинамики общей терминологической неопределенности отмечается необходимость разработки критериев, позволяющих обоснованно применять к какому-либо опасному для строительства геологическому процессу понятие «техногенный». На примере карста и суффозии продемонстрирован возможный подход к решению этой задачи.

**Ключевые слова:** инженерная геодинамика, техногенный геологический процесс, естественный геологический процесс, карст, суффозия

На протяжении многих десятилетий отечественная инженерная геодинамика мучительно изживает присущую ей терминологическую неопределенность. Так, например, существует не менее 30 предложенных отечественными специалистами определений понятия «карст» [4]. В противоположность этому, под словом «оползни» в России на первый взгляд все понимают одно и то же. Вместе с тем в нашей стране в разные годы было разработано более 10 классификаций оползней по механизму их возникновения и развития [3]. Сравнение некоторых из этих классификаций между собой наводит на мысль о том, что их авторы по-разному воспринимали объем понятия «оползни». Например, А.П. Павлов [2] считал, что все оползни достаточно разделять на деляпсивные, которые возникают в нижней части склона и распространяются вверх по мере того, как оползающие нижележащие массы лишают опоры вышележащие, и на детрузивные, начинающиеся в верхней части склона, которая после отделения давит на нижележащие массы и приводит их в движение, вызывая их смятие и выдавливание. В то же время, согласно представлениям И.О. Тихвинского [5], существуют оползни сдвига, выдавливания, вязкопластические, гидродинамического разрушения, внезапного разжижения и комбинированного механизма.

Жаркие дискуссии относительно некоторых понятий инженерной геодинамики велись всегда и не утихают до сих пор, особенно когда речь идет об экзогенных геологических процессах, вызванных разрушающим воздействием подземных вод на горные породы, и скрытых от прямого наблюдения (карстовых, суффозионных и др.). На этом фоне обращает на себя внимание тот факт, что англоязычные специалисты, сталкиваясь с похожими проблемами, отнюдь не склонны их драматизировать: главные трудности, связанные с английскими терминами, используемыми для наименования геологических процессов, лежат не в смысловом поле, а в диалектных различиях [8].

Очень важным практическим шагом, направленном на преодоление в Российской Федерации этих терминологических трудностей, стало появление в конце прошлого века двух директивных перечней опасных геологических процессов, представленных в двух документах: СНиП 22-01-95 «Геофизика опасных природных воздействий» и ГОСТ Р.22.1.06-99 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование опасных геологических процессов и явлений. Общие требования». Значимость обоих событий трудно переоценить, однако эти перечни, во многом совпадая, все же не идентичны друг другу ни по наполнению, ни по используемой терминологии.

Из сложившегося положения побочно вытекает еще одна проблема. В виде вопроса ее можно сформулировать так: какие опасные для строительства геологические процессы следует именовать техногенными, а какие природными (или естественными), и как следует понимать смешанный термин «природно-техногенный геологический процесс» и ему подобные термины? В последнее время допускается явная небрежность в использовании соответствующей терминологии, примером чему служит употребление такого расплывчатого термина, как «техногенное землетрясение». Эта небрежность, возможно вполне терпимая в некоторых обстоятельствах, недопустима в области строительства, где все зиждется на строгих критериях. Выражаясь несколько вульгарным языком, можно сказать, что речь идет о необходимости установления критериев «техногенности» опасных для строительства геологических процессов, что имеет очень большое значение для принятия правильных инженерных решений.

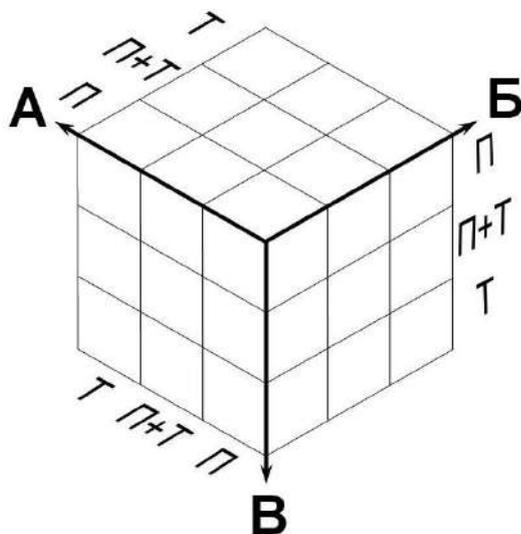
Подход к определению строгих критериев «техногенности» опасных для строительства геологических процессов был в свое время предложен Г.К. Бондариком [1], когда им были проанализированы различия между инженерно-геологическими и естественными экзогенными геологическими процессами. Разделяя и развивая эти взгляды, можно прийти к выводу о целесообразности выработки критериев «техногенности» геологических процессов на основе представлений о трех решающих обстоятельствах, определяющих развитие любого геологического процесса, которые могут иметь либо естественное (природное), либо техногенное происхождение. К этим обстоятельствам относятся: а) среда протекания процесса; б) процессы и воздействия, подготавливающие его развитие; в) причины его появления (факторы, инициирующие процесс). Как правило, определение естественного или техногенного характера этих факторов не вызывает больших затруднений, за исключением некоторых ситуаций, связанных со сложностями в установлении причин появления или развития опасного для строительства геологического процесса. Например, только благодаря случайности удалось установить истинную причину образования карстового провала, показанного на рисунке 1, который первоначально воспринимался как феномен естественного происхождения.



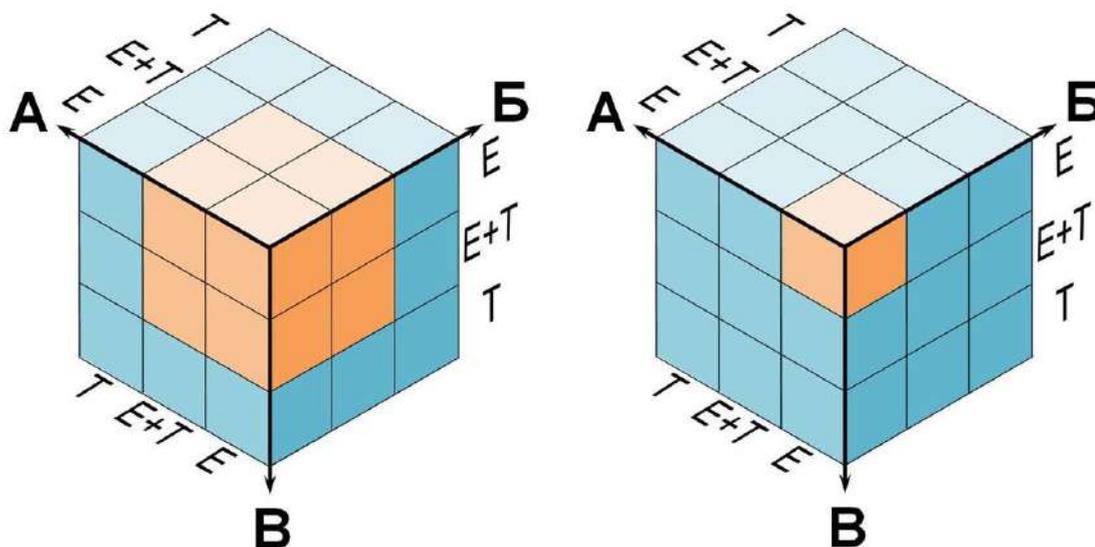
*Рисунок 1. Карстовый провал, образовавшийся в декабре 1996 года в промышленной зоне г. Дзержинска Нижегородской области в результате искусственного сброса воды в пески покрывающей толщи. Фото В.П. Хоменко.*

Разумеется, критерии «техногенности» необходимо устанавливать для каждого геологического процесса индивидуально, поскольку эти процессы очень разнообразны по своей природе. Кроме того, степень влияния на них техногенных факторов может восприниматься по-разному, благодаря определенным историческим традициям, сложившимся в процессе их изучения. В качестве объединяющей идеи предлагается

визуализация критериев рассматриваемого подхода с использованием показанной на рисунке 2 трехмерной схемы, представляющей собой куб, состоящий из 27 более мелких кубиков. Граница между «естественным» и «техногенным» пространствами внутри одного процесса проходит по граням кубиков.



**Рисунок 2.** Схема для определения критериев «техногенности» опасных для строительства геологических процессов. Обстоятельства, определяющие развитие геологического процесса: А – среда протекания процесса; Б – процессы и воздействия, подготавливающие его развитие; В – причины его появления (факторы, инициирующие процесс). Происхождение обстоятельства, определяющего развитие геологического процесса: Е – естественное; Е+Т – естественное и техногенное; Т – техногенное.



**Рисунок 3.** Критерии «техногенности» карста (слева) и суффозии (справа). Оранжевым цветом показано пространство естественного процесса, а голубым – техногенного. Остальные обозначения даны на рисунке 2.

В настоящее время продемонстрировать такие схемы можно только на примере карста (рисунок 3а) и суффозии (рисунок 3б), поскольку для этих двух процессов в двух обобщающих публикациях [6, 7] вербально были сформулированы критерии «техногенности» и имеются нормативные определения обоих терминов, присутствующие в СП 116.13330.2012 «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения». Для других



опасных геологических процессов еще только предстоит установить критерии «техногенности», и при этом придется преодолеть много трудностей, поскольку такую работу необходимо вести рука об руку с работой по совершенствованию понятийной базы инженерной геодинамики.

### **Литература**

1. Бондарик Г.К. Общая теория инженерной (физической) геологии. М.: Недра, 1981. 256 с.
2. Павлов А.П. Оползни Симбирского и Саратовского Поволжья // Материалы к познанию геологического строения Российской империи. М.: МОИП, 1903. Вып. 11. С. 90-126.
3. Проблемы классифицирования склоновых гравитационных процессов / Отв. ред. М.В. Чуринов, Е.А. Толстых. М.: Наука, 1985. 205 с.
4. Тимофеев Д.А., Дублянский В.Н., Кикнадзе Т.З. Терминология карста. М.: Наука, 1991. 260 с.
5. Тихвинский И.О. Оценка и прогноз устойчивости оползневых склонов. М.: Наука, 1988. 144 с.
6. Толмачев В.В., Троицкий Г.М., Хоменко В.П. Инженерно-строительное освоение закарстованных территорий. М.: Стройиздат, 1986. 176 с.
7. Хоменко В.П. Закономерности и прогноз суффозионных процессов. М.: ГЕОС, 2003. 216 с.
8. Encyclopedia of geomorphology / Goudie A.S. (ed.). Vol. 1 and 2. London, New York: Routledge Ltd, 2004. 1202 p.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ И ИХ КОРРЕКТИРОВКА

*Докладчик Чурашкина Анна Романовна  
(магистрант МГРИ-РГГРУ, m\_ar\_tini@mail.ru),*

**Аннотация** В последнее время наблюдается тенденция к преодолению инженерно-геологических, строительных, проектных и реставрационных проблем путем увеличения мощности используемых при строительстве и реставрации технических средств и усовершенствований методов, а также полной автоматизации используемого оборудования. При написании работы автор опирался на действующие ГОСТы, стандарты предприятий, рекомендации, методические указания, инструкции по использованию современной аппаратуры, методов изучения состава, структуры, физических и физическо-механических свойств грунтов. Целью и итогом работы послужило сопоставление данных полученных в результате испытаний различными методами, на различных приборах, используемых в настоящее время в практике российских организаций.

**Ключевые слова** Инженерная геология, деформационные свойства грунтов, коррективировка свойств грунтов, методы исследования свойств грунтов, деформация грунтов

### **Определение основных свойств грунтов. Основные понятия.**

Деформацией грунтов называется их способность изменять форму и объем под действием внешних усилий, не приводящих к критическим разрушениям образцов грунта. Параметрами, характеризующими рыхлые, обломочные, несвязанные грунты и глинистые мягкие связанные грунты, являются показатели их общих деформаций: модуль общей деформации ( $E_0$ ), модуль объемной деформации ( $K$ ), модуль осадки ( $\epsilon_l$ ), коэффициент поперечной деформации ( $\nu$ ), коэффициент сжимаемости ( $\tau$ ) и коэффициент относительной сжимаемости, а также некоторые показатели свойств специфических грунтов: набухаемых, просадочных.

Сжимаемость грунтов – способность грунтов уменьшаться в объеме (давать осадку) под действием внешнего давления. Сжимаемость зависит от пористости грунтов, их гранулометрического и минерального состава, структурных связей и характера действующей на грунт нагрузки. [2] Коэффициент сжимаемости ( $\alpha$ ) – является расчетным показателем при определении несущей способности грунтов:

$$\alpha = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta E}{\Delta \sigma} \quad [2]$$

Модуль общей деформации ( $E_0$ ) – коэффициент пропорциональности относительной деформацией грунта и вертикальным давлением, действующим на грунт. Модель общей деформации используется при расчете осадки грунта. [1]

Модуль деформации связан с коэффициентом сжимаемости в соотношении:

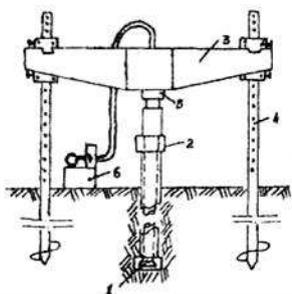
$$E_0 = \frac{\beta(1+e_0)}{\alpha} = E_{ок}\beta \quad [1]$$

где  $\beta$  – коэффициент, учитывающий невозможность бокового расширения при компрессии - (безразмерная величина);  $E_{ок}$  – модуль общей компрессионной деформации, МПа.

## Полевые и лабораторные методы исследования

Характеристики деформационных свойств грунтов природного сложения, а также искусственного происхождения должны определяться на основе их непосредственных испытаний в полевых или лабораторных условиях с учетом возможного изменения влажности грунтов в процессе строительства и эксплуатации сооружений.

### Полевой метод деформационных свойств путем штамповых испытаний.

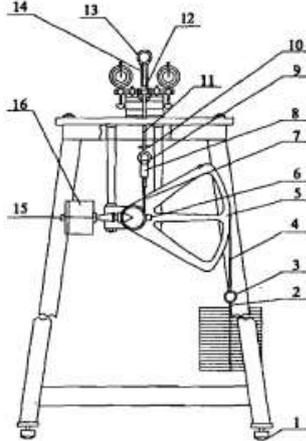


**Рисунок 1.** Схема установки для испытания грунтов статическими нагрузками в скважинах: 1 - штамп; 2 - обсадная труба; 3 - упорная балка; 4 - анкерные сваи; 5 - шток домкрата; 6 – маслонасос

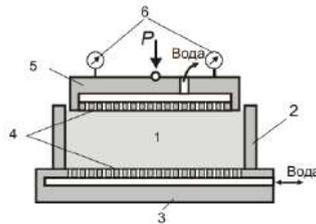
Главным преимуществом является то, что в отличие от лабораторных испытаний, испытания в полевых условиях выполняются с наименьшим нарушением природной структуры грунтов, что имеет место при отборе монолитов и вырезании из них образцов грунта при проведении лабораторных испытаний, а также положительной стороной является проведение испытаний в существующем уровне природных вертикальных и горизонтальных напряжений от собственного веса грунта. Другим достоинством полевых испытаний (в том числе моделирование при проведении лабораторных испытаний) является то, что эти испытания проводятся в массиве грунта без нарушения природных условий естественного дренирования. Это очень сложный и ответственный метод определения модуля деформации, с большой трудоёмкостью подготовительных работ, громоздкостью оборудования (приборы которых в некоторых случаях не приспособлены к работе в полевых условиях, быстро выходят из строя – на примере индикаторов часового с точностью измерения деформаций 0,01 мм.) и дороговизной опытов.

### Лабораторный метод получения деформационных свойств.

Компрессией называется одноосное сжатие образца вертикальной нагрузкой при условии отсутствия его бокового расширения. Достоинством стандартных компрессионных испытаний считается простота и дешевизна испытаний. Недостаток компрессионного испытания такого типа в том, что методика проводится вручную, в связи с этим растягивается период проведения наблюдений – большая продолжительность испытаний от нескольких часов (пески, супеси) до нескольких суток (суглинки, глины).



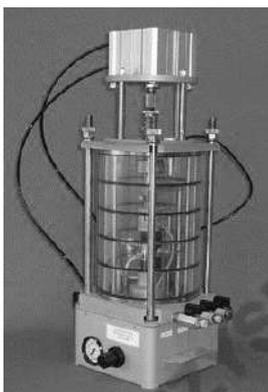
**Рисунок 2.** Компрессионный прибор КПр-1: 1 – ножки; 2 – верхняя часть (подвеска); 5 – сектор и рама; 8 – натяжной винт; 9 – нижнее коромысло; 11 – стяжки; 13 – верхнее коромысло; 14 – упор.



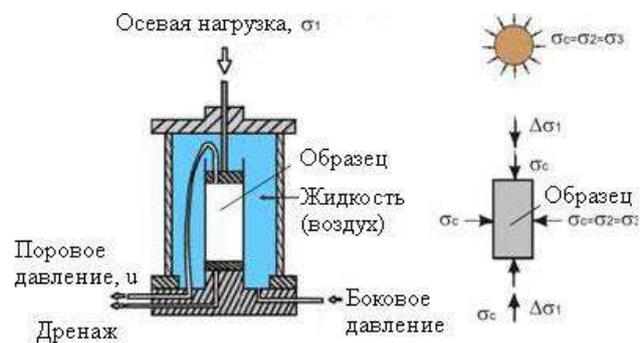
**Рисунок 3.** Схема одометра: 1 – испытуемый образец грунта; 2 – зажимное кольцо; 3 – днище и перфорированное дно корпуса; 4 – снизу перфорированное дно, сверху штамп; 5 – прижимается арретиром; 6 – мессуры.

### Метод трёхосного сжатия для определения деформационных свойств

Испытания грунта методом трёхосного сжатия проводят для определения следующих характеристик проточности и деформируемости: угла внутреннего трения, удельного сцепления, сопротивления недренированному сдвигу, модуля деформации и коэффициента поперечного деформации для песков, глинистых, органоминеральных и органических грунтов. Преимуществом данного метода является определение набора



**Рисунок 5.** Стабилометр СТП-80/38 общий вид



**Рисунок 6.** Конструкция рабочей камеры и схема нагружения образца грунта

параметров показателей свойств грунта (прочностные), а не только деформационных свойств с учетом бокового расширения (горизонтального и вертикального напряжений). Возможность контролирования условий дренирования и измерения порового давления. Распределение напряжений в образце остается более или менее постоянным и более однородным, чем при прямом срезе. Недостатком является сложность данного метода, трудоемкость и высокая стоимость современных моделей приборов (особенно модернизированных автоматическим управлением испытаний и регистрации данных).

### Выводы

В ходе исследования методов определения и получения деформационных свойств грунтов на различных приборах были получены данные характеристик грунтов. В таблице 1 представлены значения физических свойств и полученного модуля деформации на разных глубинах одного и того же инженерно-геологического элемента. ИГЭ № 59тг – суглинок легкий, полутвердый, средне деформированный;

ледниковые отложения (морена) донского оледенения ( $gQ_{Idns}$ ). ИГЭ № 98 – суглинок тяжелый, полутвердый; юрские отложения титонского яруса ( $J_{3u}$ ). В таблице приводятся коэффициенты для корректировки моделей деформации, определенных экспериментально из компрессионных испытаний и испытаний трехосного сжатия. Отношение модулей деформации, выполненных методом компрессионного сжатия и методом трехосного сжатия, рассчитано по формуле:

$$K_f = \frac{E_1}{E_2}$$

где  $E_1$  и  $E_2$  - среднее значения модулей деформации.

Таблица 1. Физико-механические свойства грунта

№ ИГЭ	Номер выработки	Глубина, м	Физические свойства грунта										Модуль деформации, (МПа)
			Плотность грунта,	Плотность сухого	Плотность в частиц,	Коэффициент пористост	Степень влажности и, д.е.	Влажность, %			Число пластинч ости, %	Показате ль	
При род ная	На гран ице	На гран ице											
<b>Методом компрессионного сжатия</b>													
59тг	1	15,0	2,24	2,02	2,71	0,343	0,87	11,03	21,92	9,94	11,98	0,09	27,80
59тг	2	14,5	2,20	1,95	2,70	0,386	0,90	12,91	19,68	9,99	9,69	0,30	28,80
59тг	3	13,0	2,23	1,99	2,70	0,358	0,92	12,19	21,44	10,60	10,84	0,15	31,20
59тг	4	22,0	2,20	1,93	2,71	0,403	0,93	13,90	20,50	9,70	10,80	0,39	27,80
59тг	4	24,5	2,18	1,88	2,69	0,427	0,99	15,65	21,73	10,06	11,67	0,48	19,00
Среднее значение, $E_1$			2,21	1,95	2,70	0,383	0,922	13,13	21,05	10,05	10,99	0,28	26,92
98	16	33,7	2,00	1,64	2,70	0,643	0,91	21,68	36,56	20,62	15,94	0,07	35,80
98	16	32,1	1,99	1,68	2,70	0,608	0,82	18,50	29,55	15,16	14,39	0,23	25,20
98	16	34,3	1,98	1,62	2,72	0,680	0,89	22,32	38,24	18,24	20,00	0,20	13,60
Среднее значение, $E_1$			1,99	1,65	2,70	0,643	0,87	20,83	34,78	18,00	16,77	0,16	24,86
<b>Методом трехосного сжатия</b>													
59тг	2	21,1	2,24	2,00	2,70	0,349	0,92	11,9	21,70	9,50	12,20	0,20	14,48
59тг	2	22,0	2,22	1,96	2,71	0,382	0,94	13,2	22,00	10,3	11,70	0,25	16,41
Среднее значение, $E_2$			2,23	1,98	2,70	0,365	0,93	12,55	21,85	9,90	11,95	0,22	15,45
<b>Коэффициент для корректировки, <math>K_f</math></b>												<b>1,74</b>	
98	16	32,1	1,99	1,68	2,70	0,608	0,82	18,50	29,55	15,16	14,39	0,23	18,07
98	16	33,2	1,99	1,63	2,71	0,660	0,90	21,88	32,82	16,61	16,21	0,33	19,67
98	16	33,7	2,00	1,64	2,70	0,643	0,91	21,68	36,56	20,62	15,94	0,07	14,35
Среднее значение, $E_2$			1,99	1,65	2,70	0,637	0,87	20,68	32,97	17,46	15,51	0,21	17,36
<b>Коэффициент для корректировки, <math>K_f</math></b>												<b>1,43</b>	

## Литература

- ГОСТ 12248-2011. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. / Евразийский Совет по стандартизации, метрологии и сертификации (ЕАСС). М.: МНТКС, 2011. 156 с.
- Дмитриев В. В., Ярг Л. А. Методы и качество лабораторного изучения грунтов : учебное пособие // Раздел IV Методы изучения механических свойств грунтов — М.: КДУ, 2008. — 542 с.

## МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИЙ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ФАЗОВЫХ ПРОНИЦАЕМОСТЕЙ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ПО ДАННЫМ ПРОМЫСЛОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

*Шишляев В.В. (ООО «Газпром проектирование», [V.Shishlyaev@promgaz.gazprom.ru](mailto:V.Shishlyaev@promgaz.gazprom.ru)),  
Черепанский М.М. (МГРИ, [vodamch@mail.ru](mailto:vodamch@mail.ru))*

**Аннотация:** В настоящей работе представлен метод количественной оценки функций относительных фазовых проницаемостей угольных пластов на основе данных промыслово-технологических исследований скважин с долговременным режимом отбора жидкости и газа при различной флюидонасыщенности пласта. В основу методики заложены математические модели материального баланса, аналитическая изотерма сорбции, уравнения массопереноса, а также уравнений состояния пластовых флюидов для однородного изотропного пласта.

**Ключевые слова:** Относительные фазовые проницаемости, угольные пласты, метанугольные месторождения, промыслово-технологические исследования, гидродинамическая модель

Фазовые проницаемости являются важнейшими характеристиками фильтрационных процессов в угольных пластах, они практически полностью определяют процесс течения пластовых флюидов. Данные о фазовых проницаемостях необходимы при обосновании технологических режимов эксплуатации скважин, в газогидродинамических расчетах технологических показателей разработки, при анализе и контроле за разработкой метанугольных месторождений. Учитывая большую значимость этих функций, важно уделить особое внимание методам их получения. Методы получения информации об относительных фазовых проницаемостях (ОФП) можно условно разделить на две категории: лабораторные (эмпирические) и аналитические [1].

Основным источником данных об ОФП являются лабораторные методы, основанные на исследованиях, которые проводятся на керне. В настоящее время имеются очень ограниченные и противоречивые данные о функциях относительных фазовых проницаемостей угольных пластов для системы «газ – вода». Эти измерения проведены на одиночных керновых образцах и, как правило, при их определении не учитывались свойства угольных пластов как нетрадиционных коллекторов с высокой геологической неоднородностью.

Также результаты лабораторных исследований керна часто не подходят для построения гидродинамических моделей метанугольных месторождений из-за трудности переноса результатов с масштаба образца керна на масштаб всего пласта, поскольку ОФП на уровне керна характеризуют фильтрацию флюидов в непрерывной пористой среде, а в гидродинамической модели фильтрация флюидов описывается путем имитации потоков между крупными дискретными блоками порово-трещинного пространства.

Измерение относительных проницаемостей по керну по сути является информацией «в точке» относительно объема пласта, дренируемого скважиной, и не отражает неоднородности при фильтрации флюидов по трещинам, поэтому для построений гидродинамических моделей метанугольных залежей чаще всего применяют аналитические методы, использующие в качестве исходных данных результаты гидродинамических исследований скважин (ГДИС) или данные промыслово-технологических исследований. Наиболее достоверную информацию для

определения ОФП можно получить при вскрытии вертикальной скважиной отдельного угольного пласта и его продолжительной эксплуатации, а на многопластовых месторождениях по результатам селективных ГДИС с вызовом притока пластового флюида с отдельным учетом жидкости и газа. В процессе проведения исследований производят долговременную отработку пласта, при которой постепенно, по мере распространения контура питания и снижения пластового давления, растет доля газа в продукции.

В этой работе сформулирован метод количественной оценки ОФП, который основывается на данных производительности метанугольных скважин по каждому объекту, вскрываемому в разрезе с учетом геолого-промысловых параметров угольных пластов. В основу метода заложены математические модели материального баланса, аналитическая изотерма сорбции, уравнения массопереноса, а также уравнений состояния пластовых флюидов для однородного изотропного пласта с мгновенной десорбцией газа [2]. Такой метод получил название метода средневзвешенного давления. На рисунке 1 представлена блок-схема реализации метода определения ОФП на основе данных промыслово-технологических исследований скважин с долговременным режимом отбора жидкости и газа при различной флюидонасыщенности пласта.

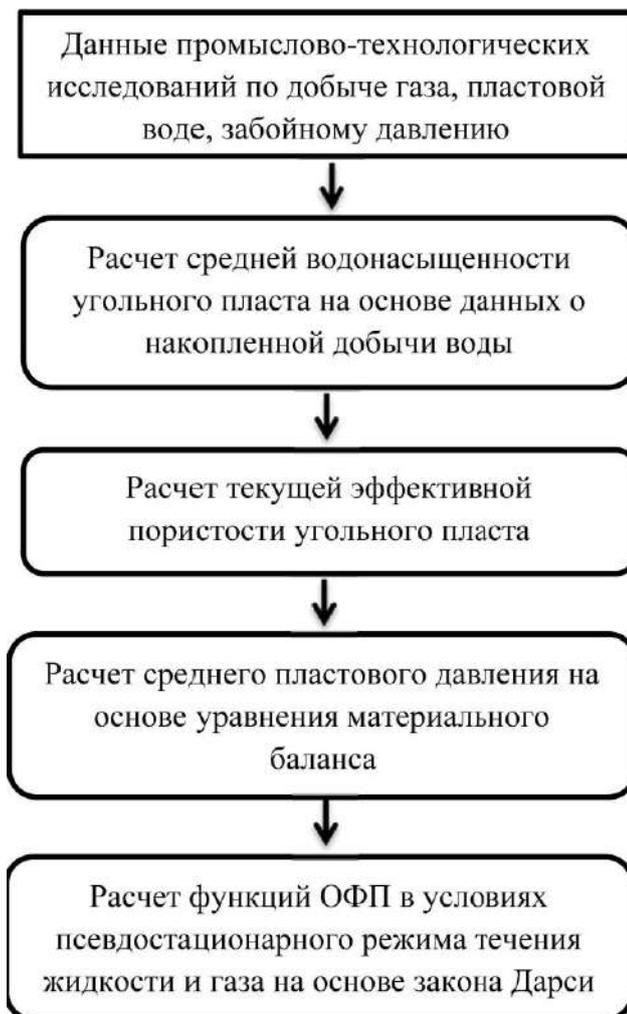


Рисунок 1. Блок-схема количественной оценки относительных фазовых проницаемостей угольных пластов

В основе этого метода лежит определение суммарного потока воды и газа, расчет среднего градиента давления и применение закона Дарси для вычисления относительных фазовых проницаемостей [3]. Для реализации метода продуктивный пласт рассматривается как некоторая область, ограниченная граничными поверхностями (кровлей и подошвой пласта), а по латерали областью дренирования скважины, при этом построение детальной геологической модели не требуется. Применение метода позволяет снизить размерность решаемой задачи фильтрации и перейти от трехмерной задачи к плоской без существенной потери точности при вычислении фазовых потоков. Описание фильтрационных процессов в угольном пласте при одновременном движении газа и пластовой жидкости схематизируют простейшими одномерными фильтрационными потоками, что позволяет обеспечивать приближенное математическое моделирование фильтрационных течений.

Основными задачами исследования являются повышение надежности и объективности прогнозирования ОФП для распространения полученных функций ОФП конкретной скважины на аналогичные участки пласта, а также модификацию функций ОФП при изменении размеров блоков сетки (ремасштабировании).

Материальный баланс, являющийся комплексным инструментом, позволяет относительно точно определить изменение флюидонасыщенности в процессе отбора жидкости и газа из угольных пластов, а посредством упомянутой выше методики рассчитать ОФП при минимальном наборе начальных геолого-промысловых данных.

Несмотря на преимущество аналитических методов определения относительных фазовых проницаемостей угольных пластов по данным промыслово-технологических исследований скважин, практический опыт показывает, что диапазон изменения функций ОФП ограничен отрезком изменений значений флюидонасыщенности в период проведения исследований. Кроме того на результат расчета влияют различные геолого-технические мероприятия на правление на интенсификацию притока метана из угольных пластов.

### Литература:

1. Овчаров В. В. Обзор методов расчета и процедур корректировки кривых относительных фазовых проницаемостей для гидродинамического моделирования залежей углеводородов // Вестник кибернетики. 2014. № 1 (13). С. 10-16.
2. Шишляев В.В. Применение математических моделей для решения задачи выбора эксплуатационных объектов при организации системы разработки метаноугольных месторождений // Наука и техника в газовой промышленности. 2014. № 1 (57). С. 34-43
3. Clarkson CR, Rahmanian M, Kantzas A, Morad K. Relative permeability of CBM reservoirs: controls on curve shape// International Journal of Coal Geology 2011. 88(4). p. 204–17.

## ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РЕКРЕАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ГАГРСКОГО ЗАЛИВА (АБХАЗИЯ)

Шубина Д.Д.\* (МГРИ им. С. Орджоникидзе, [ddshubina@gmail.com](mailto:ddshubina@gmail.com)),  
Никифоров С.П. (МГУ им. М.В. Ломоносова, [spnikiforov@gmail.com](mailto:spnikiforov@gmail.com))

### Аннотация

В статье рассмотрены подробные характеристики инженерно-геологических условий республики Абхазия и территории Гагрского залива и их вклад в рекреационный потенциал республики Абхазия. Особое внимание уделено сейсмичности и экзогенным геологическим процессам. Детально рассмотрены способы локализации абразии побережья, опыт их применения и оценка эффективности.

### Ключевые слова

Экзогенные геологические процессы, абразия, сейсмичность, инженерная защита территорий.

По природно-климатическим условиям и по своему местоположению побережье Гагрского залива имеет ряд специфических особенностей, положительно отличающих его от других участков Кавказского побережья. Исключительные климатические условия и удачное географическое расположение (рис. 1) обусловили значительный рекреационный потенциал территории Гагрского залива в республике Абхазия и сделали его «всесоюзной здравницей» с 1933 года.

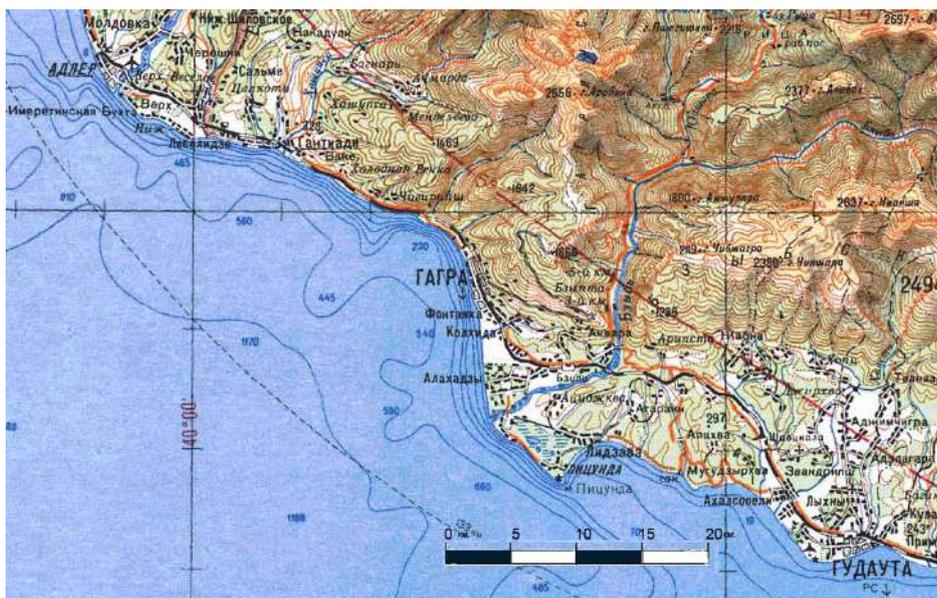


Рисунок 1- Обзорная карта района Гагрского залива

Однако, несмотря на интенсивное развитие региона, опубликованных результатов исследований по вопросам комплексной оценки рекреационного потенциала природно-климатических и инженерно-геологических условий побережья Гагрского залива и прилегающего среднегорья, как основы перспективного развития курортно-санаторной и спортивно-туристической базы, недостаточно.

Сложность проблемы изучения инженерно-геологических условий и актуальность её решения значительно возрастает с усилением антропогенного воздействия на прибрежно-морские зоны. Нарушение природного равновесия приводит к прогрессивной, а порой и необратимой активизации экзогенных геологических процессов, таких как размывы аккумулятивных берегов, абразия и активизация клифов,

оползни и другие гравитационные процессы на морском побережье и на подводном склоне. На некоторых участках побережья темпы роста негативных последствий от антропогенного воздействия уже достигли критического, часто даже опасного уровня и стали значительно превышать естественные возможности природной системы по их нейтрализации.

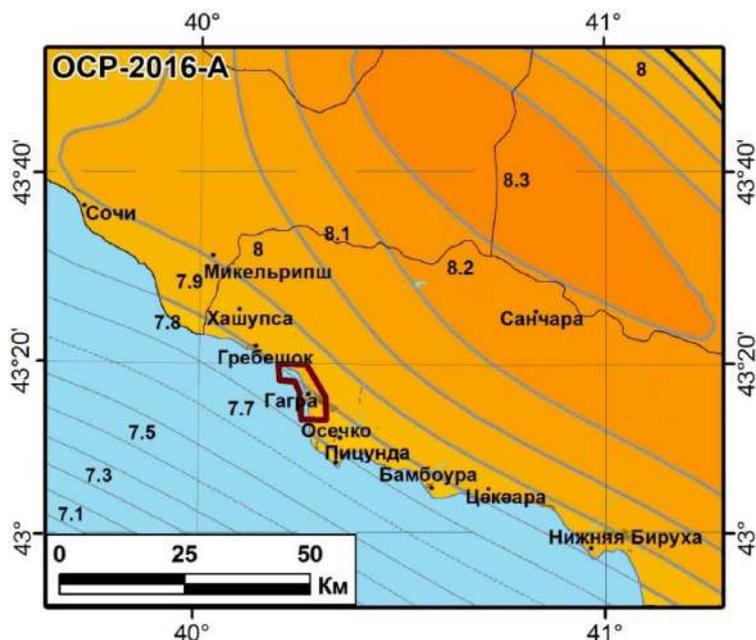
**В геологическом строении** прибрежно-морской зоны Гагрского залива принимают участие отложения мезозоя и кайнозоя. Отложения юры и нижнего мела слагают юго-западные склоны Гагрского хребта и материковый склон в вершине залива. Моласса плиоцена слагает низкогорье правобережья р. Бзыби. На материковом склоне они обнажаются в южной части залива. Четвертичные отложения развиты повсеместно. Четвертичная система в районе побережья и шельфа Гагрского залива представлена широким разнообразием морских, континентальных и часто смешанных образований. Они слагают верхние, наиболее молодые горизонты осадочной толщи, суммарная мощность которых достигает 50-60 м. Морские образования представлены отложениями разновозрастных террас Черноморского бассейна, континентальные образования – различными генетическими типами: элювиальными, делювиальными, коллювиальными, пролювиальными и др. Стратиграфический диапазон отложений – от нижнего плейстоцена до голоцена включительно. Следует отметить, что стратиграфическое подразделение отложений различных генетических типов, в особенности континентальных, крайне затруднительно.

Развитие экзогенных геологических процессов предопределено в первую очередь геоморфологической структурой. Формирование рельефа побережья и шельфа Гагрского залива тесно связано с историей развития двух крупных морфоструктур: горного поднятия Большого Кавказа и прогиба глубоководной Черноморской впадины, материковый склон которой ограничивает район с запада.

**Геологические процессы**, имеющие распространение на территории Гагрского залива, целесообразно разделить на две группы: к первой относятся два основных процесса, осложняющих освоение побережья – высокая сейсмичность территории и активно протекающая абразия береговой зоны моря. Эти процессы являются основными сервитутами, которые изменяют морфологию и рельеф, имеют импульсный катастрофический характер на фоне постоянного развития, могут нанести значительный ущерб рекреационному потенциалу территории. А значит, должны учитываться, начиная со стадии принятия территориальных планировочных решений. Ко второй группе относятся локально развитые экзогенные геологические процессы, которые осложняют освоение только отдельных и часто ограниченных по размеру конкретных участков побережья и прилегающего среднегорья, но их недоучет может также привести к серьезным последствиям для народного хозяйства. К ним относятся выветривание, различные гравитационные процессы, карст, речная эрозия, сели и заболачивание.

#### **Сейсмичность территории**

Характерной особенностью проявления сейсмичности исследуемого региона, в пределах которого расположена прибрежная зона черноморского побережья Сочи-Пицунда, являются рои землетрясений – большое количество толчков, слабо варьирующих по силе, связанных с ограниченной по площади областью и заполняющих промежутки времени от месяца до года (рис. 2).



**Рисунок 2** -Фрагмент карты OCP-2016 А (T=500 лет). Расчёт сейсмичности выполнен до десятых долей балла шкалы MSK-64. Коричневый контур – участок детальных исследований прибрежно-морской зоны Гагрского залива

### Морская абразия

На интенсивность абразии влияет большое количество взаимозависимых факторов геологического и климатического происхождения. За многолетнюю историю наблюдения за состоянием прибрежной зоны были проанализированы преобладающие направления, интенсивность волнений, ударная энергия волн, особенности твердого стока рек и другие факторы, обуславливающие режим размыва или аккумуляции. В виду активного использования прибрежной зоны в рекреационных целях, проблеме сохранения пляжей на территории залива уделялось особое внимание. Преимущественными мерами по береговой защите являлись активные меры: строительство бун, волноломов, волноприбойных стенок, а также пассивные – путем искусственной отсыпки инертного материала на пляж и подводный склон.

Параметры как вновь созданных, так и улучшенных пляжей, а также параметры и природная направленность развития подводного склона длительное время не позволяли, несмотря на громадный объём отсыпок инертного материала, обеспечить на длительное время стабильность береговой зоны в целом (рис.3). Однако начало работ по полной ликвидации бун и волноломов с одновременной отсыпкой большого объёма инертного материала говорило о принципиальном пересмотре подходов к решению вопросов берегозащиты аккумулятивных берегов Черноморского побережья Кавказа. К началу 90-х годов остались неликвидированными только несколько бун в южной части некогда обширного берегозащитного комплекса, а в береговой зоне Гагрского залива искусственным путём были восстановлены надводные пляжи. Принятое направление в защите аккумулятивных берегов путём искусственных отсыпок через 24 года после полного прекращения работ, при эпизодических визуальных обследованиях берегов Гагрского залива и Пицундского полуострова, выполненных в 2007-2013 гг., оказалось эффективным, а радикальные мероприятия, первоначально вызывавшие сомнения и многочисленные возражения, полностью себя оправдали.



*Рисунок 3-Старая Гагра. Набережная. Состояние пляжа до 1982 г.*

### **Выводы**

1. Успех хозяйственного, в том числе рекреационного освоения прибрежной зоны Гагрского залива во многом зависит от полноты исследования инженерно-геологических условий осваиваемой территории. Представленные в статье результаты проведенных исследований показали, что на обоснованность проектных решений и последующую безопасность эксплуатации объектов строительства влияет полнота изучения и объективность оценки экзогенных и эндогенных геологических процессов, характерных для данной территории и их необходимо учитывать при планировании, проектировании, строительстве и эксплуатации любых хозяйственных объектов.

2. Набор опасных геологических процессов, развивающихся в различных частях территории Гагрского залива, зависит от типа морфоструктуры, к которой относится конкретный исследуемый участок и от его геологического строения.

3. В приведенных в статье результатах исследований показано, что основными процессами, оказывающими существенное влияние на безопасность эксплуатации инженерных сооружений, являются сейсмичность и морская абразия. Учет и объективная оценка современного состояния и тренд развития этих процессов залог успешной разработки и практической реализации планировочных схем использования территории.

4. Из числа неблагоприятных для хозяйственного освоения исследуемой территории экзогенных геологических процессов, характеризующихся локальным развитием, стоит отметить импульсные гравитационные процессы: оползни, обвалы, осыпи и сели. Инженерно-геологические исследования на конкретных участках должны включать работы по исследованию потенциальной возможности и интенсивности развития данных процессов и сопровождаться рекомендациями о мерах инженерной защиты от их негативного влияния.

### **Литература**

1. Балабанов И.П., Никифоров С.П. Гагрский залив. Рекреационный потенциал природно-геологических условий прибрежно-морской зоны. И.П. Балабанов, С.П. Никифоров. М.:, 2016. – 257 с.
2. Пешков В.М. Галечные пляжи неприливых морей (Основные проблемы теории и практики). – Краснодар, 2005. – 444 с.
3. Прогноз экзогенных геологических процессов на Черноморском побережье СССР / Под ред. А.И. Шeko. – М.: Недра, 1979. – 239 с.
4. Хмельова Н.В., Виноградова Н.Н., Самойлова А.А., Шевченко Б.Ф. Бассейн горной реки и экзогенные процессы в его пределах (результаты стационарных исследований). – М., 2000. – 186 с.

## ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

*Сергеев С.В.\* (ОАО «ВНОГЕМ», sergey.sergeev.v@mail.ru),  
Синица И.В. (ОАО «ВНОГЕМ», lgsgd@mail.ru), Юрченко Г.Ю. (НИУ  
«БелГУ», hermanyas@mail.ru).*

**Аннотация** Рассмотрены проблемы определения напряжений в массиве пород с учетом особенностей залегания и неоднородности физико-механических свойств.

**Ключевые слова:** массив пород, напряжения, деформации, склонность к горным ударам, методы разгрузки, железистые кварциты.

При разработке полезных ископаемых и подземном строительстве в массиве пород происходят процессы, которые называются геомеханическими. Они возникают под воздействием природных и техногенных факторов. Многие из них, например, обрушение пород, горные удары являются опасными. Возможность их появления необходимо оперативно прогнозировать. Одним из основных методов прогноза в геомеханике, является экспериментальное определение напряжений в массиве, в зоне влияния горных работ. Такими исследованиями институт «ВНОГЕМ» занимается на КМА начиная с 70-х годов прошлого века /1, 3/.

С увеличением глубины разработки месторождения возникла необходимость оценки склонности массива к горным ударам. Оценка производится исходя из условия: напряжения в массиве больше чем 80% предела прочности на сжатие. Породы представлены неокисленными железистыми кварцитами, отличительной особенностью которых является неоднородность (Рис. 1).



Рис. 1 - Характер залегания массива кварцитов на шахте им. Губкина на комбинате КМА руда.

Для определения деформаций массива нами применялись методы щелевой разгрузки и разгрузки на больших базах (Рис. 2, 3).

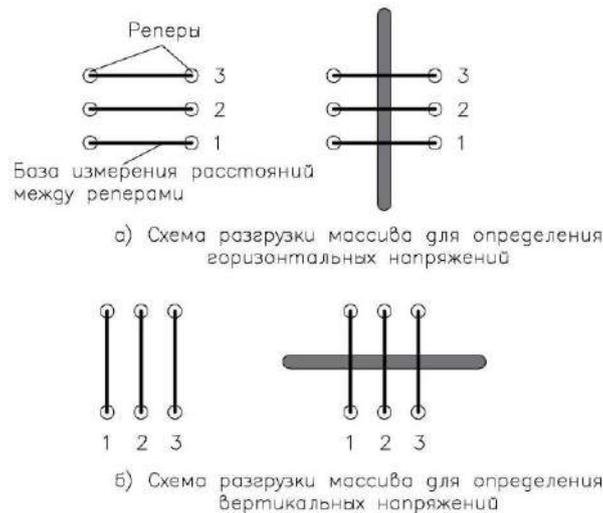


Рис. 2 Схемы определения напряжений методом щелевой разгрузки

Расчет напряжений  $\sigma$  по измеренным на контуре выработки деформациям, выполняется по формуле /2/:

$$\sigma = \frac{\Delta L E \pi}{8R - L\pi(1 - k_1 + \nu k_2)}; \quad (1)$$

где:  $\Delta L$  – сближение реперов после образования разгрузочной щели на базе измерения деформаций  $L$  (расстояние между реперами), м;

$E$  – модуль упругости, МПа;

$\nu$  – коэффициент Пуассона горных пород;

$R$  – радиус щели, м;

$k_1, k_2$  – коэффициенты концентрации напряжений в направлении перпендикулярно и параллельно щели соответственно (определяется по графикам приведенным в /2/).

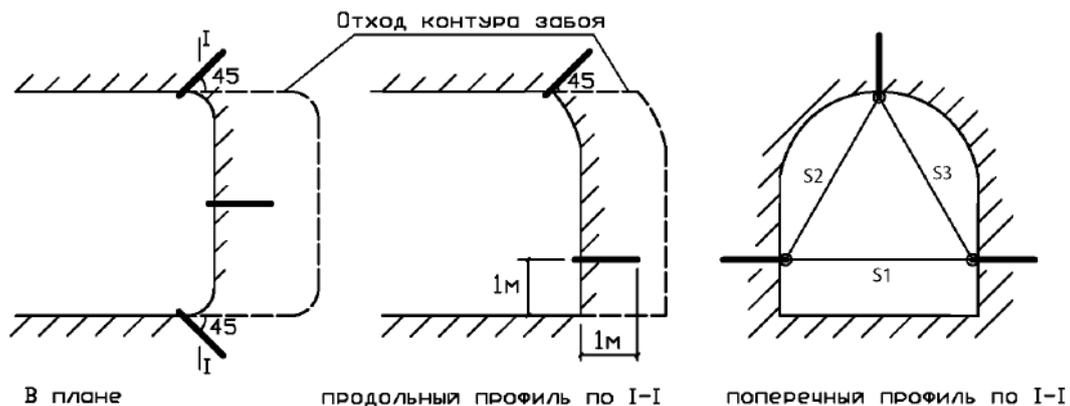


Рис. 3 Схема измерения деформаций на больших базах

Расчет напряжений по измеряемым деформациям на большой базе выполняется по формулам /2/:

Для максимальных напряжений:

$$\sigma_{\max} = E \cdot \left[ \frac{(\varepsilon_{S_1}^0 + \varepsilon_{S_2}^0 + \varepsilon_{S_3}^0)}{3(1 - \mu)} + \frac{1}{1 + \mu} \sqrt{\left( \varepsilon_{S_3}^0 - \frac{\varepsilon_{S_1}^0 + \varepsilon_{S_2}^0 + \varepsilon_{S_3}^0}{3} \right)^2 + \left( \frac{\varepsilon_{S_1}^0 - \varepsilon_{S_2}^0}{\sqrt{3}} \right)^2} \right] \quad (2)$$

Минимальных напряжений:

$$\sigma_{\min} = E \cdot \left[ \frac{(\varepsilon_{S_1}^0 + \varepsilon_{S_{21}}^0 + \varepsilon_{S_3}^0)}{3(1-\mu)} - \frac{1}{1+\mu} \sqrt{\left( \varepsilon_{S_3}^0 - \frac{\varepsilon_{S_1}^0 + \varepsilon_{S_{21}}^0 + \varepsilon_{S_3}^0}{3} \right)^2 + \left( \frac{\varepsilon_{S_1}^0 - \varepsilon_{S_2}^0}{\sqrt{3}} \right)^2} \right] \quad (3)$$

где:  $\varepsilon_{S_1}^0, \varepsilon_{S_{21}}^0, \varepsilon_{S_3}^0$  - относительные деформации разгрузки массива по профилям  $S_1; S_2; S_3$ .

В Таблице 1 приведены основные физико-механические характеристики кварцитов.

Таблица 1 – Свойства железистых кварцитов

№	Показатели	Кол-во образцов.	Пределы вариации	Средняя величина	Коэф. вариации
		шт.	-	-	%
1.	Плотность, г/см <sup>3</sup>	192	3,00-4,46	3,55	5-9
2.	Предел прочности на сжатие, МПа				
	а) Параллельно слоистости	55	68,6-382,5	189,3	30,3
	б) Нормальной слоистости	39	78,5-441,3	253,0	44,9
3.	Предел прочности на разрыв, МПа	44	8,8-13,7	12,8	18,6
	а) по слоистости				
	б) вкрест слоистости	54	3,4-13,4	8,2	27,0
4.	Модуль упругости статический				
	$E_{ст} 10^{-5}$ МПа				
	а) по слоистости	27	0,7-1,5	1,3	14,2
	б) вкрест слоистости	35	0,7-1,5	1,18	13,0
5.	Модуль упругости динамический,	26	0,98-1,34	1,17	8,5
	а) по слоистости				
	б) вкрест слоистости	26	0,95-1,3	10,9	1,4
6.	Коэф. Пуассона				
	а) по слоистости	61	0,09	0,22	28,4
	б) вкрест слоистости	53	0,10	0,22	35,6

Из таблицы видно, что прочностные и деформационные характеристики в кварцитах значительно отличаются. Поэтому, при геомеханических исследованиях эти характеристики необходимо определять в каждой точке измерений. Кроме этого, необходимо учитывать характер слоистости и ее ориентировка. Если не учитывать все инженерно-геологические массива, можно ошибиться в оценке склонности массива к горным ударам.

### Литература

1. Казикаев Д.М., 1983. Геомеханические процессы при совместной и повторной разработке руд. М., Издательство «Недра», 288с.
2. Влох Н.П., 1994. Управление горным давлением на подземных рудниках. М., Издательство «Недра», 208 с.
3. Сергеев С.В., Сеница И.В., Карякин В.Ф. 2015. Оценка склонности массива пород на КМА к горным ударам. Научные ведомости БелГУ. Естественные науки. 9(206), 132-137.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПТС «ЖЕЛЕЗОРУДНЫЙ КАРЬЕР» НА БАЗЕ АНАЛИЗА ПЕРЕКРЕСТНЫХ СВЯЗЕЙ

*Ярг Л.А.\* (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе организация, irina-rodkina2007@yandex.ru),  
Фоменко И.К. (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе организация, ifolga@gmail.com)*

**Аннотация** Метод оптимального управления ПТС «Железорудные месторождения» в части устойчивости бортов карьера базируется на двухуровневых системах с перекрестными связями. В качестве минимизированных критериев функционирования рассматриваются отклонения текущего состояния от предельно допустимого. В качестве оптимизированных параметров – уровень водоносного горизонта, прочностные свойства грунтов, трещиноватость и блочность докембрийского массива. Предлагаемый подход является одним из путей, обеспечивающих устойчивость бортов карьеров глубокого заложения при длительной их разработке.

**Ключевые слова** природно-техническая система, карьер, мониторинг, коэффициент устойчивости, управление

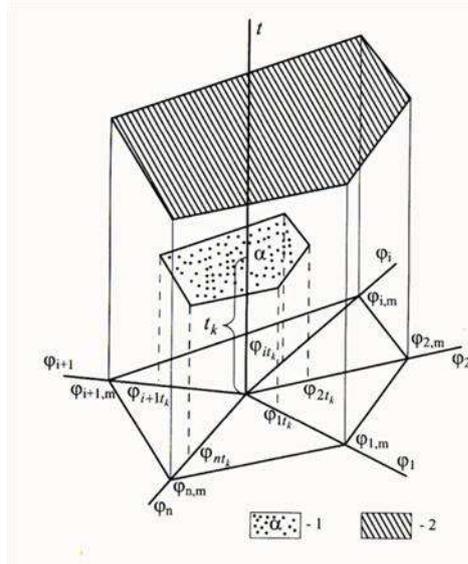
Цель исследований: проблема обеспечения устойчивости массива пород в динамике развития горных работ.

Разработка железорудных месторождений буровзрывным способом, перманентное углубление карьера, приводят к изменению напряженного состояния, разуплотнению пород, увеличению трещиноватости массива, скорости выветривания и снижению прочностных свойств пород, слагающих борта карьера, активизации инженерно-геологических процессов: осыпей, обвалов, оползней, суффозии, поверхностной эрозии.

Рассматриваемая природно-техническая система «Рудные месторождения КМА» является сложной системой локального уровня. Функционирование локальной ПТС «Железорудный карьер» характеризуется: определенным набором процессов, развивающихся перманентно без наступления стадии стабилизации под влиянием длительных техногенных взаимодействий, составляющих основу эксплуатации ПТС. Сокращение негативных последствий возможно только при четком понимании процессов, развивающихся в сфере взаимодействия природно-технических систем (ПТС) «ГОК» [1].

Развитие процессов, инициируемое технологическими работами, носит прогрессирующий характер в пространственно-временном отношении. Длительная эксплуатация месторождений приводит к изменению границ, режима и набора процессов (рис.1).

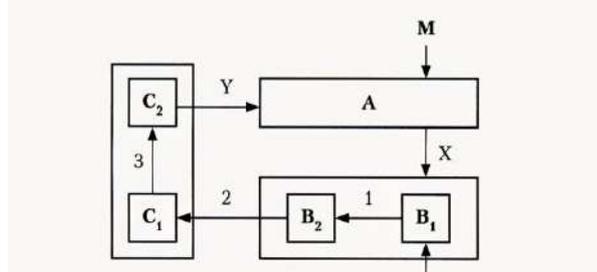
Система инженерно-геологического обеспечения на территориях карьера включает комплекс работ и исследований, направленных на получения информации об инженерно-геологических условиях в течение всего срока разработки карьера, оценку и прогноз устойчивости откосов на различных этапах их сооружения, с целью достижения технико-экономической и экологической безопасности горных работ. Обеспечение безопасности ведения работ требует за состоянием приоткосных массивов в рамках мониторинга, включающего следующие виды работ.



**Рисунок 1.** Пространство состояний – время системы (по Г.К. Бондарьку) [2]: 1 – состояние системы в момент времени  $t_k$ , 2 – сечение области допустимых состояний системы.

1. Инженерно-геологическую типизацию бортов карьера с учетом литолого-петрографического состава, условий залегания пород, их трещиноватости, блочности и свойств, гидрогеологических условий.
2. Обоснование пространственного размещения системы пунктов получения информации: наблюдательных профилей и количество реперов с учетом выделенных инженерно-геологических элементов и частоты наблюдений.
3. Инструментальные измерения параметров, характеризующих процессы деформирования прибортовых массивов.
4. Опробование горных пород и лабораторные исследования с целью оценки снижения прочности горных пород под влиянием процесса выветривания, повсеместно развивающегося при вскрытии массива.
5. Сравнительный анализ расчетных и натурных данных, характеризующих устойчивость бортов карьера и обоснование оптимальных их углов заложения.
6. Прогнозные оценки устойчивости бортов карьера при дальнейшей разработке месторождений.

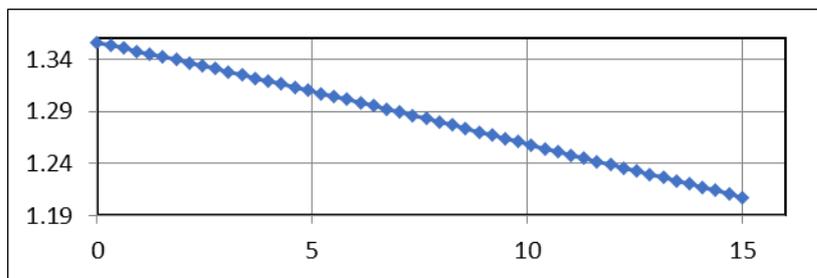
Оптимальное функционирование ПТС обеспечивается методами управления, опирающимися на информацию об этих процессах в системе (рис.2).



**Рисунок 2.** Структура управления ПТС (по Г.К. Бондарьку) [2]: М – возмущающие взаимодействия; А – компоненты ПТС, подлежащие управлению (входы); В – мониторинг ПТС: В1 – СППИНФ, В2 – центр диагностики, прогнозирования, разработки рекомендаций; С – управляющая машина: С1 – управляющее устройство, С2 – исполнительное устройство; Y – управляющие взаимодействия; X – управляемые взаимодействия (выходные). 1 – информация о текущем состоянии ПТС; 2 – информация, содержащая рекомендации по управлению ПТС; 3 – сигналы управления.

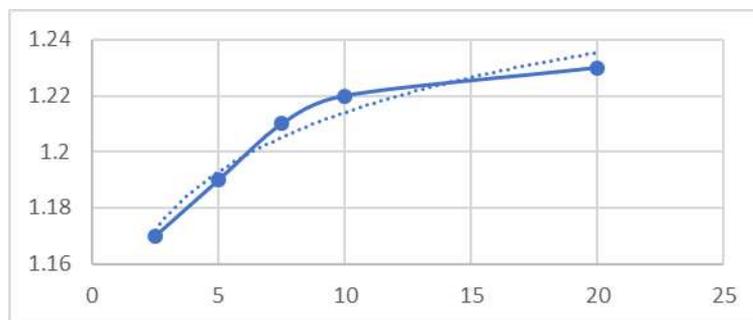
Эффективное управление природно-технической системой «Железорудное месторождение КМА» должно выполняться с учетом факторов, определяющих как локальную, так и глобальную устойчивость бортов карьера: динамики техногенного водоносного горизонта, в частности формирования депрессионной воронки, прочностных свойства пород, блочности и трещиноватости массива рудно-кристаллических пород.

На рис. 3-5 приведены графики зависимости  $K_u$  от вышеперечисленных факторов, которые свидетельствуют о снижении устойчивости бортов карьера.

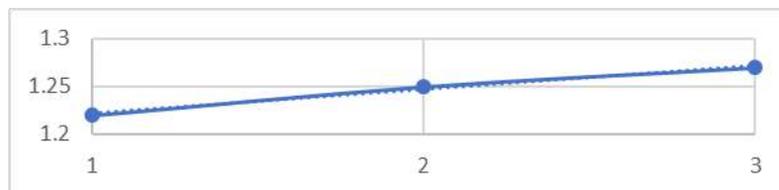


**Рисунок 3.** Влияние подъема уровня подземных вод (горизонтальная ось) на глобальный коэффициент устойчивости бортов карьера (вертикальная ось):  $K_u$  (по методу Моргенштерна и Прайса):

Задачи управления локальными ПТС могут решаться с учетом перекрестных связей. В теории больших систем «large-scale interconnected» основное внимание уделяется перекрестным связям, когда переменные одной подсистемы входят в описание других систем. Это характеризует взаимодействие подсистем друг с другом, минуя центр [3].



**Рисунок 4.** Зависимость  $K_u$  (вертикальная ось) от блочности массива (расстояние между трещинами) скального (горизонтальная ось)



**Рисунок 5.** Влияние прочности рудно-кристаллических пород (горизонтальная ось) в массиве на  $K_u$  (вертикальная ось): 1 — сильно трещиноватые породы, сцепление  $C=690$  кПа, угол внутреннего трения  $\varphi = 32^\circ$ ; 2 — средне трещиноватые, сцепление  $C=1130$  кПа, угол внутреннего трения  $\varphi = 36^\circ$ ; 3 — слабо трещиноватые, сцепление  $C=3140$  кПа, угол внутреннего трения  $\varphi = 39^\circ$

В соответствии с Теорией больших систем «large-scale interconnected», управление локальными ПТС «Железорудный карьер» в части устойчивости бортов карьера, может базироваться на двухуровневых системах с перекрестными связями. В качестве минимизированных критериев функционирования рассматриваются

отклонения текущего состояния от предельно допустимого. В качестве оптимизированных параметров приняты: уровень надъяюрского водоносного горизонта, прочностные свойства альб-сеноманских песков и девонских глин, трещиноватость и блочность докембрийского массива.

Графики (см. рис. 3-5) зависимости  $K_u$  от динамика техногенного водоносного горизонта, блочности и прочностных свойств пород позволяет устанавливать предельных значений координат системы, при которых система не выйдет из области допустимых состояний.

Управляющие решения, обеспечивающие безопасное ведение работ, должны включать: корректировку работы дренажной системы и технологического водоснабжения с учетом положения УГВ; перехват и организованное отведение поверхностных и фильтрационных вод в оборотную систему; поддержание уровня воды в прудах–отстойниках, исключающее подтопление территории; корректировку технологии взрывных работ при отработке глубоких горизонтов с учетом напряженного состояния массива и возникновения техногенной трещиноватости массива пород при буро-взрывных работах.

Полученные прогнозные оценки устойчивости бортов карьера могут быть использованы при проектировании и разработке месторождений со сходными инженерно-геологическими условиями.

### Литература

1. Ярг Л. А., Фоменко И. К., Житинская О. М. Оценка факторов, определяющих оптимизацию углов заложения откосов при длительной эксплуатации карьера (на примере Стойленского железорудного месторождения КМА) // Горный журнал. — 2018. — Т. 2256, № 11. — С. 76–81.
2. Бондарик Г. К., Ярг Л. А. Инженерная геология. Вопросы теории и практики. Философские и методологические основы геологии: учебное пособие. М. КДУ 2015г. 296 с.
3. Цурков В. И., Литвинчев И. С. Декомпозиция в динамических задачах с перекрестными связями / в кн. Оптимизация и исследование операций. Москва: Наука: Физико-математическая литература, 1994, 176с.

## ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА НЕФТЕГАЗОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

*Агазаде А.В.\* (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), e-mail: [azer.agazade05@gmail.com](mailto:azer.agazade05@gmail.com) ),  
Скопинцева О.В. (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), e-mail: [skopintseva54@mail.ru](mailto:skopintseva54@mail.ru))*

### Аннотация

Рассмотрен комплекс мероприятий экологического мониторинга по наблюдению и оценке состояния окружающей среды, в том числе, компонентов природной среды, экосистем, а также разработки дальнейших прогнозов её состояния. Показано, как именно действуют различные антропогенные факторы на окружающую среду, и к каким последствиям это может привести. С целью информационного обеспечения управления в области охраны окружающей среды, рационального использования природных ресурсов, обеспечения экологически безопасного устойчивого развития страны и ее регионов в России функционирует и развивается Единая государственная система экологического мониторинга.

**Ключевые слова:** нефть; экологический мониторинг; экологический контроль; нефтегазовое предприятие; охрана окружающей среды; магистральные нефтегазопроводы.

Актуальность вопроса экологического мониторинга заключается в том, что на каждом из этапов работы с углеводородным топливом, он играет огромную роль в работе по охране окружающей среды, наблюдением за её состоянием и дальнейшими прогнозами. В условиях современного мира, когда промышленное производство приобрело всеобъемлющие масштабы, и над планетой нависла угроза загрязнения окружающей среды и экологических катастроф, экологический мониторинг стал особенно важным.

Нефть - это полезное ископаемое, которое представляет собой горючую жидкость, которая добывается практически во всем мире, является отдельной валютой и очень ценится за свою универсальность. Нефть используется для самых различных целей, а именно: производство жидкого топлива (самое главное назначение нефти); производство пластмассы; изготовление лекарств; изготовление тканей; изготовление керосина; производство ЛЭП и трубопроводов.

Нефтегазовая отрасль является одной самых дорогостоящих в мире, отрасль нефтедобычи и нефтепереработки постоянно развивается, появляется все больше новых предприятий, и экологический мониторинг в данной отрасли становится как никогда актуальным.

Работа с нефтью - это сложный и многоступенчатый процесс, который включает в себя несколько этапов, таких как: разведочный работы; добыча нефти и её подготовка; транспортировка нефтепродуктов; хранение; дальнейшее производство.

Большое внимание уделяется локальному мониторингу источников загрязнения окружающей среды при разработке лицензионных участков, подготовке углеводородного сырья, транспорту, а также переработке. Учитывая то, что магистральные нефтегазопроводы могут пересекать несколько регионов и даже стран, рамки мониторинга таких линейных систем могут превышать национальный уровень. В этом случае применяются лишь методические приемы выявления источников загрязнения линейных систем при локальном мониторинге.

Экологический мониторинг - это самый действенный инструмент который состоит из комплекса мероприятий по наблюдению и оценке состояния окружающей среды, в том числе, компонентов природной среды, экосистем, а также разработки дальнейших прогнозов её состояния. Экологический мониторинг позволяет четко увидеть, как именно действуют различные антропогенные факторы на окружающую среду, и к каким последствиям это может привести [1].

Мониторинг окружающей природной среды необходим для того, чтобы руководство нефтедобывающих предприятий могло принять верные управленческие решения, которые позволят сохранить природу и обеспечить экологическую безопасность, в том числе и персонала, который работает на нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих предприятиях.

Система ведомственного экологического мониторинга включает в себя несколько уровней:

1. Объект (локальный уровень).
2. Предприятие (территориальный уровень).
3. Отрасль.
4. Регион.

Во всех случаях в качестве основных задач локального мониторинга можно выделить:

- контроль состояния окружающей среды по физическим, химическим и биологическим параметрам с целью оценки уровня загрязнения;
- формирование комплексных информационных систем о состоянии компонентов окружающей среды;
- выявление основных причин источников загрязнения и их регламентация с целью поддержания допустимых норм воздействия на окружающую среду;
- обеспечение контролирующих и природоохранных органов систематическими данными об уровнях загрязнения окружающей среды;
- прогноз изменения компонентов окружающей среды на всех стадиях жизненного цикла объектов и продукции, информация в случае резкого повышения уровня воздействия (аварии, штатный режим работы и др.) [2].

При добыче нефти экологические проблемы возникают практически сразу. Проблемы начинаются с момента расчистки территории и установки оборудования для добычи полезного ископаемого. Для этого, приходится вырубать большое количество леса, и зачищать территорию от другой растительности, что непременно сказывается на экологии. Разовая акция может пройти незаметно, но так, как добыча нефти очень масштабна, то и зачистка территорий от растений во всем мире имеет угрожающие размеры.

Второй проблемой является засорение продуктами жизнедеятельности людей участков, отведенных для работы. Также страдает и прилегающая территория, происходит засорение отработанными материалами и вытянутым на поверхность грунтом. Эти территории используются работниками для своих нужд, сюда прокладывают подземные пути, расчищают место для трубопровода. В итоге получается большое количество различных видов загрязнений и нарушение целостности почвы и земной коры, на несколько метров в глубину.

С начала добычи сырья, наносимый окружающей среде вред значительно возрастает. В первую очередь за счет разлива сырой нефти. Это может быть как технологический, так и аварийный вылив. В этом случае почва, наземные и подземные водные источники получают такое загрязнение, для восстановления после которого им потребуются долгие годы. Негативные последствия для природы не заканчиваются с выкачкой из подземного месторождения. Возникающие в результате пустоты, приводят

к движению грунтов. Происходят провалы почвы, ее смещение и эрозия. Следует отметить, что, как правило, месторождения углеводородов находятся в природных зонах с очень хрупкой экосистемой. Экологический баланс в этих местах формировался очень сложно и может быть легко разрушен.

Далее идут транспортировка нефти, ее хранение и переработка. Наибольшие проблемы возникают при транспортировке. Какой бы вид транспорта для этого ни был задействован, везде происходит ее вылив. При транспортировке трубопроводом, железнодорожным или автомобильным транспортом вылившаяся нефть попадает на почвы, если водным – остается на поверхности воды. Она растворима в органических растворителях и не растворима в воде. Потому ее пятна долго остаются на поверхности.

Последний этап, который относят к нефтяной промышленности – это переработка. Из нее производят различные виды топлива, сырье для химической промышленности, материалы строительства и так далее. Продукты, получаемые в результате переработки, обладают большинством ее свойств. При сжигании их в качестве топлива выделяется большое количество углекислого газа, оксид азота, различные сернистые соединения. Повышение их содержания в атмосфере ведет к изменению климата, «кислотным дождям» и «парниковому эффекту».

Нефть и нефтепродукты засоряют воды планеты. За год в Мировой океан попадает около 12 млн. тонн нефти и её производных. При этом 1 литр нефти, разлитой по воде, лишает её около 50 тысяч литров кислорода. Одна тонна нефти и нефтепродуктов может нанести ущерб на площадь около 15 км<sup>2</sup>. Также от нефти страдают морские животные и птицы. Ежегодно сотни тысяч представителей животного мира погибают от нефти, например, испачкавшись в загрязненной воде. Нефть не отмывается с перьев птиц, чешуи или кожи морских животных, и оно просто погибает.

Уменьшение кислорода в воде и увеличение углекислого газа в атмосфере – это основные «симптомы болезни» биосферы. Не приняв необходимых действий, может привести к фатальным в первую очередь для человека, последствиям. Национальный мониторинг России в настоящее время включает три вида мониторинга: санитарно-гигиенический, экологический, климатический.

Мониторинг окружающей среды (экологического мониторинг), согласно Закону РФ Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 31.12.2017) "Об охране окружающей среды", состоит из государственной службы наблюдения за состоянием окружающей природной среды, государственного, производственного, общественного контроля. В России действует Единая государственная система экологического мониторинга (ЕГСЭМ), согласно постановлению Правительства РФ от 06.06.2013 N 477 (ред. от 10.07.2014) "Об осуществлении государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды" (вместе с "Положением о государственном мониторинге состояния и загрязнения окружающей среды"). Общее руководство ЕГСЭМ возложено на Государственный комитет РФ по охране окружающей среды (СЗ РФ, 1997).

### Литература

1. Латышенко, К.П. Экологический мониторинг: Учебник и практикум для прикладного бакалавриата / К.П. Латышенко. - Люберцы: Юрайт, 2016. - 375 с.
2. Шарова, Н.И. Экологический мониторинг техносферы: Учебное пособие / Н.И. Шарова. - СПб.: Лань, 2014.
3. Дмитренко, В.П. Экологический мониторинг техносферы: Учебное пособие / В.П. Дмитренко, Е.В. Сотникова, А.В. Черняев. - СПб.: Лань, 2014.

## ОБЩИЕ ВОПРОСЫ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ

*Ахмадиев А.К.\* (МГРИ, art696@mail.ru),  
Экзарьян В.Н. (МГРИ, vnekzar@rambler.ru)*

**Аннотация:** Рассматриваются основные вопросы развития минерально-сырьевого комплекса, его проблемы, пути решения. Описываются существующие прогнозные модели развития сырьевой политики, дается их оценка. Отмечается, что решение проблем, которые накапливаются годами невозможно без пересмотра статуса геологической службы России.

**Ключевые слова:** минерально-сырьевой комплекс, освоение Арктики, геологическая служба, сырьевая политика, прогнозные модели.

Аксиомой является тот факт, что минерально-сырьевой комплекс (МСК) во многом формирует основу экономики России, являясь прямым источником доходов бюджета страны (более 40-50% и 70% - всего экспорта) и валютных поступлений в казну государства. МСК представляет собой минерально-сырьевую базу, а также совокупность производственных структур, осуществляющих геологоразведочные работы (ГРП), добычу и переработку минерального сырья. Применительно к углеводородному сырью (нефть, газ) многие эксперты относят в структуру МСК также трубопроводную сеть транспортировки, которая выполняет роль связующего звена между добычным, перерабатывающим и потребительским секторами [6]. Как видно, МСК – это огромная производственная и социальная сфера жизни людей, а развитие государства неотделимо от развития добывающей отрасли.

Стоит отметить некоторые особенности недр страны. Так, на территории России сосредоточено около 50% алмазов, 30% мировых запасов газа, 25% никеля, 15% запасов олова, около 10% всех мировых запасов нефти. В Западной Сибири сосредоточено более 69% всей нефти России, в Урало-Поволжье – 17,4%, в Восточной - Сибири – 3,6%, Тимано-Печора – 7,8% нефти. По газу запасы распределены следующим образом: 11% - Европейская часть страны, 78% - Западная Сибирь, 3,6% - Восточная Сибирь и Дальний Восток. 78% добычи природного газа сосредоточено в ЯНАО [4]. В настоящее время Россия занимает 5-е место в мире по производству стали (уступая Китаю, Японии, Индии и США), 2-е место по производству стальных труб (уступая Китаю), 3-е место по экспорту металлопродукции (уступая Китаю и Японии), 5-е место по производству товарной железной руды (после Китая, Австралии, Бразилии и Индии) [5]. Все это может лишь констатировать, что Россия обладает очень хорошим ресурсным потенциалом.

Исходя из возможностей использования ресурсного потенциала, многие эксперты пытаются построить прогнозные модели развития, как отрасли, так и экономики в целом. Очень интересным можно назвать прогноз А.Н. Крылова на длительную перспективу по нефти и газу. Он выделяет три этапа развития первый этап (первая четверть XXI века или до 2030 года) – добыча будет вестись на месторождениях, которые уже известны, открыты или предполагаются к открытию в течение этого этапа. Второй этап (2031 - 2060) – продолжается разработка месторождений в Западной Сибири, хотя объемы добычи снижаются, осваивается Баренцево, Карское море, Восточная Сибирь, начало разведки в Восточных арктических морях, снижение добычи на шельфе. Третий этап (2061 – 2100) - осваиваются ресурсы Западных арктических акваторий, Восточных арктических морей,



продолжается снижение добычи в Западной Сибири, Ямале, осваивается Дальний Восток [2].

Конечно, такой прогноз нельзя считать абсолютно точным. А.Н. Крылов берет слишком большой период (прогноз рассчитан на весь XXI век), к тому же прогноз исходит из суждения о первостепенной роли нефти в мире и России на протяжении всего XXI века. В нем не учитывается возможный уровень развития и внедрения альтернативной энергетики. К тому же, другой ученый Э.Туттас прогнозирует, что к 2060 году уголь будет главным источником энергии в мире, и после 2060 года угольная промышленность будет доминировать 200 лет в мире [2]. Такой прогноз противоречит прогнозу А.Н. Крылова, ибо говорит о прекращении доминирования нефти в мире и тогда России следует искать другую модель развития.

В свою очередь, видный ученый - геолог Е.А. Козловский отмечает такую важную мировую тенденцию, как начало плотного освоения ресурсов Мирового океана, Арктики, континентального шельфа, активное развитие Азиатско-Тихоокеанского региона [2]. Он говорит, что Россия должна учитывать эту тенденцию при формировании целей и задач в горно-геологической отрасли. Но развитие отрасли зависит не только от прогнозов и трендов развития, хотя они и задают вектор. Основополагающим является система управления в области недропользования, включающая в себя: создание правил недропользования, контроля, надзора за их реализацией, планирование недропользования, организацию государственного геологического изучения недр, лицензирование недропользования, мониторинг состояния недр, ресурсное обеспечение недропользования. И именно в этой системе мы видим, что богатый ресурсный потенциал страны играет роль и драйвера и тормоза.

В 90-е годы XX века в нашей стране произошел переход к рыночной экономике. В отличие от ведущих мировых стран, где процесс перехода к капитализму был эволюционным, в России наблюдался революционный переход, породивший дикий индивидуалистический капитализм, усугубивший положение дел в стране. Наблюдались общеполитический кризис, социально-экономическая дестабилизация отношений, обнищание народа, рост преступности, естественный прирост населения имел отрицательные характеристики. В эти годы минерально-сырьевой комплекс России переживал, как и вся страна, жесточайший кризис. Он выражался в следующем: государство фактически устранилось от прямого управления горно-геологической отраслью; снижение финансирования ГРП; значительное снижение ГРП; преобладание экспортной сырьевой политики; разрушение единых производственных комплексов и т.д. [2]. Современный этап развития характеризуется продолжением доминанты экспортной политики в отношении сырья, где значимую роль играют нефть и газ. До сих пор отрасль переживает перманентный кризис, движение которого можно охарактеризовать синусоидой. С каждым годом страна становится все более зависимой от сырья. Его доля в экспорте составляет 70-80%. Экономическая «подушка безопасности» государства напрямую зависит от мировых цен на нефть.

Можно также выделить эколого-правые проблемы развития отрасли, которые не менее важны, чем экономические. В современной эколого-правовой науке не получили широкого развития комплексные системные исследования в сфере охраны окружающей среды (ООС) и обеспечения экологической безопасности при пользовании недрами. Стоит отметить, что не разработана и единая четкая государственная политика в этой сфере. В настоящее время можно убедиться в низкой эффективности реализации норм, устанавливающих юридическую ответственность за экологические правонарушения в сфере недропользования. Тому есть ряд причин: недостаточно четкая формулировка объективной стороны в составе экологического правонарушения в сфере недропользования; отсутствие единой правоприменительной практики; отсутствие

законодательно закрепленных понятия экологического ущерба и его отделение от экологического вреда [1].

Еще одним видом проблем является статус геологической службы России. Со времен Указа Петра I о Приказе рудокопных дел геологическая служба была отдельным органом в государстве и играла одну из значимых ролей. Сейчас такая роль утрачена. Е.А. Козловский многие годы предлагает меры по совершенствованию государственного управления в сфере недропользования: разработку и принятие национального Горного кодекса со специфической системой налогообложения, основанной на уровне ликвидности месторождений, их расположения, условий, приоритетности создания рабочих мест, стратегических месторождений для страны, с реализацией модели самодостаточности предприятий; формирование новой концепции создания и функционирования Федеральной геологической службы России, путем образования Государственного комитета по геологии и недропользованию или Министерства геологии и недропользования. Также он говорит, что следует создать при Совете безопасности или при Администрации президента специального органа по проблемам минерально-сырьевой безопасности с возложением на него функций по независимой экспертизе оценки текущего и прогнозируемого состояния минерально-сырьевой базы [2-3]. Таким образом, необходимо, чтобы пришло понимание, что минерально-сырьевая проблема была и остается проблемой государства и именно оно должно придать геологической службе должный статус, сформировать не либеральный подход, а соединить жесткий административный механизм с реалиями рыночного мира. Развитие минерально-сырьевого комплекса оказывается важнейшей задачей, и решение проблем сложившихся в отрасли позволит усилить позиции страны как одного из ведущих игроков мирового рынка минерального сырья.

### Литература:

1. Агафонов В.Б. Правовое регулирование охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности при пользовании недрами: теория и практика : автореферат дис. ... доктора юридических наук : 12.00.06 / Агафонов Вячеслав Борисович; [Место защиты: Моск. гос. юрид. акад. им. О.Е. Кутафина]. - Москва, 2014. - 52 с.
2. Козловский Е.А. Россия: минерально-сырьевая политика и национальная безопасность. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2002. – 856 с.
3. Козловский Е.А. Минерально-сырьевые ресурсы государств ШОС и БРИКС в перспективах мировой экономики / Е.А. Козловский, М.А. Комаров, Р.Н. Макрушин. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2015. – 472 с.
4. Катаева Е.Г. Политика энергетической безопасности как условие устойчивого развития России: автореферат дис. ... доктора политических наук: 23.00.02 / Ин-т соц.-полит. исслед. РАН. - Москва, 2006. - 50 с.
5. Приказ Минпромторга России от 05.05.2014 N 839 «Об утверждении Стратегии развития черной металлургии России на 2014 - 2020 годы и на перспективу до 2030 года и Стратегии развития цветной металлургии России на 2014 - 2020 годы и на перспективу до 2030 года» /СПС КонсультантПлюс
6. Российская геологическая энциклопедия [Текст]: в 3 т. / Федеральное агентство по недропользованию (Роснедра), Российский гос. геологоразведочный ун-т, Российская акад. естественных наук, Ин-т геолого-экономических проблем ; [редкол.: Е. А. Козловский, А. А. Ледовских (гл. редакторы) и др.]. - Москва : [б. и.] ; Санкт-Петербург : Изд-во ВСЕГЕИ, 2010-2012. - 30 см. Т. 2: К - П. - 2011. - 703 с., [6] л. ил. : ил., карты.;

## АНАЛИЗ И СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ХИМИЧЕСКИХ ГРУПП, ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ И ЗАГРЯЗНЕНИЙ РЕКИ МОСКВЫ

*Баранова Татьяна Игоревна (ФГБОУ ВО МГРИ, tanino2002@ya.ru)*

### **Аннотация**

Экологическое состояние крупной водной артерии города Москвы - это проблема, которая на протяжении всей истории развития урбанизации остаётся болезненной и актуальной. Анализ, система методики и прогноза является наиболее эффективным решением мониторинга акватории города. Данные исследования позволят разработать мероприятия по ликвидации и устранению загрязнения поверхностных вод и поддержать благоприятный климат среды.

### **Ключевые слова**

Москва-река, техногенное и антропогенное загрязнение, химические – элементы – индикаторы, распределение общих и случайных погрешностей, аномалии.

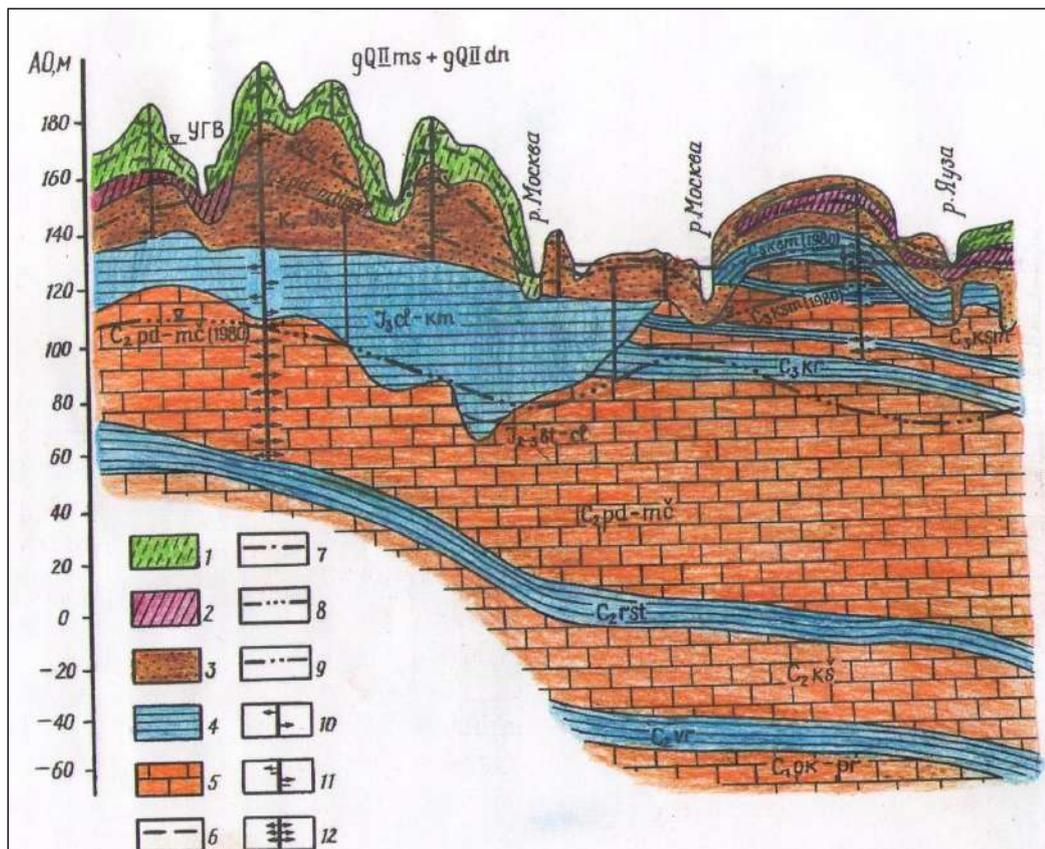
Антропогенное воздействие, которое испытывает на себе река Москва имеет разные причины. Влияние геоэкологических факторов, имеющих природный характер, а также функционирование промышленных объектов и водопользователей, которые ещё активно работают на территории города, добавляют масштабность к общей картине загрязнения и определяют актуальность исследования.

Изучая процесс инфильтрации и строение подземных вод объекта, было определено, что на территории реки Москвы выделяются две зоны водообмена - активного и затрудненного.

В зоне активного водообмена - две толщи обводненных пород. Верхняя из них сложена рыхлыми и связными породами четвертичного и мезозойского возраста. Зона включает до шести водоносных горизонтов, приуроченных к аллювиальным, флювиогляциальным и озерно-ледниковым песчаным слоям в четвертичных отложениях, а также к морским пескам мелового и юрского возраста [1]. Водоносные горизонты разделяются слабопроницаемыми (водоупорными) слоями, такими как глины юрского возраста (рис.1).

Для водоносных горизонтов верхней зоны характерны высокие концентрации загрязняющих веществ, одним из которых является железо (более 0,3 мг/л). Верхняя толща зоны активного водообмена питает малые реки и ручьи, протекающие на территории города (Ходынку, Язу, Серебрянку, Пономарку, Городню и др.), и обеспечивает их сток в летнюю и в зимнюю межень. Она также является источником питания более глубоких горизонтов, практически определяя естественные и эксплуатационные ресурсы содержащихся в них подземных вод. Состав водовмещающих пород сказывается не только на величине концентрации макрокомпонентов, но и на распределении некоторых природных компонентов, присутствующих в подземной воде в относительно малых, но сопоставимых предельно-допустимыми концентрациями (ПДК) для питьевой воды.

Так, во всех водоносных комплексах, которые залегают под юрскими глинами или четвертичными отложениями местами отмечают аномальные содержания железа и ряда других загрязняющих веществ.



**Рисунок 1.** Породы: 1 - покровные суглинки и супеси, 2 - моренные глины, 3 - пески. 4 - глины, 5 - доломиты и известняки. Уровневая поверхность водоносных горизонтов 6 - грунтовых вод, 7 - в четвертичных и мезозойских песках, 8 - касимовского, 9 - мячковеко-подольского. Вертикальные границы водообменных систем, опирающиеся на; 10 - первый от поверхности слабо проницаемый слой. 11 - юрский водоупор, 12 - слабопроницаемые слои каменноугольных отложений.

Комплексным индикатором адекватного состояния окружающей среды, служат концентрации 6 основных (азот аммонийный, азот нитритный, нефтепродукты, медь, железо, фенолы) загрязняющих веществ в водах Москва реки, которые являются отражением антропогенного и техногенного факторов воздействия на ее поверхностные воды.

Это связано с особенностями строения рассматриваемого участка, зарегулированностью русла реки, поступлением всех перечисленных элементов с отработанными промышленными водами производственных предприятий, бытовыми сточными водами, которые попадают в реку и влиянием общей техногенной нагрузки на город.

Данные элементы являются наиболее показательными и информативными, так как прошли несколько этапов математической выборки и анализа. На протяжении многих лет периодически изменялись и превышали показатели ПДК по всем контрольным точкам опробования реки Москвы.

Уровень содержания элементов загрязнителей для поверхностных вод, подверженных техногенному и антропогенному воздействию целесообразно оценивать не только по средним величинам, но и по величине статистических показателей. Такой подход обусловлен тем, что показатель характеризует наиболее типичную величину содержания загрязнителей в исследуемом природном объекте и представляет собой

значение признака, повторяющегося с наибольшей чистотой, а значит, отражает содержание экотоксиканта, свойственное рассматриваемой территории однородной в ландшафтно-геохимическом отношении [2]. Помимо этого установлено, что величины среднего содержания элементов - загрязнителей являются неинформативными за счет наличия крайних очень высоких и низких значений и это не позволяет за столь непродолжительный период выявить тенденцию изменения типовых величин содержания элементов в поверхностных водах реки, что подтверждается недостоверностью различных средних содержаний концентраций элементов (рис.2, 3, табл.1).

Все химические элементы – загрязнители в поверхностных водах, а также тяжелые металлы в донных отложениях реки Москвы, характеризующиеся техногенным и антропогенным загрязнением, участвуют в образовании точечных техногенных геохимических аномалий и образуют геохимические ассоциации элементов, интенсивность которых определяется величиной кратной стандартному отклонению.

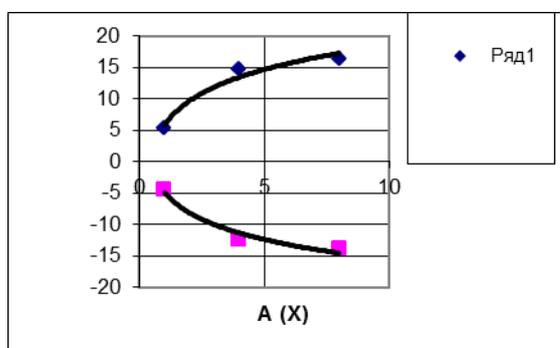
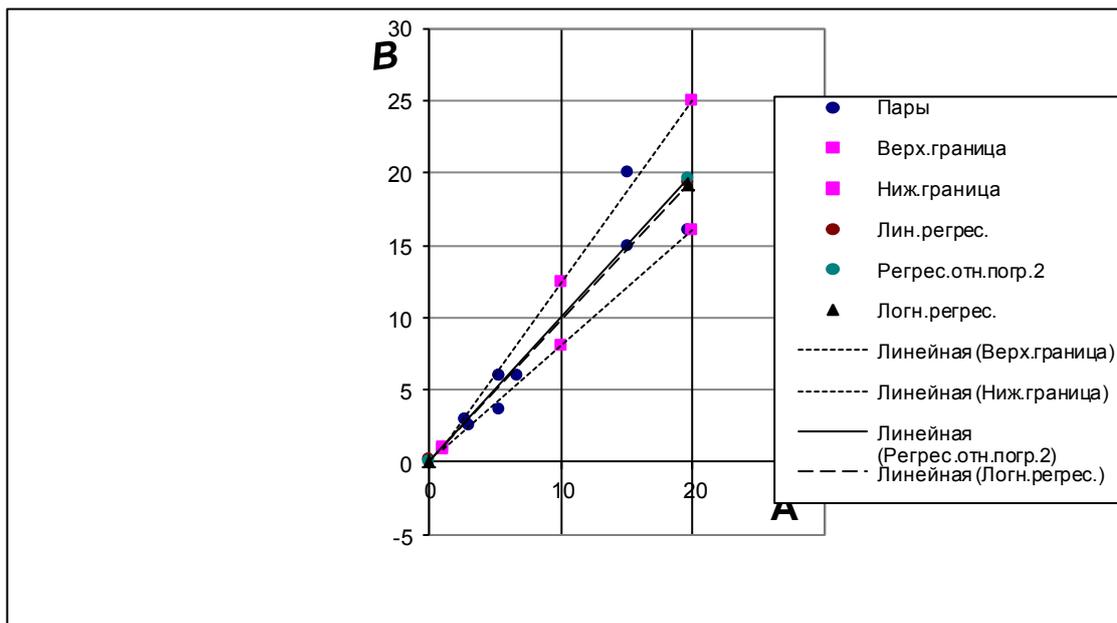


Рисунок 2. Модели аналоги абсолютных и относительных погрешностей.

Общие погрешности при заданной вероятности		P=		0,7		t=		1,04		
с учетом логарифмических преобразований										
Сопоставление основных и контрольных замеров			Величины погрешностей для трех уровней Xj							
			Xj= 1		Xj= 10		Xj= 20			
			Ma	Mo,%	Ma	5,83	Ma	Mo,%		
			0,05	5	1,664	16,643	3,45	17,3		
			0,0	-4,55	-1,41	-14	-2,9	-14,6		
L1			1,08		12,44		25,06			
L2			0,94		8,068		15,991			
Границы доверительных интервалов L1 и L2 заданной вероятности.										
Ma и Mo - абсолютные и относительные случайные погрешности.										

Таблица 1. Распределения общих или случайных погрешностей заданной вероятности (для сравнения с допустимым их уровнем).



**Рисунок.3** Оценка значимости систематических погрешностей по критерию Стьюдента.

Результаты анализа контрольной выборки показали, что число аномалий и их микроэлементный состав в донных отложениях и поверхностных водах можно достаточно точно проследить от участка входа Москвы реки в город и к выходу из него. С каждым годом наблюдается увеличение таких показателей и параметров, т.к. связано это преимущественно с более активным использованием в производствах микроэлементов, а также с их накоплением в местах сбросов промышленных вод.

### Литература

5. Гл. ред. В.И. Осипов, О.П. Медведев М.: АО "Московские учебники и картолитография", 1997. - 400 с., 135 ил.
6. Баранова Т. И. Усиков Ю.Т. Математические методы анализа цикличности в геологии» (доклад на конференцию) Сборник научных трудов «Математические методы анализа цикличности в геологии». Том 14. Москва ГЕОС, 2008г.

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ РОССИИ

*Белоусов Р.Н.\* (МГРИ, [beloysov\\_r@mail.ru](mailto:beloysov_r@mail.ru)),  
Щерба В.А. (МГРИ, [shcherba\\_va@mail.ru](mailto:shcherba_va@mail.ru))*

**Аннотация:** В данной работе анализируется существующая система оценки экологического ущерба, как неотъемлемая часть освоения Арктической территории РФ. Предложены варианты модернизации существующей модели оценки экологического ущерба, а также дан анализ современного состояния данной системы.

**Ключевые слова:** освоение Арктики, экологический ущерб, полезные ископаемые, экологическое законодательство, экологические проблемы.

В современном мире практически не осталось вещей, ценность которых нельзя бы было выразить в экономическом эквиваленте. То же касается и окружающей природной среды, а если конкретнее её защиты или восстановления от техногенного воздействия. Важным этапом в индустриальном развитии является начавшееся активное освоение Арктических территорий, как Российской Федерацией, так и другими странами, также имеющими права на освоение Арктики. Трудно точно определить, все возможные последствия антропогенного воздействия на территорию Крайнего Севера. Являясь до недавнего времени неосвоенной, Арктика уже пострадала от техногенного воздействия на биосферу.

Тревога по поводу загрязнения Арктики возникла более чем 30 лет назад, а важность этой проблемы осознали в начале 70-х годов. Здесь нужно отметить, что ещё в 1984 году Президиум Верховного Совета СССР принял Указ «Об усилении охраны природы в районах Крайнего Севера и морских районах, примыкающих к северному побережью СССР». Необходимость особой государственной политики Российской Федерации в Арктике вызывается также созданием в сентябре 1996 г. межправительственной организации по сотрудничеству в этом регионе - Арктического совета, призванного осуществлять согласованную политику арктических стран в области охраны окружающей природной среды и устойчивого развития региона.

В Арктике, по мнению ученых, сосредоточены огромные запасы нефти и газа, насчитывающие десятки миллиардов тонн условного топлива. Они располагаются как на суше, так и на континентальном шельфе. Основные районы современной добычи углеводородов: шельф Норвегии, Норманн-Уэльс на р. Маккензи в Канаде, нефтяные поля у бухты Прадхо на побережье моря Бофорта на Аляске, месторождения в Ненецком и Ямало-Ненецком автономных округах России. Кроме того, может начаться эксплуатация разведанных месторождений нефти в Баренцевом море, у северо-западных берегов России, на норвежском шельфе Баренцева моря, у западного побережья Гренландии и на Северном Склоне Аляски. Отечественными учёными отмечается: «В углеводородном потенциале европейской части России в ближайшие годы особое место будет занимать шельф Баренцева моря».

В XX в. в российской Арктике был создан мощный индустриальный слой с ярко выраженной сырьевой направленностью (добыча нефти, газа, угля, руд черных и цветных металлов), формирующий 12—15% ВВП страны и обеспечивающий около четверти ее экспорта [2]. В составе горнопромышленного комплекса доминируют предприятия цветной металлургии (золотодобывающие и оловодобывающие отрасли, медно-никелевая промышленность), образующие огромные объемы отходов. В период холодной войны в Арктике создавался атомный флот, строились аэродромы, военные

базы с жилыми городками, пункты ПВО с мощными радиолокационными станциями, станции тропосферной радиорелейной связи, организовывались склады ГСМ и др. С распадом СССР полярники стали покидать Арктику, оставляя здания, машины, неиспользованное топливо, запчасти, строительные материалы. Военные бросили свои базы со всем оборудованием и складами. Закрывались рудники по добыче золота, олова и ртути, остались брошенными многочисленными отвалами породы и шламонакопители. Арктическое побережье России от Мурманска до Певека, многие острова Арктической зоны Российской Федерации усеяны грудями металлического мусора: проржавевшими судами и механизмами, машинами, контейнерами, бесконечными залежами двухсотлитровых бочек и огромных цистерн из-под нефтепродуктов. По некоторым подсчетам в прибрежной зоне Северного Ледовитого океана находится до 4 млн т промышленного и строительного мусора, а также от 4 до 12 млн железных бочек [3].

Фактически большинство экологических проблем закладывается уже на этапе планирования и проектирования, когда инженерные и технические решения принимаются без учета экологического фактора. Последствия от выброса нефти из танкера «Эксон Валдез» 23 марта 1989 года у берегов Аляски, оказывали влияние на весь Арктический регион в течение 20 лет. Не сложно представить, что с началом освоения Арктики подобных аварий избежать будет невозможно. Аварии могут происходить не только при транспортировке, но и при добыче полезных ископаемых, тем более что большая их часть находится на подводной территории.

Наиболее надежным будет являться развитие технологий в сфере добычи полезных ископаемых, в частности, нефте- и газодобыче, а также их последующей транспортировке и обработке. Но для того, чтобы ликвидировать уже нанесенный ущерб необходимо развивать также область оценки экологического ущерба.

Негативное воздействие уже причиненное Арктике, определяется, как накопленный экологический ущерб (выраженный в денежном выражении вред), причиненный окружающей среде или ее компонентам в результате осуществления хозяйственной и иной деятельности. Немалую роль играют нарушения природоохранного законодательства, а также убытки (затраты) на ликвидацию и предотвращение отрицательных последствий нанесенного вреда окружающей среде.

До настоящего момента в нашей стране процедуры оценки ущерба, причиненного окружающей природной среде ее отдельным компонентам, в большей степени были ориентированы на нормативные методы и слабо связаны с проводимыми рыночными реформами и складывающейся структурой собственности. Эта сфера регламентировалась обширным перечнем нормативно-методических документов, утвержденных на федеральном и региональном уровнях.

С точки зрения российских экономистов и экологов, отличительными особенностями действующей системы экономической оценки экологического ущерба является ее покомпонентный подход и, как следствие, отсутствие комплексности в расчетах, а также преобладание нормативных методов оценки [4].

Покомпонентный подход проявляется в том, что оценка ущерба проводится по отдельным компонентам природной среды и регламентируется не связанными между собой в методологическом отношении нормативно-методическими документами, содержащими различные технологии расчетов [4]. В отдельных случаях ущерб оценивается в виде потерь определенной отрасли народного хозяйства, например, лесной или сельской.

Несовершенство правового регулирования заключается в отсутствии учета в федеральных законах специфики Арктической зоны. В настоящее время на арктических территориях и акваториях России действуют нормы Земельного, Водного, Лесного кодексов Российской Федерации, федеральных законов «Об охране окружающей

среды», «О недрах», «О животном мире», в соответствии с которыми использование и охрана природных ресурсов арктической зоны происходят практически на общих основаниях, без особых акцентов на защиту окружающей среды и природных богатств полярного региона. Общее нормативное правовое регулирование в области защиты морской среды и прибрежной полосы осуществляется нормами целого ряда федеральных законов и постановлений. Анализ нормативной правовой базы Российской Федерации в области защиты морской среды, и земель показывает, что законодательство не всегда учитывает реальные условия работы в арктических широтах и требует совершенствования. При разработке методик до настоящего момента применялись подходы, ориентированные на цели определения экономической эффективности природоохранных мероприятий в системе плановой экономики [1]. В настоящее время использовать в методиках удельные величины ущерба от конкретных видов воздействия на окружающую природную среду при оценке экологического ущерба невозможно, ввиду коренного изменения социально-экономических условий в стране и ценовых пропорций в различных отраслях экономики.

Основные проблемы стоимостной оценки и возмещения вреда окружающей среде в настоящее время связаны с отсутствием единого методического подхода к стоимостной оценке вреда (ущерба, убытков) окружающей среде, применением нормативных методов оценки, приводящих к некорректным показателям, с отсутствием оценки социально-экономических последствий (ущерб здоровью, имуществу), пробелами в методическом обеспечении оценки вреда определенным компонентам природы (отсутствие методики по недрам, городским почвам, экосистемам ООПТ, растительности, не входящей в лесной фонд), отсутствием единообразия в законах понятия ущерба окружающей среде.

В настоящее время оценка экологического ущерба производится, как правило, только по тем компонентам экосистем, которые вовлечены в хозяйственный оборот в качестве ресурсов и факторов производства (ресурсный подход). При таком подходе из расчета ущерба исключается огромный класс объектов, не вовлеченных в процесс производства, однако, воздействие на которые также приводит к развитию негативных последствий.

Оценка экологического ущерба производится на основе следующих методов: экспертной оценки, прямого счета, косвенной оценки, рыночной оценки (методы оценки недвижимости).

Практически все действующие методики оценки экологического ущерба построены на применении нормативного метода. Система оценки ущерба на основе нормативных методов довольно хорошо могла функционировать в условиях государственной собственности на природные ресурсы и средства производства.

По своему содержанию экономические потери от загрязнения природной среды представляют собой экологическую составляющую общественно необходимых затрат, т.е. затрат общества, вызванные негативным воздействием на природные компоненты процессов производства и потребления продукции. Это, прежде всего, расходы, что связано с влиянием загрязнения на здоровье людей (недопроизводство национального дохода, дополнительные расходы на лечение и профилактику болезней, выплаты из социальных фондов), дополнительные затраты на компенсацию интенсивного износа основных фондов промышленности, жилищно-коммунального хозяйства и вызванные этим разнообразные расходы.

В своем нынешнем состоянии система оценки экологического ущерба в нашей стране малоэффективна. Отсутствие надежной правовой базы для таких понятий как ущерб, а также отсутствие как однозначной, так и четкой трактовки позволяет найти лазейки для обхода возмещения убытков от загрязнения окружающей среды.

Также стоит отметить, что современные штрафы и таксы, взимаемые с нарушителей экологического законодательства, иногда совсем не покрывают реальные убытки от ущерба, как компонентам, так и всей окружающей среде. Недостаточная суровость законов и довольно низкие штрафы не способствуют улучшению экологической ситуации ни в мире, ни в России. По данным Министерства природных ресурсов и экологии РФ, природоохранные нормы и правила прописаны в 800 документах, которые могут противоречить друг другу.

Следует особое внимание уделять совершенствованию современного методического обеспечения. Некоторые методики по экономической оценке экологического ущерба были приняты еще во второй половине XX века, как например, «Методика подсчета ущерба», наносимого рыбному хозяйству в результате сброса в рыбохозяйственные водоемы сточных вод и других отходов, утвержденная Минрыбхозом в 1967 году. Многие методики основаны исключительно на одноразовом возмещении вреда окружающей среде, что уже позволяет говорить о недостаточности существующих платежей, так как практически не учитываются будущие последствия ущерба окружающей среде.

Таким образом, для совершенствования методики оценки экологического ущерба, необходимо: систематизировать и реформировать экологическое законодательство РФ; создать систему стимулов, для поддержания модернизации промышленности с целью уменьшения негативного воздействия на природные комплексы; увеличить ответственности как физических, так и юридических лиц за загрязнение компонентов окружающей среды; систематизировать и модернизировать существующую методическую базу.

#### Литература:

1. Вакула М.А., Медведева Ольга Евгеньевна Правовое регулирование и оценка эколого-экономической эффективности проектов ликвидации накопленного вреда окружающей среде в Арктической зоне России // Имущественные отношения в РФ. 2016. №12 (183).
2. Соколов Ю. И. Арктика: к проблеме накопленного экологического ущерба // Арктика: экология и экономика 2013. № 2 (10).
3. Хвостова Т. Экологическое загрязнение территорий Арктической зоны Российской Федерации // Вестник Университета имени О.Е. Кутафина. 2016. №1 (17).
4. Экономическая оценка экологического ущерба: учебное пособие / И. Д. Ахмедова; Российская Федерация. М-во образования и науки, ФГБОУ ВПО Тюменский гос. ун-т, Ин-т дистанционного образования, Ин-т математики, естественных наук и информ. технологий. - Тюмень: Изд-во Тюменского гос. ун-та, 2012. - 199 с.

## ПРОПАНОВЫЙ ФРЕКИНГ, КАК ОДИН ИЗ ПУТЕЙ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ПРИ ОСВОЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЛАНЦЕВОГО ГАЗА

*Бочейко А.Н.\* (МГРИ, [Bocheiko@gmail.com](mailto:Bocheiko@gmail.com)),  
Щерба В.А. (МГРИ, [shcherba\\_ya@mail.ru](mailto:shcherba_ya@mail.ru)).*

**Аннотация:** Описывается одна из современных технологий добычи сланцевого газа. Дается характеристика химических смесей, используемых для гидравлического разрыва продуктивного пласта, а также рассматриваются связанные с ним экологические проблемы. Отмечается, что предложенная альтернатива в виде пропанового фрекинга требует дальнейших исследований экологов.

**Ключевые слова:** альтернативные источники энергии, сланцевый газ, гидроразрыв пласта, пропановый фрекинг.

Сланцевый газ (shale gas) — это вид углеводородного сырья, альтернативный природному газу. Добывается из месторождений с низкой насыщенностью углеводородами, залегающих в сланцевых осадочных породах земной коры. Благодаря гидравлическому разрыву пласта. Такой газ содержит огромное количество примесей, которые не только повышают стоимость добычи, но и усложняют процесс обработки. То есть сжимать и сжигать сланцевый газ дороже, чем добытый традиционными методами. Сланцевые породы могут содержать от 30 % до 70 % метана. Кроме того, сланцевый газ отличается повышенной взрывоопасностью [4].

Предположения экспертов, что запасы сланцевого газа неисчерпаемы, приводят к возникновению различных часто экономически-необоснованных мифов светлого будущего человечества. Качество сланцевого газа дает этому энергоресурсу существенные конкурентные преимущества, но его влияние на рынок достаточно спорно и требует анализа, основанного на детальном рассмотрении его характеристик.

Современная технология добычи сланцевого газа подразумевает бурение одной вертикальной скважины и нескольких горизонтальных скважин длиной до двух трех км. Относительной новизной при добыче сланцевого газа является бурение горизонтальных скважин (что позволяет увеличить площадь отбора газа с одной скважины) [3]. Это весьма важно, так как из-за малых запасов газа в продуктивном пласте, его разработка просто нерентабельна. Одна скважина стоит до 4 млн долларов и работает, как правило, не дольше 10 лет - в 4 раза меньше обычной [5]. В пробуренные скважины закачивается смесь воды, песка и химикатов, в результате гидравлического удара увеличивается проницаемость газовых коллекторов, и весь доступный газ откачивается на поверхность.

Одной из экологических проблем, связанных с гидроразрывом пласта, является негативное влияние на окружающую природную среду, состоящее в потреблении большого количества воды и ее загрязнении. Около 20 миллионов литров под высоким давлением направляются вниз в каждую скважину для создания трещин в продуктивном пласте [1].

Химическая смесь компании Halliburton составляет около 1,53% от общего раствора и включает: соляную кислоту, формальдегид, уксусный ангидрид, пропаргилловый и метиловые спирты, хлорид аммония. Компания Chesapeake Energy использует свой состав химической смеси, но её объем в гидрорастворе гораздо меньше - 0,5%. В целом, газодобывающими компаниями для добычи газа используется около 85 токсичных веществ [2]. В настоящее время активно обсуждаются возможности применения воды в смеси с другими жидкостями. Кроме воды использования такие

составляющие компоненты как пропан, а также смесь двуокиси углерода или азота с водой для создания пены.

Активные протесты общественности против использования фрекинга при добыче сланцевого газа заставили производителей использовать последние научные достижения. Новая технология призвана снизить загрязнение окружающей среды. Химикаты и вода заменяется пропаном. В основу метода положена закачка в пласт густого геля из сжиженного пропана, вместо смеси воды с химическими веществами. Предложенная смесь, по словам специалистов компании «GASFRAC Energy Services», эффективна при разрыве пласта, но при этом безвредна для экологии. В процессе добычи закачанный гель превращается в пар и затем полностью выводится из породы. В дальнейшем, после подтверждения эффективности новой технологии, начнется добыча сланцевого газа и нефти на площади 135 тыс акров в графстве «Тиога», Нью-Йорк. Сейчас на этой территории действует мораторий, который был введен в 2010 году под напором экологических организаций [1].

Описанный процесс впервые был применен компанией «GASFRAC». Технология была использована в более 1300 скважинах в Канаде и США. Этот метод первоначально разрабатывался для повышения производительности скважин низкого давления. В издании «The Vancouver Sun» вышла в свет статья, в которой описаны материально-технические преимущества новой технологии. Главным преимуществом указывается значительное увеличение объема добычи газа. Следует отметить, что пропановый фрекинг стоит в 1.5 раза дороже из-за патентных отчислений в пользу компании «GASFRAC». На месторождении «Кардиум Формэйшн», расположенном на западе «Эдмонта» тоже применялся пропановый фрекинг. Отчеты свидетельствуют об увеличении потока нефти и газа в 2-3 раза (по сравнению с традиционными методами). Этот вывод был поддержан компанией «BlackBrush», которая заключила двухлетний контракт с «GASFRAC» по разработке сланцев в месторождении «Игл Форд» [3].

Не только малоизвестные компании используют новый метод. В 2018 году «Chevron» применила эту технологию на северо-западе штата Колорадо в «Пейсинг Бейсин». В своем ежегодном докладе компания отметила, что эта технология «значительно повышает производительность при минимальном использовании воды». Подобные успехи добывающих компаний активизировали деятельность экологов на проведение соответствующих экспертиз. Таким образом, использование пропана в технологии фрекинга позволяет уменьшить негативное влияние добычи сланцевого газа на окружающую природную среду.

### Литература

1. Щерба В.А. Сланцевый газ: перспективы добычи и экологические проблемы // В сборнике: Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность - 2017 Сборник статей по материалам научно-практической конференции с международным участием. Под редакцией Ю.А. Омельчук, Н.В. Ляминой, Г.В. Кучерик. 2017. С. 1589-1591.
2. Сланцевый газ // Energyfuture.ru URL: <http://energyfuture.ru/slancevyj-gaz-ochen-xoroshaya-obzornaya-statya> (дата обращения: 20.02.2019).
3. Сланцевый газ // Neftegaz.ru URL: [http://neftegaz.ru/tech\\_library/view/4022](http://neftegaz.ru/tech_library/view/4022) (дата обращения: 20.02.2019).
4. Что такое сланцевый газ? // Alternate-politics.info URL: [http://alternate-politics.info/content/chto\\_takoe\\_slantsevyi\\_gaz](http://alternate-politics.info/content/chto_takoe_slantsevyi_gaz) (дата обращения: 20.02.2019).
5. Сланцевый газ: миф или реальность? // Youtube.com URL: <http://www.youtube.com/watch?v=yrMs864mJqM> (дата обращения: 20.02.2019).

## РАССМОТРЕНИЕ МЕТОДОВ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ БУРЕНИЯ

*Шевченко В.Д.\** (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), *e-mail*: [sheva95\\_2010@mail.ru](mailto:sheva95_2010@mail.ru)),  
*Брылов Д.С.* (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), *e-mail*: [dbrylov@gmail.com](mailto:dbrylov@gmail.com))

### Аннотация

Уже на протяжении не одного десятилетия нефтегазодобывающий комплекс является крупнейшим источником воздействия на окружающую среду. Вопросы экологической безопасности, практические рекомендации относительно того, как минимизировать воздействие на окружающую среду, являются основными при проектировании и производстве работ, связанных с бурением скважин. Проведение буровых работ оказывает значительную техногенную нагрузку на все компоненты окружающей среды. Наибольшему техногенному воздействию подвергаются природные экосистемы на территориях складирования отходов бурения, что является следствием несовершенства технологий бурения и утилизации буровых шламов.

**Ключевые слова:** буровой шлам, буровой раствор, шламовый амбар.

Расходы предприятий топливно-энергетического комплекса на обезвреживание и утилизацию буровых шламов, рекультивацию шламовых амбаров ежегодно составляют миллиарды рублей.

*Буровой шлам* - водная суспензия, твердая фаза которой представлена продуктами разрушенных горных пород забоя и стенок скважины, продуктами истирания бурового снаряжения и обсадных труб, глинистыми минералами (при промывке глинистым раствором).

Состав шлама в значительной степени зависит от типа горных пород, через которые проходит скважина. В шламах находятся грубые и крупные частицы минералов и горных пород с размерами до нескольких сантиметров. При оценке токсичности шламов решающую роль играет присутствие в нем нефтяных углеводородов, токсичных компонентов буровых растворов и тяжелых металлов.

Понятие "буровые растворы" охватывает широкий круг жидких, суспензионных и аэрированных сред, назначением которых является обеспечение безопасности ведения работ при высокой скорости бурения и выполнение заключительных операций по выводу и консервации скважины.

Буровой раствор, прежде всего, должен:

- удалять выбуренную породу (шлам) из-под долота, транспортировать ее вверх по кольцевому пространству между бурильной колонной и стволом скважины и обеспечивать ее отделение на поверхности;
- удерживать частицы выбуренной породы во взвешенном состоянии при остановке циркуляции раствора;
- охлаждать долото и облегчать разрушение породы в призабойной зоне;
- создавать давление на стенки скважины для предупреждения водо-, нефте- и газопроявлений;
- оказывать физико-химическое воздействие на стенки скважины, предупреждая их обрушение;
- передавать энергию гидравлическому забойному двигателю

• обеспечивать сохранение проницаемости продуктивного пласта при его вскрытии. [1]

Источники загрязнения при бурении скважин условно можно разделить на постоянные и временные. К первым относятся фильтрация и утечки жидких отходов бурения из шламовых амбаров. Ко второй группе принадлежат источники временного действия - поглощение бурового раствора при бурении; выбросы пластового флюида на дневную поверхность; нарушение герметичности зацементированного заколонного пространства, приводящее к межпластовым перетокам и заколонным проявлениям; затопление территории буровой вследствие паводка в период весеннего половодья или интенсивного таяния снегов и разлив при этом содержимого шламовых амбаров. [2]

Перед непосредственной утилизацией буровых отходов необходимо их обезвредить. В промышленной экологии применяются несколько методов переработки бурового шлама:

1. Термический способ. Процесс происходит в специальных установках – печах (или в амбарах) в условиях высоких температурных значений. В результате горения образуется продукт, который может быть использован в дальнейшем для изготовления битума;
2. Физический способ. Методами центрифугирования и флокуляции производят разделение жидкости от твердой части отходов, после чего каждая из выделенных фракций отдельно друг от друга утилизируется;
3. Химический способ. Основан на проведении экстракции из отходов чистых пород путем добавления в шлам растворителей, а затем отвердителей, в состав которых могут входить глина, цемент, смолы, полиуретан и т.д.;
4. Физико-химический способ. Заключается в обработке отходов химическими веществами, которые вызывают изменения их свойств, и последующей переработке шламов с использованием определенных установок;
5. Биологический способ. Суть способа состоит в разложении отходов специальными микроорганизмами, которые производят обезвреживание отходов путем извлечения из них веществ для поддержания собственной жизнедеятельности. Обезвреживание таким способом производится на непосредственных местах загрязнения буровыми отработками.

После процесса обезвреживания буровые шламы могут направляться на захоронение или переработку.

Переработка шлама может вестись в нескольких направлениях. Из отходов бурения возможно получить:

- тротуарную плитку;
- бордюрные ограждения;
- бетонные смеси;
- компоненты для автодорожного покрытия;
- шлакоблоки, используемые в строительстве подсобных помещений и др.

Суть основной проблемы, касающейся уничтожения отходов бурения в России, заключается в том, что руководители большого числа компаний, занимающихся нефтедобычей, не хотят тратить денежные средства на осуществление правильной и безопасной утилизации шламов. В результате не обезвреженные буровые отходы просто отправляются на хранение в амбары, из которых затем откачивают водную смесь углеводородных соединений. Оставшиеся после откачки жидкости шламы заливаются бетоном и засыпаются грунтом. Как следствие, происходит образование большого количества захоронений, в составе которых содержатся углеводороды нефти, токсичные соединения, металлы и т.д. Причем с увеличением числа установок бурения

осуществляется постоянное загрязнение огромных по площади земельных участков, что крайне негативно сказывается на состоянии окружающей среды. [3]

Однако решение проблем существует. Оно заключается в принятии комплекса мер:

1. Усиление надзора и контроля над обращением отходов бурения, нефтедобывающих предприятий и их подрядчиков, уполномоченными органами Российской Федерации;
2. Увеличение штрафных санкций за не выполнение требований законодательства в области обращения с отходами бурения;
3. Поощрения за внедрение в работу нефтегазодобывающих предприятий ресурсосберегающих технологий при переработке бурового шлама с целью его обезвреживания и последующего применения в качестве сырья в различных отраслях промышленности

В последнее время нефтегазодобывающими предприятиями внедряются различные технологические решения, направленные на утилизацию отходов бурения. Однако унифицированного способа переработки буровых шламов с целью обезвреживания и утилизации пока не существует.

### Источники

1. Пепелов И.Л. Современные представления о негативном воздействии буровых шламов на окружающую среду/2011 – 306 с.;
2. Ягафарова Г.Г., Баряхнина В.Б., Утилизация экологически опасных буровых отходов //Нефтегазовое дело – 2006 – 17 с.;
3. <https://vtorothody.ru/utilizatsiya/burovogo-shlama.html> (Буровой шлам и его утилизация).

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ОБЕСПЫЛИВАНИЕ ВОЗДУХА ПРИ ПОГРУЗКЕ И ТРАНСПОРТИРОВКЕ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

*Бузин А.А.\* (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), e-mail: buzin\_artem@yahoo.com),*

*Скопинцева О.В. (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), e-mail: skopintseva54@mail.ru)*

*Исаев О.Н. (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), e-mail: isaevoleg75@mail.ru)*

*Брылов Д.С. (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), e-mail: brylov.dmitriy@yandex.ru)*

### Аннотация

Приведен обзор способов обеспыливания воздуха при погрузочно-транспортных работах на горных предприятиях, осуществляющих разработку месторождений полезных ископаемых подземным и открытым способами. Описано влияние на окружающую среду портовых терминалов, осуществляющих перевалку угля. Это принципиально одинаковые способы, которые включают орошение горной массы, укрытие мест интенсивного пылеобразования, пылеотсос из-под укрытий с последующим пылеулавливанием.

### Ключевые слова

пыль, уголь, окружающая среда, загрязнение, орошение, пылеотсос, пылеулавливание, погрузочно-транспортные работы, поверхностно-активные вещества.

Анализ геоэкологической ситуации свидетельствует, что объекты горного производства (разрезы, шахты, карьеры, отвалы, терминалы, склады и другие) на всех этапах одной технологической цепи – от добычи до погрузки являются источниками загрязнения лито-, гидро- и атмосферы и оказывают значительное негативное влияние на окружающую среду. Не удивительно, что и в населенных пунктах по пути реализации технологической цепочки наблюдается стабильно высокий уровень заболеваний дыхательных путей.

Перегрузка насыпных грузов (угля, металлических руд и т. д.) в портовых терминалах оказывает неблагоприятное воздействие на компоненты окружающей среды, основным направлением влияния на природную среду относятся: выброс загрязняющих веществ в атмосферу, сброс загрязняющих веществ в водные объекты, а также образование отходов.

Для определения степени неблагоприятного воздействия были рассмотрены основные технологические этапы перевалки угля, оказывающие наибольшее влияние на окружающую среду в зависимости от вида негативного влияния.

К основным загрязняющим веществам, образующимся при перевалке угля, относятся:

- угольная пыль (неорганическая, с содержанием  $\text{SiO}_2$  до 20%), выброс которой происходит на всех этапах технологического процесса;

- метан, основной выброс которого происходит на этапе складирования;
- выбросы от работы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и котельного оборудования ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ , сажа и т. д.).

Следует отметить, что выбросы метана зависят от первоначального содержания его в угле и не зависят от способа перевалки угля и применяемых технологий. Выбросы от ДВС и котельного оборудования не являются специфичными для угольной перевалки. Помимо этого, концентрация выбросов от деятельности ДВС в атмосферном воздухе в подавляющем большинстве портов не превышает ПДК. Таким образом, к основным специфичным загрязняющим веществам, образующимся при перевалке угля, относится пыль неорганическая.

Пыление на терминалах, осуществляющих перевалку угля, происходит за счет ветровой эрозии и механического воздействия при перемещении угля (при выгрузке из полувагонов, транспортировке на конвейере, погрузке на судно и т. д.).

Основными источниками пыления на терминале являются следующие технологические операции:

- выгрузка угля из полувагонов;
- разморозка и дробление угля (при необходимости);
- складирование (хранение) угля;
- транспортировка угля на территории терминала (например, от склада к причалу);
- приведение угля в транспортабельное состояние (очистка, дробление и сортировка);
- погрузка угля на судно.

Ниже в таблице представлены данные о выбросах неорганической пыли в атмосферу в сумме по трём угольным терминалам (Восточный, Ванино, Усть-Луга) за 2016 г. [1]. Различие показателей удельных выбросов по предприятиям связано с различием климатических условий мест расположения портов, а также с используемыми технологиями.

Таблица - Выбросы неорганической пыли в атмосферу при перевалке угля по этапам технологического процесса

Технологический этап	Максимальный выброс загрязняющего вещества, г/с	Масса выбросов загрязняющих веществ в расчете на объём перевалки, г/т
Выгрузка угля из полувагонов	0,2	0,1
Дробильно-сортировочный комплекс	0,8	0,3
Транспортировка угля по конвейерным линиям	-	0,3
Хранение угля	0,9	0,3
Погрузка угля на судно	1,0	0,4

Мероприятия по улучшению качества атмосферного воздуха в терминалах направлены на снижение выбросов пыли на каждом этапе технологического процесса.

Далее приведено описание мероприятий, применяемых в российских терминалах, осуществляющих перевалку угля, и аналогичных мерам, применяемым в зарубежных странах.

Данные мероприятия можно разделить на пять категорий по принципам действия:

- внедрение специализированного технологического оборудования;
- учет природно-климатических условий;
- укрытие производственных объектов и мест интенсивного пылеобразования;
- уплотнение штабеля угля;
- орошение и обработка угля;
- пылеподавление;
- пылеулавливание.

Также данные мероприятия можно классифицировать по этапам технологического процесса, на которых они применяются:

- мероприятия, предназначенные для снижения выбросов пыли при перегрузке угля (на грейферах, вагонопрокидывателях, конвейерных лентах, пересыпных станциях, судопогрузочных машинах и т. д.);
- мероприятия, предназначенные для снижения выбросов пыли на угольных складах;
- мероприятия общего назначения.

Добыча твердого полезного ископаемого (угля и других) подземным способом также характеризуется значительным пылевыделением. Основная доля образования пыли в угольных шахтах приходится на работу очистных и проходческих комбайнов и в общем пылевом балансе современного механизированного очистного участка угольной шахты может составлять от 70 до 90 %. Однако, запыленность воздуха при погрузочно-разгрузочных операциях без применения средств борьбы с пылью может достигать больших величин. По исследованиям ОАО «НЦ ВостНИИ» запыленность воздуха при погрузке угля в вагонетки находится в пределах 0,2-3,5 г/м<sup>3</sup>; при перегрузке угля с конвейера на конвейер запыленность воздуха без применения средств пылеподавления может достигать 1,98 г/м<sup>3</sup> [2].

Проведенные МакНИИ исследования показали, что запыленность воздуха при движении по выработке груженого состава с сухим углем составляла 120-420 мг/м<sup>3</sup>. По данным ВостНИИ запыленность воздуха при транспортировке угля в вагонетках может достигать 980 мг/м<sup>3</sup>, а запыленность воздуха в выработке при транспортировке угля конвейерами может составлять 200-660 мг/м<sup>3</sup> [2].

Для борьбы с пылью при погрузочно-транспортных работах в шахтах должны применяться: орошение горной массы;

- б) укрытие мест интенсивного пылеобразования (погрузочные пункты из лав, места перегрузки с конвейера на конвейер и др.);
- в) пылеотсос из-под укрытий с последующим пылеулавливанием.

При добычи твердого полезного ископаемого (угля и других) открытым способом для борьбы с пылью на погрузочных, перегрузочных и разгрузочных пунктах конвейерного транспорта должны использоваться укрытия, обеспыливание водой (или пеной) и пылеулавливание. При пылеподавлении пеной она наносится на поверхность транспортируемого материала или смешивается с ним в пунктах загрузки или перегрузки. Наиболее надежными и эффективными являются аспирационные обеспыливающие системы, которые включают укрытие пункта перегрузки материала с конвейера на конвейер, воздухопроводы, циклон, рукавный фильтр и вентилятор. Пылеулавливающая установка размещается на передвижной платформе.

Для предотвращения сдувания пыли воздушными потоками с поверхности транспортируемого материала должны применяться различные укрытия конвейеров, которые полностью закрывают рабочую и холостую ветви конвейера. Для сокращения пылевыделения с холостой ветви конвейера необходимо обеспечить ее очистку от налипшего материала скребковыми, щеточными, гидравлическими и другими устройствами.

Для борьбы с пылеобразованием при использовании железнодорожного транспорта должно применяться увлажнение водой поверхностного слоя транспортируемого материала или закрепления его путем прикатывания катками, обработки пылесвязывающими материалами и укрытия пленками.

Таким образом, способы борьбы с пылью при погрузочно-транспортных работах, как при подземном способе разработки полезных ископаемых, так и при открытом способе – принципиально одинаковы и включают: орошение, укрытие, пылеотсос и пылеулавливание. Могут различаться по конструкционным параметрам, удельным расходам и давлениям орошаемой жидкости; реализованы в стационарной или передвижной форме; эффективность орошения повышается добавлением в воду смачивателей.

Модернизация требований к погрузке-разгрузке и хранению угля должна опираться на передовой международный опыт, в т. ч. в части решений, базирующихся на принципах наилучших доступных технологий (НДТ). Реализация принципов НДТ в отношении перевалки горной массы позволит не только обеспечить выполнение необходимых экологических требований, но и сделать их выполнение экономически и технически реализуемым.

### Литература

1. Аналитический доклад «Экономические и экологические проблемы развития российских угольных терминалов» // Институт проблем естественных монополий. Москва. 2018. - 81 с.
2. Скопинцева О.В. Обеспыливание воздуха при погрузочно-транспортных работах на горных предприятиях // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2017. № S12. С. 18-21.

## МИГРАЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ЧЕРЕЗ КЕРЧЕНСКИЙ ПРОЛИВ

*Буфетов Д.О. (МГРИ, e-mail: mbufetova@mail.ru)*

**Аннотация:** в работе представлены концентрации меди, свинца и кадмия в воде Азовского и Черного морей в районе Керченского пролива. Получено, что концентрация меди и свинца превышает ПДК как в водах Азовского, так и в водах Черного моря. Расчетные значения потоков тяжелых металлов из Азовского моря в среднем превышали величины потоков из Черного моря через пролив. Это указывает на то, что Азовское море является источником загрязнения черноморской экосистемы тяжелыми металлами.

**Ключевые слова:** Керченский пролив, Черное море, Азовское море, медь, свинец, кадмий

Загрязнение Азово-Черноморского бассейна тяжелыми металлами происходит: в результате их выноса из рек со стоком воды; при непосредственном сбросе неочищенных или частично очищенных вод населенных пунктов, предприятий промышленности и сельского хозяйства; за счет атмосферных осадками; при водообмене через проливы Керченский и Босфор, а также в результате прямого сброса с судов.

Применение балансовых методов для оценки потока тяжелых металлов в морские экосистемы позволяет определить их состав, а также приоритетные направления мероприятий по снижению воздействия загрязнений на морские экосистемы. Важной составляющей водного баланса Черного и Азовского морей является водообмен между ними через Керченский пролив.

Керченский пролив играет важную роль в формировании океанографического режима Черного и Азовского морей. В условиях современных изменений климата и техногенных воздействий на морские экосистемы пролив служит естественным передаточным звеном для этих воздействий [1].

Длина Керченского пролива составляет 43 км по прямой и 48 км по фарватеру. Максимальная ширина – 42 км, минимальная – 3,7 км. Максимальная глубина при входе в пролив из Азовского моря – 10,5 м, при выходе из него – 18 м. На большей части акватории пролива, за исключением фарватера, глубины не превышают 5,5 м. Общая площадь пролива – 805 км<sup>2</sup>, а объем вод составляет 4,56 км<sup>3</sup>.

Исследования водообмена через Керченский пролив имеет многолетнюю историю. Они показали, что почти за полувековой период оценки потоки из Азовского моря в Черное оценивались в 42,62 – 126,00 км<sup>3</sup>/год, а из Черного в Азовское 29,57-121,00 км<sup>3</sup>/год [1-6]. По-видимому, большой разброс этих оценок связан как с климатическими изменениями в регионе и зарегулированием стока впадающих в Азовское море рек, так и с совершенствованием методов океанографических наблюдений. По современным представлениям с 1960 г. в Азово-Черноморском регионе наблюдались «теплый соленый», «холодный пресный» и «теплый пресный» периоды [7]. В связи с тем, что период оборота вод Азовского моря за счет всех компонентов водного баланса составляет около 3-4 лет, отмеченные климатические изменения на масштабе нескольких лет приводили к изменению солености его вод на несколько промилле. Очевидно, что в течении этого времени могли изменяться и потоки миграции изучаемых тяжелых металлов через Керченский пролив.

Согласно [8], Cu, Pb, Cd относятся к классу токсичных загрязнителей, представляющих высокую опасность для биологических систем.

В данной работе рассмотрено влияние потоков водообмена на миграцию изучаемых тяжелых металлов в многолетнем режиме (2015-2017 гг.). Для исследования были использованы материалы ФГУ «Азовморинформцентр» по концентрации Cu, Pb и Cd в воде Азовского моря и результаты экспедиционных исследований Научно-образовательного центра коллективного пользования «Спектрометрия и хроматография» федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН».

Потоки тяжелых металлов через Керченский пролив оценивали по формуле:

$$P_i = W \times Cw_i,$$

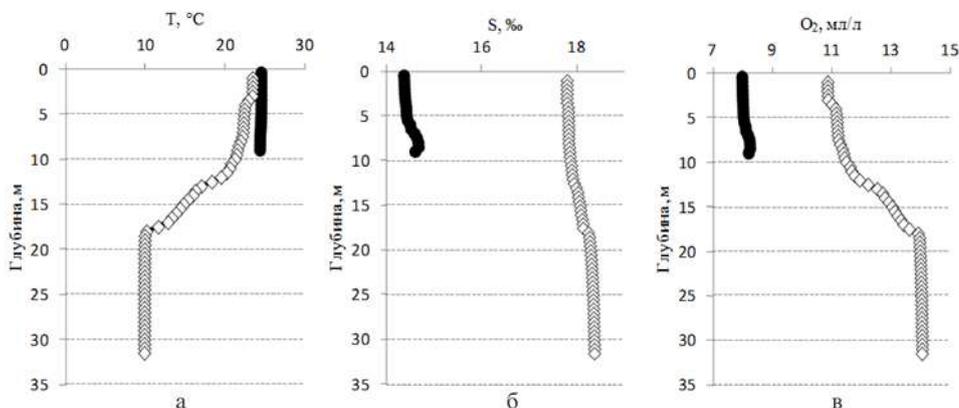
где  $P_i$  – поток  $i$  тяжелого металла, т/год;

$W$  – объем стока азовоморских или черноморских вод, км<sup>3</sup>/год;

$Cw_i$  – средняя концентрация  $i$  тяжелого металла в воде, мкг/л.

Расчеты проводили по средней концентрации химических элементов в поверхностных и придонных водах.

Результаты гидрологических и гидрохимических наблюдений представлены на рис. 1. в виде профилей вертикального распределения температуры, солености и содержания кислорода в воде Черного и Азовского морей [9]. На рисунке видно, что на вертикальных профилях отчетливо заметны различия водных масс Азовского и Черного морей: соленость азовоморских вод находилась в пределах 14 ‰, черноморских до 18 ‰, температура воды была практически одинакова, содержание растворенного кислорода в черноморских водах было выше, но для обеих водных масс находилась в пределах ПДК для летнего периода – не менее 6,0 мл/л.



**Рисунок 1.** Вертикальные профили распределения температуры (а); солености (б) и растворенного кислорода (в) в толще воды в Азовском море (черные круги) и в Черном море (белые ромбы) в 96 рейсе НИС «Профессор Водяницкий»

Результаты измерений концентрации загрязняющих веществ в воде прикерченского региона, а также классы их санитарно-гигиенической опасности и значения предельно допустимых концентрации (ПДК), представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Средняя концентрация тяжелых металлов в воде Азовского и Черного морей в Прикерченском районе в 2017г.

	<b>Cu, мкг/л</b>	<b>Pb, мкг/л</b>	<b>Cd, мкг/л</b>
Азовское море	16,6	6,3	1,5
Черное море	22,2	7,1	1,3
ПДКр.х.*[8]	5	10	10
Класс опасности	3	2	2

\*ПДКр.х. - предельно допустимая концентрация вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения

Представленные в табл. 1 материалы показали, что концентрация меди в поверхностном слое воды как Азовского, так и Черного морей достигала ЗПДК (15,9 и 15,7 мкг/л, соответственно). В придонном слое концентрация была еще выше – в Азовском море – 17,4 мкг/л, а в Черном до 28,7 мкг/л. Высокие концентрации меди в воде возможно объясняются тем, что летом в более широких масштабах осуществляются некоторые виды хозяйственной деятельности в районе Керченского пролива. К таким видам относятся многие сельскохозяйственные работы на прилегающей территории, использование маломерных плавсредств, строительство объектов различного назначения и рекреация.

Концентрация меди в воде Керченского пролива в различные годы превышала ПДК [10]. В 2015-2017 гг. по данным ФГУ «Азовморинформцентр», концентрация меди в разных частях пролива составляла 5-19 мкг/л.

Свинец – высокотоксичный тяжелый металл с низкой растворимостью. В Керченском проливе в 2015-2017 гг. диапазон концентраций свинца составил 4-23 мкг/л при средней концентрации 6,3 мкг/л. Концентрация свинца в Прикерченском районе Черного моря составила 7,1 мкг/л [11].

Кадмий – высокотоксичный тяжелый металл, широко применяется в гальванических процессах, при производстве лакокрасочных изделий. Кадмий, по пищевой цепи вода – рыба – человек, накапливается в определенных органах человека (особенно в печени и в почках) [8]. Значения кадмия в Прикерченском районе Азовского моря в 2015-2017 гг. находились в диапазоне 0,1-2,4 мкг/л при средней концентрации 1,5 мкг/л. Средняя концентрация кадмия в Прикерченском районе со стороны Черного моря в 2017г. составила – 1,3 мкг/л [11, 12].

Результаты оценок потоков тяжелых металлов через Керченский пролив при различных потоках водообмена Азовского и Черного морей представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Потоки водообмена и тяжёлых металлов через Керченский пролив

Химический элемент	Поток водообмена*, км <sup>3</sup> /год [2]		Результрующий поток, т/год	Поток водообмена, км <sup>3</sup> /год [3, 4]		Результующий поток, т/год	Поток водообмена, км <sup>3</sup> /год [5]		Результующий поток, т/год	Поток водообмена, км <sup>3</sup> /год [6]		Результующий поток, т/год
	42,6	-29,5		53,6	-32,9		77	-51		126	-121	
	P <sub>i</sub> , т/год			P <sub>i</sub> , т/год			P <sub>i</sub> , т/год			P <sub>i</sub> , т/год		
Медь	709,6	-656,4	53,2	892,4	-730,3	162,0	1282,0	-1132,2	149,8	2097,9	-2686,2	-588,3
Свинец	270,5	-209,4	61,1	340,3	-233,5	106,8	485,1	-362,1	123,0	793,8	-859,1	-65,3
Кадмий	63,9	-38,3	25,6	80,4	-42,7	37,7	115,5	-66,3	49,2	189,0	-157,3	31,7

\*Примечание: положительные значения показывают потоки из Азовского моря через Керченский пролив, отрицательные – из Черного моря.

Таким образом, наши исследования в целом показали, что при учете всех оценок водообмена через Керченский пролив практически во всех случаях Азовское море является источником загрязнения вод Черного моря.

### Литература

1. Матишов Г.Г., Чикин А.Л. Исследование ветровых течений в Керченском проливе с помощью математического моделирования // Вестник Южного Научного Центра РАН. Т.8. №2. 2012. С.27-32.
2. Матишов Г.Г., Гаргопа Ю.М., Бердников С.В., Дженюк С.Л. Закономерности экосистемных процессов в Азовском море. Южный научный центр РАН. М.: Наука, 2006. 304 с.
3. Альтман Э.Н. Исследование водообмена между Черным и Азовским морями // Сборник работ ЛЮМ ГОИН. 1972. Вып.11. С.3-42.

4. Бронфман А.М., Хлебников Е.П. Азовское море. Основы реконструкции. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 270 с.
5. Спиридонова Е. О. Особенности водообмена через Керченский пролив и возможные последствия его изменений // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексные исследования ресурсов шельфа. 2008. Вып. 17. С. 265-274.
6. Дьяков Н.Н., Фомина И.Н., Тимошенко Т.Ю., Полозок А.А. Особенности водообмена через Керченский пролив по данным натурных наблюдений // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2016. №1. С. 63-68.
7. Белокопытов В.В. Климатические изменения гидрологического режима Черного моря: Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора географических наук. Севастополь: МГИ РАН. 2017. 42с.
8. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13 декабря 2016 года №552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».
9. Буфетова М.В., Егоров В.Н., Малахова Т.В., Проскурнин В.Ю., Бобко Н.И. Миграция тяжелых металлов и бора через Керченский пролив // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2018. Вып.3. С. 77-83
10. Матишов Г.Г., Буфетова М.В., Егоров В.Н. Нормирование потоков поступления тяжелых металлов в Азовское море по оценкам интенсивности седиментационного самоочищения вод // Наука Юга России. 2017. Т.13, №1. С. 44-58.
11. Мур Д, Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах: контроль и оценка влияния. М.: Мир, 1987. 288 с.
12. Корпакова И.Г., Ларин А.А., Кораблина И.В., Малхасян Е.А., Темердашев З.А. Содержание тяжелых металлов в воде и донных отложений Темрюкско-Ахтарского района Азовского моря в пределах лицензионного участка ООО «НК «ПРИАЗОВНЕФТЬ» в 2013 году // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2014. №11. С.25-29.

**РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ФУНКЦИОНИРОВАНИИ УЧЕБНОГО  
КОРПУСА «В» (СТРОЕНИЕ 7) НИТУ «МИСиС»**

*Волошенюк Л.О.\* (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва, e-mail: [voloshenyuklyubov@gmail.com](mailto:voloshenyuklyubov@gmail.com)),  
Скопинцева О.В. (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), e-mail: [skopintseva54@mail.ru](mailto:skopintseva54@mail.ru))*

**Аннотация**

Выполнен анализ статистических данных по пожарам в России и за рубежом. Показана динамика количества пожаров и материального ущерба от них. Разработан алгоритм проведения расчета индивидуального пожарного риска с помощью программного комплекса Fenix2+. Рассчитано время наступления критических величин опасных факторов пожара. Показано, что время, необходимое для эвакуации людей превышает фактическое время блокирования путей эвакуации в 14,9 раз. Для повышения пожарной безопасности предлагается использовать систему дымоудаления.

**Ключевые слова:** статистика пожаров; опасные факторы пожаров; здания; индивидуальный пожарный риск; программа Fenix2+; система дымоудаления.

Причины, параметры и последствия возгораний нужно изучать, чтобы сокращать риски новых чрезвычайных ситуаций. Для этого ведется статистика пожаров в каждом государстве по отдельности, и в мире. Средние данные Всемирного Центра пожарной статистики (ВЦПС) показывают (табл. 1), что количество жертв от пожара в России на 100 тыс. человек населения превышает аналогичные данные в развитых странах от 6 до 16 раз.

Таблица 1

Страны	Население тыс. чел	Количество пожаров	Количество жертв	Количество жертв на 100 тыс. населения
США	318907	1326800	3135	1,0
Россия	144000	162800	11458	8,0
Япония	128130	46486	1698	1,3
Вьетнам	93000	2187	71	0,1
Германия	82218	19739	345	0,5

Данные на территории Российской Федерации за 2016-2017гг. (табл. 2) показывают, что количество пожаров в 2017 году уменьшилось на 5,1 %, однако материальный ущерб от пожаров превышает аналогичный ущерб 2016 г. на 5,3 %.

Таблица 2

Наименование показателей	2016 г.	2017 г.
Количество пожаров, ед.	139475	132406
Количество жертв, чел.	8749	7782
Травмировано, чел.	9905	9305
Уничтожено строений, ед.	34466	34143
Материальный ущерб, тыс. руб.	13418423	14133642

По данным МЧС России за 2018 год произошло более 110 тыс. пожаров, а в 2017 году зафиксировано 132,4 тыс. пожаров. Анализ данных (табл. 3) показывает, что в зданиях городов возникает от 30,1 до 38,8 % всех пожаров [1].

Таблица 3

Место возникновения	В городах мира, %	В мире, %
В зданиях	30,1	38,8
На транспорте	7,8	13,0
В лесах	0,6	1,6
Трава	4,8	16,4
Мусор	18,2	9,7
Другое	38,5	20,5

В научно-исследовательской работе нами были рассмотрены методы определения расчетных величин времени эвакуации и времени наступления критических величин опасных факторов пожара (ОФП).

Расчет величины индивидуального пожарного риска был произведен при помощи приложения Fenix2+ [4]. Эта программа разработана специально для расчета пожарного риска в зданиях и сооружениях и оценки рисков пожарной безопасности в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (согласно Приложения к приказу МЧС России от 30.06.09 г. № 382). Корпус «В» (строение 7) НИТУ «МИСиС» по классу функциональной пожарной опасности относится к классу Ф4 – здания научных и образовательных учреждений. В данном корпусе отсутствуют автоматические системы пожаротушения и система дымоудаления.

Алгоритм порядка проведения расчета индивидуального пожарного риска включает [2,3]:

1. Анализ пожарной опасности здания.
2. Определение частоты реализации пожароопасных ситуаций.
3. Построение опасных факторов пожара.
4. Выбор сценария пожара.
5. Формулировку математической модели и моделирование динамики развития пожара.
6. Построение полей опасных факторов пожара.
7. Определение времени блокирования путей эвакуации.
8. Оценку последствий воздействия опасных факторов пожара на людей.
9. Формулировку математической модели и моделирование эвакуации людей из здания при пожаре.
10. Расчет вероятности эвакуации людей.
11. Расчет величины индивидуального пожарного риска.
12. Разработку мероприятий по снижению индивидуального риска до нормативного значения в случае превышения.

При расчете времени наступления опасных факторов пожара на исследуемом объекте было определено, что блокирование путей эвакуации наступит через 137 секунд после возникновения пожара, а время эвакуации составит 34 минуты. Время, необходимое для эвакуации людей превышает фактическое время эвакуации в 14,9 раз.

Можно сделать вывод, что нужно использовать меры снижения индивидуального пожарного риска (ИПР) – это система дымоудаления (СДУ), система



автоматического пожаротушения и система оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ). Данные меры необходимы для обеспечения пожарной безопасности.

### Литература

1. Материалы Всероссийского сбора представителей единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) по подведению итогов деятельности, выполнения мероприятий гражданской обороны в 2017 году и постановке задач на 2018 год.
2. Приказ МЧС России от 30.06.2009 N 382 (ред. от 02.12.2015) "Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности" (Зарегистрировано в Минюсте России 06.08.2009 N 14486).
3. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»; от 22.07.2008 N 123-ФЗ (последняя редакция).
4. Программа для расчета индивидуального пожарного риска <https://mst.su/fenix/>

## АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ МЕДИЦИНСКИХ ОТХОДОВ В ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАНАХ

*Горева В.А.\* (магистрант ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»,  
vladagoreva@mail.ru),*

*Абрамова Е.А. (доцент ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»,  
lprovadina@mail.ru)*

### **Аннотация**

Расширение медицинских учреждений в сочетании с тенденцией использования одноразовых изделий и инструментов привело к многократному увеличению отходов, связанных со здравоохранением. Опасность таких отходов для здоровья людей и состояния окружающей среды часто недооценивается. В странах мира существуют различные нормативные акты и подходы к обращению с медицинскими отходами, анализ которых был проведен в данной работе.

### **Ключевые слова**

Медицинские отходы, утилизация

Обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия любой страны является одним из важнейших аспектов безопасности в области охраны здоровья населения. Проблемы, обусловленные загрязнением территории населенных пунктов отходами производства и потребления, являются одними из приоритетных.

Проблемы сбора, удаления, обезвреживания и утилизации различных видов отходов, защиты населения и окружающей среды от их вредного воздействия, должны занимать одно из самых значительных мест в стратегических планах развития любой страны и города. Это в полной мере касается и отходов учреждений здравоохранения. Проблема медицинских отходов чрезвычайно остро стоит не только в России, но и перед всеми странами мира.

Медицинские отходы рассматриваются как фактор не только прямого, но и опосредованного риска возникновения инфекционных и неинфекционных заболеваний среди населения вследствие возможного загрязнения внутрибольничной среды и практически всех элементов окружающей среды — воды, воздуха, почвы, продуктов питания.

Проблема медицинских отходов чрезвычайно остро стоит во всем мире. Целью данной работы стал анализ современной системы обращения с медицинскими отходами в ряде стран мира.

Медико-санитарная деятельность направлена на защиту и восстановление здоровья и на спасение человеческих жизней. В результате этой деятельности возникают отходы и побочные продукты. Из всего количества отходов медико-санитарной деятельности приблизительно 85% — это обычные неопасные отходы, сопоставимые с бытовыми отходами. Оставшиеся 15% считаются опасными материалами, которые могут быть инфекционными, токсичными или радиоактивными [1].

Основными источниками таких медицинских отходов являются: больницы и другие медицинские учреждения, лаборатории и исследовательские центры, морги и патологоанатомические учреждения, лаборатории, где проводятся исследования и тестирование на животных, банки крови и службы, производящие забор крови, дома престарелых.

В странах с высоким уровнем дохода производится, в среднем, до 0,5 кг опасных отходов на больничную койку в день; в то время как в странах с низким уровнем дохода производится, в среднем, 0,2 кг. Однако, в странах с низким уровнем дохода медицинские отходы часто не сортируются на опасные и неопасные, что приводит к значительному увеличению реального количества опасных отходов.

Отходы медицинских учреждений содержат потенциально опасные микроорганизмы, которые могут инфицировать пациентов больниц, медработников и других людей. Другие потенциальные риски инфекции могут включать распространение лекарственно устойчивых микроорганизмов из медицинских учреждений в окружающую среду.

Риски для здоровья, связанные с отходами и побочными продуктами, также включают: радиационные ожоги, травмы, нанесенные острыми предметами, отравление и загрязнение окружающей среды в результате выброса фармацевтических препаратов, в частности антибиотиков и цитотоксичных лекарств (запускают процесс некроза внутри клетки), отравление и загрязнение окружающей среды сточными водами.

В мире ежегодно производится 16 миллиардов инъекций. Не все иглы и шприцы надлежащим образом удаляются, что создает риск травм и инфекций, а также возможности для повторного использования.

Количество инъекций контаминированными иглами и шприцами в странах с низким и средним уровнем дохода в последние годы значительно сократилось, отчасти в результате усилий по сокращению повторного использования инъекционных устройств. Несмотря на этот прогресс, в 2010 году небезопасные инъекции продолжали быть причиной 33 800 новых инфекций ВИЧ, 1,7 миллиона инфекций гепатита В и 315 000 инфекций гепатита С. Человек, получающий травму иглой от инфицированного пациента, подвергается риску инфицирования ВГВ, ВГС и ВИЧ на уровне 30%, 1,8% и 0,3% соответственно [2].

В США уже зарегистрированы случаи заболевания детей СПИДом после того, как они поиграли выброшенными одноразовыми шприцами и системами для переливания крови. Отмечено заболевание СПИДом у медицинской сестры, уколотившейся иглой от шприца. ВОЗ в 1979 г. отнесла медицинские отходы к группе опасных и указала на необходимость создания специальных служб по их переработке. Базельская конвенция в 1992 г. выделила 45 видов опасных отходов, список которых открывается клиническими отходами, что подчеркивает важность обращения с ними [1].

Медицинские отходы в большинстве стран давно относят к категории опасных отходов. Количество медицинских отходов имеет устойчивую тенденцию к интенсивному росту. За последние годы в Германии их масса возросла в 2 раза, а объем - в 4. Одной из главных научных и прикладных задач в решении проблемы медицинских отходов является задача идентификации опасности для здоровья людей и окружающей среды, обусловленных неправильным обращением с такими отходами. Вместе с тем, реализация этой задачи должна обеспечиваться таким образом, чтобы, с одной стороны, быть весьма взвешенной, свободной как от недооценки ее опасности для здоровья и благополучия человека и окружающей среды, а с другой стороны, не должно присутствовать необоснованное преувеличение опасности.

Дополнительные опасности возникают в результате копания в мусоре на мусорных свалках и ручной сортировки опасных отходов медицинских учреждений. Эта практика распространена во многих регионах мира, особенно в странах с низким и средним уровнем дохода. Лица, соприкасающиеся с отходами, подвергаются непосредственному риску получения травм от игл и воздействия токсичных или инфекционных материалов.

Отсутствие осведомленности об опасностях для здоровья, связанных с отходами медицинских учреждений, недостаточная подготовка по правильной обработке и удалению отходов, отсутствие систем обработки и удаления отходов, недостаточные финансовые и кадровые ресурсы, а также низкий приоритет, придаваемый этим вопросам, являются самыми распространенными проблемами, связанными с медицинскими отходами. Многие страны либо не имеют надлежащего нормативного регулирования, либо не обеспечивают его соблюдение.

Многие специалисты Великобритании, страны, которая преуспела в разработке систем мусоросжигания, считают сжигание медицинских отходов наилучшим способом их уничтожения. При этом подчеркивается, что хотя оно и ведет к некоторому загрязнению воздуха, однако, наиболее показано, поскольку исключает (при условии температуры сжигания в 1000°C и выше) возможность образования токсических выбросов и распространение инфекции.

Поскольку в Великобритании сжигание медицинских отходов представлено наиболее широко, много внимания уделяется очистным сооружениям воздушных выбросов, лабораторному контролю эффективности их работы, поиску оптимальной и достаточной композиции контролируемых параметров [3].

В Индии, хотя и существует ряд различных методов утилизации, ситуация с медицинскими отходами носит деструктивный характер, и большинство из них скорее вредны, чем полезны. Большинство медицинских учреждений не соблюдают правила утилизации, часто обнаруживается, что биомедицинские отходы сбрасываются в океан, где они в конечном итоге оказываются на берегу или на свалках из-за неправильной сортировки или халатности в медицинском учреждении. Неправильное обращение с медицинскими отходами приводит к возникновению очагов заболеваний и загрязнению окружающей среды.

Многие исследования в Индии подтверждают, что знания работников таких учреждений, как больницы, дома престарелых в области обращения с медицинскими отходами довольно малы. Было установлено, что 26% врачей и 43% среднего медицинского персонала не знали о рисках, связанных с биомедицинскими отходами, что является огромной проблемой для индийского общества, поскольку создает высокую опасность вторичного инфицирования.

Индия, вероятно, будет производить около 775,5 тонн медицинских отходов в день к 2022 году с нынешнего уровня в 550,9 тонн в день, поскольку здравоохранение является одним из крупнейших секторов в Индии с точки зрения доходов и занятости. Однако нехватка персонала и инфраструктуры является серьезным препятствием для осуществления правильных подходов к утилизации медицинских отходов [4].

В зарубежном и международном законодательстве возникла сложная ситуация в области классификации отходов. Составление перечней отходов было отдано в ведение национального законодательства, поэтому не сложилась общепринятая система их классификации, перечни отходов в странах не совпадают и их невозможно сравнивать и выстраивать общую политику. Основной причиной возникновения различных перечней опасных отходов в законодательствах является отсутствие единого метода определения опасности отходов.

Отсутствие осведомленности об опасностях для здоровья, связанных с отходами медицинских учреждений, недостаточная подготовка по правильной обработке и удалению отходов, отсутствие систем обработки и удаления отходов, недостаточные финансовые и кадровые ресурсы, а также низкий приоритет, придаваемый этим вопросам, являются самыми распространенными проблемами, связанными с медицинскими отходами во всем мире. Многие страны либо не имеют надлежащего



нормативного регулирования, либо не обеспечивают его соблюдение, что является проблемой, на которую нельзя закрывать глаза.

#### Литература:

1. Отходы учреждений здравоохранения: современное состояние проблемы, пути решения / Под ред. Л.П.Зуевой.– СПб, 2003. - 43 с.
2. Медицинские отходы [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/health-care-waste> Дата обращения: 14.12.2018.
3. Современные подходы к управлению медико-биологическими отходами в промышленно развитых странах [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://ecomg.ru/about/article/21/> Дата обращения: 15.12.2018.
4. India's medical waste growing at 7% annually: ASSOCHAM [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://timesofindia.indiatimes.com/business/india-business/indias-medical-waste-growing-at-7-annually-assochem/articleshow/63415511.cms> Дата обращения: 15.12.2018.

**ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ИЗУЧЕННОСТИ ЭКЗОГЕННЫХ  
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ГОРАХ И ПРЕДГОРЬЯХ СЕВЕРНОГО  
КАВКАЗА ПО МАТЕРИАЛАМ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ И  
ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗУЧЕННОСТИ ФГБУ «РОСГЕОЛФОНД»**

*Граневич А.С.\* (ФГБУ «Росгеолфонд», AGranevich@rfgf.ru), Михайлова С.М. (ФГБУ «Росгеолфонд», SMihaylova@rfgf.ru)*

**Аннотация:**

В 2018 году сотрудниками отдела изученности с использованием электронных баз данных ФГБУ «Росгеолфонд» и Единого Фонда Геологической Информации, а также фондовых отчетных и картографических материалов были проведены комплексные работы по изучению и характеристике развития экзогенных геологических процессов различных типов на территории Южного федерального округа на основе материалов инженерно-геологической и эколого-геологической изученности, накопленных в фондах ФГБУ «Росгеолфонд». Обработано и проанализировано более 300 геологических отчетов, данных региональных исследований, стационарных наблюдений, отчетов о проведении государственного мониторинга геологической среды, ежегодных информационных бюллетеней о состоянии геологической среды, проинтерпретирована информация по большому количеству картографического материала. В результате составлен проект карты оценки степени инженерно-геологической и эколого-геологической изученности экзогенных геологических процессов в горах и предгорьях Северного Кавказа. Он позволяет комплексно оценить исходный материал и воздействие ЭГП на населенные пункты и хозяйственные объекты в горах и предгорьях Северного Кавказа, а также дает возможность оптимального выбора участков для дальнейшего проектирования работ по мониторингу геологической среды и оперативного предоставления комплексной информации заинтересованным организациям.

**Ключевые слова:**

Экзогенные геологические процессы, инженерно-геологическая изученность, эколого-геологическая изученность, карта, Северный Кавказ

**Текст:**

Северный Кавказ – важнейший регион на южных границах Российской Федерации, обеспечивающий политическую и экономическую связь с кавказскими республиками ближнего зарубежья и с европейскими странами.

Описанная в данной работе часть Кавказа расположена в пределах равнинного Предкавказья и горного сооружения Большого Кавказа и протягивается от Черного до Каспийского морей, охватывая площади Республики Адыгея, Республики Ингушетия, Кабардино-Балкарской Республики, Карачаево-Черкесской Республики, Республики Северная Осетия - Алания, Чеченской Республика, большую часть Республики Дагестан, и южные части Краснодарского и Ставропольского краев.

В пределах гор и предгорий Северного Кавказа широкое распространение получили оползневые, обвально-осыпные, селевые, карстовые и эрозионные опасные экзогенные геологические процессы.

Изучению опасных ЭГП на территории СКФО и ЮФО уделяется достаточное внимание. Ежегодно составляются информационные бюллетени о состоянии недр территории СКФО и ЮФО различными научно-исследовательскими организациями, центрами государственного экологического мониторинга и другими предприятиями.

Массив информационных данных, используемых в работе, в виде отчетов, карт, схем, учетных карточек предоставлен в различные годы, начиная с 1935 по настоящее время территориальными геологическими фондами и недропользователями на архивное хранение в Росгеолфонд и Единый Фонд Геологической Информации.

Росгеолфонд осуществляет обеспечение постоянного учета и ведения изученности территории суши, континентального шельфа и внутренних морей Российской Федерации. Ежегодно ведутся и пополняются Сводные (дежурная и оперативная) картограммы геологической, инженерно-геологической, эколого-геологической территории РФ в масштабе 1:5000000. В последние годы организована планомерная и постоянная работа по восстановлению ретро-карточек по всем видам изученности, включая и работы по территории суши, континентального шельфа и внутренних морей Российской Федерации. Восстановлено более 10 тыс. карточек изученности. На протяжении семи лет Росгеолфондом ведется пополнение и размещение на интернет-ресурсе Росгеолфонда структурированных массивов данных (каталогов) изученности.

В современных условиях возможности Росгеолфонда расширяются. С использованием различных ресурсов и программных обеспечений появляется возможность создания информационных продуктов различной комплектации и назначения.

Одним из таких продуктов является карта оценки степени изученности экзогенных геологических процессов в горах и предгорьях Северного Кавказа (Рисунок 1.). Карта создана в результате комплексной работы по сбору, систематизации, обобщению и интерпретации печатного текстового и картографического материала по инженерно-геологической и эколого-геологической изученности экзогенных геологических процессов в пределах гор и предгорий Северного Кавказа.

Основными целями и задачами работы по составлению карты являются:

- Сбор, обобщение, систематизация и анализ материалов изученности, накопленных в фондах за многолетний период.
- Оценка степени изученности ЭГП в разные временные периоды.
- Составление качественной и количественной характеристики региональной изученности ЭГП.
- Привлечение внимания к проблемам изучения и развития экзогенных геологических процессов.

Карта наглядно отражает степень изученности экзогенных геологических процессов в многолетнем периоде. На ней отчетливо просматриваются и области с недостаточной изученностью или с неактуальностью информации, что позволяет комплексно оценить исходный материал и дает возможность оценки воздействия ЭГП на населенные пункты и хозяйственные объекты в горах и предгорьях Северного Кавказа, а также дает возможность оптимального выбора участков для дальнейшего проектирования работ по мониторингу геологической среды и оперативного предоставления комплексной информации заинтересованным организациям.

Учитывая все возрастающую техногенную нагрузку на геологическую среду, проведение мониторинга состояния недр на территории СКФО и ЮФО приобретает важное значение для разработки мероприятий по снижению последствий техногенного воздействия, разработке мер по предупреждению и составлению прогнозов развития опасных экзогенных геологических процессов.



**Рисунок 1.** Карта оценки инженерно-геологической и эколого-геологической изученности ЭГП в горах и предгорьях Северного Кавказа

Благодаря созданному проекту карты оценки изученности ЭГП мы имеем возможность:

- моделирования возможных негативных изменений экологической среды под воздействием различных видов ЭГП;
- создания дополнительных специализированных карт;
- количественной и качественной оценки изученности ЭГП территории Северного Кавказа в многолетнем периоде;
- организации объектной и локальной системы оперативного мониторинга развития ЭГП с целью обеспечения безопасности населения и прогноза возможности влияния на изменение состояния окружающей среды
- предоставлять информацию для дальнейшего планирования направлений геологических исследований и государственного мониторинга состояния недр.

### Литература

1. Фондовые материалы ФГБУ «Росгеолфонд».

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СКАНИРУЮЩИЙ ЛАЗЕР НА КРАСИТЕЛЯХ С ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ ДИАМЕТРОМ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ВЫХОДНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

*Деулин Б. И. (Орловский технологический техникум, lobo10@rambler.ru)*

**Аннотация.** Загрязнение окружающей среды приняло повсеместный характер, что негативно сказывается и на самом человеке. Поэтому необходимо постоянно совершенствовать и развивать методы и средства экологического мониторинга. В данной работе предлагается твердотельный лазер на красителях с автоматическим переключением диапазона длин волн, возможностью быстрого сканирования внутри диапазона и с функцией изменения диаметра поперечного сечения выходного излучения.

**Ключевые слова:** телескопическая линза, стойка, шаговый двигатель, активный лазерный элемент, поперечное сечение, выходное излучение.

Для экологической ориентации хозяйственной деятельности предприятий была создана информационная система длительных наблюдений за состоянием окружающей среды – мониторинг. Эта система использует различные методы контроля, среди которых, имеют место и спектральные методы анализа. Развитие спектральных методов в большой степени зависит от совершенствования лазерных источников света.

В работе [1] был представлен лазер с автоматической сменой диапазона излучения и возможностью сканирования внутри диапазона длин волн выходного излучения. Однако, в ряде случаев возникает необходимость изменения поперечного сечения диаметра выходного излучения лазера.

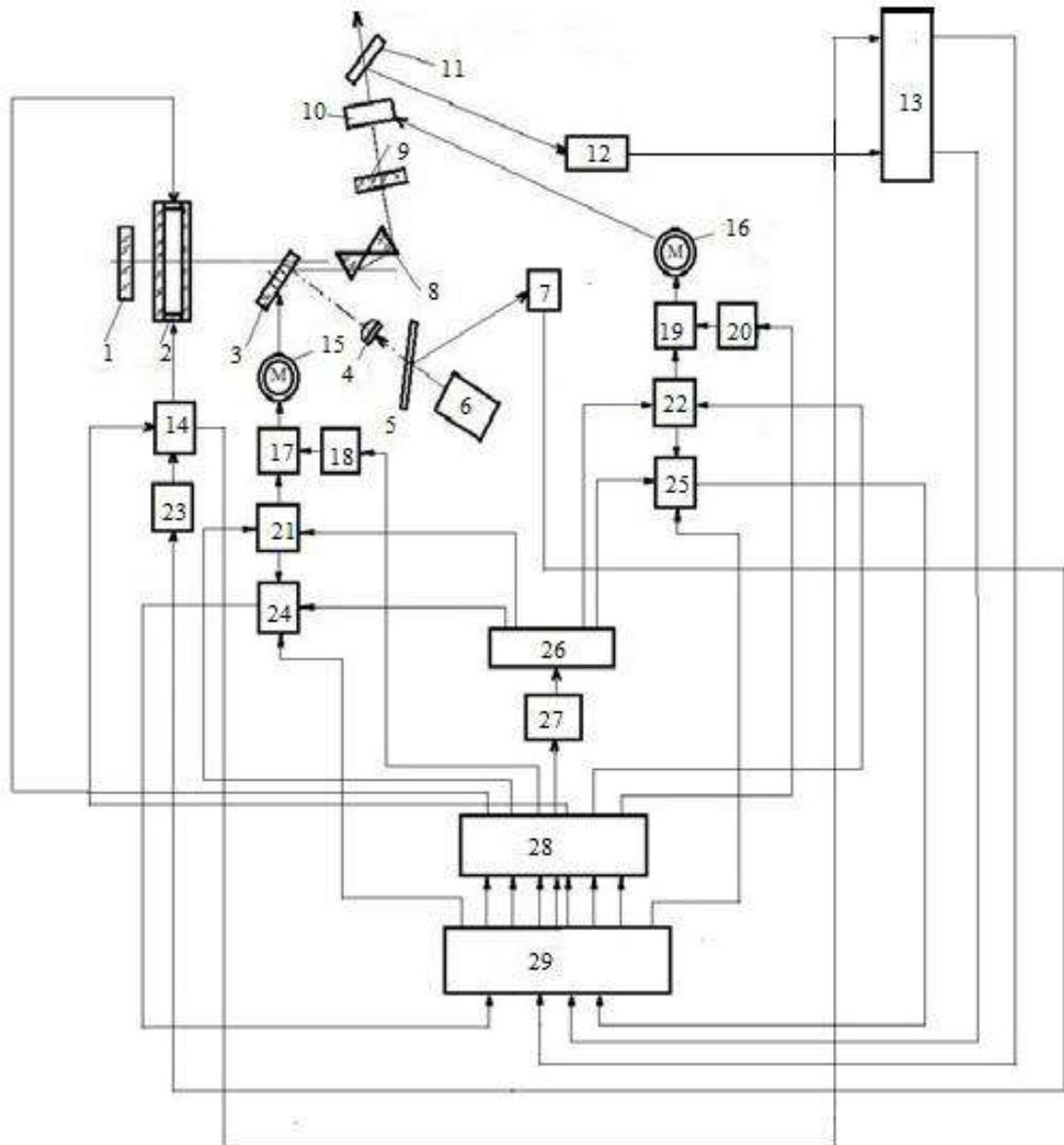
На рис.1 представлена функциональная схема сканирующего твердотельного лазера на красителях с автоматической установкой требуемой длины волны выходного излучения и с возможностью изменения диаметра его поперечного сечения.

В устройстве используются активные лазерные элементы, дискообразной формы, активированные красителями. Данные элементы заключены в стойку 3, устройство которой дано в [2]. Установка требуемого диапазона выходного излучения, осуществляется путем активации лазерного элемента с соответствующим красителем. Это происходит за счет поворота стойки 3 на требуемый угол путем вращения шагового двигателя 15. Установка требуемой длины волны из данного диапазона реализуется с помощью автоматического интерферометра 2, управляемого компьютером 29, через ЦАП 28.

Изменение диаметра поперечного сечения выходного излучения, осуществляется с помощью телескопических линз, рис.2. Телескопические линзы преобразуют пучок параллельных световых лучей площадью поперечного сечения  $S_1$  в выходной пучок, площадью поперечного сечения  $S_2$ . Диаметр поперечного сечения, падающего на линзу светового пучка, может быть увеличен или уменьшен на ее выходе.

Телескопические линзы расположены в стойке 10. Ее устройство подобно стойке 3. Необходимый диаметр выходного излучения устанавливается путем подбора соответствующей линзы, за счет поворота стойки 10. Вращение стойки 10 осуществляется шаговым двигателем 16. Управление шаговыми двигателями 15 и 16 реализуется с помощью автоматизированного привода, состоящего из элементов 15-22; 24-25, и подробно описано в работе [3]. В устройстве предусмотрена возможность контроля мощности выходного излучения с помощью элементов 11-12. Следует

учесть, что изменение диаметра лазерного луча приводит к изменению его интенсивности [4].



**Рисунок 1. Автоматизированный сканирующий лазер на красителях с изменяющимся диаметром поперечного сечения выходного излучения: 1 - зеркало; 2 - интерферометр; 3 - стойка; 4 - линза; 5 - светоделительная пластина; 6 - лазер накачки; 7 - фотопреобразователь; 8 - призма; 9 - выходное зеркало; 10 - стойка с линзами; 11 - светоделительная пластина; 12 - фотопреобразователь; 13 - аналого-цифровой преобразователь (АЦП); 14 - генератор пилообразных импульсов; 15 - шаговый двигатель; 16 - шаговый двигатель; 17 - электромагнитное реле; 18 - ключ; 19 - электромагнитное реле; 20 - ключ; 21 - ключ; 22 - ключ; 23 - ключ; 24 - счетчик импульсов; 25 - счетчик импульсов; 26 - генератор прямоугольных импульсов; 27 - ключ; 28 - цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП); 29 - компьютер.**

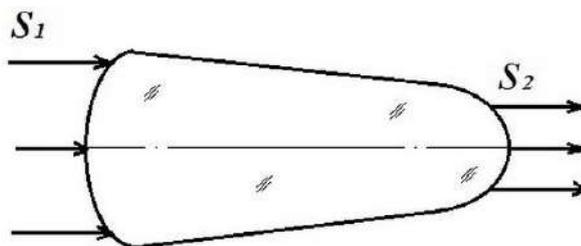


Рисунок 2. Телескопическая линза:  $S_1$  – входной световой пучок,  $S_2$  – выходной световой пучок.

Для быстрого изменения длины волны в пределах диапазона (сканирования) с компьютера 29 через ЦАП 28 на генератор пилообразных импульсов 14 подается требуемый уровень напряжения. Для синхронизации по времени работы генератора пилообразных импульсов 14 с лазером накачки 6, часть излучения накачки с помощью светоделительной пластины 5 подается на фотопреобразователь 7, который преобразует его в напряжение. Напряжение с фотопреобразователя 7 подается на ключ 23 с целью включения генератора пилообразных импульсов 14. Пилообразные импульсы с генератора 14 поступают на перестраиваемый интерферометр 2, в результате чего выходное излучение лазера за один импульс изменяется во всем диапазоне. Для контроля текущего значения длины волны выходного излучения лазера, с генератора 14 через ЦАП 28 на компьютер 29 поступает сигнал, соответствующий текущему значению напряжения пилообразного импульса.

**Выводы.** Данное устройство способно автоматически устанавливать требуемую длину волны, изменять диаметр его поперечного сечения и интенсивность, а так же проводить быстрое сканирование внутри действующего диапазона длин волн выходного излучения.

### Литература

1. Деулин, Б.И. Автоматизация твердотельного лазера на красителях ЛКИ-301. // Орел: издательство ОрелГАУ, «Агротехника и энергообеспечение». № 3 (12), 2016. С. 62-71.
2. Деулин, Б.И., Филиппов В.В. Автоматизированная стойка-радиатор для твердотельного лазера на красителях // Известия ВолгГТУ, серия «Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь», № 11 (176). Т. 12, 2015. - С. 70-74.
3. Деулин, Б.И. Автоматизированный электропривод для управления двумя шаговыми двигателями от одного генератора импульсов // Орел: издательство ОрелГАУ, «Агротехника и энергообеспечение» № 3 (12), 2016. – С. 46-51.
4. Деулин, Б.И. Влияние изменения площади поперечного сечения лазерного луча на его интенсивность // Известия ВолгГТУ: межвуз. сб. науч. ст. №20 (123). Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении». – Волгоград: ВолГТУ, 2013. – С. 99-102.

## ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ОБЪЕКТОВ РЕКОНСТРУКЦИИ НЕВИННОМЫССКОЙ ГРЭС

*Дикарева Ю.С.*

*(МГРИ, экологический факультет,  
магистрант 2 года очной формы обучения по программе подготовки:  
«Экология и природопользование»,  
dikareva\_yuliya@mail.ru)*

### **Аннотация**

Целью работы является оценка воздействия на окружающую среду объектов реконструкции Невинномысской ГРЭС. Объектами реконструкции являются парогазовая установка 410 (ПГУ-410) и её основное оборудование: газотурбинная установка (ГТУ); котел-утилизатор (КУ); конденсационная паротурбинная установка (ПТУ).

Задачами являются оценка воздействия на все компоненты окружающей среды, а также разработка комплекса мероприятий и рекомендаций по снижению неблагоприятного воздействия на окружающую среду.

В работе приведена информация о существующем состоянии компонентов окружающей среды. Представлены гидрогеологические, акустические и расчёты по выбросам, а также их результаты и анализ.

### **Ключевые слова**

ОВОС, Невинномысская ГРЭС, парогазовая установка.

Невинномысская ГРЭС и сопредельные с ней предприятия оказывают негативное воздействие на все компоненты сложившейся экосистемы, но, прежде всего, поверхностные и подземные воды. Влияние на атмосферу в существующей степени определяется наличием в воздухе парообразной, жидкой и кристаллической воды. Именно атмосферные осадки, очищая атмосферный воздух, приносят в почвы, поверхностные и подземные воды загрязняющие вещества.

Виды, интенсивность и направленность воздействия такого экологически значимого инженерного сооружения как проектируемый блок НГРЭС могут быть различными в зависимости от принятых конструктивных решений проекта, разнообразия и неоднородности природных условий площадки.

Невинномысская ГРЭС расположена на северо-восточной окраине г. Невинномысска, на правобережной части р. Кубань. Ближайший крупный населённый пункт – г. Ставрополь, краевой центр Ставропольского края, который находится в 50 км к северо-востоку от г. Невинномысска. В непосредственной близости от ГРЭС расположено ОАО «Невинномысский Азот», один из основных потребителей тепловой энергии от НГРЭС (рис 1).

Невинномысская ГРЭС предназначена для выдачи электрической мощности в объединенную энергосистему Северного Кавказа и снабжения потребителей горячей водой и паром. Проектом расширения НГРЭС предусматривается строительство главного корпуса ПГУ на территории электростанции. В главном корпусе устанавливается оборудование парогазового двухвального энергоблока ПГУ-410 мощностью 400-450 МВт.

Новая установка выгодно отличается от имеющихся многими важными показателями. Во-первых, ПГУ – 410 намного мощнее стоящих на НГРЭС энергоблоков (ПГУ-170, Блок №11). Во-вторых, коэффициент полезного действия новой установки намного выше и достигает 57 %. И, в-третьих, новая установка характеризуется меньшими выбросами вредных веществ в атмосферу, меньшими сбросами в водный бассейн и ничтожным количеством твердых промотходов. [3]

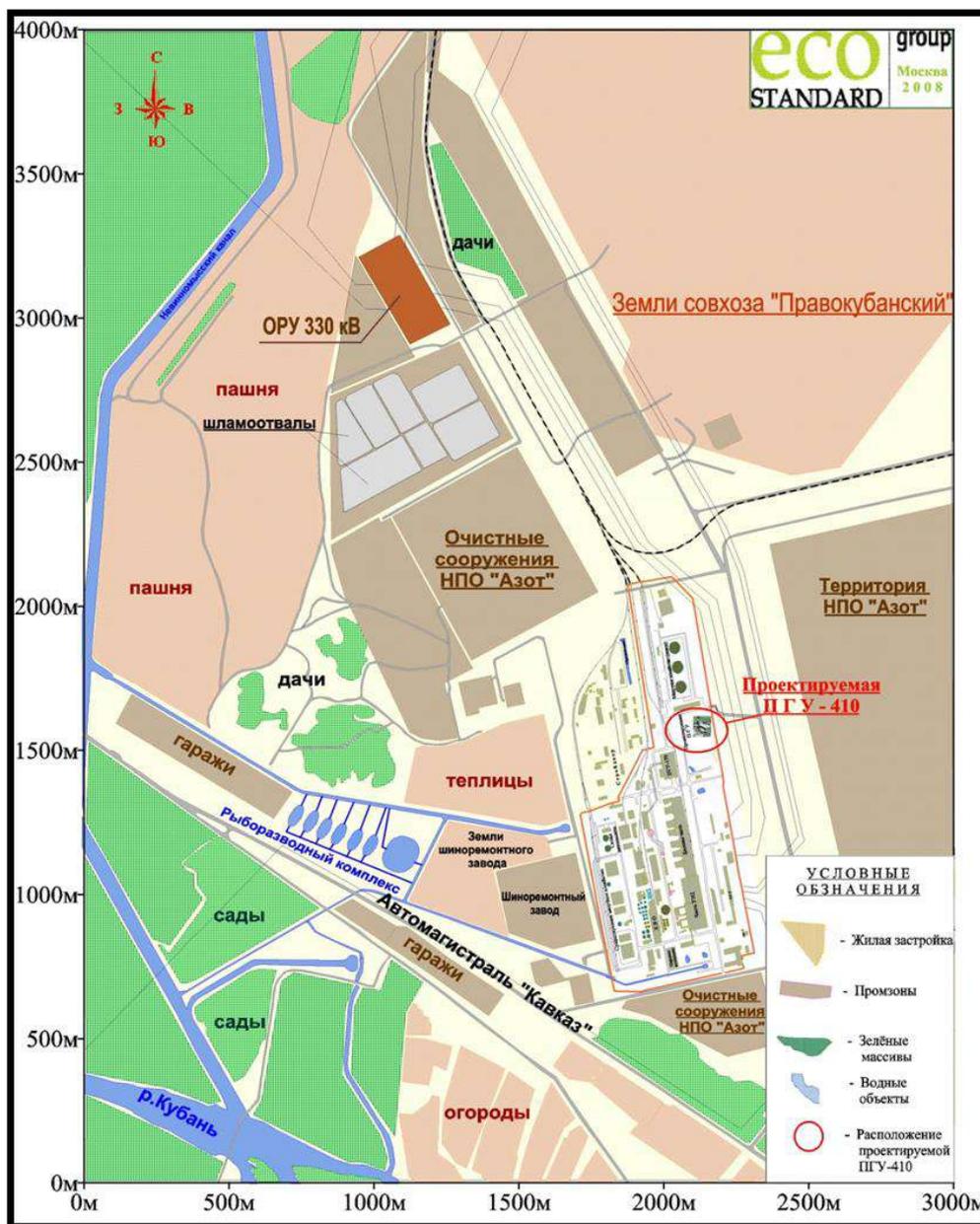


Рисунок 1. Карта расположения Невинномысской ГРЭС и проектируемой ПГУ-410

По предварительной оценке, общий водозабор на техническое обслуживание предприятия с вводом в эксплуатацию ПГУ-410 не увеличится, при условии вывода из эксплуатации ПГУ-170 и блока №11.

Система очистки загрязненных сточных вод НГРЭС обеспечит очистку промливневых и нефтесодержащих стоков до требуемых нормативов.

Загрязнение грунтовых вод практически происходит при просачивании инфильтрационного потока сквозь толщу насыпных грунтов на площадке. Процесс



этот, судя по результатам химического анализа проб воды из скважин, идет весьма медленно и незаметно. Тем более, что вместе с ним сформировался процесс рассоления грунтовых вод за счет потерь пресной воды на самой площадке и утечек из подземных водонесущих коммуникаций.

Прогнозная оценка воздействия на подземные воды может быть кратко сформулирована так. В период эксплуатации существенного воздействия на подземные воды не прогнозируется. Проект должен разработать действенные меры против утечек из резервуаров и из подземных водонесущих коммуникаций. Вероятным негативным фактором, ухудшающим качество грунтовых вод, являются утечки и просачивание загрязнений с сопредельных территорий ОАО «Невинномысский азот».

В этой связи создание и ведение системы гидрогеологического мониторинга представляется обязательным. [2]

Проведена оценка величин выбросов вредных веществ источниками проектируемого энергоблока ПГУ-410 Невинномысской ГРЭС. Всего за год источниками ГРЭС с учетом проектируемого энергоблока будет выбрасываться 18089,8694 т вредных веществ. После вывода эксплуатации старого оборудования в год будет выбрасываться 15840,0848 т вредных веществ. После проведения переоборудования валовые выбросы Невинномысской ГРЭС уменьшатся на 2249,8 т/год по сравнению с существующим положением. [1]

Расчеты рассеивания показали, что максимальные концентрации на границе 500 м (нормативная величина СЗЗ) и в жилой застройке не превысят санитарных норм. Различие в максимальных приземных концентрациях до и после переоборудования составит сотые доли ПДК. Вклад Невинномысской ГРЭС составит не более 0,3 ПДК мр.

Также расчеты показали, что на границе нормативной СЗЗ и в ближайшей жилой застройке факторы шума не превышают ПДУ.

После введения в эксплуатацию ПГУ мощностью 400-450 МВт и вывода из эксплуатации ПГУ-170 и 11 Блока наблюдается снижение экономического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха и составляет 178504,18 рублей в год.

Таким образом, после реконструкции Невинномысской ГРЭС будет наблюдаться снижение выбросов, сбросов, а также увеличение коэффициента полезного действия, но при условии выполнения всех природоохранных мероприятий и рекомендаций по минимизации негативного воздействия на окружающую среду.

## Литература

1. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. С.Пб., 2002.
2. Отчетные материалы экологической службы Невинномысской ГРЭС.
3. Рабочая документация расширения Невинномысской ГРЭС.

## ОЦЕНКА РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА ОБЪЕКТЫ ПРИРОДНОГО КОМПЛЕКСА МОСКВЫ

*Жаркова К.Н. (МГРИ, thisfieldisfilled@gmail.com),*

*к.г.-м.н., доцент Мазаев А.В. (МГРИ, mazaevav@mgri-rggru.ru)*

**Аннотация:** Основными проблемами рекреационных территорий на объектах природного комплекса является воздействие человеческого фактора, что ведет к снижению не только эстетической ценности объекта, но и к его деградации как объекта природной среды. В настоящее время в границах Москвы практически не осталось мест для создания новых озелененных и природных территорий, поэтому наблюдается дисбаланс между потребностью населения в озелененных транзитных, озелененных общественных, озелененных территориях с местами для отдыха и их наличием. Для сохранения объектов Природного комплекса и обеспечения более эффективного их функционирования требуется оценка рекреационной нагрузки как на особо охраняемые природные территории, так и на природные территории иных категорий, а также разработка предложений по грамотному благоустройству этих территорий.

**Ключевые слова:** рекреационная нагрузка, особо охраняемые природные территории, природный комплекс Москвы

Главнейшей задачей в рамках решения проблемы сохранения озелененных территорий в городе является грамотное распределение потоков рекреантов. Распределение потоков должно производиться в соответствии с теми видами рекреации, которые являются востребованными различными группами населения в любой период времени.

В настоящее время в Москве активно ведутся программы по благоустройству территорий, в том числе природных и озелененных, то есть объектов Природного комплекса (совокупность территорий с преобладанием растительности и (или) водных объектов, выполняющих преимущественно природоохранные, рекреационные, ландшафтообразующие функции), однако учитывая рост количества населения в городе и практически неизменную площадь зеленых территорий, рекреационная нагрузка на них с каждым годом возрастает. Рекреационные пространства разных видов являются привлекательными для населения, живущего в пределах пешей доступности. Рекреационные территории, расположенные дальше этого расстояния, посещаются в меньшей степени или в случае отсутствия пригодных для конкретных рекреационных целей территорий. Основными проблемами на объектах Природного комплекса Москвы является воздействие человеческого фактора – замусоривание территорий, вытаптывание и уплотнение почв и т.д. – всё это ведет к снижению не только эстетической ценности объекта, но и к его деградации как объекта природной среды. Также к сокращению площадей зеленых территорий, а также к снижению их ценности как природных объектов ведет размещение в их границах сторонних пользователей [2]. В настоящее время в границах Москвы практически не осталось мест для создания новых озелененных территорий, поэтому в городе сложился дисбаланс между потребностью населения в природных территориях различных категорий с местами для отдыха и их наличием. В основном, притягательные для населения виды озелененных рекреационных территорий расположены по периметру города и на его окраинах.

ЛЕТ Таблица 1. Распределение зеленых насаждений по административным округам

Административный округ	Площадь, га	%	% от площади города	% от округа
СЗАО	4380,11	13,43%	4,05%	46,96%
САО	1823,3	5,59%	1,69%	16,03%
СВАО	2539,7	7,79%	2,35%	24,93%
ВАО	6731,9	20,64%	6,23%	43,48%
ЮВАО	2944,36	9,03%	2,72%	25,05%
ЮАО	3753,3	11,51%	3,47%	28,48%
ЮЗАО	3490,2	10,70%	3,23%	31,34%
ЗАО	4251,9	13,04%	3,93%	27,78%
ЦАО	1235,88	3,79%	1,14%	18,67%
г. Зеленоград	1463,4	4,49%	1,35%	39,34%
Итого	32614,05	100		

Таким образом, наиболее обеспеченными зелеными насаждениями (объектами Природного комплекса и особо охраняемыми природными территориями) округами являются, помимо Восточного административного округа, Северо-Западный и Западный административные округа. Также, если учесть, что природные и озелененные территории Зеленоградского округа используются по большей части посетителями, живущими в границах указанного округа, а приток на эти территории из других округов минимален, то можно утверждать следующее – население Зеленоградского округа в полной мере обеспечено рекреационными ресурсами, причем рекреационная нагрузка на эти территории не превышает предельно допустимую (>50 чел/га) и составляет ~ 25 чел/га, при учете того, что озелененные и природные территории в границах Зеленоградского административного округа являются по типу рекреационного объекта или многофункциональными парками или скверами/бульварами.

В границах Москвы существуют как крупные зеленые массивы естественного происхождения, так и «зеленые островки» насаждений, имеющие преимущественно линейную структуру, вписанную в улично-дорожную сеть. С учетом существующего зонирования и интенсивного градостроительного развития, создание оптимального количества рекреационных зон в границах озелененных территорий осложнено изменением рекреационной нагрузки на единицу площади с удалением в центральную часть зеленой территории, а также отсутствием необходимых для определенных видов рекреации площадок.

В ходе работы была рассчитана рекреационная нагрузка в разрезе районов административных округов на природные и озелененные территории по районам, а также рекреационная нагрузка и рекреационная емкость крупных объектов природного комплекса Москвы. Расчет произведен по МГСН 1.02-02 «Нормы и правила проектирования комплексного благоустройства на территории города Москвы». В результате расчетов было выяснено, что в настоящее время Юго-Восточный административный округ и Зеленоградский административный округ являются территориями с наиболее низкими рекреационными нагрузками на объекты Природного комплекса – средние значения нагрузок на объекты природного комплекса в их границах составляют 15 чел/га и 21 чел/га соответственно, при предельно допустимом значении – 50 чел/г [1]. Максимальные нагрузки наблюдаются в Северном

административном округе (среднее значение по округу – 193 чел/га) и Центральном административном округе (среднее значение по округу – 170 чел/га).

Среди особо охраняемых природных территорий города наименее подвержены нагрузке со стороны рекреантов национальный парк «Лосиный остров» и ландшафтный заказник «Долина реки Сходни в Куркино». В первом случае это обусловлено как невысокой численностью населения вблизи территории, так и наличием рядом иных рекреационных территорий. Во втором случае небольшая рекреационная нагрузка связана с удаленностью района от других частей города и также наличием в Куркино иных объектов Природного комплекса Москвы. Среди особо охраняемых природных территорий, рекреационная нагрузка на которые превышает допустимую (для лесопарков), наиболее подвержены потоку рекреантов территории природно-исторических парков «Останкино» (108 чел/га), «Покровское-Стрешнево» (109 чел/га), «Сокольники» (110 чел/га), природного заказника «Жулебинский» (200 чел/га). Причиной подобных превышений в большинстве случаев является расположение природных территорий в районах с высокой численностью населения, отсутствие рядом иных природных территорий, принимающих на себя часть потока рекреантов, а также наличие в границах объектов привлекательных для населения историко-культурных объектов, парков культуры и отдыха.

На данный момент наиболее оптимальным способом снизить нагрузку на природные и озелененные территории в городе является организация мероприятий по благоустройству таким образом, чтобы распределение рекреантов по площади той или иной территории с учетом различных видов отдыха и потребностей населения практически не влияло на состояние этих территорий. Так, даже на небольшой территории с высокой проходимостью нагрузка может быть снижена за счет её грамотного распределения, и наоборот, на необустроенных территориях с неорганизованной дорожно-тропиночной сетью, отсутствием МАФ, спортивных площадок и иных специальных сооружений, будут возникать стихийные протаптывания, на таких территориях выше риск пожаров, замусоривания.

Учитывая различные причины избыточных рекреационных нагрузок на объекты природного комплекса и особо охраняемые природные территории в Москве, сделан вывод, что выбрать оптимальный для всех объектов природного комплекса вариант развития рекреационных зон невозможно. Для каждой территории должен разрабатываться свой вариант развития рекреационных зон и благоустройства, в соответствии с её категорией, особенностями расположения, в том числе протяженностью и наличием поблизости крупных транспортно-пересадочных пунктов, метро, количеством населения в прилегающих районах, протяженностью дорожно-тропиночной сети и т.д. Иным методом решения дефицита зеленых рекреационных зон является создание новых озелененных территорий, как в жилых кварталах – для отдыха населения вблизи дома, так и вдоль особо охраняемых природных территорий – в целях разгрузки природных участков, расположенных по периметру границ крупных природных участков.

#### **Литература**

1. МГСН 1.02-02 «Нормы и правила проектирования комплексного благоустройства на территории города Москвы», утвержденных Постановлением Правительства г. Москвы от 6 августа 2002 г. № 623-ПП.
2. Разработка научно-обоснованных методических рекомендаций и предложений по определению рекреационной емкости и рекреационной нагрузки на природных и озелененных территориях города Москвы [Текст]: отчет о НИР/ ЗАО «НИИПИ ИГСП»; рук. Курбатова А.С.; исполн.: Курбатова А.С. [и др.]. – М., 2014. – 267 с.

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ХОЗЯЙСТВА КАБАРДИНО-БАЛКАРИИ НА СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

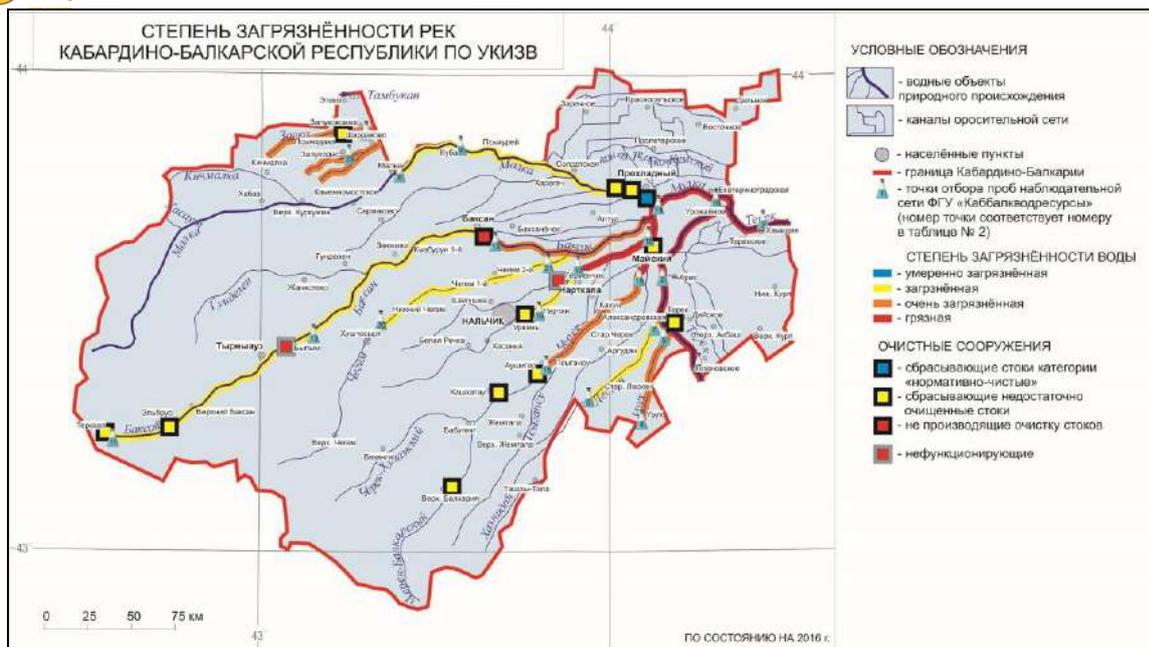
*Журавский С.В.\* (магистрант, МГРИ, sergei-zhuravskii@mail.ru),*

**Аннотация:** Основными отраслями хозяйства Кабардино-Балкарии, оказывающими негативное воздействие на компоненты природной среды, являются промышленность, сельское хозяйство и предприятия ЖКХ. Учитывая то, что республика является курортным регионом нашей страны, сохранение высокого качества водных ресурсов и водных объектов на её территории является одной из важнейших задач. В ходе данной работы были проанализированы факторы негативного воздействия на водные объекты и произведена оценка оказываемого ими негативного воздействия.

**Ключевые слова:** водные объекты; оценка воздействия; Кабардино-Балкарская Республика

Водные объекты Кабардино-Балкарии представлены пресными и минеральными подземными водами, ледниками, малыми озёрами и обширной речной сетью. Территория обладает высокой обеспеченностью ресурсами подземных вод питьевого качества. Запасы эксплуатируемых месторождений подземных вод позволяют откачивать 1413,0503 тыс.м<sup>3</sup>/сут. (обеспеченность на человека 1,7 м<sup>3</sup>/сут.), обеспеченность населения по прогнозным запасам на человека достигает 5,5-5,8 м<sup>3</sup>/сут. Геологическое строение территории обеспечивает высокую защищённость подземных вод, а воздействие оказываемое отраслями хозяйства заключается исключительно в заборе воды для производственных нужд и питьевого водоснабжения. Состояние ледников республики характеризуется как условно чистые, что обеспечено их удалённостью от производственных объектов ввиду расположения на высокогорьях. Озёра имеют малый размер и преимущественно расположены в горной части, ввиду чего практически не задействованы в хозяйственной деятельности. Основным объектом испытывающим негативное воздействие отраслей хозяйства республики является речная сеть, используемая для орошения полей, обеспечивающая водой промышленные предприятия республики и используемая для водоотведения промышленных и бытовых стоков. Таким образом, данное исследование было сфокусировано на изучении состоянии вод речной сети и воздействие на неё различных отраслей хозяйства Кабардино-Балкарии.

В ходе работы была произведена оценка влияния на речную сеть таких отраслей хозяйства как промышленность, сельское хозяйство и ЖКХ. По результатам исследования была построена картосхема степени загрязнённости рек Кабардино-Балкарии по значению удельного комбинаторного индекса загрязнённости воды (рис. 1).



**Рисунок 1.** Степень загрязнённости рек Кабардино-Балкарии по значению удельного комбинаторного индекса загрязнённости воды

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы:

1. Воздействие на подземные воды, главным образом, оказывают такие отрасли как промышленность и ЖКХ. Воздействие ограничивается забором воды для обеспечения производственных циклов и питьевого водоснабжения.

2. Основными загрязнителями поверхностных водных объектов являются предприятия жилищно-коммунального хозяйства и промышленного производства, сбрасывающие сточные воды недостаточной степени очистки, а в некоторых случаях воды без очистки, в водные объекты республики. Помимо этого негативное воздействие оказывает сельское хозяйство, в ходе деятельности которого образуется загрязнённый удобрениями смыв с полей и территорий фермерских хозяйств. Действующая мониторинговая сеть не способна выделить данный показатель в отдельность, но способна выявить типичные для данного фактора загрязняющие вещества на действующих пунктах отбора проб.

3. Наиболее загрязнённым водным объектом КБР на сегодняшний день является р. Урвань (приток р. Черек), в которую отводятся недостаточно очищенные сточные воды с очистных сооружений города Нальчик и стоки города Нарткала без очистки. Поступающие загрязнения оказывают отрицательное влияние не только на р. Урвань, но и на качество воды в нижнем течении р. Черек и р. Малка.

4. Сравнение полученных данных о загрязнённости поверхностных водных объектов с аналогичной картосхемой 2007 года позволило сделать вывод о снижении качества поверхностных вод в республике. Помимо реки Урвань, воды которой многие годы характеризуются как «грязные», на сегодняшний день «грязными» характеризуются воды участков нижнего течения рек Малка, Черек, Баксан и вся протяженность реки Терек в пределах КБР. Значительно снизилось качество вод рек Золка и Мокрая Золка.

5. Для улучшения качества поверхностных вод в Кабардино-Балкарии главным образом необходима глобальная реконструкция очистных сооружений республики, восстановление и запуск нефункционирующих очистных сооружений.

### Литература

1. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Кабардино-Балкарской Республики в 2014 году / Министерство природных ресурсов и экологии КБР. — Нальчик: Издательство «Нальчик» — 311 с
2. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Кабардино-Балкарской Республики в 2016 году / Министерство природных ресурсов и экологии КБР. — Нальчик: Издательская типография «Принт Центр» — 260 с
3. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Кабардино-Балкарской Республики в 2017 году / Министерство природных ресурсов и экологии КБР. — Нальчик: Издательская типография «Принт Центр» — 291 с
4. Росстат Кабардино-Балкария [Электронный ресурс] - Режим доступа: [http://kbr.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/kbr/ru/statistics/](http://kbr.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/kbr/ru/statistics/)- Дата обращения: 01.12.2018.
5. ФГУ «Каббалкводресурсы» [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.kbvr.ru/>- Дата обращения: 29.11.2018.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ МЕТОДОМ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРИ КАРТИРОВАНИИ ПОЧВ

*Иванов А.А.\* (ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе», ivanov\_mgri@mail.ru),  
Кремнев Д.В. (ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе», ledbtx007@mail.ru),  
Изотов Г.С. (ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе», ingeofiz@gmail.com)*

**Аннотация.** В настоящее время геофизические исследования все чаще применяются в агрокомплексе. Наиболее востребованным методом является электроразведка. Объектом исследований является самая верхняя часть разреза – почва. Удельное электрическое сопротивление почвы зависит от состава почвы, влажности, минерализации, температуры. Это определяет круг задач исследований, связанный с картированием почв по типам, определением качества полива, контролем за внесением удобрений, выявлением загрязнений. Применение геофизических экспресс-технологий позволяет быстро проводить исследования на больших площадях.

**Ключевые слова.** Электроразведка, метод сопротивлений, электротомография, удельное электрическое сопротивление (УЭС), почва.

Объекты исследования в сельском хозяйстве, в отличие от месторождений, инженерно-геологических объектов и др., характеризуются небольшой глубиной исследования при больших площадях, что накладывает свои особенности в проведении работ. Верхний слой разреза достаточно динамичен. В течении дня меняется его температура и влажность, что приводит к заметным изменениям удельного электрического сопротивления. Эти обстоятельства обуславливают высокую скорость геофизических исследований при очень плотной сети наблюдений. Наиболее часто применяется электроразведка методом сопротивлений, как простой с точки зрения проведения работ и обработки результатов метод.

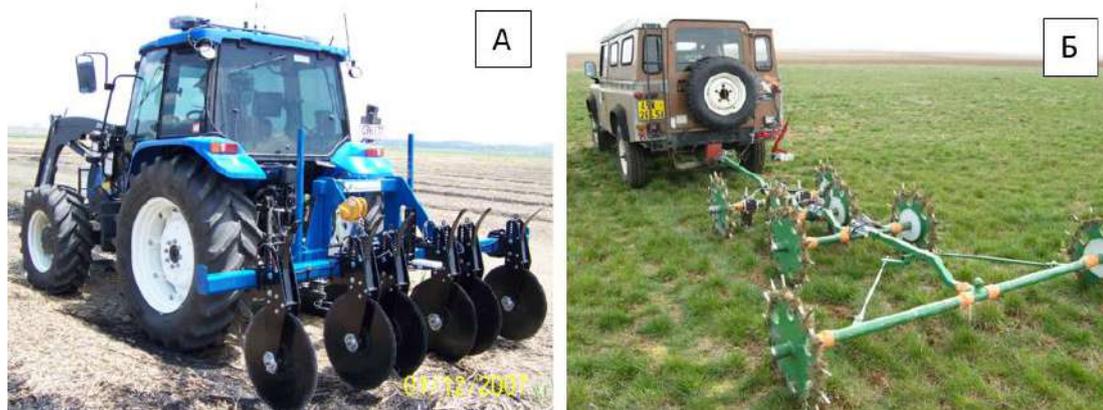
Основной методикой, обеспечивающей высокую скорость работ, является электропрофилирование, которое может проводиться в двух и трехразном варианте в точечном или непрерывном режиме.

Большая скорость перемещения электроразведочной установки по полю требует высокую скорость измерений, что вынуждает переходить в область более высоких частот работ генератора электрического поля.

Основная проблема при непрерывном режиме – это необходимость постоянного гальванического контакта электродов с почвой при перемещении. Существует несколько систем, которые объединяет способ контакта с разрыхленной почвой – металлические диски-электроды [1] (рис. 1) и для непаханой земли – колеса с электродами [2] (рис. 2).

Есть удачные попытки создания 5-и и более разносных систем (GEOPHILUS system), которые уже ближе к зондированиям в непрерывном режиме. [3]. В основе этой системы лежит дипольная экваториальная установка. Для системы GEOPHILUS сетка разносов составляет 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 и 2.5 м.

С целью детального изучения почвенного разреза в выявленных аномальных зонах применяется методика электротомографии с расстояниями между электродами не более 20-30 см [4]. Электротомография позволяет с высоким разрешением расчленить почвенный разрез, выделить в разрезе зоны повышенной влажности и загрязнения.



**Рисунок 1.** Системы непрерывного электропрофилирования: А – Veris 3100 Soil ECa Mapping System, Б – Multidepth Continuous Electrical Profiling (MUCER).

Используя петрофизическое моделирование почв, рассматривая связи между удельными электрическими сопротивлениями и такими параметрами почв как глинистость, влажность, минерализация, ионно-обменная емкость, можно переходить к построению карт распределения этих параметров, которые более понятны агрономам, почвоведом. Изучая аномальные характеристики перечисленных выше свойств можно делать выводы о загрязнении почв, например, нефтепродуктами [5].

В качестве примера рассмотрим результаты электроразведки, выполненной в Подмосковье на территории Подольского лесничества.

Электроразведочные работы методом двуразносного симметричного электропрофилирования для целей картирования почв и электротомографии для детализации выделенных аномальных участков выполнялись в Подмосковье на территории Подольского лесничества. Участок представляет собой лесную поляну, размерами примерно 100 на 200 м. Визуально, по характеру растительности и рельефу, смена почв не отмечается.

Электропрофилирование выполнялось с разносами АВ равными 0,5 и 1 м. Шаг между точками наблюдения составил 2 м. между профилями – 5 м. По результатам работ были построены карты кажущихся электрических сопротивлений. На обеих картах можно выделить две области изменений сопротивлений. На карте с большим разносом граница между областями наиболее выраженная. Граница между областями проходит с юго-востока на северо-запад, деля участок примерно на две одинаковые по площади области.

Область более низких сопротивлений (120-150 Ом\*м) располагается в юго-западной части. Для северо-восточной части участка характерны сопротивления 200-230 Ом\*м. Скорее всего изменения сопротивлений вызваны разной степенью оподзоленности почв.

Электротомография выполнялась по профилю, расположенному поперек выделенной электропрофилированием границы для детального изучения характера сочленения разных типов почв. В процессе работы применялась 48-ми электродная электроразведочная станция «Омега48». Наблюдения выполнялись с использованием трехэлектродной установки. Расстояние между электродами составляло 10 см. Глубинность составила примерно 1,1 м. Профили обрабатывались несколькими расстановками. Переход с одной расстановки на другую осуществлялся с перекрытием 50%.

Анализируя разрез можно отметить следующие особенности распределения удельных электрических сопротивлений.

Геoeлектрический разрез имеет трёхслойное строение (рис. 2). Верхний слой имеет мощность около 20 см и значения сопротивлений, лежащих в диапазоне 70-100 Ом\*м. Средний слой, мощностью около 40 см, характеризуется повышением значений УЭС до 150-220 Ом\*м. Более низкие значения сопротивлений этого слоя тяготеют к юго-западной части участка. В основании разреза отмечается снижение значений сопротивлений до 40-70 Ом\*м. Такие сопротивления характеризуют положение грунтов, представленных покровными суглинками, которые подстилают почвы.

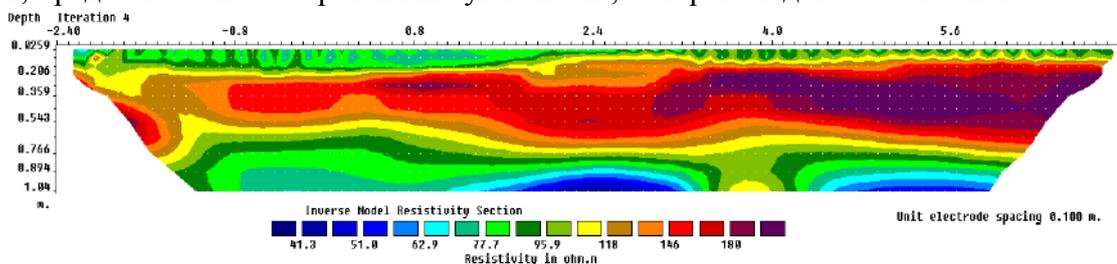


Рисунок 2. Результат автоматической инверсии.

Изменения сопротивлений в среднем слое можно охарактеризовать сменой оподзоленности почв, вызванной разной парцеллярной приуроченности областей участка работ в прошлом, либо поэтапной вырубке леса.

Результаты работ были подтверждены закладкой почвенных разрезов. Точность определения границ по результатам электротомографии составила около 5-10 %. По данным исследований почвы дерново-подзолистые.

### Выводы

Электроразведка показывает высокую эффективность в сельском хозяйстве и почвоведении. Дальнейшее развитие геофизических исследований в сельском хозяйстве и почвоведении заключается в комплексировании электроразведки методом сопротивлений с другими геофизическими методами (метод вызванной поляризации, эм методы, георадиолокация, магниторазведка и др.), что позволяет применять методы классификации, распознавания образов и компонентного анализа в обработке полученных результатов. Такой подход позволит повысить надежность результатов и расширить круг решаемых задач.

### Литература

7. D. LUND, E & D. CHRISTY, C & E. DRUMMOND, P. (1999). Practical applications of soil electrical conductivity mapping. Proceedings of the 2nd European Conference on Precision Agriculture
8. G. Grandjean and DIGISOIL Team. (2011). Scientific synthesis of the DIGISOIL project. Report N° FP7-DIGISOIL-D5.1; 54 pages.
9. Lück, Erika & Joerg, Ruehlmann. (2013). Resistivity mapping with GEOPHILUS ELECTRICUS – information about lateral and vertical soil heterogeneity. Geoderma. 199. 2–11. 10.1016/j.geoderma.2012.11.009.
10. Иванов А.А. Опыт применения электроразведки при изучении почвенного разреза. В сборнике: Геофизика и МГРИ. 100 лет вместе: Материалы Всероссийской научно-практической конференции и выставки, МГРИ-РГГРУ, г. Москва / МГРИ-РГГРУ; Москва: Изд-во МГРИ-РГГРУ, 2018. – 162 с.
11. Ivanov A.A., Shirobokov M.P. Geophysical methods of detection of oil contamination on the example of waste disposal site of Priobskoye field. (2013). Global View of Engineering Geology and the Environment - Proceedings of the International Symposium and 9th Asian Regional Conference of IAEG, pp. 691-693.

## ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТУРИЗМ ПО ХИБИНСКИМ ТУНДРАМ

*Казаков А.В.\* (ФБГУН Минмузей РАН, geology07@ya.ru)*

### **Аннотация**

Среди разнообразных направлений туризма именно междисциплинарные направления смогут захватить наибольшую аудиторию. Одним из таких направлений является геоэкология. Для проведения геоэкологических туров необходим выбор объекта по ряду важных критериев, среди которых интересная история, яркие особенности природы и наглядные примеры антропогенной нагрузки. Таким объектом являются Хибинские тундры. В статье рассматриваются важнейшие аргументы в пользу значимости Хибин как объекта геоэкологического туризма и объекта практик для студентов экологических специальностей, а также демонстрируются варианты туристических маршрутов.

### **Ключевые слова**

Геоэкология, Хибины, туризм, маршруты

Целью развития геоэкологического туризма является ознакомление участников туристических программ с проблемами рационального природопользования и воспитание экологического мышления.

Для достижения цели ставятся следующие задачи: просвещение в области наук о Земле с акцентом на геологию полезных ископаемых; просвещение в области биологических наук с акцентом на экологию; просвещение в области геоэкологии с акцентом на теоретические основы рекультивации нарушенных земель.

Несмотря на интенсивное развитие экологического, геологического и иных специфических видов туризма, именно геоэкологическая направленность на рынке не представлена пока должным образом. Проведенные автором опросы посетителей геологических музеев, а также экскурсантов геологических и экологических туров показывают интерес населения именно к междисциплинарным туристическим направлениям и тем проблемам, которые затрагивает геоэкология. Геоэкологический туризм может играть роль не только научно-популярного вида досуга, но и выполнять функцию учебной практики с полевым и камеральным этапами для студентов соответствующего профиля.

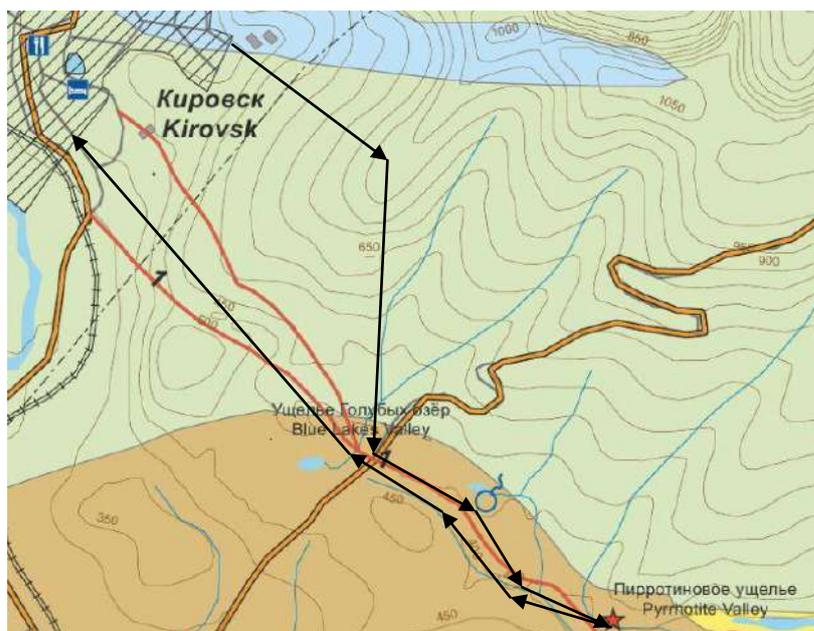
Хибинские тундры представляются автору одним из наилучших объектов геоэкологического туризма. Хибины географически совпадают с крупнейшим в мире массивом апаитовых щелочных пород, и включают в себе колоссальные запасы апатитовых руд, а также являются одним из привлекательнейших объектов для коллекционеров минералов. Рельеф Хибин многообразен, формы рельефа легко доступны пешему туристу и прекрасно обустроены. Особое место в рельефе Хибинских тундр занимают эрозионные ледниковые формы, которые большинство жителей равнин не имеют возможности наблюдать воочию. Природа Хибин чрезвычайно разнообразна. На площади около 1300 км<sup>3</sup> участники туров или студенты на практике смогут увидеть арктическую пустыню, тундру, альпийские луга и даже леса. Уже почти век идет хозяйственное освоение Хибин – люди разрабатывают руды, прокладывают дороги, формируют рекреационную среду и многое другое. В шаговой доступности от города Кировск находятся интересные исторические и современные объекты инфраструктуры, посещение многих из них совершенно свободное и безопасное. Со склонов гор открываются техногенные панорамы – без труда можно

наблюдать хвостохранилища, горные выработки и так далее. Важно, что только туристические программы геоэкологической направленности смогут охватить все обозначенные выше аспекты, и связать их с точки зрения рационального природопользования.

В июле 2018 года автор проводил геолого-минералогические туры в Хибинах в качестве гида-экскурсовода от организации ООО «Норд Стоун». Эта деятельность позволила оценить важность и преимущество геоэкологического туризма и геоэкологических учебных практик. Расположение города Кировск Мурманской области настолько удобно, что проживающие в хостеле или гостинице экскурсанты (или студенты) смогут без ночевки в тундре и интенсивных марш-бросков посетить десятки интереснейших природных и техногенных объектов и в то же время не чувствовать близость города во время маршрута.

Среди множества вариантов экскурсионных маршрутов хотел бы уделить особое внимание двум, начинающимся прямо с улиц города.

Один из маршрутов можно начать с Нагорного переулка у подножья горы Айкуайвенчорр (см. рис. 1). Следуя маршруту участники тура поднимаются по некрутому западному склону горы. Поднявшись к станции канатной дороги горнолыжного курорта Большой Вудъявр участники смогут охватить взглядом панораму города Кировск с прилегающими территориями. Далее маршрут пройдет в южном направлении спускаясь к долине реки Айкуайвенйок. С южных склонов горы Айкуайвенчорр открывается вид на хвостохранилище, над которым в сухую погоду поднимаются грандиозные клубы пыли. Далее проследуем по долине реки Айкуайвенйок вниз по течению до заброшенных горных выработок в Пирротиновом ущелье. Обратный путь пройдет вверх по течению через «долину голубых озер» к 12 микрорайону города Кировск. Пройдя путь длиной всего лишь около 10 км экскурсанты на реальных примерах ознакомятся с особенностями геологического строения внешнего «кольца» Хибинского щелочного массива, побывают в нескольких природных зонах, узнают историю Пирротинстроя, и смогут оценить масштабы разрушительной антропогенной нагрузки на хрупкую природу Заполярья.



**Рисунок 1.** Схематическое изображение первого предлагаемого маршрута на геологической карте Хибинских тундр [1].

Другой маршрут удобно начать с улицы Лабунцова и перейдя через железнодорожные пути подняться на гору Вудъяврчорр (см. рис. 2). Далее путь пролегает на север по склону горы, а справа откроется живописный вид на озеро Большой Вудъявр. Важно не пропустить удобный спуск к Полярно-альпийскому ботаническому саду-институту им. Н. А. Аврорина. После посещения ботанического сада экскурсанты проследуют к западным берегам озера Малый Вудъявр и вплотную подойдут к величественным циркам восточных склонов горы Тахтарвумчорр, в одном из которых гид или преподаватель покажет заброшенные горные выработки Молибденитового рудника. Обойдя озеро Малый Вудъявр с севера маршрут выведет на довольно комфортную грунтовую дорогу в сторону Кировска на правой обочине которой в приметном месте расположен мемориальный знак станции Академии наук «Тьетта», которая была заложена А.Е. Ферсманом и его соратниками. Далее дорога выведет на Ботаническую улицу и остановку общественного транспорта «Тирвас». Этот вариант маршрута будет удобен для объяснения геологического строения соответствующей части Хибин, раскрытия многообразия растительного мира Заполярья, погружения в историю освоения края и демонстрации разнообразных ледниковых форм рельефа.

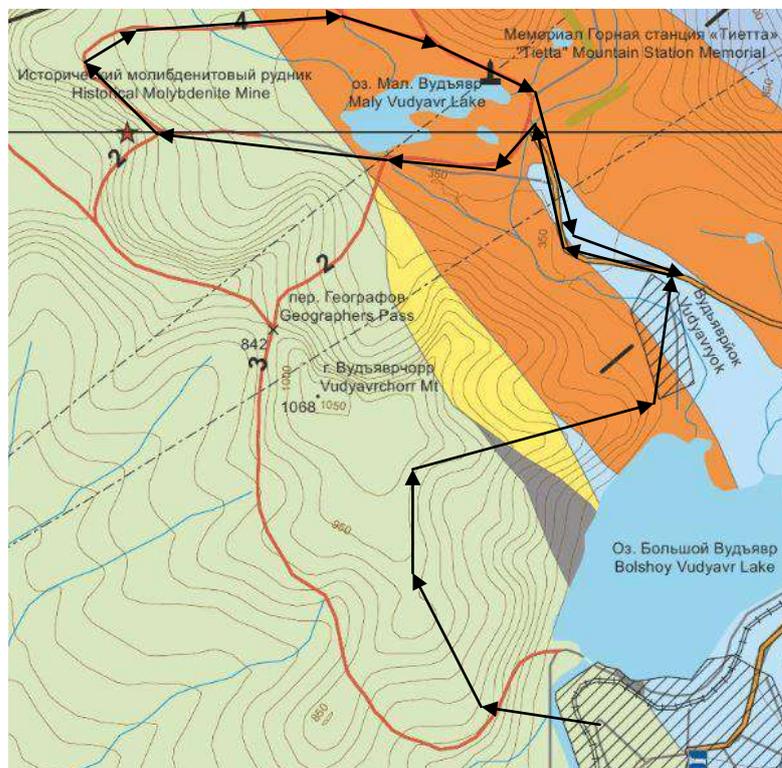


Рисунок 2. Схематическое изображение второго предлагаемого маршрута на геологической карте Хибинских тундр [1].

Подводя итоги, хотелось бы выразить надежду, что геоэкологический туризм по Хибинским тундрам окажется интересным не только любителям научно-популярных туров, но и будет важным подспорьем для экологических направлений Высших учебных заведений.

### Литература

1. Хибинские тундры. Геологическая карта. 1 : 50 000 // Геологическая служба Финляндии и Геологический институт Кольского научного центра Российской академии наук. 2014. АО «Грано».

## МЕТОДИКА УСТАНОВЛЕНИЯ ГРАНИЦ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ С ЦЕЛЮ ПОСТАНОВКИ НА ГКУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ LANDSAT

*Калимуллина Г.И. (Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань; ООО «ЭкоЛидер», г. Казань; tanasik.com@mail.ru)*

**Аннотация:** В статье подробно описана новая методика определения береговой линии водных объектов с целью их постановки на государственный кадастровый учет. В основу методики положен анализ разновременных и разносезонных материалов дистанционного зондирования Земли. Определение границ выполнено средствами цифрового моделирования рельефа и геоинформационного картографирования.

**Ключевые слова:** водный объект, береговая линия, кадастровый учет, дистанционное зондирование Земли, цифровая модель рельефа.

Водное право имеет долгую историю, поскольку еще на ранних этапах существования человеческой цивилизации люди начали задумываться о состоянии водных объектов и применяли некоторые формы правового регулирования (1). Водные объекты очень важны, так как вода – это наиболее часто используемый человеком ресурс, поэтому их защита – важная и первостепенная задача. Защищать водные объекты и прилегающие к ним земли необходимо от загрязнения и засорения, деградации, истощения их вод. Реализовывается эта защита путем установления охранных зон вблизи водных объектов с ограниченной хозяйственной деятельностью, а также путем определения точного положения границы водного объекта для исключения захвата береговой линии. Самое важное в этом деле, чтобы зоны и береговая линия были поставлены в Единый государственный реестр недвижимости (ЕГРН) на государственный кадастровый учет (ГКУ), чтобы закрепить и зарегулировать земельные отношения около водного объекта.

Основой установления границы водного объекта является Постановление Правительства РФ от 29 апреля 2016 г. №377 «Об утверждении правил определения местоположения береговой линии...» (2). Береговая линия реки, ручья, канала, озера и обводненного карьера рассчитывается по среднему многолетнему уровню вод за безледный период. Однако ни в одном из нормативных документов не оговорено какими именно способами и методами устанавливаются границы.

В последнее время активно развиваются технологии космического зондирования и автоматизированная обработка их материалов, причем большое внимание стало уделяться изучению геосистем и их компонентов, в том числе водным объектам. Сейчас космические снимки используют для мониторинга опасных гидрологических явлений или периодических изменений характеристик водных объектов.

В данной работе представлена универсальная методика определения береговых линий водных объектов на основе разновременных данных дистанционного зондирования Земли с возможностью постановки границ на ГКУ. Имеющиеся данные позволяют утверждать, что на сегодняшний день опубликованные результаты выполнения подобных работ в отечественной литературе отсутствуют.

Для установления местоположения береговой линии применяется картометрический способ определения координат границы водного объекта с использованием актуального картографического материала наиболее крупного масштаба, а также данных дистанционного зондирования Земли, имеющих в отношении соответствующей территории в федеральном или ведомственных картографо-геодезических фондах. (2) Однако, в указанных фондах формируются

архивы панхроматических аэрофотоснимков. На таких снимках отсутствуют сведения о спектральной яркости объектов и, таким образом, сами снимки для массового автоматизированного дешифрирования береговых линий практически непригодны. Кроме того, следует иметь в виду, что в фондах Росреестра фактически отсутствуют разновременные изображения одной и той же территории за длительный период. По существующим требованиям к обновлению топографических карт периодичность аэрофотосъемки, как основного источника исходных сведений для такого обновления, составляет 10-25 лет в зависимости от степени освоенности территории. Подытоживая сказанное, можно сделать следующий вывод: имеющиеся на территорию РФ официальные материалы дистанционного зондирования Земли не могут быть использованы для решения поставленной задачи.

В данной работе для оценки многолетних колебаний уровней воды и связанных с ними смещений береговых линий использованы разновременные снимки, полученные со спутников Landsat (3). Разрешающая способность снимков Landsat составляет 15 м в панхроматическом и 30 м в мультиспектральном канале.

Для исследуемого водного объекта подбирается комплект разносезонных снимков, охватывающих все фазы водного режима безледного периода (от многоводных до маловодных) за как можно больший период. При подборе снимков на акваторию конкретного водного объекта неизбежно происходит отсев большинства снимков по условиям облачности и качества изображения; на практике обычно удается составить комплект из не более чем 15–20 разновременных снимков, пригодных для обработки.

Дальнейшая работа может производиться в любом ГИС-пакете, предусмотренном для обработки снимков. В исследовании использовалась программа ERDAS Imagine. Выбор именно этого продукта основывался на том факте, что на сегодняшний день ERDAS Imagine лидирует среди используемых в мире программных средств обработки изображений.

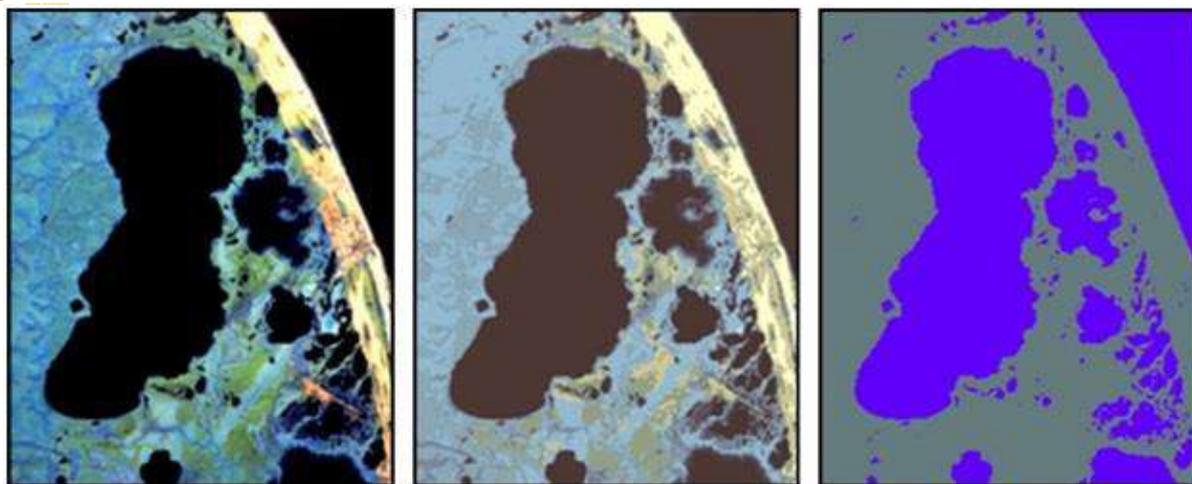
Для выполнения процедуры синтезирования выбирают 3 зональных изображения, которые рассматривают как красную, зеленую и синюю составляющую палитры RGB. Изображения преобразовываются путем цветового синтеза в сочетании 7 (Red), 5 (Green) и 4 (Blue) каналов для снимков Landsat 7 ETM+, 7 (Red), 6 (Green) и 5 (Blue) – для Landsat 8 OLI. Получаемое цветное изображение способствует лучшей идентификации объектов съемки (4).

Зачастую, исследуемая территория захватывает не один снимок, а два и более, особенно это бывает при большой области интереса. В таких случаях сшивается мозаика. В области перекрытия снимков вычисляется среднее значение яркостей пикселей, расположенных один над другим

На этапе синтезирования снимки имеют невысокое тридцатиметровое разрешение. Для улучшения снимка, необходимо использовать 8-ой панхроматический канал с более высоким разрешением в 15 м. В ERDAS Imagine возможно слияние разрешений, в результате которых снимок становится более четкий.

Дешифрирование водных объектов проводится на основе метода автономной кластеризации ISODATA. Кластеризация представляет собой разбиение пикселей изображения по классам в соответствии с отражательной способностью каждого из них. В параметрах задается число классов, максимальное количество итераций и порог сходимости. В последующем производится наложение классифицированного изображения на исходный снимок и экспертное определение тех классов, которые соответствуют водной поверхности.

На завершающем этапе переклассификации классам, соответствующим водной поверхности, присваивается код «1», всем остальным классам – код «0» (Рисунок).



**Рисунок.** Пример выделения водных объектов методом ISODATA  
(Слева направо: исходный снимок, результат кластеризации, тематический растр)

Полученный тематический растр конвертируется в векторный формат, все лишние объекты удаляются, остаются только интересующие водные объекты. Затем векторный слой сглаживается (подвергается генерализации) для устранения «пиксельной» структуры.

Таким образом для всех исследуемых объектов строятся береговые линии, каждая из которых фиксирует положение берега в одну из дат той части года, когда водный объект не покрыт льдом, за многолетний период. Полученные береговые линии для нахождения отметок уровня накладываются в последующем на цифровую модель рельефа (ЦМР), построенную на вдольбереговые участки озерных котловин. В настоящем исследовании исходными сведениями для составления ЦМР послужили данные радиолокационной съёмки со спутника SRTM 1-Агс. По своим масштабным возможностям модель очень близка к топографическим картам масштаба 1:25 000. Из всех доступных нам источников сведений о рельефе этот - самый детальный.

Путем наложения на ЦМР полученных с разновременных космических снимков береговых линий озер для последних вычисляется уровень на дату залета. В последующем по ряду суточных значений уровней воды определяется средний уровень, который принимается в качестве искомого среднего многолетнего уровня воды за безледный период.

Для оценки правильности полученных результатов необходимо оценить графики связи между уровнем воды в озере и площадью озерной акватории на отдельные даты. График должен иметь вид возрастающей прямой. По графику отсеиваются такие снимки, которые заметно дальше лежат от усредняющей прямой – это могут быть либо ошибочные снимки, либо ошибки в дешифрировании.

После определения береговых линий необходимо разместить опорные точки по границе исследуемых водных объектов. В качестве опорных точек приняты узловые повороты (изменения направления) береговой линии. Общее количество точек должно обеспечивать среднюю плотность расстановки одной точки через каждые 2–2,5 м длины берега.

В результате выполнения работ по определению местоположения береговой линии осуществляется описание ее местоположения, подготавливается каталог координат опорных точек и формируется пояснительная записка с учетом требований, установленных уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти. Эти требования сформулированы в Приказе

Минэкономразвития № 164 «Об утверждении требований к описанию местоположения береговой линии...» (5).

Описание местоположения береговой линии (границы водного объекта) осуществляется в бумажном и электронном виде (в том числе в виде файлов с использованием схем для формирования документов в формате XML, обеспечивающих считывание и контроль содержащихся в них данных). Однако в настоящее время XML-схема не сформирована, используемая для формирования XML-документов, для внесения в ЕГРН береговых линий, и находится на стадии разработки с 27 мая 2016 г. (6). Результаты работ по установлению местоположения береговой линии (границы водного объекта) направляются их заказчиком в месячный срок со дня завершения таких работ в орган государственной власти, осуществляющий установление местоположения соответствующей береговой линии. Местоположение береговой линии (границы водного объекта) считается определенным со дня внесения сведений о местоположении береговой линии (границы водного объекта) в ЕГРН (2).

Методика, представленная в работе, может стать основой для создания одной из законодательно утвержденной процедуры определения границ водных объектов с целью постановки на государственный кадастровый учет.

Все исходные данные и материалы, полученные в ходе работ, по своему качеству позволяют определить границы водных объектов с точностью, необходимой для их внесения в Государственный водный реестр и для постановки на государственный кадастровый учет.

В дальнейшем разработанная методика может быть использована в схожих технических работах, целью которых является определение границ объектов, например, лесных массивов, болот и других.

### Литература

1. Сиваков Д.О. Водное право: учебно-практическое пособие. М.: Юстицинформ, 2007. 262 с.
2. Об утверждении Правил определения местоположения береговой линии (границы водного объекта), случаев и периодичности ее определения и о внесении изменений в Правила установления на местности границ водоохранных зон и границ прибрежных защитных полос водных объектов: постановление Правительства РФ от 29 апреля 2016 г. №377 // Собрание законодательства РФ. – 2016. - №19.
3. EarthExplorer. U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey: official site, 2017. URL-адрес: <https://earthexplorer.usgs.gov> (дата обращения 17.12.2018).
4. Лурье И.К., Косиков А.Г. Теория и практика цифровой обработки изображений/Дистанционное зондирование и географические информационные системы. Под ред. А.М.Берлянта. - М.:Научный мир, 2003. - 168 с., с. цв. вкл.
5. Приказ Минэкономразвития России от 23 марта 2016 г. №164 Об утверждении требований к описанию местоположения береговой линии (границы водного объекта)// Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. – 2016. – №24.
6. РОСРЕЕСТР, 2007 – URL: <https://rosreestr.ru/site> (дата обращения 17.12.2018).

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ДОБЫЧИ СИНТЕТИЧЕСКОЙ НЕФТИ В РОССИИ

*Муфазалова Р.И.\* (ФГБОУ ВО « Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»,  
mufazalova.rimma@mail.ru),*

*Аполлонова Н.В. (ФГБОУ ВО « Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе», kokoc525@mail.ru),  
Калинина М.С. (ФГБОУ ВО « Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе», kalininamaryia@gmail.com)*

### **Аннотация**

В статье рассматриваются основные способы получения синтетической нефти из природного газа, угля и биоматериалов. Производится анализ мирового и российского рынков синтетической нефти. Описываются перспективы развития отрасли в России.

### **Ключевые слова**

Синтетическая нефть, промышленная переработка, альтернативная энергетика  
GTL, CTO, BTL.

В настоящее время проблема нехватки энергоресурсов стоит достаточно остро. Так, при добыче ресурсов происходят воздействия на природу, аналогичные геологическим процессам. Необходимость использования природных ресурсов будет с каждым годом только возрастать, поэтому на сегодняшний день важнейшим вопросом является организация системы, определяющая эффективность комплексного и экологически рационального использования природных ресурсов.

Стабильное потребление предполагает приоритетное использование вторичных ресурсов, повторная переработка которых не оказывает столь разрушительного влияния или комплексного использования полезных ископаемых. Геоэтическая проблема состоит в том, что необходимо в полной мере использовать имеющиеся природные ресурсы.

Для России производство высококачественных продуктов из переработанного природного газа, угля и древесины является актуальной задачей, требующей внимания и проведения тщательных расчетов. Переработка этих ресурсов в синтетическую нефть наиболее целесообразна. Во-первых, синтетическая нефть может вывести российский газ на новый уровень коммерческого предложения; во-вторых, Россия имеет крупные месторождения газа и угля, сырье которых может успешно перерабатываться в нефтепродукты премиум-класса.

На сегодняшний день в России расходуется 580 тонн нефти в год, при этом только 60 тонн разведывается на новых месторождениях. Исходя из этого соотношения, можно составить энергетический прогноз: в ближайшие два десятилетия нефть сохранит свою доминирующую роль в мире. Но, к сожалению, сокращение природных запасов необратимо. По данным Exxon Mobil, разведанных запасов хватит лишь на 40 лет, а основной уровень спроса придется уже на 2030-е гг. По этой причине началось глобальное внедрение альтернативных источников углеводородного сырья.

Одним из перспективных аналогов для производства топлива является синтетическая нефть. Синтетическая нефть - вещество из угля, природного газа и древесины. Существуют две технологии получения синтетического топлива: из природного газа GTL (gas - to - oil) и из угля CTO (coal - to - oil). Их использование

требует меньше затрат на извлечение, переработку и транспортировку. Процесс GTL – это

процесс преобразования природного газа в высококачественные углеводородные продукты. На сегодняшний день технология GTL имеет следующие преимущества: во-

первых, GTL не зависит от нефти — синтетическую нефть можно производить из любого материала; во-вторых, продукты, производимые по этой технологии полностью свободны от примесей, то есть, не содержат ни смол, ни бензола, ни серы, что делает продукцию экологически чистой; в-третьих, GTL является альтернативным способом экспорта природного газа, не зависящим от трубопроводов; в-четвертых, благодаря технологии, не приходится сжигать около 140 млрд. м<sup>3</sup> попутного нефтяного газа, а можно получить нефть, которая будет отлично смешиваться с добытой минеральной нефтью и транспортироваться по нефтепроводам.

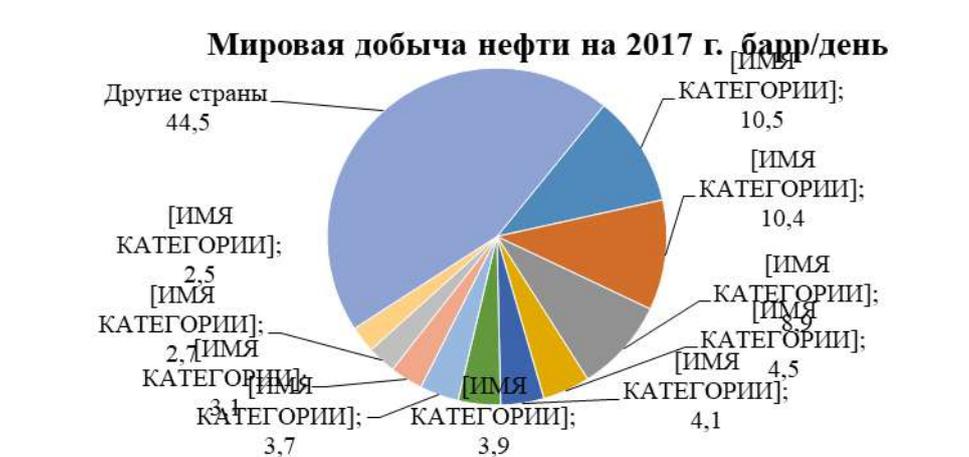


Рисунок 1. «Мировая добыча нефти на 2017г.»

Лидерами по добычи нефти являются Саудовская Аравия и Россия. При современном уровне потребления доказанных мировых запасов нефти хватит лишь на ближайшие 45 лет (Рис 1).

По данным опубликованным British Petroleum в ежегодном глобальном статистическом обзоре мировой энергетики, мировые доказанные нефтяные запасы на 2017 год составляют 1696,6 млрд. баррелей (239,3 млрд. тонн). Больше всего запасов черного золота находится в Венесуэле, на втором месте — страны Персидского залива. Россия находится на восьмом месте по запасам, которые составляют около 90 млн. баррелей (Рис. 2).

Благоприятные условия для создания GTL-технологий производства синтетической нефти возникли благодаря увеличению спроса на жидкие углеводороды.

Продуктами GTL-процесса являются: синтетическая нефть, дизельное топливо, нефтя, смазочные масла. Использование синтетической нефти не допускается на месте, ее необходимо смешивать с добытой минеральной нефтью и транспортировать на переработку. Дизельное топливо, нефть, смазочные масла, наоборот, используют на месте [1].

Основными производителями синтетических жидких топлив, произведенных по GTL-технологии являются компании Sasol, Royal Dutch/Shell, Exxon Mobil, BP, ChevronTexaco3, ConocoPhillips [2].



Рисунок 2. «Мировая запасы нефти на 2017г.»

По прогнозам, мировой рынок продуктов GTL-процесса достигнет 3,2 млрд долларов к 2020 году, в то время как в 2012 году он составил 2 млрд долларов (объем – 10-12 млн тонн), а в 2002 г. производство синтетического топлива в мире и вовсе не превышало 2 млн тонн, что составляло 0,16% от мирового объема производства бензина и дизельного топлива. В РФ перспективы развития сегмента моторных топлив зависят от растущего объема добычи природного и попутного газа, а также существенными запасами угля. Для развития этого направления необходимо создать общественно-законодательную базу, связанную с внедрением технологии использования попутного нефтяного газа, извлекаемого в больших количествах и сопровождающего сырую нефть. Следует принять во внимание, что рынок сбыта синтетической нефти практически неограничен, при том, что цены на жидкие моторные топлива растут. Российский рынок смазочных материалов – крупнейший в Европе и пятый по величине в мире. Годовой спрос в РФ на нынешний момент оценивается в 1,6 млн тонн. Однако GTL - продукция не представляет угрозы для рынка и не составляет конкуренцию, так как установки GTL можно объединять с НПЗ. При этом сырьевым синтетическим газом будут являться продукты газификации низкокачественных тяжелых нефтяных фракций. Также, синтетическое жидкое топливо может перерабатываться и облагораживаться в установках НПЗ, которые уже существовали [3].

Цены на нефть - ключевой фактор развития отрасли. Поэтому проводимые компаниями исследования фокусируются на снижении расходов по эксплуатации установок GTL и на их строительстве. Подобные решения принимаются для того, чтобы предприятия по переводу газа в жидкость стали экономически рентабельными.

Если использовать процессы GTL, то можно вовлечь в разработку дополнительные запасы газа, добыча которых без этих технологий считалась экономически нецелесообразной из-за экономико-географических условий. При добыче нефти в настоящее время на факелах сжигается огромное количество попутного газа. Во-первых, появляется экологический ущерб, во-вторых, безвозвратно теряются ресурсы, что с геозитической точки зрения недопустимо, в-третьих, наносится ущерб экономике добывающих стран [4].

Нафта – второй по значимости GTL-продукт, который является ценным сырьем для нефтехимической промышленности. Она является идеальным сырьем для получения этилена и пропилена. Прочие продукты GTL — смазочные масла и парафины, несмотря на высокие качественные характеристики, имеют ограниченные рынки, и потому, введение новых GTL-мощностей способно вызвать перенасыщение этих рынков.

Причины перспективного развития и внедрения GTL-технологий в России:

1. При прогнозируемом спаде добычи нефти на 2020-2030 гг. одновременно будет увеличиваться спрос на продукты переработки нефти;
2. Ужесточение экологических требований к качеству топлив;
3. Вовлечение в разработку отдаленных труднодоступных месторождений природного газа, расположенных на значительном расстоянии от районов потребления, при отсутствии транспортной инфраструктуры;
4. Потребность в утилизации попутного нефтяного газа.

Следует отметить, что на сегодняшний день в России не существует реализованного в масштабе современного промышленного производства синтетических топлив по технологии GTL [5].

По мнению авторов, Россия имеет большие перспективы в области производства альтернативных видов топлива, так как российские нефтегазовые компании сжигают огромное количество попутного нефтяного газа и имеются многочисленные мелкие газовые месторождения, разработка которых нерентабельна из-за отсутствующей инфраструктуры.

Синтетическая нефть производится не только из природного газа, угля и древесины, но и из различного сырья, например, отработанного масла и других отходов. Утилизация мусора для производства синтетической нефти является прогрессивной технологией в рамках будущей нехватки энергоресурсов, а также охраны окружающей среды. Технология переработки биологических отходов называется «биомасса в жидкость» — BTL (biomass-to-liquid). В настоящее время Германия является лидером в разработке данных технологий.

Процесс BTL применяется для переработки сортированных отходов агропредприятий, заводов по переработке массы, лесозаготовительных и перерабатывающих предприятий. Также технология BTL используется для утилизации сортированных синтетических отходов — моторного масла кораблей, автопокрышек и прочего. На сегодняшний день пока не найдено решение для переработки несортированного мусора в синтетическую нефть, но это достижимо с технологической точки зрения.

#### Литература

1. Брагинский О.Б., Шлихтер Э.Б. Технология «Газ в жидкость» (GTL) // Нефть, газ и бизнес. – 2000. – № 5. – С. 37–40.
2. Exxon Mobil Energy Outlook 2008 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http:// www.exxonmobil.com](http://www.exxonmobil.com).
3. Трифилов Д. А. Экономические перспективы получения жидких углеводородов из природного газа // Экономика вчера, сегодня, завтра. 2011. С 92-98.
4. Водолажский С.В. Альтернативные топлива и перспективы химической переработки угля, попутного и природного газа // Технология нефти и газа. – 2013. – № 1. – С. 3–11.
5. Аполлонова Н.В., Курбацкая М.В. Необходимость развития альтернативной энергетики России с позиции геоэтики. // Сборник материалов XII Международной научно-практической конференции «НОВЫЕ ИДЕИ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ», ч. 2, 8-10 апреля 2015г. С 190.

## ВИДЕОЭКОЛОГИЯ ГОРОДА И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОЗДАНИЮ ВИЗУАЛЬНО БЛАГОПРИЯТНОГО АРХИТЕКТУРНОГО СТИЛЯ

*Крапивнер Е.А. \*, Меланич А.В. \*\* (МГРИ, katerinakrapivner@gmail.com\*,  
anastasiyarussel@gmail.com\*\*)*

**Аннотация.** В работе рассмотрены вопросы экологии визуальной среды. Во время зрительного контакта с различными визуальными средами формируется психологическое, физическое, а также эмоциональное состояние человека. В ходе исследовательской работы по изучению визуальной среды мегаполиса были проведены сравнительные анализы и социальные опросы, изучены современные источники информации. В результате был предложен наиболее благоприятный для восприятия архитектурный стиль.

**Ключевые слова.** Экология города, урбанистический хай-тек, благоприятные визуальные условия.

В обсуждении экологических проблем чаще всего затрагиваются такие темы, как загрязнение различных сред, повышение уровня радиации и шума. Проблема видеоэкологии стала актуальной всего полвека назад. В связи с урбанизацией, человек был оторван от естественной визуальной среды. Этот фактор послужил началом негативного влияния на психологическое здоровье людей, проживающих в городах. («синдром большого города»). Горожане находятся в постоянном визуально-информационном потоке: большое количество рекламных билбордов и афиш, дорожных и предупреждающих знаков, мельтешащих вещей, например, ряды окон в многоэтажках. Однако, законодательством до сих пор не было создано никаких нормативных актов для улучшения и удержания комфортной визуальной среды в зонах плотных застроек, что делает данную тему особенно актуальной.

Ученые отмечают, что за последние полвека произошло резкое ухудшение визуальной городской среды, что плохо влияет на физическое и психологическое здоровье людей [2]. Ряды одинаковых строений, группы домов, выкрашенных в одни и те же цвета заставляют перенапрягаться нервную систему, вызывая негативные последствия. Поверхности, где глазу не за что зацепиться вызывают «зрительное голодание» и формируют нарушение зрения [1].

Целью исследования, проведенного осенью 2018 года, являлось выявление максимально благоприятных визуальных условий для человека в городской среде. В рамках исследования был проведен опрос среди 200 человек, жителей г.Москвы, разделенных на 5 возрастных категорий, по 40 человек в каждой (20 – женщины; 20 – мужчины).

В ходе опроса респондентам предлагалось выбрать один вариант из предложенных на слайдах изображений. Главный критерий выбора: опора на зрительные ощущения. Объект должен был быть максимально приятен для визуального восприятия и не вызывать отвращения, напряжения или раздражения.

Обработка результатов позволила выявить несколько закономерностей:

1. Понижение этажности зданий имеет обратную корреляцию с повышением возраста опрашиваемых.
2. Главными раздражителями – однородные и агрессивные среды.
3. Выявлено нейтральное отношение к отражающим и стеклянным поверхностям.

4. Горожане группы 26-45 лет проголосовали за преобладание плавных линий, а группы 10-25 лет – за острые углы и острые цвета.

5. Предпочтения в цветовой гамме: взрослые – за естественные, юные – за неестественные, вызывающие цвета.

6. Степень плавности линий: взрослые – за плавность, в группе 10-14 лет – разделились на два лагеря в соотношении голосов 50/50.

7. Размер декоративных элементов: все возрастные категории проголосовали за преобладание мелких декоративных элементов.

8. Предпочтительно присутствие геометрии.

9. Предпочтительно присутствие симметрии.

Стоит обратить внимание, что возрастные группы 10-14 и 15-25 находятся в зоне риска с точки зрения медицины. Они выбрали те элементы, которые губительно влияют на психологическое состояние. В связи с этим был проведен дополнительный тематический опрос именно этой возрастной категории. Новое поколение горожан именно так представляет Москву в будущем:

«Думаю, что в будущем Москва будет высокостроенной, все дома будут как Москва-сити», – Дима, 12 лет. «Кажется, что все дома будут стеклянными, торговые центры будут по 500 этажей» – Аня, 15 лет. «В городе будет мало пятиэтажек, вся Москва будет очень высокой», – Андрей, 17 лет. «Зеленые зоны останутся только между домами», – Милана, 13 лет. «Я думаю, что дома будут стеклянными и со стеклянными дверями», – Настя, 20 лет. «Думаю, что все дома будут высокие и будут сделаны из металла и стекла», – Арсен, 17 лет. «Дома будут стеклянными, по 30-40 этажей», – Олеся, 22 года.

Новое поколение не задумывается о зеленых и парковых зонах в городе, зато в их ответах можно заметить нарастающую тенденцию плотной застройки. На подсознательном уровне все респонденты отметили, что высотные дома будут стеклянными.

Исходя из визуальных предпочтений горожан, выявленных в ходе первого и второго опросов, основных характеристик архитектурных стилей, а также технологических тенденций современного городского строительства были сформированы предложения по наиболее экологичному стилю.

Были исключены классицизм, барокко и готика. Несмотря на то, что им присущи наличие мелких деталей и рельефа, за которые могут зацепиться саккады (быстрые, строго согласованные движения глаз, происходящие одновременно и в одном направлении) – эти стили неактуальны для современного города. Остаются три стиля: модерн, хай-тек, неоклассицизм. Авторы предполагают, что больше всего для реновации видеосреды города подходит стиль хай-тек с элементами модерна. Основные черты классического стиля хай-тек: использование высоких технологий в проектировании, строительстве и инженерии зданий и сооружений; прямые линии и формы; широкое применение стекла, пластика, металла; использование серебристо-металлического цвета; высокий прагматизм в планировании пространства.

Для такого организма, как мегаполис, его нужно усовершенствовать и «подогнать» под глаз горожан, чтобы в режиме постоянной суеты, архитектура не нагружала мозг лишней информацией, а наоборот помогала сконцентрироваться на главном. Усовершенствованный архитектурный стиль хай-тек с элементами модерна предлагаем назвать «урбанистический хай-тек». Вот его основные характеристики:

1. Сооружения должны быть высокими, так как количество людей в городах во много раз превышает 1.000.000 и если постройки сделать ниже, чем 7-9 этажей – площадь города придется увеличить, как минимум, в три раза.

2. Отдать предпочтение ударопрочному стеклу. Стекланные поверхности являются отражающими, это сможет уменьшить количество гомогенных сред, а окна – являющиеся монолитами стен (МДЦ «Moscow City») сократят количество агрессивных зон.

3. Из-за плотной застройки и инфраструктуры в городе уменьшается количество зеленых зон и парков. Для улучшения состояния окружающей среды зеленые зоны стоит высаживать между домами (кстати, отсутствие зеленой зоны – это главная ошибка в проектировании Moscow City), вдоль авто и железнодорожных магистралей, создание «зимних садов» в зданиях и на их крышах. На каждого человека должно быть высажено определенное количество деревьев.

4. Преобладание цветовой гаммы – естественное, исключаем варианты цветов «вырви глаз».

5. На стенах жилых домов, офисных зданий должны появляться детали. Для того, чтобы саккады глаз могли зацепиться за них и не теряться в стеклянном пространстве. Витрины магазинов на первых этажах – станут отличным вариантом.

6. Преобладание плавных линий, отсутствие острых углов, нет перенасыщения мелкими деталями.

7. Не стоит исключать постройку бетонных и железобетонных объектов. Жить исключительно в стеклянном городе тоже визуально неблагоприятно. Небольшой контраст должен присутствовать.

8. Высотность города должна возрастать к центру города (исключая исторический центр) и понижаться к периферии. Такой образ застройки поможет «проветривать» город.

9. Бизнес-центры лучше строить в тех местах, где окна смогут выходить не на бесконечные серые дороги и бетонные сооружения, а на зеленые зоны, реки, парки. Это поможет работникам офисов быть более сконцентрированными и работоспособными.

10. Все элементы города должны гармонично сочетаться. Любая строительная площадка должна быть закрыта специальными тканевыми занавесами с изображениями или рекламными щитами (второе – строго на время стройки). Этот метод в настоящее время является самым распространённым в Москве.

11. Зоны нового города в стиле «урбанистический хай-тек» должны дополнять друг друга, тем самым делать город комфортным не только визуально, но и технически.

Видеоэкология влияет на наше состояние и настроение. Может вызывать депрессии или же, наоборот, помогает избежать их. Для каждой возрастной группы своя идеальная визуальная среда. Именно такой визуал нужно учитывать при строительстве и оформлении интерьеров помещений.

#### Литература

1. Kopilkaurokov.ru – Влияние визуальной среды на здоровье человека- Режим доступа: <https://kopilkaurokov.ru/biologiya/meropriyatia/vlianiie-vizual-noi-sriedy-na-zdorov-ie-chielovieka> - Дата обращения: 22.02.2019

2. Экологический клуб «ЭКОС» - Режим доступа: <http://klub-ekos.kgarou-uktu.edusite.ru/p9aa1.html> - Дата обращения: 22.02.2019

## МЕТОД РАСЧЕТА ПОТОКОВ ОСНОВНЫХ ИОНОВ НА ОЗЕРО БАЙКАЛ ПО ДАННЫМ МОНИТОРИНГА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СНЕЖНОГО ПОКРОВА

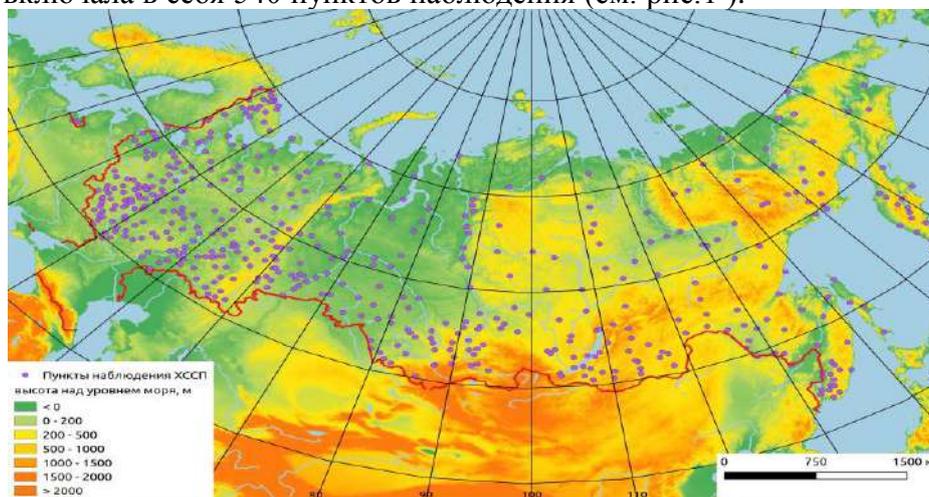
*Кузовкин В.В. (ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля») vladimir.kuzovkin@bk.ru*

### Аннотация

Был разработан алгоритм расчета потока основных ионов из атмосферы на исследуемую поверхность по данным химического состава снежного покрова. С его помощью была произведена оценка среднего многолетнего потока основных ионов ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) на озеро Байкал за период 2000–2017 гг. С помощью разработанного алгоритма показано, что существует тенденция к увеличению потока основных ионов из атмосферы из-за изменения климата на озере Байкал.

**Ключевые слова:** снежный покров, мониторинг химического состава снежного покрова, поток ионов, Байкал, Центральная Байкальская территория, выпадения загрязняющих веществ, моделирование, загрязнение, геоэкология

Снежный покров, как естественный планшет-накопитель атмосферных (снежных осадков), даёт возможность измерять величину сухих и влажных выпадений загрязняющих веществ (ЗВ) и кислотности (рН) атмосферных осадков в холодный сезон. Эти свойства снежного покрова послужили основой для организации в середине 1980-х гг. мониторинга химического состава снежного покрова (ХССП) на территории СССР [1]. ХССП исторически сформирована на базе маршрутных снегомерных съемок и на 2018 включала в себя 540 пунктов наблюдения (см. рис. 1).



**Рисунок 1** Расположение пунктов наблюдений сети мониторинга ХССП

Основной принцип съемки — ландшафтно-маршрутный, при котором исследуются физические параметры снега на основных элементах ландшафта: поле, лес, болота, овраги. Главная цель снегомерных съемок — получить данные о высоте, плотности снега и влагозапасе в районе станции или поста, о временной динамике снегонакопления и снеготаяния. Для определения химического состава снежного покрова (на содержание водородного показателя рН и 9 ионов: сульфатов ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), нитратов ( $\text{NO}_3^-$ ), хлоридов ( $\text{Cl}^-$ ), гидрокарбонатов ( $\text{HCO}_3^-$ ), аммония ( $\text{NH}_4^+$ ), натрия ( $\text{Na}^+$ ), калия ( $\text{K}^+$ ), кальция ( $\text{Ca}^{2+}$ ) и магния ( $\text{Mg}^{2+}$ )) проба на снегомерном маршруте отбирается один раз в конце зимнего периода. Под концом зимнего периода подразумевается условная дата, когда предполагается, что снежный покров достиг

максимального снегонакопления за зимний период. Таким образом, система мониторинга ХССП является источником данных как по физическим характеристикам (количество дней залегания снежного покрова, высота снега, количество осадков за зимний период, влагозапас и т.д.), так и по химическому составу снеговой воды, отобранной на снеговом маршруте [1].

Основными задачами мониторинга ХССП являются:

- 1) исследование распределения кислотности и содержания загрязняющих веществ в снежных осадках по площади каждого из регионов РФ;
- 2) оценка распределения средних значений рН и потоков загрязняющих веществ на территорию России за зимний период. Последнее нужно для оценки баланса выбросов ионов на исследуемой территории.

На сегодняшний день основным алгоритмом расчета среднеплощадной интенсивности выпадения ионов на основе данных мониторинга является методика, описанная в работах [2-4]. Она учитывает среднюю концентрацию изучаемого вещества на маршруте исследуемой поверхности со снежным покровом за зимний период, и площадь исследуемой территории. Проблема заключается в том, что данный алгоритм не учитывает неоднородность выпадения снега исследуемой площади в достаточной мере. Поэтому целью настоящей работы стала разработка алгоритма расчета потока загрязняющих веществ на исследуемой территории с учетом пространственной неоднородности выпадения основных ионов.

Байкальская природная территория охватывает 90000 км<sup>2</sup> (см. рис.2)

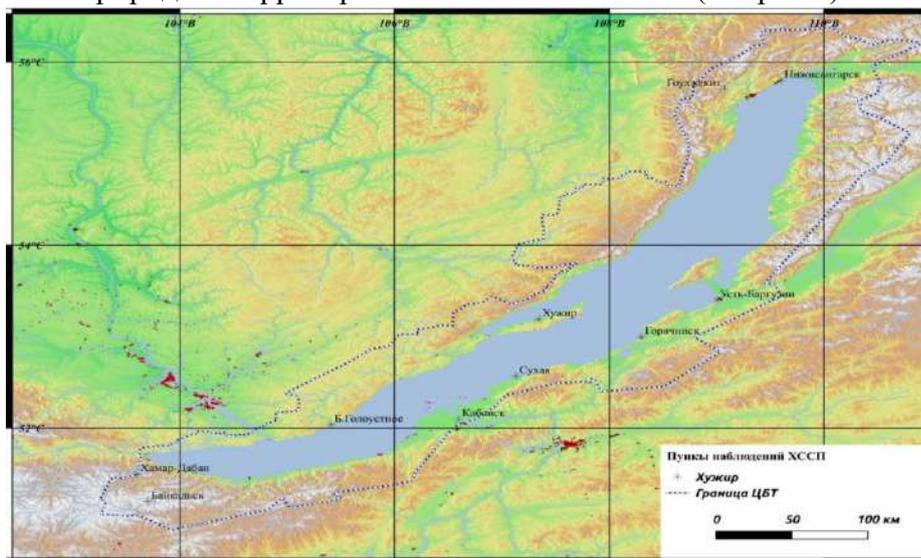


Рисунок 2 расположение станций ХССП на территории центрального байкальского региона (ЦБТ)

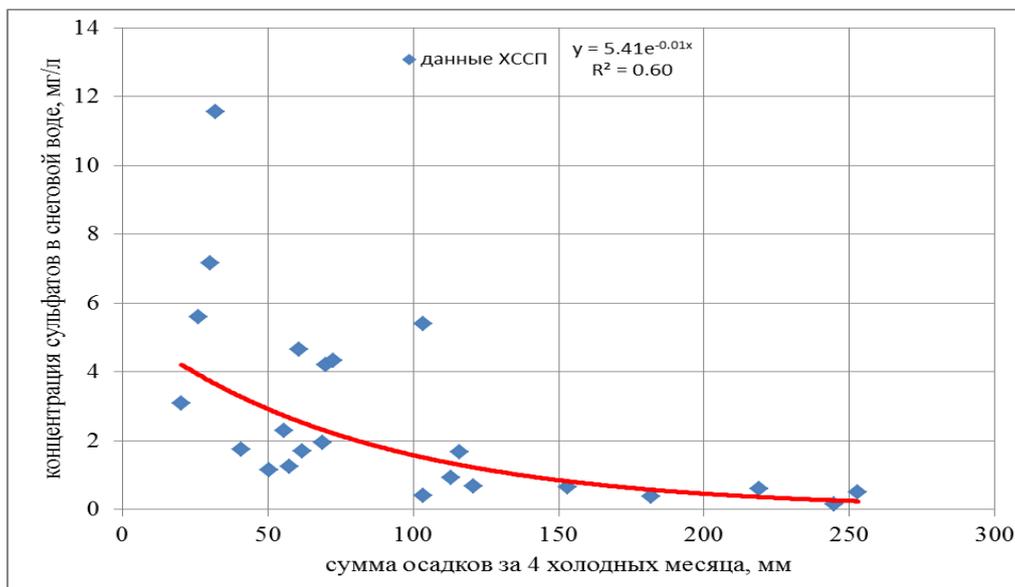
При этом данная территория характеризуется неравномерностью рельефа небольшим количеством станций (на западном склоне действует всего одна станция Б. Голоустное включенное в сеть ХССП в 2015 году, на самом Байкале располагается лишь один ПН, в то время как на восточном склоне 4 ПН (см. рис 2)). Вследствие этих условий статистическими методами показано, что на территории озера Байкал сумма осадков, а также концентрация ионов в снеговой воде имеет маленький радиус корреляции (или радиус влияния точки отбора пробы); если определить концентрацию исследуемого иона в снежном покрове в одном месте, то максимальный радиус, где можно (с долей вероятности) оценить концентрацию иона, составляет 5 - 10 км, а суммы осадков – не более 30 - 40 км. Соответственно, для адекватной оценки потока по выше упомянутым методикам исследуемых ионов надо взять на территории озера

Байкал не 7-10 пунктов наблюдения, а не менее 900, равномерно расположенных вдоль ледовой поверхности.

Поскольку радиус корреляции осадков довольно низкий для исследуемой территории, то можно смоделировать простую ситуацию – сумма осадков в точке определяется не географическим положением, а имеет характер случайной величины с неким статистическим распределением со средним значением и стандартным отклонением. Такая ситуация неприемлива, если мы хотим оценить количество осадков для каждой конкретной точки на озере Байкал, однако вполне годится для оценки общего количества осадков, выпавшей на данную территорию.

Для расчета интенсивности выпадения интересующих ионов необходимо знать концентрацию ионов в осадках. Однако данные по ХССП отбираются лишь на 7 -10 ПН на всей территории озера Байкал. Для расчета в остальных точках была выдвинута следующая гипотеза – концентрация ионов в снеговой воде зависит в основном от суммы осадков за время залегания снежного покрова. Такое возможно в том случае, если влияние местных источников невелико. Данная гипотеза подтверждается экспериментальными работами Ходжер [4], теоретическими расчетами, проведенного в работе «Аэрозоли Сибири» [5], а также статистическими методами оценки многолетних средних концентраций исследуемых ионов к приведенной сумме осадков за 4 зимних месяца по данным ХССП за 2000 – 2017 гг.

Известен факт, что концентрация ионов в осадках (а значит и в снеговой воде) уменьшается с увеличением количества осадков. Таким образом, предположив, что скорость вымывания осадков обратно пропорциональна сумме осадков, получим функцию зависимости концентрации исследуемых ионов в снеговой воде от суммы осадков за зимний период (образец такой функции для сульфатов показан на рис 3). Если заем умножить функцию зависимости концентрации ионов от осадков на сумму осадков за зимний период, то получим среднеплощадную интенсивность выпадения ионов на исследуемой территории. А умножив интенсивность на площадь получим уже поток.



**Рисунок 3.** Зависимость концентрации сульфатов в снеговой воде от суммы осадков за зимний период (красная линией показана корреляционная функция зависимости концентрации сульфатов от суммы осадков за зимний период)

В ходе работы была произведена оценка потока ионов на ледовую поверхность озера Байкал. Результаты расчетов представлены в таблице 1. Как видно из данной таблицы

результаты расчетов имеют довольно большую сходимость с большим массивом

**Таблица 1. Результаты расчетов потока ионов на территорию ЦБТ и на озеро Байкал за 4 зимних месяца, кт (в скобках указаны пределы определения)**

Ионы	Авторская методика	Белозерцева и др.[1]
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	5,67 (0,10 - 23,79)	4,04
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,10 (0,01 - 4,24)	0,37
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,98 (0,01 - 5,77)	0,38
Cl <sup>-</sup>	2,94 (0,05 - 10,65)	9,20
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	10,95 (0,16 - 40,38)	10,67
Na <sup>+</sup>	2,15 (0,02 - 9,57)	1,08
K <sup>+</sup>	1,81 (0,03 - 6,70)	0,61
Ca <sup>2+</sup>	2,05 (0,03 - 8,67)	3,09

данных, полученных в полевых условиях[6]. Из несомненных плюсов данной методики состоит в том, что она основана на сумме осадков. Таким образом значения выпадения интенсивности выпадения исследуемых ионов можно экстраполировать на теплые месяцы, рассчитав по данным ХССП поток ионов на выбранную территорию в течении всего года. Другим несомненным плюсом данной методики в том, что ее можно использовать для прогноза, что совпадает с концепцией Ю.А. Израэля – «Мониторинг – наблюдение, оценка, прогноз» [7]. В работе Ходжер [8] показано, климат Байкала становится более влажным, особенно в зимние и весенние месяцы. Следовательно, при неизменном фоновом значении ионов в атмосфере поток ионов на озеро Байкал в ближайшее время будет возрастать.

Как видно из результатов, данный метод обладает довольно большой погрешностью. Причины такой погрешности – учет только одного фактора – вымывания ионов осадками из атмосферы. В будущих работах предлагается учесть влияние промышленных районов, классифицировав ПН сети ХССП по ряду признаков

### Литература

- Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова // Л.: Гидрометеиздат, 1985, 180 с.
- Ветров В. А., Кузнецова А. И. Микроэлементы в природных средах региона озера Байкал. — Новосибирск: Наука, 1997. — 237 с
- Грачёв М. А. Стратегия охраны озера Байкал и Закон «Об охране озера Байкал»: Доклад на круглом столе ГД РФ, Москва, 14 января 2013 г. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2013. — 87 с.
- Ходжер Т. В., Сороковикова Л. М. Оценка поступления растворимых веществ из атмосферы и с речным стоком в озеро Байкал // География и природ. ресурсы. — 2007. — № 3. — С. 185–191.
- Аэрозоли Сибири / [И. С. Андреева]; отв. Ред. К. П. Куценогий; рос. Акад. Наук, Сиб. Отд-ние, ин-т химической кинетики и горения [и др.]- Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. — 548 с.
- Белозерцева И.А., Воробьева И.Б., Власова Н.В., Янчук М.С., Лопатина Д.Н. Химический состав снега акватории озера Байкал и прилегающей территории, 2017, география и природные ресурсы 2017 № 1
- Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. — Л.: Гидрометеиздат, 1979, — 376 с
- Ходжер Тамара Викторовна.[Исследование состава атмосферных выпадений и их воздействия на экосистемы байкальской природной территории : диссертация ... доктора географических наук : 25.00.30.- Иркутск, 2005.- 305 с.: ил. РГБ ОД, 71 06-11/4

## ПРОБЛЕМА УТИЛИЗАЦИИ БАТАРЕЕК И АККУМУЛЯТОРОВ В Г.МОСКВЕ И РОССИИ

*Куликова Ю.И. (МГРИ, axflamingo@mail.ru),*

**Аннотация.** Батарейки и аккумуляторы используются в быту и на уровне крупных предприятий. На полигонах и свалках идёт разрушение внешней оболочки аккумуляторов и батареек, что ведёт к выделению из них токсичных веществ, в основном тяжёлых металлов, которые попадают в почвы, поверхностные и подземные воды. Исследования посвящены проблеме рециклинга батареек и аккумуляторов, одной из актуальнейших в настоящее время.

**Ключевые слова.** Опасные отходы, переработка, батареейки и аккумуляторы.

В настоящее время батареейки и аккумуляторы являются самыми распространёнными источниками энергии для различных электронных устройств, от ноутбуков до беспроводных компьютерных мышек и телевизионных пультов. При попадании во внешнюю среду идёт разрушение внешней оболочки аккумуляторов и батареек, что приводит к выделению из них токсичных веществ, в основном тяжёлых металлов, которые попадают в почвы, поверхностные и подземные воды, негативно влияя на живые организмы. Для предотвращения пагубного воздействия необходимо проводить специальные мероприятия по утилизации отработавших аккумуляторов и батареек. Однако на сегодняшний день в России существует всего три завода по их переработке, а в Москве совсем недавно не было сети действующих пунктов сбора этих опасных отходов.

Для исследования современного состояния и перспектив решения проблемы сбора и утилизации батареек и аккумуляторов в ноябре 2018 года были проанализированы данные информационных и новостных сайтов, а также проведен социальный опрос по данной теме.

По внутренней составляющей все батареейки и аккумуляторы делятся на восемь типов, каждый из них используется в своей области и по своему опасен для окружающей среды и здоровья человека при разгерметизации внешней оболочки.

Самые распространённые батареейки, применяющиеся в быту, марганцево-цинковые (MnZn) и никель-металлгидридные (NiMH), первые подразделяются на два подтипа щелочные или щелочные (в большинстве случаев гидроксид калия) и солевые. Щелочные батареейки обладают устойчивостью к перепадам температур, служат дольше и более безопасны в обращении, чем солевые. Некоторые подтипы никель-металлгидридных батарееек имеют стойкость к минусовым температурам, длительному хранению и выдерживают высокие нагрузки. Разложение данных типов приводит к накоплению тяжелых металлов в почве.

Среди аккумуляторов первым появился свинцово-кислотный (Lead-acid) тип, который применяется в автомобилях и других технических приборах. Имеет множество недостатков - чувствителен к температурным изменениям, которые влияют на срок эксплуатации; невозможно хранить разряженным; сложный процесс переработки и сильное негативное влияние свинца на окружающую среду. В течение зарядки выделяет водород, при большой концентрации воздух в помещении становится взрывоопасным, излишняя же перезарядка может привести к выбросу сероводорода.

Литий-ионные (Li-ion) аккумуляторы - самые распространённый тип, используется в ноутбуках, телефонах и в другой мелкой технике. Он имеет

наименьшее количество изъянов по сравнению с другими типами. Также данный тип аккумуляторов дорабатывают, так первоначально аккумуляторы могли содержать марганец или кобальт, в новых же моделях данные элементы отсутствуют, их заменили сплавами литий-ферро-фосфатов, так как они дешевле, и обладают уменьшенной токсичностью, их проще перерабатывать. Наименее безвредный и токсичный тип аккумуляторов. При повреждении корпуса выделяет едкий запах, воздействует на дыхательную систему и органы зрения.

Оставшиеся четыре типа используются в таких сферах, как авиация, ракетостроение, общественный транспорт (троллейбусы), промышленная электроника, а так же в специальной транзисторной радиоприемной и звукозаписывающей аппаратуре. Данные типы включают серебряно-цинковые (AgZn) и ртутно-цинковые (РЦ) батарейки, никель-кадмиевые (NiCd) и литий тионил-хлоридные (Li-SOCl<sub>2</sub>) аккумуляторы. Последние два типа имеют объёмные размеры, литий тионил-хлоридные предназначены для работы в труднодоступных местах при тяжелых климатических условиях. Серебряно-цинковые и ртутно-цинковые батарейки в настоящее время теряют популярность в использовании, они имеют узкий круг применения и достаточно высокую цену. Все четыре источника питания имеют укрепленный корпус, благодаря чему утечки маловероятны. Но при сильном повреждении или неправильной эксплуатации в среду могут попасть, например, ртутно-цинковые элементы, которые приведут к ртутному заражению помещения или из литий тионил-хлоридных аккумуляторов будут выделяться высокотоксичные пары, которые вызывают раздражение кожи глаз и слизистых оболочек.

Батарейки и аккумуляторы необходимы, как на бытовом уровне, так и на уровне крупных предприятий по производству различной техники, поэтому на рынке представлен весь спектр разнообразия батареек по показателям качества, цены и использования современных доработок. Большинство фирм на рынке иностранные, но имеют производства на территории РФ или везут из Китая, который также является активной площадкой для производства батареек. Помимо таких известных иностранных фирм как «GP», «SAFT» и «Duracell», встречаются и российские компании - «Космос», «Robiton», «Энергия». Все они различаются по цене, качеству и особенностям производства. Самая известная фирма ГК «Космос» имеет не высокую ценовую категорию, её заводы распространены по всей территории РФ, а так же расположены в Китае. Компания «Энергия» находится в Липецкой области в г. Елец и занимается производством элементов питания для бытовых и промышленных нужд, сотрудничая с Министерством обороны России. Особенность их аккумуляторов в том, что они имеют большое время автономной работы и обладают способностью к быстрой зарядке, при этом имея цену выше, чем у фирмы «Космос». Компания «Robiton» известна фирменными разработками конструкции изделия. Их продукция имеет сниженный вес по сравнению с аналогами, сохраняет отличную работоспособность даже при высоких токах разряда и отрицательном температурном режиме. Компания активно развивается в сторону создания новых разработок. Они имеют довольно высокую стоимость, по сравнению с другими отечественными производителями.

Согласно ФЗ от 24 июня 1998 г. N 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», сбором занимаются только лицензированные компании, а накоплением может заниматься любое физическое или юридическое лицо. При этом контейнер и места временного накопления должны полностью соответствовать требованиям СанПиН 2.1.7.1322-03 «Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления», а через 11 месяцев должны быть переданы компаниям с лицензиями. Для постоянного сбора элементов тока необходима лицензия или сотрудничество с лицензированной компаний, занимающейся сбором,

транспортировкой и утилизацией, которая будет полностью заниматься процессом сбора, и обеспечивать специальной тарой [2].

В настоящее время в РФ, в том числе в Москве, компании всё активнее начинают сотрудничать с перерабатывающими заводами, самые известные и популярные пункты сбора на постоянной основе находятся в группе компаний ИКЕА, строительном гипермаркете ОБИ и сети магазинов здорового питания «ВкусВилл».

Заводов по переработке батареек и аккумуляторов в РФ три - ГК «Мегаполисресурс» в Челябинске, ООО «Экологическое предприятие «Меркурий» в Санкт-Петербурге и открывшийся в конце 2018 года завод от ООО «Сибирская Ртутная Компания» в Новосибирске [4]. Первоначально ООО «Сибирская Ртутная Компания» занималась сбором отработанных элементов питания в Сибири и отправляла их на завод «Мегаполисресурс». Для сравнения в Европе более 40 компаний, занимающихся переработкой источников энергии [1].

ГК «Мегаполисресурс» первый перерабатывающий завод в РФ, полноценно занимающийся элементами питания с конца 2016 года, после полной модернизации. С ним сотрудничает абсолютное большинство российских компаний, заинтересованных в утилизации батареек и аккумуляторов. Завод принимает 7 типов из 8 батареек и аккумуляторов на переработку. Весь процесс разделен на пять этапов: 1. Сортировка полученных источников питания по типу электролита, производится вручную. Если состав определить невозможно, то батарейку или аккумулятор отправляют в лабораторию для точной проверки типа. За смену сортировщик перебирает до 600 кг батареек и аккумуляторов. 2. Дробление и магнитная сепарация - все рассортированные батарейки измельчают в промышленном шредере, затем с помощью магнитного сепаратора отделяют железную оболочку от внутреннего содержимого. 3. Промывка от электролита - внутренняя часть батареек промывается от электролитов, которые затем используются для нейтрализации кислот. В данном процессе вода движется в замкнутом цикле. 4. Извлечение цветных металлов и их солей - извлекаются по средствам электролиза из активной массы. Эффективность переработки щелочных батареек составляет 94,4%. 5. Фильтрация графита - происходит в последнюю очередь, вода также циркулирует в замкнутой системе. В результате на заводе получают графит, чёрный лом и цветные металлы [3].

ГК «Мегаполисресурс» в объединение с компанией производителем батареек Duracell в декабре 2017 года подписали договор о создании федеральной сети сбора батареек. По данному сотрудничеству предоставляются льготы на утилизацию, благодаря этому к сети были подключены не только новые сети магазинов, но и 22 школы в городе Санкт-Петербург. Также была проведена акция - неделя сбора батареек, которая прошла в 5 городах РФ с 22 по 28 октября: в Казани, Ярославле, Рязани, Перми и Новосибирске, было собрано 37 тонн отработанных батареек и аккумуляторов.

Предприятие «Меркурий» получило лицензию на переработку источников питания в октябре 2017 года. Её преимуществом перед ГК «Мегаполисресурс» является переработка восьмого типа батареек - ртутно-цинковых [5]. Предприятие только развивается и сотрудничает с малым количеством компаний, например, со службой по сбору «Экологический Сервис Санкт-Петербург», которая транспортирует на завод, накопившиеся батарейки и аккумуляторы в небольших магазинах и кофейнях.

Социальный опрос по теме утилизации батареек, который проходил в течение 3 недель осенью 2018 года, был создан с помощью веб-службы Google forms и состоял из 14 вопросов. Целью создания опроса было не только установление степени вовлеченности граждан России в процесс рециклинга, но и для формирования у них грамотного отношения к проблеме утилизации опасных отходов. С этой целью к

некоторым вопросам предлагался для ознакомления правильный ответ и полезная дополнительная информация. Опрос был разделён условно на 3 блока: в первом собирались основные данные об анкетированном; во втором были сгруппированы вопросы на знание основных характеристик и особенностей батареек и аккумуляторов (состав, свойства, опасности); в третьем - о возможности опрашиваемых сбора и утилизации источников питания (выбор при покупке, места сбора, заводы по утилизации и т.д.). Всего в опросе приняло участие 73 человека из 21 города России и одного города Австрии. Абсолютное большинство респондентов проживает в Москве (67%), что позволяет говорить о наблюдаемых тенденциях именно для этого города.

Социальный опрос показал, что направление переработки батареек и аккумуляторов в РФ и Москве, только начинает развиваться, причём довольно в быстрых темпах и затрагивает все возрастные группы. Примечательно, что подавляющее большинство опрошенных (90%) не задумываются о том, как часто они взаимодействуют с батарейками и аккумуляторами, а это осознание важный шаг к пониманию проблемы. Сетевые магазины компаний IKEA, OBI и «ВкусВилл» сильно помогают продвигать идею переработки, устанавливая у себя пункты сбора батареек и аккумуляторов. Чем чаще встречаются точки сбора, тем проще это сделать, следовательно, тем охотнее люди будут сдавать батарейки для переработки. Опрос показал, что с развитием доступных пунктов сбора население стало больше сдавать на переработку батарейки и аккумуляторы и интересоваться данной темой.

Анализ литературных и новостных источников показал, что направление рециклинга батареек и аккумуляторов получило рывок в развитии лишь в последние 5-7 лет. В основном благодаря непосредственно деятельности ГК «Мегаполисресурс» и участию в этом небольших и крупных торговых сетей. Открытие за последние 2 года сразу двух заводов по переработке батареек и аккумуляторов, говорит о заинтересованности фирм в развитии данного вида производства.

Для масштабного решения проблемы утилизации аккумуляторов и батареек необходимо проведение просветительских мероприятий для населения и создание сплошной сети пунктов сбора. Обязательно активное практическое, не только законодательное, участие государства в решении этого вопроса.

К сожалению, приходится констатировать, что полностью проблему загрязнения токсичными выделениями от батареек это не решит, так как бездействие прошлых лет привело к накоплению большого числа отработанных элементов питания на полигонах и свалках.

### Литература

1. Поляков И.С. Проблема сбора и утилизации батареек в России / И.С. Поляков // Молодежь и научно-технический прогресс -2017. - С. 367-369.
2. Батарейки и законодательство / Коалиция Проотходы - [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.proothody.com/> - Дата обращения: 30.10.2018
3. ГК «Мегаполисресурс» - [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://eco2eco.ru/> - Дата обращения: 09.11.2018
4. Раздельный сбор. Экологическое движение - [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://rsbor-msk.ru/> – Дата обращения: 13.10.2018
5. Экологическое предприятие «Меркурий» - [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://mercury-spb.ru/> - Дата обращения: 09.11.2018

## ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, СОБЫТИЯ, ПРОЦЕССЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВЫБОР УЧАСТКА ПОД РАЗМЕЩЕНИЕ ПУНКТА ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

*Лукиянова Ю.Н. (Кафедра «Инженерных изысканий и геоэкологии»,  
Национальный исследовательский Московский государственный строительный  
университет (ФГБОУ ВПО НИУ МГСУ), 129337, г. Москва, Ярославское шоссе,  
д. 26, YNLukyanova@gmail.com),*

### Аннотация

Автор изучает вопрос определения границ санитарно-защитной зоны радиационного объекта исходя из требований, закрепленных в нормативных документах, влияние геологических факторов на выбор участка захоронения радиоактивных отходов.

Данная работа посвящена начальному этапу выбора места будущего пункта размещения радиоактивных отходов – сбору геологических данных для подготовки отчета по обоснованию безопасности: изучение состава вмещающих пород, их трещиноватости, связанной как с генезисом породы, так и тектоническими условиями, петрофизических и сорбционных свойств; состава и свойства подземных вод и их взаимодействие с высокоактивными отходами (ВАО) и отработавшим ядерным топливом (ОЯТ); направление и скорость водного потока и многих других параметров, необходимых для моделирования утечек из будущего хранилища.

Ключевые слова: санитарно-защитная зона, радиационный объект, радиоактивные отходы, геологические факторы, события, явления, отчет по обоснованию безопасности.

Согласно требованиям РОСТЕХНАДЗОРА [1], отчет по обоснованию безопасности будущего объекта, который будет составляться для завершения процедуры выбора места, должен включать геологическую информацию для обоснования двух главных требований: соответствие площадки геологическим критериям, сформулированным на качественном уровне, и соответствие будущего объекта изоляции количественным радиологическим критериям. Последнее подразумевает наличие информации, достаточной для создания достоверной модели миграции загрязнителей в геологической среде.

Параметры, характеризующие факторы, события, процессы (ФСР), необходимы для выполнения модельных расчетов и прогноза поступления радионуклидов в биосферу. Перечень этих параметров формируется исходя из содержания уравнений, описывающих процессы переноса (конвекция и дисперсия подземных вод, молекулярная диффузия радионуклидов в обводненных порах и трещинах) и замедления радионуклидов (сорбция на поверхности пород), задействованных в принятой концептуальной модели миграции радионуклидов для геологической среды. Главная цель расчетов состоит в оценке массы радионуклидов, которые будут поступать в биосферу. Не менее важна вторая цель имитационного моделирования — постараться определить где именно эти радионуклиды обнаружатся в биосфере.

Транспорт радионуклидов подземными водами представлен конвективной и диффузионно-дисперсионной составляющими. Для оценки конвективной составляющей переноса для каждого из радионуклидов, мигрирующих в геологической

среде с потоком подземных вод, необходимо иметь данные о распределениях плотности и скорости фильтрации подземных вод, массе каждого радионуклида, содержащейся в единичной массе подземных вод в виде растворенной компоненты, а также о коэффициенте задержки данного радионуклида породами, через которые фильтруются подземные воды. Начальная масса каждого радионуклида, которая будет содержаться в единичной массе подземных вод в виде растворенной компоненты, является результатом моделирования рассеивания радионуклидов в системе инженерных барьеров (СИБ), откуда будет непосредственно заимствоваться моделью их переноса в геологической среде. Распределение плотности подземных вод - результат интерпретации наблюдательных данных. Коэффициенты задержки должны рассчитываться и определяться непосредственно для каждой из пород. Для этого необходимо определить основные типы пород в области моделирования на основании данных геологического анализа, взять их образцы и провести фильтрационные эксперименты на этих образцах с исследуемыми радионуклидами.

Наиболее важным параметром является скорость течения подземных вод, которая является расчетной величиной. Для предварительной оценки скорости регионального течения дополнительно потребуются данные о распределении давления в области моделирования, динамической вязкости подземных вод и проницаемости пород. Распределение давления — результат интерпретации наблюдательных данных. В подземных водах с относительно невысокой соленостью (до 10 г/л) с хорошей точностью можно считать, что вязкость подземных вод приблизительно равна вязкости пресной воды и при известных значениях температуры и давления может быть рассчитана по аппроксимирующим зависимостям. Определение проницаемости представляет собой наиболее сложную как технически, так и методологически задачу, встающую в процессе сбора данных для имитационного моделирования.

В период высокого тепловыделения ВАО и ОЯТ конвекция вокруг хранилища будет смешанной. Чтобы учесть влияние эффекта свободной тепловой конвекции потребуются данные о распределении температур подземных вод в области моделирования. Они будут получены расчетным путем. Для расчетов, кроме инженерных данных о теплогенерирующих свойствах СИБ, потребуются данные о теплопроводности вмещающих пород, которые будут получены в лабораторных условиях.

Для оценки диффузионно-дисперсионной составляющей переносимой массы радионуклидов необходимо иметь данные, кроме выше перечисленных, о величинах продольного и поперечного линейных коэффициентов дисперсии и коэффициентах молекулярной диффузии в пористой среде для каждого радионуклида. Дисперсионная составляющая переноса в подземной среде, как и конвективная составляющая, определяется свойствами репрезентативного объема пород. Вследствие этого наиболее достоверное определение параметров дисперсионной составляющей осуществляется также на основании натуральных экспериментов. Для имитационного моделирования распространения радиоактивного загрязнения можно использовать значения коэффициентов дисперсии, полученные в экспериментах на близких по своим характеристикам породах, пользуясь при этом литературными источниками. Детальность изучения структуры участка, размер и количество выделяемых однородных зон определяют точность расчетной модели переноса радионуклидов.

С целью прогнозирования базового (эволюционного) сценария, проводится анализ следующих сценарных событий и процессов:

- возможные изменения климата - для обоснования базового сценария эволюции, необходимо изучить данные по истории климата региона и оценить вероятность возможных изменений климата на прогнозный период. Климатический прогноз

необходим как основа для прогноза изменчивости взаимодействий порода-вода и процессов корообразования, динамики развития вечной мерзлоты. Эти оценки на первом этапе можно выполнить при анализе опубликованных материалов, касающихся климатической и гидрогеологической обстановки в регионе;

- прогноз вертикальных движений (подъем /опускание) района хранилища - данный прогноз необходим для введения в базовый сценарий изменений в региональной гидродинамике, которые очевидно будут происходить в течение прогнозного периода при существующих скоростях воздымания территории;

- прогноз изменения солености подземных вод важен для разработки базового сценария. Задача состоит в том, чтобы выяснить, есть ли предпосылки к резкому или постепенному изменению солености подземных вод на участке в будущем и оценить необходимость включения этого фактора как основу одного из вариантов базового сценария. Эту оценку можно выполнить при анализе опубликованных материалов, касающихся гидрогеологических условий и тектонической обстановки в регионе;

- изменение активности микробиологических популяций в подземной среде. Для оценки безопасности важны не сами эти изменения, а их последствия, которые отразятся на процессах миграции радионуклидов в геологической среде. Оценка роли микробиологических популяций в миграции радионуклидов в среде участка размещения пункта захоронения радиоактивных отходов требует специальной оценки возможного изменения их активности при возрастании температур в ближнем поле хранилища в результате тепловыделения высокоактивных отходов и отработавшего ядерного топлива. Это исследование на этапе выбора места предполагается выполнить при анализе опубликованных материалов, если таковые имеются, используя при этом данные зарубежных коллег.

- изменение (выветривание) пород вдоль путей фильтрации подземных вод может оказать влияние на фильтрационные свойства водопроводящей трещинной сети.

К числу геологических ФСПов, которые определяют аварийные сценарии, значимым являются факторы новейшей тектоники и условия переноса теплового воздействия от радиоактивных отходов.

Определяющим условием надежности прогноза распространения радиоактивного загрязнения в подземной среде является расчет скорости течения подземных вод, которая при заданном градиенте давления будет определяться значением проницаемости. Это значит, что получение значений, характеризующих реальную проницаемость местных пород и проницаемых трещинных зон, становится важнейшей задачей геологического изучения участка.

Определив направление и скорость течения подземных вод можно построить расчетную модель миграции радионуклидов и рассчитать размер СЗЗ в направлении их распространения.

Таким образом мы реализуем требования пункта 3.2.9. ОСПОРБ-99/2010 в том, что размеры санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения вокруг радиационного объекта устанавливаются с учетом уровней внешнего облучения, а также величин и площадей возможного распространения радиоактивных выбросов и сбросов.

### Литература

1. Захоронение радиоактивных отходов. Принципы, критерии и основные требования безопасности. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. НП-055-04 // Москва: Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, 2004. 21с.
2. СП 2.6.1.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010). М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010.
3. СП 2.6.1.2216-07. Санитарно-защитные зоны и зоны наблюдения радиационных объектов. Условия эксплуатации и обоснования (СП СЗЗ и ЗН-07).
4. Федеральный закон от 11.07.2011 № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
5. В.И. Величкин, В.А. Петров, А.А. Пэк, Б.Т. Кочкин, В.И. Мальковский, Б.И. Омеляненко, Н.Ф. Лобанов, В.П. Бейгул, А.А. Муравьев, М.В. Лебедева // Отчет о научно исследовательской работе по теме: «Геологические работы и представляемые данные для оценки безопасности объекта окончательной подземной изоляции РАО (в т.ч. подземной лаборатории) на площадке участка Енисейский (Нижне-Канский массив) в процедуре окончательного утверждения площадки» // ИГЕМ РАН, 2009, с. 88-101.
6. Ю.Н. Лукьянова. Определение границ санитарно-защитной зоны пунктов захоронения радиоактивных отходов // Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании [Электронный ресурс]: сборник материалов VI Международной научной конференции (г. Москва, 14–16 ноября 2018 г.) / М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2018. — <http://mgsu.ru/resources/izdatelskayadeyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/> ISBN 978-5-7264-1924-4.

## АЛГОРИТМЫ И АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ КРУПНЫХ МЕГАПОЛИСОВ

*Мазаев А.В. (МГРИ имени Серго Орджоникидзе, mazaevav@mgri-rggru.ru),*

**Аннотация:** рассматриваются принципы формирования природных комплексов крупных мегаполисов. Приведён алгоритм включения объектов и территорий в состав природных комплексов городов. Дана характеристика принципов и аспектов формирования природных комплексов крупных мегаполисов.

**Ключевые слова:** Природный комплекс, методология, озеленение, особо охраняемые природные территории, геурбанистика

Наличие многоплановых особо охраняемых природных территорий в условиях крупного мегаполиса, – явление уникальное, имеющее важное значение для городского жителя и окружающей природной среды. Природным комплексам городов присущи следующие функции: санитарно-гигиенические, декоративно-планировочные, ландшафтообразующие, экологические, здоровьесберегающие, рекреационные и экономические функции.

Учитывая важность озеленённых территорий для нормального функционирования городской среды мы рассматриваем природные комплексы урбанизированных территорий с различных онтологических позиций.

В качестве онтологии предлагается использовать 6 аспектов путём последовательной их реализации. Таким образом создаются предпосылки для разработки единой методологической модели выделения, изучения, прогнозирования и управления любым объектом, входящим в состав природного комплекса урбанизированной территории.

Таковыми аспектами являются: 1. Стратегический аспект; 2. Экологический аспект; 3. Правовой аспект; 4. Социальный аспект; 5. Экономический аспект; 6. Технологический аспект.

Оценка городской природной среды по этим аспектам ведётся последовательно в два этапа. Целью первого этапа является формирование природных комплексов городов, а на втором этапе происходит организация объектов природного комплекса и их эксплуатация.

При формировании природных комплексов любого мегаполиса в качестве основы для поиска и выбора объектов предлагается использовать карты типизации геологической среды. В основу типизации положены геолого-гидрогеологические условия грунтовой толщи, которая является средой, обеспечивающей развитие почвенно-растительных сообществ, ландшафтов, мест обитания животных, и геоморфологическое строение территории. Как показывает опыт исследований, проведённых на объектах Природного комплекса и особо охраняемых территориях города Москвы, к определенным типам геологической среды, выделенным по указанным критериям, приурочены конкретные потенциальные объекты Природного комплекса.

Для создания природного комплекса необходимо выявить все объекты, территории, участки, как природного, так и природно-технического происхождения, пригодные для их включения в природный комплекс. Выбор объектов производится по разработанному алгоритму, представленному на рис. 1.



*Рисунок 1. Алгоритм включения природных и природно-техногенных объектов в состав природного комплекса города с позиций экологического аспекта.*

Определяется генезис объекта. Все объекты по генезису разделяют на 2 группы: имеющие природное происхождение, и имеющие природно-техногенное и техногенное происхождение. Далее для каждой группы применяется свой алгоритм:

Объекты природного происхождения.

*Критерий 1.* Если объект уже имеет статус особо охраняемого, то он автоматически включается в состав Природного комплекса. Если природная экосистема не имеет природоохранного статуса – учитывается 2-ой критерий.

*Критерий 2.* Расстояние природных экосистем до гомеостатических границ (толерантных пределов) функционирования экосистем. Для определения расстояния до границ гомеостаза выполняется комплексная геоэкологическая оценка её состояния. Если экосистема не пересекла гомеостатические границы, то она включается в состав природного комплекса города. Экологические системы, перешедшие границы зачастую сами являются источниками загрязнения других экосистем, однако, даже в случае необратимых нарушений природной экосистемы или её деградации должен учитываться 3-ий критерий.

*Критерий 3.* Это рекреационная важность экосистемы. Если восстановление и дальнейшее развитие природной экосистемы приведёт к процентному увеличению зелёных насаждений и улучшению рекреационной ситуации, тогда экосистема включается в состав Природного комплекса. Если экосистема, перешедшая границы

гомеостазиса, не имеет никакой природной и рекреационной ценности, то она окончательно исключается из состава природного комплекса и ликвидируется.

Объекты природно-техногенного или техногенного происхождения.

*Критерий 1.* Рекреационная важность объекта. Если объект является зоной отдыха для горожан, то он включается в природный комплекс города вне зависимости от его экологического состояния. Если объект в настоящее время не является зоной отдыха – учитывается 2-ой критерий.

*Критерий 2.* Возможность создания на основе исследуемого объекта зоны отдыха. Если изменение статуса объекта и организация зоны отдыха на этом объекте приведёт к увеличению ёмкости рекреационного потенциала для отдельного взятого района г. Москвы, то этот объект включается в состав Природного комплекса

*Критерий 3.* Наличие у исследуемого объекта каких-либо других функций. Если объект не имеет никакой иной ценности, в его границах невозможно организовать зону отдыха, то он окончательно исключается из состава Природного комплекса и ликвидируется.

По этому алгоритму объекты классифицируются, ранжируются и включаются в состав Природного комплекса.

Стратегический аспект рассматривается нами как способ действия руководства города в области сохранения и воссоздания природного комплекса города, основанного на результатах реализации всех остальных аспектов. Целью стратегии города является неотъемлемая ценность городских экологических систем, рациональное пользование природными ресурсами и забота о здоровой и плодотворной жизни населения.

Социальный аспект оценки заключается в классифицировании существующих городских зон отдыха, определения профилирующего вида рекреационных занятий, расчёта и оптимального распределения рекреационной нагрузки между всеми рекреационными зонами г. Москвы. Этот аспект базируется на принципе перманентности, принципе рационального использования природной среды, принципе здоровой и плодотворной жизни.

Правовой аспект регулирует вопросы, связанные с законодательным обеспечением функционирования Природного комплекса и должен рассматриваться с позиций приведения существующих ООПТ г. Москвы в соответствие с требованиями Федерального Закона “Об особо охраняемых природных территориях”, подготовки и принятие новых нормативно-правовых актов, регулирующих создание и функционирование новых ООПТ и других объектов Природного комплекса в г. Москве.

Экономический аспект рассматривается с позиций определения источников поступления финансовых средств, необходимых для организации и ведения Природного комплекса города.

Технологический аспект рассматривает вопросы функционирования и управления природным комплексом. Технологический аспект состоит из административного направления; экологического направления (организация геоэкологических исследований и создание системы мониторинга окружающей среды на объектах природного комплекса); ежегодной инвентаризации объектов природного комплекса на их соответствие федеральному и региональному законодательству об ООПТ.

## ПРОГРАММНО–АППАРАТНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ОЖИВЛЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В ГОРОДЕ

*Марков М.Л. (ГГИ, [2014mml@gmail.com](mailto:2014mml@gmail.com)),  
Смелов В.В. (БГТУ, [smw60@mail.ru](mailto:smw60@mail.ru)), Черепанский М.М. (МГРИ,  
[vodamch@mail.ru](mailto:vodamch@mail.ru))*

### Аннотация

Предлагается разработка «Программно–аппаратной платформы для принятия управленческих решений улучшения экологического состояния малых водных объектов в городах». Рассмотрены цели, организационные, нормативно-методические и технические задачи платформы. Программное обеспечение ПАППУР «ЖИВАЯ ВОДА» включающая 10 программных модулей, позволяющее определить и рекомендовать высокоэффективные системы мероприятий по восстановлению и реабилитации водоемов, водотоков и благоустройству их водосборов в городах на основе мониторинга экологического и технического состояния водных объектов и гидротехнических сооружений, выявленных источников загрязнения, исходя из наличия источников финансирования.

**Ключевые слова:** водный объект, загрязнение и истощение, восстановление, распределенная программно-информационная платформа.

Водные объекты в городской среде испытывают многофакторное антропогенное воздействие: уменьшение площади водосбора за счет функционирования ливневой канализации, застройка береговой зоны, поступление загрязненных веществ с поверхностного и подземного водосбора, а также со сточными водами. Результатом такого воздействия являются ухудшение экологического состояния, вплоть до полной деградации экосистемы и исчезновения водных объектов.

Решению проблемы реабилитации водных объектов уделяется большое внимание как органами государственной власти на всех уровнях, так и различными профильными научными и образовательными организациями, а также гражданским и бизнес-сообществом. Вместе с тем, действующая нормативно-правовая база по рациональному использованию и охране водных объектов ориентирована, в основном, на средние и большие реки. Например, в методике РФ по разработке Схем комплексного использования и охраны водных объектов исключены малые реки с площадями водосборов менее 2000 км<sup>2</sup>. Большой проблемой является и отсутствие мониторинга малых водных объектов. Есть нерешенные проблемы с зоной ответственности за состояние водных объектов. Административные границы территорий и, следовательно, полномочия соответствующих органов законодательной и исполнительной власти не совпадают с границами водосборных бассейнов, вследствие чего влияние антропогенной деятельности на экологическое состояние водных объектов оказывается разобщенным. На практике это означает, что в комплексе за экологическое состояние водных объектов не отвечает никто.

Для решения перечисленных проблемы, предлагается разработка «Программно–аппаратной платформа для принятия управленческих решений оживления водных объектов в городе». ПАППУР «ЖИВАЯ ВОДА».

Целью ПАППУР «ЖИВАЯ ВОДА», является разработка программно–аппаратной платформы, позволяющей определить и рекомендовать высокоэффективные системы мероприятий по восстановлению и реабилитации

водоемов, водотоков и благоустройству их водосборов в городах на основе мониторинга экологического и технического состояния водных объектов и гидротехнических сооружений, выявленных источников загрязнения, исходя из наличия источников финансирования.

Задачами ПАППУР являются:

научное обоснование и разработка состава и последовательности реализации комплекса организационных, нормативно-методических и технических мероприятий по восстановлению, реабилитации рек и водоемов и благоустройству прилегающих территорий на основании выполнения работ.

Организационные:

- пополнение Государственного водного реестра информацией о малых водных объектах городов;

- разработка структуры и порядка функционирования автоматизированных центров сбора и обработки как оперативной, так и режимной гидрометеорологической и гидрогеологической информации;

- создание геоинформационной базы данных об основных факторах, формирующих гидрологический режим территории (*метеорологические условия, гидрогеология, подстилающая поверхность водосборов, водоотведение и водозабор, источники загрязнения*);

- создание системы оценки текущего состояния водного режима территорий, и его прогнозирования с учетом планируемого развития городской среды, основанных на современных возможностях веб- и ГИС технологий, с организацией доступа к ним заинтересованных специалистов и пользователей (*Генплан, ЖКХ, СЭС, общественность и т.д.*);

Нормативно-методические:

- разработка новых методологических подходов к мониторингу водных объектов, по оценке их экологического состояния, в том числе, на основе инновационных методов с использованием данных дистанционного зондирования, мобильных лабораторий, данных краудсорсинга, изотопного состава вод;

- проведение анализа передового отечественного и зарубежного опыта по повышению эффективности взаимодействия местных органов власти и общественности в вопросах использования и охраны водных объектов;

- разработка предложений по совершенствованию основных положений водного законодательства России и Беларуси по мониторингу, охране и рациональному использованию водного фонда на урбанизированных территориях (*в том числе по повышению роли общественных организаций и местных органов самоуправления*);

Технические:

- проведение анализа передового отечественного и зарубежного опыта по способам восстановления водных экосистем в зависимости от типа водного объекта, его размеров, гидрогеологических характеристик и степени антропогенной нагрузки;

- разработка комплекса инженерных, инженерно-биологических, ландшафтно-градостроительных по восстановлению, реабилитации рек и водоемов и благоустройству прилегающих территорий;

- разработка оценки экономической эффективности работ, проводимых по экологической реабилитации водных объектов.

Инновационная компонента проекта будет основана на разработке комплекса взаимосвязанных технологий, включающих:

- изотопные и гидрохимические методы изучения генезиса вещественного состава водных объектов и атмосферных осадков;

- технологическую систему мониторинга переменных параметров (гидрологических, гидрохимических, гидрогеологических, метеорологических) водных объектов и атмосферного воздуха с помощью логгеров и автоматических станций;
- технологии дистанционного наземного (с помощью БПЛА и радаров) и космического наблюдения за объектами и осадками;
- технологии консолидированной инфраструктуры получения, обработки и хранения данных, необходимых как для моделирования и прогнозирования гидрологических процессов и явлений, так и для оценки эффективности намечаемых природоохранных мероприятий и проектов использования водных ресурсов;
- технологии математического (численного) моделирования состояния водных объектов с учетом атмосферного питания и связи с подземными водами, а также их изменения под действием антропогенных и природных факторов.

Проекты такого рода являются комбинированными, с возможностью адаптации к различным условиям формирования и состоянию водных объектов, их изученности и материальному обеспечению. Поэтому целесообразно разрабатывать не одноразовую информационную систему, а платформу (способную к саморазвитию), которая предоставляет набор инструментов для специалистов разной профессии и квалификации. Предполагается, что платформа находится в состоянии постоянного сбора данных об водных ресурсах. Накопленная статистика позволит создать математические модели, адекватно описывающие суть явлений, что даст возможность предсказывать и планировать.

Для информационной поддержки Программы целесообразно создать распределенную программно-информационную платформу (РПИП) обеспечивающую:

- учет водотоков и водоемов в городах (геоинформационная платформа);
- учет использования водных ресурсов в городах;
- учет гидротехнических сооружений и их технического состояния;
- сбор данных о состоянии водостоков и водоемов в городах;
- учет гидрометеорологических событий;
- хранение и актуализацию нормативной информации.

В основе РПИП лежит распределенная база данных, узлы которой находятся и постоянно дополняются информацией в разных городах страны (технология BIGDATE). Доступ к ресурсам РПИП будет осуществляться с помощью набора программных сервисов, обеспечивающих вычислительное SaaS-облако.

Для разработчиков прикладных программных систем РПИП представляет вычислительное PaaS-облако, позволяющее эффективно разрабатывать приложения, решающих задачи:

- мониторинга состояния водных ресурсов в городах;
- анализа текущего экологического состояния водных ресурсов в городах;
- прогнозирования состояния водных ресурсов в городах;
- моделирования гидрологических событий и оценки их последствий;
- ситуационного управления.

Для решения задач анализа данных в состав PaaS-облака включаются OLAP, DataMining и Report - компоненты, предоставляющие широкий спектр методов анализа данных и представления его результатов.

Программное обеспечение «Программно-аппаратной платформы для принятия управленческих решений оживления водных объектов в городе». (ПАППУР «ЖИВАЯ ВОДА») включает 10 программных модулей:

РГВ - Реестр городских водных объектов.

РТО - Реестр техногенных объектов, влияющих на экологическое состояние городских водных объектов.

СНД - Справочные и нормативные данные.  
СМД - Сбор и мониторинг данных о состоянии городских водных объектов.  
ОЭС - Оценка экологического состояния городских водных объектов.  
ПРС - Прогнозирования экологического состояния городских водных объектов.  
ОПР - Оценка прогнозирования экологического состояния.  
УМР - Учет мероприятий по восстановлению и реабилитации городских водных объектов.

ПЛС - Планирования экологического состояния городских водных объектов.  
ОЭМ - Оценка эффективности мероприятий по восстановлению и реабилитации городских водных объектов.

Центральным звеном системы является база данных (БД), хранящая постоянно поступающие данные о текущем состоянии городских водных объектах, данные реестров, нормативно-справочную информацию, а также результаты работы модулей, входящих в рабочие циклы. Основная работа экспертной системы осуществляется в рамках двух циклов: СДМ-ОЭС-ПРС-ОПР (внешний цикл) и УМР-ПЛС-ОЭМ (внутренний).

Внешний цикл предназначен для непрерывного мониторинга экологического состояния водных объектов. С помощью модуля СМД осуществляется сбор данных о текущем состоянии водных объектов. Модуль ОЭС извлекает собранные данные из БД и осуществляет комплексную оценку текущего состояния. На основе данных сформированных модулями СМД и ОЭС модуль ПРС выполняет краткосрочный прогноз состояния водного объекта. Завершается цикл оценкой качества прогноза (модуль ОПР). Результаты прогнозирования и оценки записываются в БД и могут быть просмотрены пользователем ПАППУР «ЖИВАЯ ВОДА». Внутренний рабочий цикл экспертной системы предназначен для учета (ввода и корректировки) в БД информации о примененных мероприятиях по восстановлению и реабилитации водных объектов (модуль УМР), планирования ожидаемого экологического состояния (модуль ПЛС), а также оценки эффективности примененных мероприятий (модуль ОЭМ).

Программное обеспечение ПАППУР «ЖИВАЯ ВОДА» имеет клиент-серверную архитектуру и обеспечивает многопользовательский режим с ролевым разделением полномочий пользователей. Доступ к ресурсам сервиса организован с помощью web-интерфейса.

Создание ПАППУР «ЖИВАЯ ВОДА» позволит решать задачи:

- мониторинга состояния водных ресурсов в городах;
- анализа текущего экологического состояния водных ресурсов в городах;
- прогнозирования состояния водных ресурсов в городах;
- планирования использования водных ресурсов в городах;
- моделирования гидрологических событий и оценки их последствий;
- решать задачи ситуационного управления;
- учет водостоков и водоемов в городах (геоинформационная платформа);
- постоянный сбор данных о состоянии водостоков и водоемов в городах;
- хранение и актуализацию нормативной информации

## ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПОДЗЕМНОГО ХРАНИЛИЩА ГАЗА В ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

*Маслова Л.В. (аспирант кафедры экологии и природопользования, Российский Государственный Геологоразведочный Университет имени Серго Орджоникидзе, maslova\_lv@list.ru),*

*Экзарьян В.Н. (зав. кафедры экологии и природопользования, Российский Государственный Геологоразведочный Университет имени Серго Орджоникидзе)*

### Аннотация

Для выхода на путь устойчивого развития в Чувашской республике целесообразно создание подземного хранилища газа. Предполагается, что в пределах Токмовского свода существует возможность для создания подземного хранилища газа в пористых пластах. Сооружение объекта не принесет значительного ущерба окружающей среде и жителям прилежащих территорий.

### Ключевые слова

*Устойчивое развитие, создание подземного хранилища газа, Чувашская республика, Токмовский свод, флюидоупор, пласт-коллектор, заповедник.*

Чувашская республика до сих пор лишена собственных источников УВ сырья, не имеет подземных хранилищ газа (ПХГ) и характеризуется низкой изученностью. При этом в регионе отмечается наличие развитой сети газопроводов (10451 км), более тысячи предприятий работают на газу. Создание ПХГ в Чувашской республике позволит регулировать сезонную неравномерность в потреблении газа, создать дополнительные резервы природного газа для обеспечения нужд жителей и предприятий, снизить нагрузку на окружающую среду за счет перехода на экологически безопасный вид топлива – газ.

Предполагается, что в Чувашской республике, в пределах Токмовского свода существуют геологические условия для создания подземного хранилища газа.

В 1989 году во ВНИИГАЗ опубликован отчет, в котором определены критерии герметичности объектов создания ПХГ, где выделены типы экранирующих покрышек и рассмотрены факторы, влияющие на их герметичность [1].

В настоящее время оптимальными геологическими критериями для создания ПХГ принято считать глубины залегания резервуара от 700 до 1500 м, тип ловушки - структурная с амплитудой не менее 15 м [2]. Наиболее важным критерием создания ПХГ является выдержанная по площади и по мощности покрышка (флюидоупор), препятствующая вертикальной миграции закачиваемого газа. Предпочтительно, если на глубине от 300 м присутствует изолированный выдержанный по мощности водоупор, а пласт коллектор содержит подземные воды высокой минерализации. С экологической точки зрения благоприятным фактором является наличие «буферных» водоносных горизонтов [3].

История геологической изученности Чувашии связана с поисками нефтяных залежей и начинается с 40-х годов. После открытия на Токмовском своде Южно-Охотничьего нефтяного месторождения, началось более детальное его изучение. Строение Токмовского свода в пределах Чувашии по поверхности фундамента изучено слабо. Скважины, вскрывающие фундамент, прижаты к границам республики. В центральной ее части такие скважины отсутствуют. Рельеф фундамента на большей части территории изучен геофизическими методами.

На Турмышской площади пробурена поисковая скважина глубиной 1707 м, которая прошла весь осадочный чехол и вскрыла породы кристаллического фундамента (рис. 1). Прямых признаков нефтегазоносности не получено. Однако скважина дала существенный объем информации о геологическом разрезе с установлением благоприятных геолого-тектонических условий (наличие коллекторов, покрышек), получена параметрическая информация: керн, каротажные диаграммы современных методов ГИС, скоростные характеристики разреза, пробы пластов флюидов с разных глубин.

По характеру строения осадочного чехла на территории Чувашской Республики, как и по фундаменту, можно выделить два крупных поднятия – Сундырское и Канашское, разделенные Вурнарской системой прогибов. В пределах вышеназванных поднятий выделяется ряд локальных антиклинальных структур. Некоторые из них группируются в валы. К настоящему времени выделено порядка 30 структур. Наибольшее их количество отмечается на территории Канашского поднятия. В пределах Сундырского поднятия крупными являются Раскильдинская, Аликовская, Моргаушская, Кунарская структуры [2].

В разрезе девон-нижнекаменноугольных отложений выделены следующие интервалы, в которых развиты породы – потенциальные флюидоупоры (рис.1):

- глинистые породы тиманского горизонта;
- глинисто-карбонатный пласт в основании евановского горизонта;
- глинисто-карбонатный пласт в основании фаменского яруса;
- глинисто-карбонатные породы в основании турнейского яруса;
- глины бобриковского горизонта;
- глинизированные поверхности разрывных нарушений.

В девон-каменноугольном интервале разреза выделены следующие стратиграфические интервалы, характеризующиеся наличием пород-коллекторов различных типов(снизу-вверх):

- пашийские песчаники; Кп до 20%;
- биогермные (рифовые) известняки воронежского горизонта; Кп до 13%;
- зоны микротрещиноватости в рифовых известняках и отложениях открытого шельфа фаменского яруса; Кп до 10%;
- известняки и доломиты обломочные с тонкими прослоями карбонатно-глинистой породы верхнего фамена и турнея; Кп до 10%;

В девонско-каменноугольных отложениях выделяется несколько типов прогнозируемых ловушек, в том числе – структурные и тектонически-экранированные.

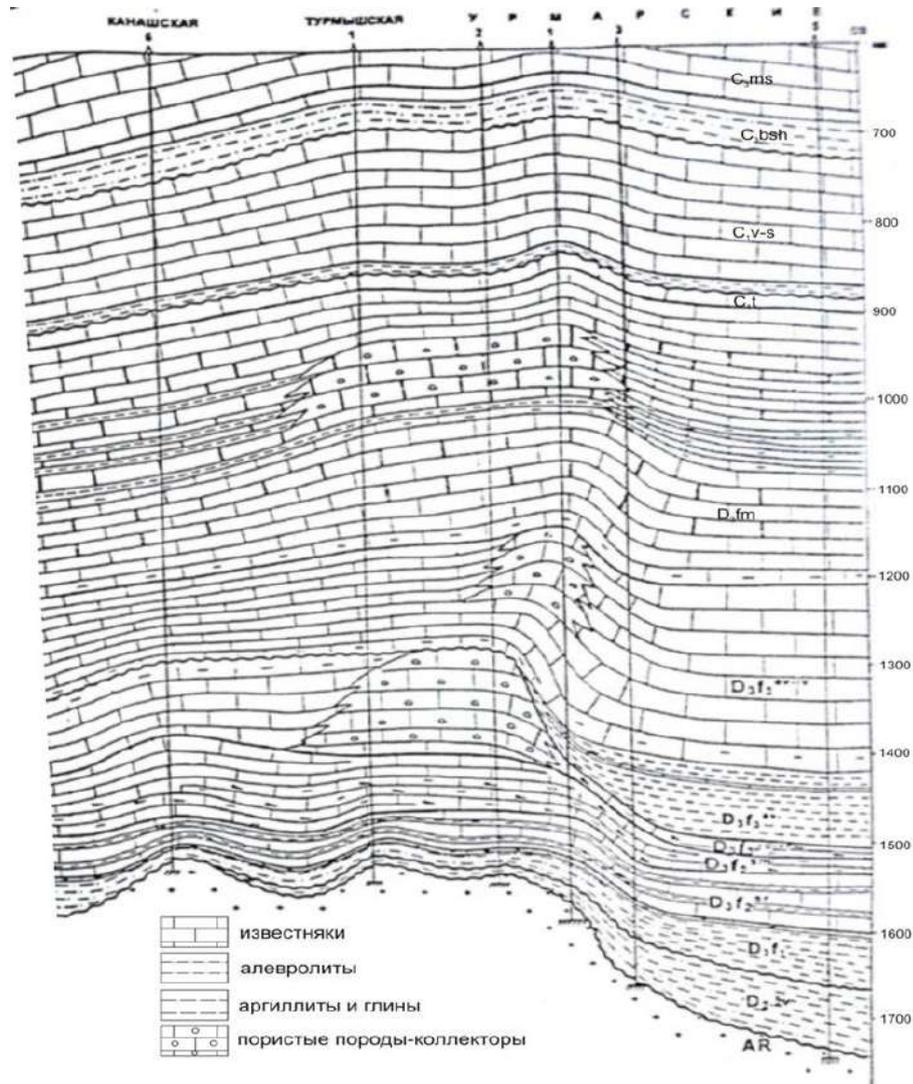
Покрышками в пределах данной территории могут являться пласты глинистых пород франского, фаменского и турнейского ярусов и бобриковского горизонта.

Наиболее перспективной зоной в девонско-турнейском комплексе является восток Токмовского свода, где наблюдается наилучшее сочетание различных пород-коллекторов, флюидоупоров и нефтематеринских глинисто-карбонатных пород. В этой же зоне прогнозируется максимальное развитие тектонически экранированных ловушек.

При поиске мест размещения подземных хранилищ газа следует исключить территории, имеющие природоохранное значение: Кукшумский, Калининский, Бугуяновский, Порецкий госзаказники, Присурский заповедник и его охранную зону, а также Национальный парк «Чаваш вармане» и прилегающие к ним территории.

Вполне вероятно, что в Чувашской республике в пределах Токмовского свода вышеописанные геологические условия смогут обеспечивать надежное хранение газа. В условиях высоких темпов развития экономики и нарастающего кризиса

энергоресурсов создание подобного хранилища является одним из рациональных и безопасных способов энергообеспечения с экологической точки зрения.



*Рисунок 1. Геологический профиль по скважинам, вскрывшим фундамент (Турмышская и Канашская).*

### Литература

1. Берето Я.А. и др. «Отчет по теме «Разработать рекомендации по выбору объектов создания ПХГ» М.: ВНИИГАЗ, 1987.
2. Семенов О.Е. Особенности формирования и оценка коллекторских и экранирующих свойств терригенных пород при создании подземных хранилищ газа в водоносных пластах. Дисс. на соиск. уч. ст. к. г.-мин. н. М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2010.
3. Методические рекомендации по обоснованию выбора участков недр для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых (рекомендованных протоколом МПР РФ от 3 апреля 2007 года №11-17/0044-пр)
4. Яковлев Б.А. Основные черты геологического строения Чувашии и перспективы нефтепоисковых работ / Учебное пособие по курсу «Геология нефти и газа» – М., Моск.инст.нефти и газа.- 1990 –С.61.

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОД ФИНСКОГО ЗАЛИВА И ФАКТОРЫ ЕГО ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ

*Медведева О. Ф.\* (medvedeva.of@mail.ru),*

**Аннотация:** Ленинградская область является высокоурбанизированной территорией с развитой промышленностью и сельским хозяйством. Восточная часть Финского залива принимает на себя загрязнения, приносимые водами рек Ленинградской области, что оказывает негативное воздействие на состояние экосистем. В данной работе рассматривается состояние вод восточной части Финского залива, а именно его мелководный, глубоководный районы, а также Копорская и Лужская губы.

**Ключевые слова:** оценка воздействия, гидрохимическое загрязнение, Восточная часть Финского залива

Финский залив является восточной частью Балтийского моря, он омывает берега России, Финляндии и Эстонии и является одним из трех самых больших заливов Балтийского моря.

Главной водной артерией Финского залива является река Нева. Она приносит в Финский залив около 95% от общего притока воды в залив, но при этом стоки других рек тоже оказывают большое значение. Вторая река по водности после Невы – Луга. Она впадает в Лужскую губу.

Среди множества факторов интенсивного воздействия человека на природу, можно выделить сельскохозяйственные стоки биогенных элементов, неочищенные промышленные и бытовые стоки и другие источники попадания токсичных веществ в пресноводные водоемы бассейна и в акваторию Финского залива. Все это увеличивает риск разрушения хрупких экосистем, ресурсов пресной воды и как места обитания богатого биоразнообразия и места расположения многих биологических ресурсов.

Воздействие человека на природу может привести к исчезновению не только отдельных видов растений или животных, но и к необратимой утрате естественной среды обитания.

В данной работе рассматривается состояние вод восточной части Финского залива, а именно его мелководный, глубоководный районы, а также Копорская и Лужская губы.

Ввиду того, что Ленинградская область является высокоурбанизированной территорией с развитой промышленностью и сельским хозяйством, на поверхностные водотоки оказывается сильное негативное воздействие. Учитывая то, что большинство водотоков приурочено к восточной части Финского залива, данная акватория принимает на себя негативное воздействие вышеупомянутых отраслей.

Проведенное исследование, посвященное оценке вод восточной части Финского залива и факторов его определяющих, позволяет сделать следующие выводы:

1. Превышений предельно допустимых концентраций по СПАВ, фенолам и нефтепродуктам в Восточной части Финского залива в период с 2014 по 2016 года не наблюдалось.

2. Основными гидрохимическими загрязнителями Мелководного района являются – медь, железо общее и марганец, Глубоководного района – медь, марганец и ртуть, Копорской и лужской губ – марганец. Отмечаются единичные случаи загрязнения вод

медью и ртутью в Копорской и Лужской губе, а так же железом общим в Глубоководном районе.

3. Ввиду того, что Ленинградская область является высокоурбанизированной территорией с развитой промышленностью и сельским хозяйством, на поверхностные водотоки оказывается сильное негативное воздействие. Учитывая то, что большинство водотоков приурочено к восточной части Финского залива, данная акватория принимает на себя негативное воздействие вышеупомянутых отраслей.

4. По гидрохимическим показателям стоит отметить снижение концентрации абсолютного кислорода во всех районах восточной части Финского залива. В мелководном и глубоководном районах отмечаются случаи несоответствия нормативу. В восточной части Финского залива, величина водородного показателя оставалась в пределах допустимой нормы ( $6,5 < \text{pH} < 8,5$ ). Содержание фосфатов по фосфору, азота нитратного, аммонийного не превышают предельно допустимой концентрации, но имеют тенденцию возрастания.

5. Основной вклад в загрязнение района вносят такие тяжелые металлы как марганец и ртуть. Отмечаются единичные случаи загрязнения вод медью и железом общим. Концентрации свинца, хрома общего, цинка и кадмия остаются ниже ПДК.

Рассматривая многолетнюю динамику содержания металлов в морских водах в восточной части Финского залива, можно отметить тенденцию к снижению средних концентраций (осредненных по съемкам 2014-2016 гг.) таких металлов, как медь, цинк и свинец по всем рассматриваемым районам.

7. Основной вклад в загрязнение вод восточной части Финского залива вносят стоки рек Невы и Луги, на которых располагаются промышленные центры. Территории, примыкающие к берегам района, относятся к сельскохозяйственным территориям, на которых распространены предприятия агропромышленного комплекса, специализирующиеся на молочно-мясном животноводстве, птицеводстве. Так как в водах данного региона наблюдается единичные случаи незначительного повышения концентраций характерных загрязняющих веществ, можно сделать предположение о наличии негативного влияния данных отраслей.

### Литература

1. Государственный доклад «Об экологической ситуации в Ленинградской области в 2015 году». – СПб.: «Издательство «Левша. Санкт-Петербург», – 120 с.
2. Государственный доклад «Об экологической ситуации в Ленинградской области в 2014 году». – СПб.: «Издательство «Левша. Санкт-Петербург», – 149 с.
3. Государственный доклад «Об экологической ситуации в Ленинградской области в 2016 году» – СПб.: «Издательство «Левша. Санкт-Петербург», – 123 с.
4. Ежегодник состояния экосистем поверхностных вод России по гидробиологическим показателям за 2015 г. подготовили: к. б. н. Ю.А. Буйволов, к. б. н. Г.А. Лазарева, к. б. н. О.М. Потютко, И.В. Быкова, Т.А. Герасимова, - Росгидромет, - 174 с.
5. Ежегодник состояния экосистем поверхностных вод России по гидробиологическим показателям за 2016 г. подготовили: к. б. н. Ю.А. Буйволов, к. б. н. Г.А. Лазарева, к. б. н. О.М. Потютко, И.В. Быкова, Т.А. Герасимова, - Росгидромет, - 191 с.
6. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2015. — Под ред. Коршенко А.Н., Москва, «Наука», 156 с.
7. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2016. — Под ред. Коршенко А.Н., Москва, «Наука», 156 с.

## ОЦЕНКА ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ НА ПРИМЕРЕ РЕГИОНА КАВКАЗСКИЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ ВОДЫ

*Назарова Н.С.\* (Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова,  
кафедра геоморфологии и палеогеографии, [natali5171@yandex.ru](mailto:natali5171@yandex.ru))*

*Еременко Е.А. (Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова,  
кафедра геоморфологии и палеогеографии, [eremenkoeaig@gmail.com](mailto:eremenkoeaig@gmail.com))*

### Аннотация

Описана методика комплексной оценки рельефа для целей природопользования, разработанная на кафедре геоморфологии и палеогеографии географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Оценка геоморфологической безопасности территории проведена для региона Кавказские Минеральные Воды.

**Ключевые слова:** геоморфологическая безопасность территории, опасные геоморфологические процессы, Кавказские Минеральные Воды.

Рельеф – базовый компонент природной среды и основа ландшафта – является одним из наиболее важных природных условий, влияющих на безопасность природопользования. Геоморфология, как наука, направленная на выработку и систематизацию знаний о рельефе, позволяет решать прикладные задачи, связанные с обеспечением безопасного и эффективного природопользования. Для любого типа природопользования можно выделить свой набор наиболее важных свойств рельефа и процессов, которые нужно учитывать при планировании и ведении хозяйства. Эти свойства и процессы определяют степень геоморфологической безопасности территории для того или иного типа природопользования. Оценка геоморфологической безопасности позволит повысить вероятность принятия грамотных решений при планировании хозяйства, научно обосновать выбор подходящих участков для разных типов природопользования, а для уже освоенных территорий – разработать эффективную сеть мониторинга и производить прогнозирование чрезвычайных ситуаций (Болысов и др., 2015).

Одним из вариантов комплексной оценки рельефа для различных типов природопользования является оценка геоморфологической безопасности территории (ГБТ), разработанная на кафедре геоморфологии и палеогеографии МГУ (Болысов и др. 2016). Данная оценка является комплексной и характеризует интенсивность рельефообразования в целом. Также оценка ГБТ может являться одним из вариантов качественной оценки риска от развития опасных геоморфологических процессов.

Пригодность той или иной территории для разных типов хозяйственного освоения определяется не только существующими геоморфологическими процессами, происходящими в её пределах, но и теми процессами, которые могут активизироваться в результате техногенного вмешательства в функционирование природной системы. Цель комплексной оценки геоморфологической безопасности территории – зонирование территории по интенсивности (на качественном уровне в категориях больше – меньше) процессов изменения рельефа, которые могут нанести или наносят ущерб хозяйству в результате воздействия на существующие объекты. Такая оценка необходима для создания условий уверенного и бесконфликтного природопользования, при котором все риски в пределах конкретной территории являются приемлемыми для конкретного вида природопользования. Интенсивность и направленность геоморфологических процессов зависят от комплекса свойств рельефа территории, а

также свойств обстановки рельефообразования – тектонических условий, геологического строения, ландшафтно-климатических условий и пр. Из этого следует, что в случае комплексной оценки не только реальных, но и потенциальных опасностей необходимо исходить не столько из фактических проявлений опасных процессов, сколько из анализа условий и факторов рельефообразования, которые этим проявлениям способствуют.

Результат оценки ГБТ – это карта зонирования территории по величине интегрального показателя ГБТ, который рассчитывается из частных показателей свойств рельефа и обстановки рельефообразования. Назначение данной оценки – прикладное, то есть потребителем конечного результата (карты) являются не специалисты-географы или специалисты-геологи, а частные землепользователи или органы власти, которым такая оценка необходима, в частности, при разработке перспективных схем природопользования, поиске путей снижения экологических и экономических издержек, связанных с реализацией геоморфологических процессов. В связи с этим одно из главных требований, выдвигаемых к данному показателю, его наглядность и удобная для потребителя форма представления, а именно – числовые значения безразмерного показателя, которые характеризуют безопасность от наиболее низких к наиболее высоким значениям.

Разработанная методика комплексной оценки геоморфологической безопасности основана на учете факторов и условий развития опасных процессов и может быть использована в любых природных условиях и в разных масштабах. Суть методики заключается в определении перечня показателей природной среды, которые влияют на развитие геоморфологических процессов, которые могут представлять опасность для планируемой или фактической хозяйственной деятельности (например, сейсмические условия, крутизна склонов, характер поверхностных грунтов и пр.), построении серии карт распределения указанных показателей на изучаемую территорию (по литературным и архивным данным, по данным полевых исследований), ранжировании учитываемых критериев (выделении диапазонов их изменения и присвоению категорий по величине возможного нежелательного влияния) и расчете интегрального показателя геоморфологической безопасности. Данная величина отражает степень безопасности того или иного участка территории для природопользования (в целом или его конкретного типа). Результатом комплексной оценки является карта, на которой цветом отражено значение интегрального показателя геоморфологической безопасности.

Описанный подход был применен для оценки рельефа особо-охраняемого эколого-курортного региона Кавказские Минеральные Воды (КМВ). При оценке геоморфологической безопасности территории региона КМВ были использованы следующие условия и факторы развития геоморфологических процессов: горизонтальная расчлененность рельефа, вертикальная расчлененность рельефа, тип землепользования, близость к возможным очагам землетрясений (интенсивность землетрясения в баллах, при максимальной интенсивности в очаге в 8-9 баллов), характеристика пород, залегающих, преимущественно, с поверхности. Показательной характеристикой активности эрозионных процессов в среднем масштабе является густота эрозионной сети (горизонтальная расчлененность территории сетью тальвегов временных и постоянных водотоков). Развитие склоновых процессов определяется гравитационным потенциалом, который зависит от амплитуды абсолютных высот, т.е. вертикальной расчлененности рельефа. Тип землепользования отражает степень антропогенной нагрузки на территорию, которая как правило активизирует деятельность геоморфологических процессов (исключением являются отдельные крупные мегаполисы и их части, каковые на территории исследования отсутствуют). Тектонические процессы региона выражаются в высокой расчетной и фактической

интенсивности землетрясений, что не только само по себе является опасным природным явлением, но и способствует активизации многих опасных геоморфологических процессов (оползней, обвалов и др.). Среди развитых в пределах территории геоморфологических процессов значительная часть обнаруживают тесную связь со свойствами горных пород, залегающих, в том числе, с поверхности (например, просадочные процессы проявляются в районах развития лессовых пород).

Для рассматриваемой территории была создана серия частных карт, характеризующих распределение факторов и условий развития геоморфологических процессов, описанных выше. Далее была выполнена процедура оверлейного взвешенного суммирования частных показателей и получена итоговая карта оценки геоморфологической безопасности (рис. 1).

Полученная карта зонирования демонстрирует неоднородность территории по степени безопасности с точки зрения возможности активизации опасных геоморфологических процессов, характерных для данного региона (эрозионные, селевые, оползневые, обвально-осыпные, карстово-суффозионные и др.). Значения показателя ГБТ изменяются в пределах территории от 1,2 балла до 3,6 балла. Участки с самыми высокими показателями ГБТ (2,9-3,6 – наиболее безопасные территории) в пределах региона КМВ сконцентрированы на северо-западе территории и располагаются на юго-восточных пологих склонах водораздельного пространства бассейнов рек Кубани и Кумы. Участки с самыми низкими показателями ГБТ (1,2-2,0 – наименее безопасные территории) в южной части региона приурочены главным образом к бортам долин крупных рек и соответствуют крутым склонам, зачастую с разреженным травянистым покровом. В северо-восточной части региона низкие показатели ГБТ приурочены к крутым склонам гор-лакколитов, а также к территориям с повышенной антропогенной нагрузкой.

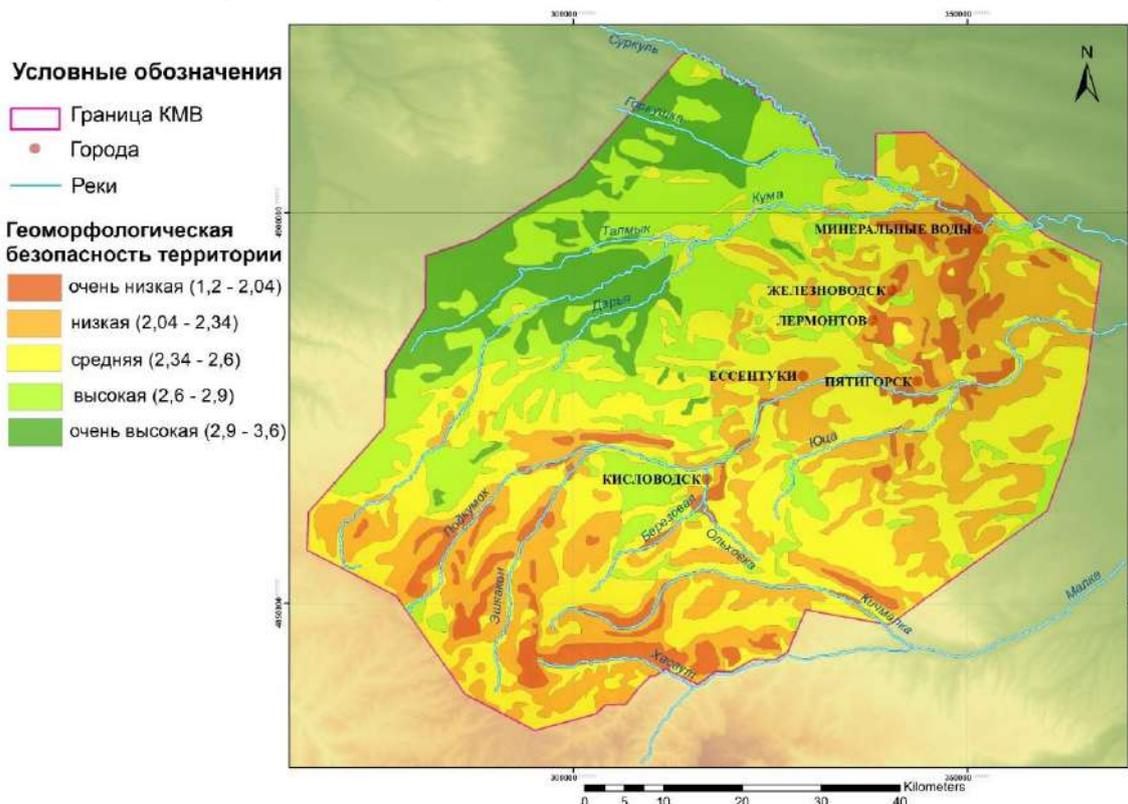


Рисунок 1. Карта геоморфологической безопасности территории КМВ.

Результаты комплексной оценки геоморфологической безопасности могут быть использованы как на стадии проектирования сооружений, так и на стадии эксплуатации и мониторинга (для планирования мероприятий по наблюдению за участками проявления неблагоприятных и опасных геоморфологических процессов). Для региона КМВ, где в настоящее время активно развивается рекреационная инфраструктура, полученные результаты зонирования могут служить, среди прочего, необходимой основой стратегического планирования размещения крупных объектов рекреационного комплекса (парков развлечений, зон отдыха и пр.) и связующих линейных транспортных объектов между ними.

### Литература

1. Болысов С.И., Бредихин А.В., Еременко Е.А. Подходы к оценке геоморфологической безопасности территорий // Вопросы географии. Сб. 140. Современная геоморфология. М.: Изд. дом "Кодекс", 2015. С. 29–55.
2. Болысов С.И., Бредихин А.В., Еременко Е.А. Комплексная мелкомасштабная оценка геоморфологической безопасности России // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2016. №2. С. 3-12.

## КАДАСТРОВАЯ ОЦЕНКА ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ КАК ОСНОВА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

*Огуречников А.А.\* (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе (МГРИ), [ogurechnikov.alexander@yandex.ru](mailto:ogurechnikov.alexander@yandex.ru)),  
Экзарьян В.Н. (Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе (МГРИ), [vnekzar@rambler.ru](mailto:vnekzar@rambler.ru))*

**Аннотация.** Статья посвящена актуальной проблеме – созданию системы кадастров территорий, в пределах которых проектируются или эксплуатируются объекты атомной энергетики. Рассматриваются основные этапы экологических исследований по выбору места для размещения АЭС. Делается вывод о том, что кадастры эксплуатируемых АЭС могут использоваться как объекты-аналоги при прогнозировании воздействий, изменений и последствий в зоне проектируемых АЭС.

**Ключевые слова:** атомная энергетика, кадастры территорий объектов атомной энергетики, инженерные изыскания при выборе места размещения АЭС.

Энергетический комплекс является основой развития современной цивилизации. Решение социально-политических, экономических и промышленных проблем в значительной мере определяется масштабностью энергоресурсов осваиваемой территории.

С позиции экологии и охраны окружающей среды энергетика является источником загрязнения атмосферы, гидросферы и литосферы, и часто приводит к деградации и уничтожению экологических систем. Кроме того энергоресурсы не бесконечны, и уже сейчас, пока ситуация более или менее стабильна, нужно задуматься о будущем. Огромные надежды возлагались на альтернативную энергетику, однако, как показывает практика, конечный результат далек от желаемого. Не везде климатические и географические условия позволяют использовать альтернативные технологии, да и затраты на солнечные или ветряные электростанции огромны, а количество энергии – минимально. Возможности строительства новых гидроэлектростанций тоже весьма ограничены. Не стоит забывать и о борьбе с парниковым эффектом, накладывающей ограничения на сжигание нефти, газа и угля на тепловых электростанциях. Решением проблемы может стать активное развитие ядерной энергетики.

До Чернобыльской трагедии атомная энергетика считалась безопасной, говорилось только о тепловом “загрязнении” воды как практически единственном экологическом последствии АЭС, которое теоретически легко устранимо. Опыт показал значительные недоработки существующих проектов АЭС: не учет, а порой и игнорирование геолого-гидрогеологических и структурно-тектонических условий территории, слабую техническую подготовку строительных и эксплуатирующих организаций и целый ряд других недостатков.

Что касается экологичности АЭС, то этот вопрос в настоящее время остается пока спорным. Эксплуатируемые АЭС природные ресурсы, используемые в качестве топлива, позволяют считать атомную энергетику по сравнению с тепловой и гидроэнергетикой более экологичной. Техническую оснащенность строительных и эксплуатационных организаций также можно довести до необходимого уровня. Вся

сложность проблемы в научно обоснованном выборе территории размещения АЭС, создании проекта многоступенчатой защиты от всевозможных воздействий извне, а также разработка уже на стадии проекта мероприятий по ликвидации АЭС. Особняком стоит вопрос вывоза или утилизация отходов АЭС и целый ряд других не менее важных проблем, решение которых должно быть продумано до строительства АЭС [1].

Методология развития атомной энергетики должна исходить из обязательного учета фундаментальных принципов современной экологии: «принципа презумпции экологической опасности любого вида деятельности», «принципа козволуции общества и Природы» и принципа гомеостазиса (толерантных пределов). Исходя из указанных принципов, при выборе мест расположения объектов атомной энергетики необходимо осуществлять прогнозирование воздействий проектируемых объектов на окружающую среду, изменений природной обстановки и экологических систем, а также последствия этих изменений в краткосрочной и долгосрочной перспективе.

В РФ разработана Генеральная схема размещения объектов энергетики до 2020 года с учетом перспективы до 2030 года, в которой большое внимание уделено развитию атомной энергетики. В различных регионах России проводятся инженерные изыскания и исследования по обоснованию мест размещения объектов атомной энергетики [1].

Для осуществления прогнозных оценок и расчетов необходима информация о:

- существующей и перспективной структуре функционального использования территории;
- регионально-геологических и зонально-климатических условиях;
- состоянии компонентов природной среды и экологических систем;
- технологических особенностях эксплуатации проектируемых АЭС и др.

Получение этой информации по проектируемым АЭС производится в процессе инженерных изысканий, выполнении процедуры «Оценка воздействия на окружающую среду» (ОВОС), разработки перечня мероприятий по охране окружающей среды (ПМ ООС). Для существующих АЭС в состав информации входят также результаты мониторинговых наблюдений и других исследований. Унификация и систематизация материалов осуществляется путем создания системы кадастров территорий, где проектируются или существуют объекты атомной энергетики.

Базовыми аспектами при выборе мест размещения объектов атомной энергетики являются: экологический, геологический, гидрологический, метеорологический, почвенный, биологический и другие.

Работы проводятся в разных масштабах от 1:2 500 000 до 1:2000. Основной концепции является информационная матричная модель. По характеристикам (критериям, показателям) для каждого масштаба с применением ГИС-технологий строятся «послойные» карты, совмещение которых позволяет выделять территории, приемлемые для строительства объектов атомной энергетики. Далее составляется кадастр этих территорий. Работы в последующем, более крупном масштабе ведутся лишь в пределах выделенных кадастровых территорий.

В результате формируются кадастры территорий, разномасштабных уровней исследований. ГИС-технологии при необходимости позволяют менять или изменять принципы выборов кадастровых территорий для каждого выделенного в информационной модели иерархического уровня [2].

При выборе места размещения, проектировании, строительстве и эксплуатации АЭС инженерные изыскания выполняются поэтапно:

1. Исследование района предполагаемого строительства для выбора пункта размещения АЭС (первый этап). Исследования охватывают территорию всей России и территории субъектов РФ, в пределах которых выделяются перспективные для

строительства объектов атомной энергетики районы (пункты). Выполняются, как правило, в масштабе 1:2 500 000 – 1:200 000. Перспективными районами следует считать территории, в пределах которых отсутствуют (ниже перечислены критерии выбора районов):

- особоохраняемые территории и акватории;
- водоохранные зоны;
- зоны санитарной охраны водозаборов;
- уникальные природные ландшафты;
- места произрастания флоры и обитания животных, занесенных в Красную книгу;
- лесные массивы Гослесфонда РФ;
- историко-архитектурные, археологические и другие объекты, представляющие национальное достояние РФ.

По результатам исследований составляется итоговая карта и кадастр местоположения перспективных для строительства объектов атомной энергетики районов (пунктов).

2. Изыскания и исследования для выбора площадки размещения АЭС в пределах выбранного пункта (второй этап). Исследования выполняются только в пределах выделенных перспективных районов (пунктов) применительно к масштабам 1:50 000 – 1: 10 000. Целевой задачей исследований является выделение перспективных для строительства объектов атомной энергетики площадок. Перспективные площадки выделяются путем оценки территории по следующим показателям:

- геолого-гидрогеологическое строение;
- особенности рельефа и геоморфологические условия;
- защищенность подземных вод;
- состояние почвенно-растительных сообществ;
- неотектонические условия территории;
- наличие и степень активности природно-техногенных процессов.

По результатам исследований второго этапа составляется кадастр перспективных для строительства объектов атомной энергетики площадок.

3. Изыскания на выбранной площадке для размещения (компоновки) и привязки групп сооружений АЭС, разработки Генерального плана и основных проектных решений (третий этап). Примерный состав инженерно-экологических изысканий приведен в СП 11-102-97.

4. Изыскания для разработки рабочей документации (четвертый этап).

5. Специальные изыскания и исследования при строительстве (консервации, расширения, реконструкции) и эксплуатации АЭС (пятый этап).

Основной объем инженерных изысканий и исследований при проектировании АЭС проводится на первых трех этапах, материалы которых являются базой при составлении и ведении кадастров.

В состав материалов, полученных по результатам инженерных изысканий, которые впоследствии включаются в кадастры, входят:

- описания района расположения площадки, совмещенные с картографической основой;
- подробная характеристика геолого-гидрогеологических условий;
- данные о гидрометеорологических особенностях района и, в первую очередь, расчетные характеристики опасных и особо опасных метеорологических явлений редкой повторяемости;
- оценка возможного воздействия на окружающую природную среду и населения;
- сведения, характеризующие существующие источники техногенной опасности и другая информация [2].

Формирование кадастров должно осуществляться отдельно по пунктам и площадкам размещения объектов атомной энергетики, а также отдельно для проектируемых и эксплуатируемых АЭС. Обобщенная классификация кадастров территорий объектов атомной энергетики приведена на рис. 1.



**Рисунок 1.** Обобщенная классификация кадастров территорий объектов атомной энергетики

В состав кадастровой информации по проектируемым АЭС входят материалы ОВОС и ПМ ООС, прошедшие государственную экологическую экспертизу, и результаты инженерных изысканий и исследований. По действующим АЭС кроме разделов ОВОС и ПМ ООС, в кадастры вводятся следующие документы и материалы:

- утвержденные проекты ПДВ и ПДС;
- формы статистической отчетности (2ТП-Водхоз, 2ТП-Воздух и другие);
- материалы мониторинговых наблюдений.

Все указанные материалы должны постоянно пополняться в кадастре. Формы статотчетности – ежегодно, ПДВ и ПДС - по мере их пересмотра (один раз в 5 лет), данные мониторинговых наблюдений постоянно, по мере их получения. Формирование кадастра по существующим АЭС должно осуществляться по архивным данным Концерна «Росэнергоатом» и материалам, сосредоточенным на АЭС [1].

Подводя итог, следует сказать, что материалы инженерных изысканий и исследований, а также выявленные в результате мониторинговых наблюдений закономерности, систематизированные в кадастрах, можно рассматривать как универсальные для объектов атомной энергетики, расположенных в аналогичных регионально-геологических и зонально-климатических условиях. В целях обеспечения экологической безопасности объектов атомной энергетики, выявление закономерностей возможного воздействия АЭС на компоненты окружающей среды следует выполнять на предпроектных стадиях. Кадастровая оценка с использованием метода аналогий и математического анализа позволяет своевременно прогнозировать изменения состояния окружающей среды в зоне влияния АЭС, как на предпроектных, так и на стадиях эксплуатации объектов атомной энергетики.

### Литература

1. Формирование расширенного кадастра пунктов и площадок АЭС на территории России. – М., Росатом, 2011 г.
2. Экзарьян В.Н. Подход к экологическому обоснованию строительства объектов атомной энергетики. IV-е Денисовские чтения «Проблемы обеспечения экологической безопасности строительства», М., МГСУ, 2008 г.

## ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ЗАВОДАХ

*Пернебек Б.П.\* ((Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»), г. Москва, e-mail: [beka\\_26\\_96@bk.ru](mailto:beka_26_96@bk.ru)),  
Скопинцева О.В. (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ)), e-mail: [skopintseva54@mail.ru](mailto:skopintseva54@mail.ru))*

### Аннотация

Приведена характеристика шести категорий сточных вод заводов машиностроительной промышленности. Описаны используемые способы очистки сточных вод для каждой категории, такие как: напорная фильтрация, электрокоагуляция, ионообменная очистка, реагентная коагуляция. Показана необходимость и целесообразность создания замкнутых систем технического водоснабжения на машиностроительных заводах, определяемая тремя основными факторами: дефицитом воды; исчерпыванием ассимилирующей способности водных объектов, предназначенных для приема сточных вод; экономическими преимуществами по сравнению с прямоточными системами водоснабжения.

**Ключевые слова:** сточные воды, машиностроительные заводы, оборотное водоснабжение, напорная фильтрация, электрокоагуляция, ионообменная очистка.

Сточные воды образуются в результате хозяйственно-бытовой и производственной деятельности человека. Они тем или иным путем попадают в воды закрытых водоемов, рек, морей и океанов, где и сосредотачивается все многообразие вредных веществ, производителем которых является человек.

Количество производственных сточных вод на машиностроительных заводах колеблется в значительных пределах в зависимости от характера производства и их мощности. Сброс сточных вод травильных и гальванических цехов предприятий этой отрасли, например, в 1993 году составил 2,03 млрд. м<sup>3</sup>, в том числе загрязнённых – 0,95 млрд. м<sup>3</sup>, в первую очередь нефтепродуктами, сульфатами, хлоридами, взвешенными веществами, цианидами, соединениями азота, солями железа, меди, цинка, никеля, хрома, молибдена, фосфора, кадмия [1].

Сточные воды большинства заводов машиностроительной промышленности можно разделить на следующие основные категории [2]:  
I — чистые от охлаждения технологического оборудования (50—80% общего количества);

II — загрязненные механическими примесями и маслами (10—15%);

III — загрязненные кислотами, щелочами, солями, соединениями хрома, циана и другими химическими веществами (5—10%);

IV — отработавшие смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) или эмульсии (до 1%);

V — загрязненные пылью вентиляционных систем и горелой землей литейных цехов (10-20%);

VI — поверхностные (дождевые, талые, поливочно-мочные).

Концентрация загрязнений в сточных водах уточняется по технологическим данным или по натурным измерениям.

Сточные воды I категории следует использовать в системе оборотного водоснабжения с охлаждением на градирнях, в брызгальных бассейнах, в закрытых теплообменных аппаратах.

Сточные воды II категории после очистки до концентрации механических примесей 10—30 мг/л и масел 5—20 мг/л целесообразно возвращать на

технологические нужды в те производства, откуда они получены, а также использовать для подпитки систем оборотного водоснабжения и для полива территории. При возврате на подпитку очищенная вода подлежит стабилизационной обработке. Очистку и доочистку сточных вод II категории можно осуществлять, выбирая вариант использования электрокоагуляции, напорной флотации или реагентной коагуляции. Для улавливания крупных механических примесей и песка используют также напорные и безнапорные гидроциклоны.

Для отстаивания сточных вод могут применяться горизонтальные и вертикальные отстойники, нефтеловушки с продолжительностью отстаивания не менее 2 ч или полочные отстойники. Для доочистки воды можно применять встроенные в отстойники фильтры с загрузкой синтетическими волокнистыми материалами, отходами лавсанового производства и пр.

Сточные воды III категории расходом до  $100 \text{ м}^3/\text{сут}$  целесообразно обрабатывать реагентами в камерах-реакторах периодического действия, расходом более  $100 \text{ м}^3/\text{сут}$  в камерах проточного типа с обязательным автоматическим регулированием процесса очистки. Воду предварительно усредняют не менее 1—2 ч. При необходимости возврата очищенных сточных вод на нужды цехов металлопокрытий следует предусматривать ионообменную очистку. Очистка отработавших регенерационных растворов и отработавших растворов ванн покрытий производится реагентным методом. Применение ионного обмена наиболее целесообразно при регенерации (возврате в производство) элюатов и отработавших растворов. Для возврата сточных вод возможно применение и других методов: электродиализа, гиперfiltrации, дистилляции, выпаривания.

Сточные воды V категории целесообразно выделять в самостоятельный поток с устройством оборотной системы, подпитываемой из промышленного водопровода или очищенными водами II категории. На предприятиях, имеющих крупные литейные цехи, предусматривается централизованная оборотная система гидрошламоудаления. При мелких цехах возможно строительство локальных очистных установок с возвратом воды в производство. Сточные воды, загрязненные пылью и горелой землей, направляют на шламовые площадки или в отстойники, сгустители, а также осветляют на гидроциклонах с предварительной подачей реагентов. В качестве реагентов применяют сернокислый алюминий дозой 150—200 мг/л в расчете на  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , полиакриламид дозой 1—2 мг/л по активному продукту, гашеную известь (при слабокислой реакции стока).

Очистка сточных вод VI категории производится в накопителях дождевого стока и на пенополиуретановых фильтрах. Объем накопителя рассчитывают на прием дождя максимальной интенсивности продолжительностью 20 мин и проверяют на прием дождя средней интенсивности продолжительностью 3—6 ч. Накопители должны быть оборудованы устройством для удаления осадка и нефтепродуктов. Перед накопителем необходима установка решеток. После очистки дождевые стоки целесообразно подавать на повторное использование в производство и на подпитку системы оборотного водоснабжения.

### Литература

1. Технология и техника защиты гидросферы: Методические указания к практическим работам, курсовому проектированию и контрольная работа для студентов очной и заочной форм обучения специальностей 330200, 060300 очной / Составитель Э.В.Богданова; ГАЦМиЗ.- Красноярск, 2001.- 60 с.
2. Укрупненные нормы водопотребления и водоснабжения для различных отраслей промышленности / ВНИИ – М.: 1978 – 580 с.

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОТИВООПОЛЗНЕВЫХ И ПРОТИВОАБРАЗИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В Г. МОСКВА

*Поворознюк Г.П. (ООО «Транспроектинжиниринг»)*

**Аннотация.** Распространение проявлений экзогенных геологических процессов на территории г. Москвы определено особенностями инженерно-геологических условий и тектонического развития региона. Наиболее опасными являются оползневые процессы – глубокие оползни с основным деформирующимся горизонтом в юрских глинистых отложениях. Они выявлены в долине р. Москвы на 12 участках (Шукино, Серебряный бор, Хорошёво-1, Фили-Кунцево, Нижние Мнёвники, Хорошёво-2, Поклонная гора, Воробьёвы горы, Коломенское, Москворечье, Чагино, Капотня), в долине реки Сходни на 2-х участках (Сходня, Тушино) и развиты на склонах высотой 15-70 м, крутизной 9-170 м, по механизму деформаций склона относятся к оползням выдавливания или сдвига. Каждый из названных оползней угрожает различным сооружениям (коллекторам водонесущих коммуникаций, линиям ЛЭП, историческим памятникам и пр.). Наибольшую опасность для сооружений представляют собой оползни на участках Воробьёвы горы, Коломенское и Хорошёво-1, где наблюдается активность оползневой процесс, не смотря на выполненные комплексы мер инженерной защиты на первых двух участках.

Актуальность изучения и проведения противооползневых мероприятий продиктована наличием вблизи них важных инженерных сооружений и перспективой строительства новых. Для этого требуется детальная информация о динамике оползневой процесс, его глубинности, структуре оползня и механизме его образования. К тому же нельзя забывать о процессах абразии, вызванных течением Москвы-реки. Абразия приводит к обнажению ранее поддерживаемого подпёртым водой и грунтом водоупорного горизонта. Создаются условия для скольжения, вызванные абразией. На исследуемых участках наблюдаются взаимосвязанные оползневые и абразивные явления.

**Ключевые слова:** оползни, природозащитные сооружения, Москва.

Оползни по положению поверхности скольжения подразделяются на глубокие и поверхностные. Под глубокими понимаются оползни, захватывающие весь склон от бровки до уреза. Поверхностными называют оползни, захватывающие только часть склона. При этом высота склона не имеет значения. Если глубина захвата 50 м, а высота склона - 80 м, то оползень, будет поверхностным; если же склон имеет высоту 10 м, и он весь вовлечён в оползневой процесс, то оползень будет глубоким.

Поверхностные оползни развиваются на склонах реки Москвы, её притоках, в бортах оврагов и балок. Оползни этого типа по механизму смещения относятся к оползням скольжения и течения, иногда встречаются суффозионные оползни.

Большинство оползней имеет чёткие очертания — оползневую нишу, сформировавшуюся на склоне после смещения материала, и сместившиеся грунты у базиса оползания.

Оползни возникают на склонах различной высоты, крутизной от 14°. Размеры их относительно невелики; протяжённость вдоль склона составляет несколько метров, реже десятки метров. Длина по оси движения — первые метры; глубина захвата пород 1-5 м, реже до 10 м.

Основными природными причинами образования этих оползней являются эрозионная и абразионная деятельность водотоков, подрезка склонов, процессы промерзания и оттаивания грунтов, и переувлажнение грунтов при снеготаянии и продолжительных дождях.

Большое влияние на развитие поверхностных линз оказывает хозяйственная деятельность человека. Это воздействие имеет, преимущественно, негативный характер, что и выражается в накоплении на склонах и присклоновых участках бытового мусора и насыпных грунтов, сбросе в овраги вод поверхностного стока, подрезке склонов долин рек и бортов оврагов, плохой заделке траншей при прокладке коммуникаций вблизи склонов. Всё это представляет собой техногенные причины образования поверхностных оползней.

В г. Москве глубокие оползни выявлены в долине р. Москвы на 12 участках (Щукино, Серебряный бор, Хорошёво-1, Фили-Кунцево, Нижние Мневники, Хорошёво-2, Поклонная гора, Воробьёвы горы, Коломенское, Москворечье, Чагино, Капотня) и в долине реки Сходни на 3-х участках (Сходня, Тушино, Куркино). Склоны, поражённые глубокими оползнями, имеют специфический характер рельефа: в верхней части — это высокий крутой откос (поползневый уступ), в средней и нижней частях — терраса с бугристо-грядовым рельефом. Протяжённость оползневых участков различна от 0,5 до 3,0-3,5 км, ширина (длина по оси движения оползня) достигает 100-380 м, форма в плане — фронтальная; рейс — циркообразная. По механизму деформаций склона они относятся к оползням выдавливания.

При разработке противооползневых мероприятий на исследуемых участках необходимо помнить, что они являются особо-охраняемыми природными территориями, а, следовательно при работах не должно нарушаться экологическое равновесие.

Наиболее оптимальными решениями в данном случае будет являться комбинированный дренаж и укрепление склонов габионными сетками.

При проектировании защитных сооружений для оползневых массивов необходимо исходить из экономической целесообразности и прорабатывать все варианты, не отдавая предпочтения лишь хорошо известным по расчёту бетонным конструкциям.

Выбрав рациональное решение, можно значительно сократить материальные затраты, сроки строительства и повысить эффективность систем инженерной защиты.

В некоторых случаях целесообразно использование более серьёзных укреплений. Устойчивость стен значительно увеличивается за счёт угловых стенок с дополнительным креплением анкерами.

**Выводы.** Проблема глубоких оползней в г. Москве возникла лишь в середине XX столетия, что связано с ростом населения и территории города. Освоением склонов и присклоновых участков. При этом иногда только спустя несколько лет после освоения, выяснилось, что участок является оползневым.

В её пределах развиты несколько генетических типов ЭГП, наиболее опасными из которых являются глубокие оползни с основным деформирующимся горизонтом в юрских глинистых отложениях.

Из 10 глубоких оползней укреплено 6, причём на 4 из них противооползневые мероприятия потеряли свою эффективность.

Наибольшую опасность для сооружений представляют собой оползни на участках Воробьёвы горы, Коломенское и Хорошево-1, где наблюдается активность оползневого процесса, не смотря на выполненные комплексы мер инженерной защиты на первых двух участках.

Основной природной причиной образования и активизации глубоких оползней, согласно традиционным взглядам, является эрозионная деятельность рек в основании склонов. В городских условиях причиной активизации глубоких оползней является разнообразная техногенная нагрузка:

- подрезка склонов в нижней и (или) пригрузка в верхней части;
- капитальное строительство в непосредственной близости от бровок склонов; прокладка вдоль и поперёк склонов инженерных коммуникаций, в том числе водонесущих;
- динамические нагрузки от транспорта и строительных работ;
- сосредоточенный сброс на склон вод поверхностного стока.

На сегодняшний день существует много методов, предназначенных для наблюдений за оползневой процессом в глубине массива, но и в одном официальном источнике информации, нет чётких указаний, какой из них следует применять.

Стоимость систем инженерной защиты может значительно превышать стоимость возводимых на территории объектов. Однако нельзя недооценивать необходимость инженерной защиты и тем более отказываться от неё вообще.

### Литература

1. Гаврилов С.Г. Результаты наблюдений за деформациями оползневого склона на участке между Карамышевским и Хорошевским спрямлениями реки Москвы по состоянию на 23 октября 2006 г., ..., 08 ноября 2007 г. ГУП «Мосгоргеотрест», 2006-2007 гг.
2. Гулакян К.А. Автореферат канд. дисс. Методы изучения и механизм глубоких оползней выдавливания (на примере оползней районов Одессы, Саратова, Москвы). – М., 1965 г.
3. Емельянова Е.П. Основные закономерности оползневых процессов. – М.: Недра, 1972 г.
4. Кюнтцель В.В. Закономерности оползневого процесса на европейской территории СССР и его региональный прогноз. – М.: Недра, 1980 г.
5. Парецкая М.Н., Пигарина С.Д. Отчёт «Региональное изучение оползней на территории г. Москвы». М.: ЦИГГЭ, 1977 г.
6. Парецкая М.Н., Рапутов М.Б. Отчёт «Изучение режима экзогенных геологических процессов на территории г. Москвы и Московской области (о результатах стационарного изучения оползневых процессов на территории г. Москвы и Московской области с 1973 по 1989 гг.)». М.: МГГЭ, 1991 г.
7. Соколов В.С. Отчёт об инженерно-геологических изысканиях для проектирования противооползневых мероприятий на участке склона между Карамышевским и Хорошевским спрямлениями р. Москвы. Альбом 1. М.: ФГУП «ГСПИ», 2007 г.
8. Соколов В.С. Отчёт об инженерно-геологических изысканиях для проектирования противооползневых мероприятий на участке склона между Карамышевским и Хорошевским спрямлениями р. Москвы. Альбом 2. М.: ФГУП «ГСПИ», 2007 г.
9. Соколов В.С. Отчёт «Мониторинг оползневых процессов на участке склона между Карамышевским и Хорошевским спрямлениями р. Москвы». М.: ФГУП «ГСПИ», 2007 г.
10. Тер-Степанян Г.И. Новые методы изучения оползней. – Ереван: Издательство АН Армянской ССР, 1978 г.
11. Тихонов А.В. Инженерно-геологическое заключение о прогнозе развития оползневых процессов на участке между Карамышевским и Хорошевским спрямлениями р. Москвы. М.: ФГУП «Геоцентр-Москва», 2007 г.
12. Тихонов А.В. Проект мониторинга оползневого склона на участке между Карамышевским и Хорошевским спрямлениями р. Москвы. М.: ФГУП «Геоцентр-Москва», 2007 г.

## ВЛИЯНИЕ АНОМАЛИЙ СРЕДНЕМЕСЯЧНЫХ ТЕМПЕРАТУР НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА Г. МОСКВЫ

Пузанкова В.А. (МГРИ, e-mail: varuzankova@yandex.ru)

**Аннотация:** в работе рассмотрены особенности изменения положительных и отрицательных аномалий среднемесячных температур за 2001-2017 гг. в г. Москва. Как положительные, так и отрицательные аномалии температуры возникают в периоды неблагоприятных метеорологических условиях и оказывают влияние на повышение концентраций основных загрязняющих веществ (диоксида азота, формальдегида, бенз(а)пирена и фенола). Таким образом, аномалии среднемесячных температур воздуха способствуют загрязнению атмосферного воздуха столицы.

**Ключевые слова:** аномалия средних месячных температур, динамика аномалий, загрязнение атмосферы.

Формирование значительных аномалий температуры воздуха в различные сезоны года оказывает влияние не только на процессы в географической оболочке, но и на экологическое состояние атмосферы, способствуя повышению концентрации вредных и загрязняющих веществ.

В работе были проанализированы температурные аномалии в различные сезоны года на примере метеостанции г. Москвы (ВВЦ) с 2001 по 2017 гг. Результаты анализа были использованы для оценки и прогноза геоэкологической ситуации в периоды неблагоприятных метеорологических условий.

Аномалия температуры – это отклонение значений фактической температуры от её среднемноголетней величины. Особенностью распределения аномалий средних месячных температур воздуха в Москве является их различная повторяемость по сезонам года, а также преобладание числа положительных аномалий над отрицательными.

Наибольшее количество отклонений температуры воздуха на 3°C и более, а также на 4°C и более от средних многолетних значений за период наблюдений с 2001 по 2017 гг. наблюдалось в холодное время года. Больше всего аномалий температуры (как положительных, так и отрицательных) было в декабре, январе, феврале и марте. Наименьшее количество аномалий приходилось на август, сентябрь, октябрь (рис. 1).

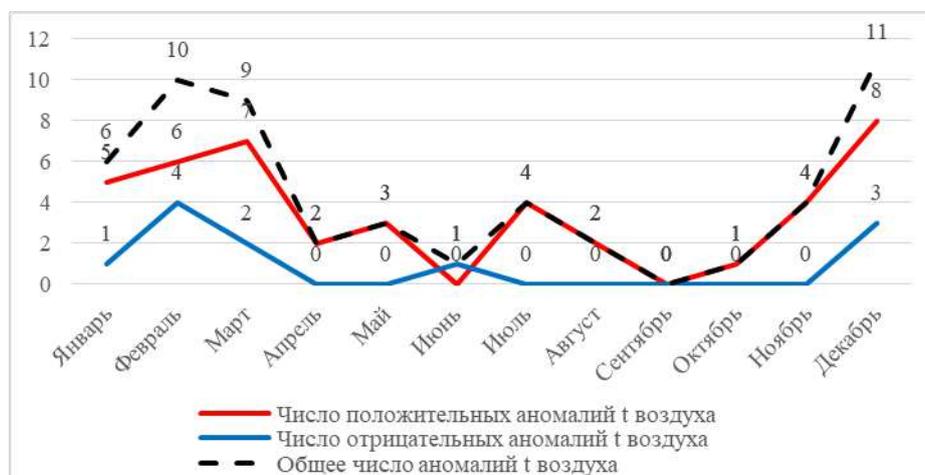


Рис. 1. Число случаев с аномалиями температуры воздуха более 3 и 4 градусов в Москве за период с 2001 по 2017 гг. (график автора)

Аномалии среднемесячной температуры воздуха (как положительные, так и отрицательные) возникают вследствие инверсий температуры в приземном слое атмосферы, штиля, слабого ветра и других неблагоприятных метеорологических условий и способствуют накоплению загрязняющих веществ в воздухе, таких как формальдегид, диоксид азота, бенз(а)пирен, фенол.

Анализ загрязнения атмосферы в холодный период года показывает, что максимальные концентрации вредных веществ образуются в условиях антициклональной морозной погоды со значительными отрицательными аномалиями температуры. Такие условия были, например, в феврале 2006 и 2011 года (рис. 2).

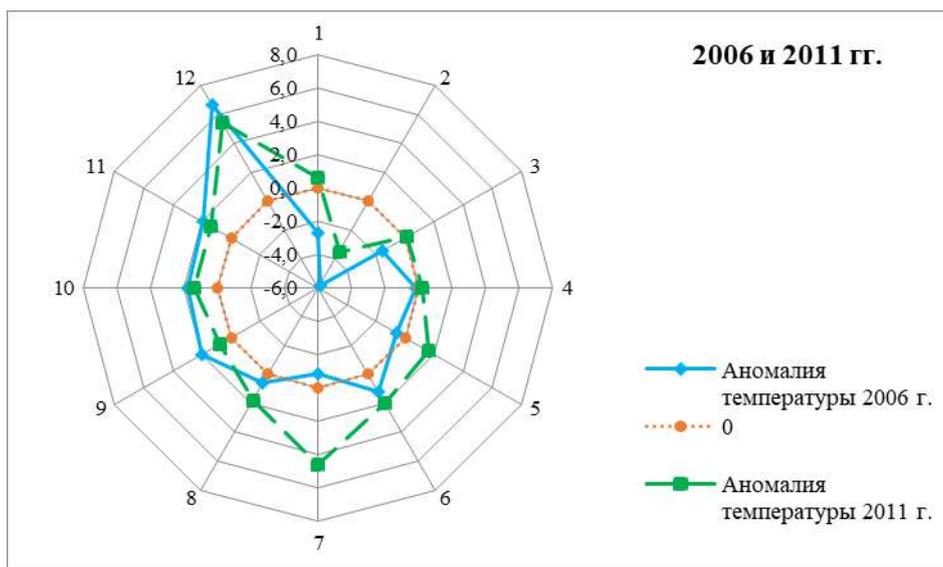


Рис. 2. Аномалия средних месячных температур февраля в 2006 и 2011 годах (график автора)

В условиях малоградиентного поля пониженного, а затем – повышенного давления при низких температурах воздуха наблюдались слабые ветры у земли и на высотах (менее 7 м/с), устойчивая стратификация атмосферы, обусловленная мощными инверсионными слоями температуры, сохраняющимися даже в дневные часы и способствующими накоплению вредных примесей в приземном слое атмосферы. Эти условия привели к концу месяца к росту концентраций загрязняющих веществ.

В то же время антициклональные условия в теплое время года способствуют увеличению числа положительных аномалий среднемесячной температуры воздуха, которые также приводят к накоплению вредных примесей в атмосферном воздухе столицы. Например, в начале августа 2007 г. регион оказался под воздействием антициклона. Погода была сухая и очень жаркая, с мощными слоями инверсии температуры и слабым ветром. Такая ситуация привела к еще большему загрязнению атмосферного воздуха в Москве – концентрация фенола достигала 4,1 ПДКм.р., диоксида углерода – 2,5 ПДКм.р., оксида углерода – 2,0 ПДКм.р.

Отмечена следующая закономерность повышения концентраций загрязняющих веществ в воздухе столицы. Содержание диоксида азота, источником выброса которого в большей степени является автотранспорт, возрастает в теплый период года, когда наблюдается наибольшая повторяемость приземных инверсий температур. Максимум концентраций бенз(а)пирена чаще отмечается в зимний отопительный период, когда возрастают выбросы от предприятий теплоэнергетики. В годовом ходе средних месячных концентраций формальдегида отмечается максимум в летние месяцы, так как

формальдегид поступает в атмосферу не только от промышленных и природных источников, но и образуется в результате химической реакции из неметановых углеводородов. Годовой ход других примесей выражен слабо.

В последние годы, в частности, в 2016 и 2017 гг., отмечается улучшение состояния атмосферы и снижение среднегодовых концентраций основных загрязняющих веществ. Несмотря на это, длительное сохранение антициклональных условий погоды, способствуя формированию значительных положительных аномалий температуры летом и отрицательных – зимой, даже при тенденции снижения выбросов в атмосферу, по-прежнему будет приводить к сильному загрязнению атмосферы.

### Литература

1. Бюллетень загрязнения окружающей среды Московского региона за 2014 год, ежегодный сборник информационно-справочных материалов. С. 35-36.
2. Волгин А.В., Волгин Д.А. Загрязнения атмосферы Московского региона транспортом. Геоэкологические проблемы современности. Доклады 3-й Международной научной конференции. Владимир, 2010 г. С. 66-71.
3. Доклады о состоянии окружающей среды в городе Москве, ГПБУ «Мосэкомониторинг».
4. Дутт Е.В. Оценка степени загрязненности воздуха урбанизированных территорий (на примере города Бийска Алтайского края) бенз(а)пиреном, формальдегидом и диоксидом азота – Вестник ТГПУ, 2012. 7 (122). С. 161, 163.

## РАЗРАБОТКА И НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ГЕОТЕХНОЛОГИЙ ВОЗВРАТА ЦВЕТНЫХ, РЕДКИХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ ВОЗОБНОВЛЕНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РУДНИКОВ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

*Пьянников П.В. (АО «Геолэкспертиза», info@geolexpert.ru)*

### **Аннотация**

Некоторые аспекты системной организации работ, направленных на снижение потерь металла при отработке месторождений цветных, редких и благородных металлов.

**Ключевые слова:** рудник, потери в недрах, отвалы, хвостохранилище.

История освоения числа отечественных месторождений руд цветных, редких и драгоценных металлов открытым и подземным способами имеет малопривлекательную особенность – массового внепланового закрытия подземных рудников и карьеров в период с 1991 г до 2000 г, повлекшим сокращение количества горнорудных предприятий России и снижение объемов горных работ. Горные работы прекращались с нарушениями установленного нормативно-техническими документами порядка ликвидации и консервации объектов горных работ, без разработки и реализации необходимых проектных решений, направленных на обеспечение безопасных условий производственного объекта, населения и территорий, а также сохранение минерально-сырьевой базы.

Серьезной проблемой была и остается необходимость максимального снижения потерь металлов, сосредоточенных в производственных отходах горнодобывающей промышленности, в отвалах вскрышных пород, отвалах забалансовых и некондиционных руд, т.е. техногенных отходов.

Решение проблемы лежит в области разработки и научном обосновании новых способов эффективных технологий добычи и переработки руд цветных, редких и драгоценных металлов на основе возврата из потерь в недрах, вовлечения в переработку техногенных месторождений при возобновлении производственной деятельности рудников, ранее выведенных из эксплуатации.

Основная идея решения поставленной задачи - использование результатов анализа исходного фактического состояния рудников и сырьевой базы для подготовки научно обоснованных рекомендаций, на основании которых проводится комплексный анализ возможности возобновления производственной деятельности с учетом оценки состояния горных работ рудников, состояние производственных мощностей обогатительного производства и оценки проведения необходимой реконструкции с использованием прогрессивных технологических решений, корректировки установленных промышленных кондиций.



Объект исследований при разработке технических и технологических решений - совокупность производственных объектов горнодобывающих предприятий, включающих в себя россыпи, рудники по добыче коренных руд цветных, редких и драгоценных металлов с открытым и подземным способами добычи, обогатительные и дробильно-сортировочные фабрики в их составе, отвалы пород вскрыши и некондиционных руд, хвостохранилища предприятий, деятельность которых ранее была остановлена в связи ликвидацией или консервацией.

## ИЗУЧЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МИКРОКЛИМАТА ГОРОДА МОСКВЫ

*Корнякова Д.С., Савушкина Е.Ю.\* (МГРИ, eu-savushkina@mail.ru\*)*

### Аннотация

Влияние города на окружающую среду разнообразно. В том числе оно сказывается на формировании климатических условий городских территорий. Особенно заметны микроклиматические изменения для территорий крупных городов, таких как Москва. Данное исследование направлено на определение разницы температур и относительной влажности мегаполиса и за его пределами.

### Ключевые слова

Микроклимат, Москва, экология города.

Экологическое состояние городов - тема волнующая значительное количество людей на нашей планете. По оценке Росстата сейчас в городах проживает 74% населения России и с каждым годом эта величина растет [3]. Измененная среда в пределах города приводит к резким изменениям многих параметров и условий природы, в том числе климатических и погодных.

Современный город создаёт своеобразные микроклиматические условия, которые определяются высотностью застройки, асфальтированием улиц и количеством зелёных насаждений. Испарение и влажность в городе снижаются из-за асфальтового покрытия улиц и сбора воды в ливневую канализацию.

Более всего влияние городской застройки сказывается на температурном режиме территории. Промышленные объекты города загрязняют атмосферу, уменьшают приток солнечной радиации на 20%, это приводит к снижению температур [2]. В то же время крыши и стены домов, мостовые, поглощая солнечную радиацию в течение дня нагреваются сильнее, чем покрытая растительностью почва, и отдают тепло воздуху, особенно вечером. Тепловые выбросы транспорта, промышленных и энергетических предприятий вызывают локальное повышение температуры воздуха над отдельными участками территории города – автотрассой, промзоной, ТЭЦ. Поэтому температуры воздуха на улицах в 70-80% выше, чем за городом.

Существует специальный термин, описывающий повышение температуры воздуха внутри города по сравнению с температурой окружающей местности - «острова тепла». Это область имеет вид купола и размер его зависит от метеорологических условий и особенностей города. «Остров тепла» особенно ярко проявляется в безветрие. Давление атмосферного воздуха при этом понижено, поэтому облака над городом расположены значительно ниже, чем над открытой местностью.

По данным некоторых источников [4], температура воздуха в крупном городе по сравнению с его окрестностями выше на 1-4°, но иногда эта разница может достигать 8°, а влажность воздуха ниже по сравнению с окрестностями. В крупных городах влажность воздуха ниже по сравнению с окрестностями. Повышенные температуры атмосферного воздуха определяет меньшее содержание в нем влаги за счет снижения количества испарений. Наибольшая разница по влажности воздуха между городом и его окрестностями в течение года наблюдается летом, а в течение суток – в вечерние часы. В зимнее время воздух города может быть более увлажнен за счет выбросов пара техногенными источниками. Для проверки этого утверждения были проанализированы архивы погоды, опубликованные на сайте ООО «Расписание Погоды» [1].

Исследования микроклиматических особенностей городской среды Москвы проводились осенью 2018 года и заключались в статистическом сравнении

метеорологических данных с метеостанций, расположенных в черте города (ВДНХ, МГУ, Балчуг) и за её пределами (метеоданные подмосковных аэропортов), за период с 2005 по 2017 год.

Для представления результатов исследования были выбраны две метеорологические станции: опорная климатическая и информационная метеостанция Москвы на ВДНХ и метеостанция аэропорта Шереметьево, которая располагается в Московской области за пределами города. Общая климатическая характеристика территории расположения обеих станций одинакова, будут сказываться отличия только в микроклиматических условиях.

Расчет велся следующим образом. Сначала была вычислена разница между величиной среднемесячных температур для трех месяцев каждого сезона на станции Москва (ВДНХ) и той же величиной по данным аэропорта Шереметьево. Затем аналогичные действия были проведены с массивом данных по относительной влажности на указанных станциях за те же 13 лет. Наконец, было определено среднее статистическое значение этой разницы для каждого сезона. Результаты сравнения представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты анализа архива погоды за период с 2005 по 2017 годы

Сезоны	весна	лето	осень	зима
Разница среднемесячных показателей метеостанций ВДНХ-Шереметьево в период с 2005 по 2017 годы	Температура воздуха, °С			
	0,7	0,3	0,4	0,6
	Относительная влажность, %			
	3	4	1	0

Представленные в таблице 1 положительные величины однозначно показывают, что температуры воздуха в городе Москве действительно выше, чем в Московской области, особенно в весенние (на 0,7° С) и зимние (на 0,6° С) месяцы. Однако величины этих превышений минимум вдвое меньше приведенных в литературных источниках. Возможно, сказывается различие проведения подсчетов или же данные источники представляют не усредненные значения перепадов температур, а приводят максимальные значения температурных перепадов.

Анализ данных по относительной влажности не подтверждают описанную по данным прошлых исследований тенденцию уменьшения влажности воздуха в пределах города. Вопреки ожиданиям были получены положительные, хотя и небольшие величины разницы среднемесячных величин относительной влажности. Наш расчет показывает, что влажность в пределах города не меньше, чем за его пределами.

### Литература

1. Архив погоды в Москве (ВДНХ). Архив погоды в Шереметьево (аэропорт) – Режим доступа: <https://rp5.ru> – Дата обращения: 04.02.2019
2. Микроклимат города. Studfiles – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/3857112/page:72/> - Дата обращения: 08.02.2019
3. Население России: численность, динамика, статистика. Сайт о странах, городах, статистике населения и пр. – Режим доступа: <http://www.statdata.ru/russia> – Дата обращения: 20.02.2019.
4. Студопедия – Микроклимат города – Режим доступа: <https://studopedia.org/4-58939.html> - Дата обращения: 28.01.2019.



## ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ВОД РЕКИ ГОРОДНЯ

*Крахина Е.А. \*, Сазонова В.В. \*\* (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), l.k98@mail.ru\*, vlada3303@yandex.ru\*\*)*

**Аннотация:** работа содержит информацию о результатах детального обследования реки в южной части территории Москвы. В работе представлен анализ результатов опробования воды в реке Городня, проведенного в октябре 2018 и в феврале 2019 годов, дана эколого-геохимическая оценка состояния долины реки.

**Ключевые слова:** экология Москвы, малые реки в мегаполисе, эколого-геохимическая оценка, химический и экологический анализ.

Малые реки в городе находятся под его сильным антропогенным воздействием. В зависимости от времени года, может изменяться химический состав, температура и водородный показатель воды в реке. Цель – сравнить экологическое состояние реки в разное время года. Для проведения исследований была выбрана река Городня, протекающая на территории мегаполиса. На момент написания статьи были проведены исследования осенью и зимой, предполагается продолжение проведения полевых исследований в весенний и летний период.

Река Городня является правым притоком Москвы-реки, протекает в восточном направлении по территории Юго-Западного и Южного административных округов столицы. Длина водотока составляет 15,7 км, а площадь водосборного бассейна – 95 км<sup>2</sup>. Исток реки расположен рядом с метро Новоясеневская в пределах природно-исторического парка «Битцевский лес». Далее река убрана под землю и протекает в коллекторе к станции Покровская (Курское направление). Затем выходит из трубы и протекает в открытом русле по северному участку района Чертаново Южное. На территории музея-заповедника «Царицыно» и в районе Борисово река впадает в Царицынские и Борисовские пруды. Устье реки расположено в районе Братеево, на 500 метров выше Бесединских мостов [5].

В период с 6 по 14 октября 2018 года и с 23 по 26 февраля 2019 года были проведены полевые исследования водотока. Во время маршрутных наблюдений проводилась визуальная оценка прибрежной зоны рек и исследованы физические, органолептические и химические показатели: температура воды, рН, содержание железа общего, меди, нитритов, нитратов, хроматов, никеля, активного хлора и сульфидов. Для исследования хлоридов, свинца, ПАВ-А, карбонатов и гидрокарбонатов в лабораторных условиях были отобраны пробы воды. Отбор и хранение были проведены в соответствии с ГОСТ 31861-2012 «Вода. Общие требования к отбору проб» [2]. Температуру и рН воды измеряли с помощью рН-метра HI 98127 рНер 4 HANNA. Для определения химического состава в маршрутах использовали тест-системы для экспресс-анализа воды и водных сред Christmas. Отобранные пробы воды анализировали в учебно- научной экологической лаборатории кафедры экологии и природопользования МГРИ титриметрическим и визуальнометрическим методом с помощью тест-комплектов «Свинец», «Хлориды», «Карбонаты, щелочность» и «Синтетические анионоактивные поверхностно-активные вещества «ПАВ-А»».

Анализ показал, что в водных объектах концентрация никеля, свинца, железа двухвалентного и хроматов незначительна или равна нулю. Значимые концентрации представлены в таблицах 1 и 2. Под номерами обозначено расположение точек: точка

№1 - природно-исторический парк «Битцевский лес», исток р. Городня; точка №2 - Варшавское шоссе, Нижний Кировоградский пруд; точка №3 - музей-заповедник «Царицыно», Средний Царицынский пруд; точка №4 - Бесединское шоссе, парк в

пойме р. Городни; точка №5 - МКАД, устье р. Городня. Выбранные точки расположены у истоков и устьев рек, в зонах с наибольшей антропогенной нагрузкой, а также на территории крупных ООПТ, вблизи крупных автомагистралей, рядом со стоками.

Таблица 1. Содержание химических веществ в воде реки Городня (осень)

Компонент	№1	№2 пруд	№3 пруд	№4	№5	ПДК [1]
рН, ед. рН	<b>9,9</b>	<b>9,1</b>	<b>8,9</b>	<b>9,4</b>	<b>9,9</b>	6,5-8,5
Медь, мг\л	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>5</b>	<b>30</b>	1
Железо общее, мг/л	0	<b>30</b>	0	0	<b>30</b>	0,3
Активный хлор, мг/л	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	0	0	0	отсут.
Сульфид, мг\л	0	0	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	3
Хлорид, мг\л	106,5	142	230,8	142	266,3	350
Нитрит, мг/л	3	<b>30</b>	3	3	3	3,3
Нитраты, мг\л	<b>200</b>	25	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	45
Гидрокарбонаты, мг/л	167,8	136,6	112,2	152,5	184,3	не норм.
ПАВ-А, мг/л	0,5	0,5	<b>1</b>	0,5	0	0,5 [4]

Таблица 2. Содержание химических веществ в воде реки Городня (зима)

Компонент	№1	№2 пруд	№3 пруд	№4	№5	ПДК [1]
рН, ед. рН	<b>10,2</b>	<b>9,3</b>	<b>9</b>	<b>9,8</b>	<b>8,5</b>	6,5-8,5
Медь, мг\л	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>300</b>	1
Железо общее, мг/л	0	0	<b>50</b>	0	<b>30</b>	0,3
Активный хлор, мг/л	0	0	0	0	0	отсут.
Сульфид, мг\л	0	0	0	0	0	3
Хлорид, мг\л	135,5	195,3	337,3	<b>452,6</b>	<b>417,1</b>	350
Нитрит, мг/л	3	3	3	<b>30</b>	3	3,3
Нитраты, мг\л	0	0	0	0	0	45
Гидрокарбонаты, мг/л	130,5	167,7	411,7	244	289,7	не норм.
ПАВ-А, мг/л	<b>1</b>	0,5	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	0,5 [4]

Осенью и зимой вода в реке Городня по значению рН не соответствует нормативу для водных объектов культурно-бытового водопользования, во всех контрольных точках среда щелочная. В зимний период показатели рН выше осенних измерений, это связано с понижением температуры, что влияет на среднюю кинетическую энергию молекул и повышает степень диссоциации растворенных кислот и щелочей. Фоновая концентрация меди в реке Городня значительно превышает ПДК (5-30 раз) в оба сезона. Предположительно содержание меди связано с тем, что комплексные соединения хорошо растворимых в воде солей, содержащих медь, поступают из дерново-подзолистых почв из гумусового горизонта [3]. Также соединения меди могут попадать в поверхностные воды вместе с атмосферными осадками, содержащими выбросы предприятий по производству гальванических материалов (например, в бассейне реки находится машиностроительный завод DOVLator). Осенью в точках №№1, 2 зафиксировано наличие активного хлора, однако, источники загрязнения установить не удалось. В точке №1, в осенний период, содержание нитратов превышено в 4 раза, возможно, сказывается близость Ясеневого

кладбища и конюшен. Также возможно попадание нитратов в воду за счет нитратных удобрений. Содержание зимой нитратов в воде отсутствует, это может быть связано с промерзанием воды в реке на продолжительное время. В водотоке осенью отмечается превышение общего железа в двух точках в 100 раз, единичное увеличение концентрации нитритов в 9 раз, концентрация сульфидов в трех точках превышает ПДК в 3 раза. Зимой наблюдалось превышение ПАВ-А на всех участках, кроме точки №2, это может быть связано с обработкой прилегающих территорий реагентами против гололеда, осенью превышение норматива наблюдалось только в точке №3 (точный источник загрязнения не найден). Также с необходимостью обрабатывания дорог противогололедными реагентами может быть связано превышение хлоридов в точках №№ 4, 5 в зимний период (осенью превышений не было зафиксировано ни в одной точке). Примечательно, что в воде не обнаружено значимого содержания свинца, даже в точках, расположенных вблизи крупных автострад.

Таким образом, изучение химического состава поверхностных вод реки Городня показало повышенное содержание химических элементов в осенний сезон, (превышения ПДК по 8 показателям), по сравнению с зимним (превышения ПДК по 5 показателям). Это свидетельствует о большем влиянии атмосферных осадков, сточных вод с промышленных предприятий в бассейн реки за осенний период. Также содержание в реке различных химических элементов и уровень рН зависит от температуры воды, которая может так же влиять на растворимость веществ. При понижении температуры замедляется протекание химических реакций, также река большую часть зимы покрыта льдом и это препятствует проникновению атмосферных осадков. Предполагается повышение концентраций в весенний период за счет активного снеготаяния и повышения температуры воды.

### Литература

1. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно- бытового водопользования: Профессиональные справочные системы «Техэксперт» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901798042>. – Дата обращения: 05.11.2018.
2. ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб: Профессиональные справочные системы «Техэксперт» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200097520>. – Дата обращения: 05.10.2018.
3. Добровольский, В.В. Основы биогеохимии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://zavantag.com/docs/427/index-2018215.html>. – Дата обращения: 01.11.2018.
4. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13 декабря 2016 года N 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения»: Профессиональные справочные системы «Техэксперт» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420389120>. – Дата обращения: 02.11.2018.
5. Состояние водных объектов: Правительство Москвы Департамент Природопользования и Охраны окружающей среды города Москвы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dpioos.ru/eco/ru/water>. – Дата обращения: 20.10.2018.

## ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПЕСТИЦИДАМИ ПОЧВ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Смелов Д.С. (МГРИ, e-mail: deemik95@mail.ru)

**Аннотация:** в работе представлены результаты исследований, проведенных с 2014 по 2018 год в Чувашской Республике по содержанию в почве аграрных территорий ГХЦГ (гексахлорана), ДДТ (дихлордифенил трихлорметилметана), свинца, кадмия, фтора, цинка. Представлена оценка загрязнению почв в результате деятельности аграрно-промышленного комплекса. Наблюдается тенденция к увеличению концентрации загрязняющих веществ в почве аграрных территорий.

**Ключевые слова:** Чувашская Республика, пестициды, загрязнение почвы, аграрно-промышленный комплекс, оценка влияния.

Агропромышленный комплекс для Чувашской Республики является системообразующей отраслью и занимает важное место в экономике региона. Здесь формируется агропродовольственный рынок, трудовой и реализуется потенциал сельскохозяйственных территорий.

За последние 30 лет, плодородие почв Чувашской Республики существенно снизилось, связано это с тем, что в результате работы агропромышленного комплекса - ежегодное внесение пестицидов (инсектицидов, гербицидов, фунгицидов) состояние почв не улучшает, т.к. их основная задача – иная и направлена на защиту урожая

Цель работы – оценить влияние пестицидов и выявить закономерности в изменении качества почв, а также рассмотреть существующие методы по дезактивации почв, с целью их возможного применения в данном регионе. Для этого были поставлены и выполнены следующие задачи:

- ежегодный мониторинг почв;
- проведение химического анализа почв;
- проведение аналитической работы собранного материала;
- разработка рекомендаций по снижению внесения количества пестицидов

в почвы.

В настоящее время в Чувашской Республике АПК негативно воздействует на почвы путем загрязнения (токсичными веществами и продуктами жизнедеятельности) и т.д. Поскольку продуктивность сельскохозяйственных угодий зависит от плодородия почвы, ее обрабатывают различными средствами, применяя всевозможные пестициды (инсектициды, гербициды, бактерициды и фунгициды) с целью защиты продовольства от различных бактерий, грибков, сорняков и насекомых. Это приводит к токсикозу почвы.

В республике ведется поиск и разработка новых более эффективных систем земледелия в целях детоксикации почв сельскохозяйственного значения. В республике ведется поиск и разработка новых более эффективных систем земледелия в целях детоксикации почв сельскохозяйственного производства.

С 2014 года по настоящее время в Чувашской Республике по заказу Министерства природных ресурсов и экологии и поддержке ЗАО «Вурнарский завод смесевых препаратов» ежегодно, с середины августа по начало сентября, проводятся исследования состояния почв (влияние пестицидов на почвы). Программа рассчитана на 5 лет, с 2014 по 2019 год (включительно).

Для проведения химического анализа были отобраны пробы почв на посевных территориях во всех 22 районах Чувашской Республики (количество отобранных проб представлено в табл.1).

Таблица 1 – Количество отобранных почв с 2014 по 2018 гг.

Год исследования	Количество отобранных проб
2014	572
2015	428
2016	413
2017	390
2018	390

По санитарно-гигиеническим и химическим показателям из них не все соответствовали нормативам. Доля несоответствующих нормативам проб и тенденция их изменения представлена на диаграмме в рис.1.



**Рисунок 1.** Диаграмма «Доля несоответствующих ПДК пробам почв с 2014 по 2018 год»

Исследования почвы проводились на содержание ГХЦГ (гексахлоран – инсектицид), ДДТ (дихлордифенил трихлорметилметан), свинец, кадмий, фтор, цинк и прочее, т.к. именно они содержатся в пестицидах и удобрениях, используемых в аграрии.

Результаты измерений концентрации загрязняющих веществ в почвах Чувашской Республики, а также значения предельно допустимых концентрации (ПДК), представлены в табл.2.

Таблица 2 – Средняя концентрация загрязняющих веществ в почвах Чувашской Республики.

Наименование вещества	2014 год, мг/кг	2015 год, мг/кг	2016 год, мг/кг	2017 год, мг/кг	2018 год, мг/кг	ПДК*, мг/кг
ГХЦГ	0,017	0,021	0,027	0,029	0,031	0,1
ДДТ	0,0013	0,0019	0,0021	0,0025	0,0026	0,1
Свинец	5,7	6,1	5,7	6,3	6,6	30
Цинк	2,2	2,1	2,3	2,9	3,3	23
Фтор	0,37	0,41	0,49	0,52	0,53	2,8
Кадмий	0,012	0,018	0,02	0,023	0,033	1

\*Все значения ПДК почвы были использованы из документа ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве».

Исходя из данных представленных в таблице 1 – можно сделать вывод, что наблюдается тенденция к ежегодному увеличению концентрации загрязняющих веществ в почве Чувашской Республики.

Так же были получены показатели Zc (суммарный показатель загрязнения) по отдельно взятым районам республики с 2014 по 2018 год.

Рассмотрены и варианты для дезактивации загрязнённых почв

Дезактивация подразумевает под собой очищение почвы от загрязнения, которое уже произошло.

Существует несколько возможных методов детоксикации почвы:

- путем удаления верхнего загрязненного слоя почвы (механическое снятие загрязненного слоя и замена его новым плодородным слоем, вместо снятого);
- путем извлечения загрязняющих веществ из почвы с помощью растений;
- путем внесения цеолита (природного дезактиватора);
- путем интенсификации микробного разложения органических загрязнителей, внесение инокулятов.

### Литература

1. «Эколого-биогеохимическое зонирование территорий Чувашии» [Текст] // доктор медицинских наук, профессор Н.В.Толмачева, ЧГУ, 2016. 23 с.
2. Доклад Министерства природных ресурсов и экологии [Текст] // Спиридонов В.К., Чебоксары, 2018 г.
3. «География Чувашской Республики» [Текст] // Арчиков Е.И., Трифонова З.А. – Чебоксары, Чувашское книжное издательство, 2002. 105 с.
4. Агроэкологический мониторинг пахотных земель и растениеводческой продукции в условиях Чувашской Республики // Егоров.В.Г., Мутиков В.М., Янеев Г.П. и др. Чебоксары: РГУП «ИПК «Чувашия», 2012. 123 с.
5. Эколого-биогеохимическое районирование территорий – методологическая основа для оценки среды обитания и здоровья населения // Вестник Чувашского государственного университета, 2001. Вып. 4. С. 110-126.
6. Аграрная интернет энциклопедия [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.agrien.ru/reg/чувашия.html>
7. Статья «Физико-географические особенности республики Чувашия» [Электронный ресурс] // Режим доступа: [http://geolike.ru/page/gl\\_7447.htm](http://geolike.ru/page/gl_7447.htm)

8. Агро-инновации [Электронный ресурс] // Режим доступа: [http://gov.cap.ru/SiteMap.aspx?id=1780591&gov\\_id=106](http://gov.cap.ru/SiteMap.aspx?id=1780591&gov_id=106)
9. Министерство здравоохранения Чувашской Республики [Электронный ресурс] // Режим доступа: [http://gov.cap.ru/SiteMap.aspx?gov\\_id=11&id=111511](http://gov.cap.ru/SiteMap.aspx?gov_id=11&id=111511) Дата обращения - 21.06.2018
10. Росприроднадзор «Федеральная экологическая информация по Чувашской Республике – Чувашии» [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://21.rpn.gov.ru/node/638> Дата обращения - 21.06.2018
11. Статья «Рельеф и полезные ископаемые Чувашии» [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.workshome.ru/vodoyomy-chuvashii/relef-respubliki-chuvashiya/>
12. Министерство природных ресурсов и экологии Чувашской Республики [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://minpriroda.cap.ru/>
13. Научный справочник «Пестициды» [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.pesticide.ru/>
14. ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве»
15. Федеральная экологическая информация по Чувашской Республике – Чувашии (доклад «Об экологической ситуации в Чувашской Республике за 2016 год») [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://21.rpn.gov.ru/node/638>

## РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*Сотникова А.О.\* (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), e-mail: [a.sotnikova@euro-sf.ru](mailto:a.sotnikova@euro-sf.ru)),  
Ганова С.Д. (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), e-mail: [ganova\\_s@mail.ru](mailto:ganova_s@mail.ru))*

### Аннотация

В настоящее время в Российской Федерации происходит процесс совершенствования системы государственного надзора в сфере промышленной безопасности. Традиционные механизмы инспекционного контроля дополняются и модернизируются риск-ориентированными подходами, направленными на оценку и управление рисками процессов функционирования системы управления безопасностью предприятия с целью разработки и реализации комплекса мер по созданию условий для максимальной защищенности жизни и здоровья работников и работы предприятий в безаварийном штатном режиме.

**Ключевые слова:** риск-ориентированные подходы, опасный производственный объект, контрольно-надзорная деятельность, технические системы, промышленная безопасность

20 февраля 2015 года в Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) состоялось заседание секции №1 научно-технического совета (НТС) Ростехнадзора «Вопросы совершенствования надзорной и разрешительной деятельности, развития информационного обеспечения» по теме «Внедрение системы риск-ориентированного подхода к организации надзорной деятельности». Участвовавший в мероприятии заместитель руководителя Ростехнадзора, председатель НТС Ростехнадзора Алексей Ферапонтов отметил, что «Ростехнадзор занимает лидирующую позицию по внедрению риск-ориентированных подходов» (далее РОП) [7].

При этом сообщалось, что в Минэкономразвитии РФ разработан проект федерального закона «Об основах государственного и муниципального контроля и надзора в Российской Федерации». [8]

Положения этого законопроекта предусматривают, что основаниями для проведения плановых и внеплановых мероприятий государственного контроля и надзора в отношении соответствующих объектов является наличие определенного уровня риска причинения вреда. Предполагается, что планирование инспекционных мероприятий будет строиться на основании специальной методики, учитывающей факторы риска и сочетающей в себе принципы оценки уровня риска с практическим опытом для составления оптимальной программы инспектирования. Внедрение и использование данной методики в совокупности с информацией, которая есть у инспектора, включая класс опасности, статистика аварийности на объекте и по отрасли, данные предыдущих проверок, результаты деятельности службы производственного контроля с применением средств автоматизации позволят организовать комплексный подход к обеспечению промышленной безопасности в Российской Федерации. Тем самым государство и хозяйствующий субъект будут иметь динамическую карту рисков и оценку уровня промышленной безопасности, изменяющуюся в зависимости от состояния оборудования и применяемой технологий. Предполагается, что применение РОП в контрольно-надзорной деятельности позволит существенно сократить уровень

административного воздействия на бизнес без ущерба промышленной безопасности и повысить эффективность превентивных мер по предотвращению аварийных ситуаций [7].

Под государственным контролем (надзором) понимается деятельность уполномоченных органов государственной власти, направленная на предупреждение, выявление и пресечение нарушений обязательных требований посредством организации и проведения проверок и проведения мероприятий по профилактике нарушений обязательных требований, а также деятельность уполномоченных органов государственной власти по систематическому наблюдению за исполнением обязательных требований, анализу и прогнозированию состояния исполнения обязательных требований при осуществлении деятельности юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями [1].

В соответствии с потребностями общества возникла необходимость реформирования контрольной и надзорной деятельности, основанной на концепции ограниченных ресурсов государства в зонах наибольшего риска в целях предотвращения причинения вреда охраняемым законом ценностям при одновременном снижении административной нагрузки на добросовестных хозяйствующих субъектов.

Переход от всеобъемлющего контроля к дифференцированному планированию проверок в зависимости от уровня риска причинения вреда охраняемым законом ценностям позволит увеличивать охват потенциальных нарушителей обязательных требований, представляющих непосредственную угрозу причинения вреда охраняемым законом ценностям, и одновременно снижать нагрузку на подконтрольные субъекты, которые не представляют реальной угрозы причинения вреда таким ценностям. Система управления рисками зародилась в финансовом секторе, который, в отличие от прочих областей хозяйства, регулярно принимает на себя риски с целью получения вознаграждения за их несение, что побуждает не избегать рисков, минимизировать их, а управлять ими и измерять их. Риск-ориентированный подход представляет собой метод контроля (надзора), при котором выбор интенсивности (формы, продолжительности, периодичности) проведения ревизионных мероприятий определяется отнесением деятельности юридического лица, индивидуального предпринимателя и (или) используемых ими производственных объектов к конкретной категории риска либо классу опасности [6].

В настоящее время современные тенденции государственной политики в области осуществления контрольно-надзорной деятельности, направленные на переход к риск-ориентированной модели, категорирование объектов по классам опасности требуют модернизации подходов в осуществлении контрольно-надзорной деятельности. Кроме этого, необходимо и перераспределение ограниченных временных, кадровых, финансовых ресурсов в соответствии с рисками опасности в области промбезопасности. Кроме того, отмечается тенденция использования организациями, эксплуатирующими ОПО, в рамках производственного контроля автоматизированных комплексов, позволяющих дистанционно в режиме реального времени контролировать параметры, определяющие безопасность на ОПО [9]:

- в рамках систем управления промбезопасностью и при осуществлении производственного контроля;
- при создании систем противоаварийной защиты и автоматики, осуществляемой эксплуатирующими организациями в соответствии с требованиями отдельных федеральных норм и правил в области промышленной безопасности;
- в составе структурированных систем мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений [2].

Сведения, содержащиеся в информационных системах эксплуатирующих организаций, не могут быть применены в деятельности федеральных органов исполнительной власти. С учетом этой проблемы вышеуказанный законопроект направлен в том числе и на интеграцию показателей информационных систем эксплуатирующих организаций в единую систему мониторинга промышленной безопасности, включая и государственные информационные системы.

На самом деле классы опасности ОПО, декларирование промышленной безопасности и достаточно новый нормативно-правовой документ в лице обоснования безопасности ОПО — это все элементы риск-ориентированных подходов. Тем не менее, в российской практике это достаточно новое явление. Как отмечается, РОП был определен руководящим принципом «Концепции совершенствования государственной политики в области обеспечения промышленной безопасности с учетом необходимости стимулирования инновационной деятельности предприятий на период до 2020 года» [3].

Понятие РОП не находит отклика среди промышленников. Это связано, в основном, с кризисными явлениями, приводящими к снижению государственных (и не только) возможностей. Усугубляет ситуацию фактор деиндустриализации экономики на постсоветском пространстве. В частности, он указывает, что «относительная редкость крупных аварий сталкивает промышленные опасности к границе неразличимости их важности», а «удержанию на ней способствуют достаточно многочисленные проявления производственного травматизма, и в особенности групповые несчастные случаи» [4, 5, 9]. Слово «риск-ориентированный» – новое по форме, но не по сути. Оно пришло на замену понятию «управление риском», которое все же является спорным, так как управлять можно процессами или объектами, к которым «риск» не относится. Буквально «риск-ориентированный» означает ориентирование в опасностях, как существующих, так и возможных в будущее для того, чтобы определить степень опасности. Для классификации степени опасности применяют относительные критерии, которыми могут быть: классы опасности, гибель людей на исследуемом ОПО, аварийные ситуации различной интенсивности, упущенная выгода, нанесенный ущерб и другие. Но относительные критерии не могут заменить абсолютные критерии приемлемости угроз. Таким образом, необходимо разрабатывать и внедрять абсолютные критерии приемлемости риска для ОПО, что является чрезвычайно сложной задачей.

При риск-ориентированном подходе инспекторские проверки будут проводиться в том случае, если деятельность связана с серьезными рисками, оценка которых будет проходить как в качественном, так и в количественном форматах на основании множества критериев. Но при этом также необходимо учитывать, что произвольный, случайный выбор подконтрольных субъектов неприемлем.

Таким образом, риск-ориентированный подход — выявление, анализ и прогнозирование опасностей промышленных аварий, оценка риска и возможных масштабов последствий аварий на опасных производственных объектах для оптимизации необходимых организационно-технических мер предупреждения аварий, недопущения возникновения угроз крупных промышленных аварий и повышения эффективности обеспечения промышленной безопасности на отдельном опасном производственном объекте и (или) в системе поднадзорных объектов в целом. При этом не только контролирующим органам приходится разрабатывать меры по повышению качества проверок, но и предприятиям, чтобы перейти с существующей «модели санкций» на «модель соответствия» в рамках реализации концепции риск-ориентированного мышления.

## Литература

1. Федеральный Закон РФ № 294-ФЗ от 26 декабря 2008 г. О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля.
2. ГОСТ Р 22.1.12-2005 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования
3. Концепция совершенствования государственной политики в области обеспечения промышленной безопасности с учетом необходимости стимулирования инновационной деятельности предприятий на период до 2020 года. Утверждена Решением Коллегии Ростехнадзора от 26 сентября 2011 года
4. Гражданкин А.И. Риск-ориентированный подход в промышленной безопасности. Тактические задачи и долгосрочные цели // Промислова безпека, № 7, 2012. — с. 46-47.
5. Гражданкин А.И. Риск-ориентированный подход и критерии приемлемого риска промышленных аварий // Промислова безпека, № 6, 2012. — с. 36-39.
6. Сухачева Г. И. Внедрение риск-ориентированного подхода в контрольной и надзорной деятельности // Конкурентный потенциал региона: оценка и эффективность использования. Сб. статей IX Международной научно-практической конференции. Абакан, 15-16 ноября 2018 г. Изд-во: Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова (Абакан). 2018, стр. 179-182.
7. Ферапонтов А.В. Принципы организации риск-ориентированного надзора за ОПО // Безопасность труда в промышленности, № 6, 2010. — с. 4-7.
8. [www.gosnadzor.ru](http://www.gosnadzor.ru) – сайт Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (дата обращения 16.02.2019 г.).
9. <https://kachestvo.pro> - Первый государственный ресурс о качестве для тех, кто стремится к совершенству (дата обращения 10.02.2019 г.).

## МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ КАДМИЕМ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА

*Стефунько М.С.*  
(ИПКОН РАН, [maria-stefunko@yandex.ru](mailto:maria-stefunko@yandex.ru))

### **Аннотация**

Важнейшим объектом среди биосферных систем, подверженных загрязнению, в результате проведения горных работ кадмием по необходимости рекультивации и сдерживанию загрязнения является почва. Анализ техногенных ландшафтов в районе загрязнения малых рек кадмием позволяет сделать вывод о преобладании в условиях очистки рудничных вод делювиального типа загрязнения, когда загрязняющие вещества переносятся водами, стекающими со склонов. Одним из способов снижения интенсивности загрязнения почвы и как следствие, малых рек в этом случае является рациональное размещение искусственных геохимических барьеров на пути миграции загрязнителей. Для определения мест приоритетного внесения кремнезема предлагается в весенне-летний сезон применить мониторинг состояния почвенного покрова с использованием клевера. Результаты всхожести и роста растений наносятся на ситуационный план, который позволит определить наиболее загрязненные участки почвы и в определенной степени направление распространения загрязнения кадмием. Высокой поглотительной способностью по отношению к кадмию обладает микрокремнезем, с развитой кремнекислородной поверхностью. Геохимический барьер из микрокремнезема целесообразно сделать площадным, для чего микрокремнезем в количестве 5-20 т/га следует внести в почву в виде мульчирующего слоя или с заделкой на глубину до 10 см в приповерхностный слой.

**Ключевые слова:** геохимический барьер, кадмий, почвы, микрокремнезем

Важнейшим объектом среди биосферных систем, подверженных загрязнению, в результате проведения горных работ кадмием по необходимости рекультивации и сдерживанию загрязнения является почва. Разработка мероприятий по поддержанию экологической чистоты почвы будет основой сохранения здоровья, атмосферы, водных систем и в целом всей биосферы.

Обзор априорной информации позволяет сделать вывод о том, что загрязнения кадмием районов бывшей, текущей добычи и переработки колчеданных медно-цинковых руд на Урале исследованы недостаточно. Проведенные нами исследования показывают, что отдельные точки в этих районах загрязнены кадмием до 12-ти и более ПДК (ПДК по кадмию в почве 1 мг/кг). Средняя протяженность загрязнения кадмием по критерию [Cd] больше ПДК на территориях с высоко опасным уровнем загрязненности по индексу Zc более 32 от Сибайского карьера составляет 7,4 км, а от Сибайской обогатительной фабрики 4,8 км, при чем загрязнение преобладает в восточном направлении. В большинстве своем это антропогеннопреобразованные – почвы, имеющие профили с измененной верхней частью (10 см) и ненарушенной по сравнению с фоном средней 10 -20 см или нижней (20-30 см) частью профиля. Наиболее высокая концентрация кадмия обнаружена в почвах по берегу р.Карагайлы вблизи хвостохранилища обогатительной фабрики. [1]. Она составила 2,43мг/кг.

Загрязнение прилегающих к горным выработкам территорий кадмием и и прочими загрязнителями происходит в результате инфильтрационного стока, плоскостного смыва и газопылевых выбросов с карьеров, шахт и техногенно-

минеральных образований. Например по данным [2], в Учалинском карьере пыль, образующаяся при проведении буровзрывных работ и перевозке руды в карьерах, содержит до 2,77 % Zn и до 0,0038 % Cd. Анализ техногенных ландшафтов в районе загрязнения малых рек кадмием позволяет сделать вывод о преобладании в условиях очистки рудничных вод делювиального типа загрязнения, когда загрязняющие вещества переносятся водами, стекающими со склонов. В качестве таких склонов выступают склоны отвалов, дамб хвостохранилищ и водосборная территория с антропогеннопреобразованными в результате горных работ почвами, на которые изначально загрязняющие вещества могли поступать с атмосферными осадками или с поверхностным стоком с вышележащей территории горного отвода.

Одним из способов снижения интенсивности загрязнения почвы и как следствие, малых рек в этом случае является рациональное размещение искусственных геохимических барьеров на пути миграции загрязнителей [3].

Целесообразным является создание нейтрализационных и поглотительных барьеров.

Создание искусственных геохимических барьеров включает следующие основные этапы:

1. Исследование природно-техногенных систем, заключающееся в изучении локальных источников загрязнения, природных условий участков их размещения и оценке техногенного воздействия
2. Обоснование целесообразности создания искусственных геохимических барьеров для целей защиты окружающей среды от загрязнения.
3. Определение места барьера в природно-техногенной системе, выбор типа геохимического барьера, подбор реагентов и материалов для его создания, встраивание в природно-техногенную систему.

Исследования показали, что загрязнение кадмием уже распространено на большую площадь и для снижения его концентрации в почве необходимо совмещение мероприятий *предупредительного и восстановительного характера* с использованием искусственного геохимического барьера. Конструктивно минеральный нейтрализатор или поглотитель кадмия может быть рассредоточен по большой территории (площадной барьер) внесением в слой почвы, то есть выступая в том числе в качестве мелиоранта и сосредоточен в местах перехвата потока.

Анализ доступных результатов исследований по эффективности адсорбции кадмия из рудничных вод и почвенных растворов природными материалами позволил выделить предпочтительные для использования в качестве нейтрализаторов и поглотителей.

Для определения мест приоритетного внесения кремнезема предлагается в весенне-летний сезон применить мониторинг состояния почвенного покрова с использованием клевера.

Для снижения затрат на проведение мониторинга клевер высаживается по линиям сетки с ячейкой 50 на 50 м, охватывающей территорию с высоко опасным уровнем загрязненности по кадмию, установленным химическим анализом в рамках программы горноэкологического мониторинга, проводимого предприятием.

Результаты всхожести и роста растений наносятся на ситуационный план, который позволит определить наиболее загрязненные участки почвы (более 12 ПДК по кадмию – прорастание семян отсутствует) и в определенной степени направление распространения загрязнения кадмием. Сорбционную активность по отношению к кадмию при сорбции из кислой среды проявляют каменный уголь [4], зола ТЭЦ [5], цеолиты [6], суперфосфат, активированные азотной и серной кислотами угли [7], смесь опоки с портландцементом [8], и изучаемые нами метакаолин, полые стеклянные

микросферы, микрокремнезем и керамические микросферы. При этом эффективность сорбции этих материалов находится в диапазоне 50-96,8%

Эффективность сорбции на микрокремнеземе составляет 94% и сопоставима с эффективностью сорбции активированными углями и сложным сорбентом на основе опоки и портландцемента. Высокой поглотительной способностью по отношению к кадмию обладает микрокремнезем, с развитой кремнекислородной поверхностью.

Объясняется это тем, что между кадмием и функциональными группами на поглощающей поверхности кремнезема способны образовываться различные типы комплексов. Закрепление ионов кадмия на поверхности может иметь физический характер в случае, когда ионы кадмия в ионной ассоциации или во внешней сфере комплекса окружены гидратной оболочкой и не связаны непосредственно с поверхностью сорбента. Эти ионы накапливаются вблизи заряженной поверхности в соответствии с электростатическими силами [9]. Такие реакции быстры и обратимы только при слабой зависимости электронной конфигурации от поверхностной группы и адсорбируемого иона. Эти два взаимодействия металл-поверхность также называются обменными реакциями, поскольку введение в систему других катионов в достаточной концентрации вызывает замещение или обмен исходных катионов.

При образовании внутрисферного комплекса ион кадмия связан непосредственно с поверхностью твердой фазы без какого-либо вовлечения гидратной оболочки. [10]. Такое отличие от ионообменного состояния определяется ионным и / или ковалентным характером связи между металлом и поверхностью. В этом случае требуется намного больше энергии связи, чем в обменных реакциях, и связь зависит от электронной конфигурации как поверхностной группы, так и металла. Этот адсорбционный механизм часто называют специфической адсорбцией. Термин «специфическая» означает, что катионы имеют различную энергию адсорбции.

С учётом сорбционных свойств микрокремнезема целесообразно его внести в почву в виде мульчирующего слоя или с заделкой на глубину до 10 см в приповерхностный слой. Дозы внесения 5-20 т/га. Действие такого мелиоративного слоя, если он не будет перепахан сохраняется на протяжении 3-х лет. Применение в составе барьера активного кремнезема обеспечивает образование осадка преимущественно основных гидросиликатов цветных металлов [11].

### Литература

1. Орехова Н.Н. Рациональное использование водных ресурсов, Магнитогорск: МГТУ, 2004.– 105 с.
2. Емлин Э.Ф. Кадмий в геотехносфере Урала. – Екатеринбург: УГГГА, 1997. 283 с.
3. Алексеенко В.А., Алексеенко Л.П. Геохимические барьеры: Учебное пособие. – М.: Логос, 2003. –144с
4. Домрачева В.А. Извлечение металлов из сточных вод и техногенных образований: Монография. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2006. – 152 с.
5. Пат. 2401804 Российская Федерация, В01J20/30 Способ получения сорбента для очистки сточных вод от тяжелых металлов [Текст]. / Запорожских Т.А. Третьякова Я.К. и др. № 2006126112/15; заявл18.07.2006.; опубл. 20.05.2008.
6. Рязанцев А.А., Дашибалова Л.Г. Ионный обмен на природных цеолитах из многокомпонентных растворов. // Журн. прикл. химии. 1998. –Т. 71. № 9. С. 1098–1102.
7. Домрачева В.А. Очистка сточных вод от тяжёлых металлов при использовании сорбентов из бурых углей Иркутского угольного бассейна. // Безопасность жизнедеятельности. – 2005. –№6 – С11–14.



8. Никифоров И.А. Сорбция катионов тяжелых металлов на опоке/ Никифоров А.Ю., Севостьянов В.П. // Журн. прикл. химии. –1997. – Т. 70, Вып 7. – С. 1215–1216.
9. Дерягин Б.В., Чураев Н.В., Муллер В.М. Поверхностные силы. - М.: Наука. - 1985. - 399
10. Израелашвили Д. Межмолекулярные и поверхностные силы. – М.: Научный мир. - 2011.
11. Пындак В.И., Новиков А.Е. Природные мелиоранты на основе кремнезёмов и глинозёмов // Известия НВ АУК. 2015. №2 (38).

## РАЗРАБОТКА СПОСОБА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛЫ СЖИГАНИЯ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД

Сучкова М.В.\*

(Санкт-Петербургский горный университет, [cjgreykot@gmail.com](mailto:cjgreykot@gmail.com)),

Смирнов Ю.Д.

(Санкт-Петербургский горный университет, [skp@spmi.ru](mailto:skp@spmi.ru))

### Аннотация

В работе дана оценка возможности полезного использования золы сжигания осадка сточных вод с учетом степени опасности ее загрязнения тяжелыми металлами. Произведен анализ содержания тяжелых металлов в золе и расчет класса опасности отхода, подтвержденный методом биотестирования. В ходе лабораторных испытаний установлено, что зола оказывает положительное влияние на динамику всхожести и рост растений на примере *Trifolium pratense*. Полученные данные позволяют говорить о возможности использования отхода в процессе рекультивации и благоустройства городских территорий. Предполагаемый результат разработки - органоминеральная почвосмесь на основе золы сжигания осадка городских сточных вод. Возможное направление использования почвосмеси - укрепление и благоустройство дорожных откосов.

Работа выполнена при поддержке Научно-образовательного центра коллективного пользования высокотехнологичным оборудованием «Центр коллективного пользования» Санкт-Петербургского горного университета и Комитета по науке и высшей школе Правительства Санкт-Петербурга.

**Ключевые слова:** биотестирование; водоочистка; зола сжигания осадка сточных вод; осадок городских сточных вод; рекультивация; тяжелые металлы.

Одной из наиболее актуальных проблем для крупных городов России в целом и для Санкт-Петербурга в частности является вопрос обезвреживания и утилизации постоянно растущего количества отходов в условиях ограниченной вместимости объектов их размещения. Так, деятельность городских канализационных очистных сооружений не ограничивается исключительно очисткой сточных вод – важной составляющей также является обращение с полученным осадком (ОСВ). Основные задачи, стоящие перед современными технологиями – уменьшение объема осадков и последующее превращение их в безвредный продукт, не вызывающий загрязнения окружающей среды.

В настоящее время с целью снижения объемов образования отходов ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» использует сжигание ОСВ в печах псевдоожиженного слоя. Однако годовые объемы образуемой в результате деятельности трех заводов сжигания золы все еще достаточно велики и составляют суммарно около 50 тыс. тонн.

В качестве возможных путей утилизации золы можно назвать использование в сельском хозяйстве, в процессах рекультивации нарушенных земель или в качестве компонента в строительных материалах. Однако при воздействии на отход кислой среды возможен переход тяжелых металлов в более растворимую форму и их миграция в окружающую среду. Так, вследствие повышенного содержания тяжелых металлов в золе сжигания осадка сточных вод ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», надзорные органы в настоящее время не рекомендуют полезное использование золы, несмотря на установленный IV класс опасности отхода.

Работа посвящена решению актуальной **проблемы** утилизации золы сжигания ОСВ городских канализационных очистных сооружений с перспективой использования

отхода в народном хозяйстве. **Цель** исследования – разработка способа рекультивации нарушенных земель с использованием отходов городских очистных сооружений. **Объектом исследования** является зола сжигания ОСВ Юго-Западных очистных сооружений ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга». **Предмет исследования** – возможность использования золы в качестве полезного компонента.

Непрерывный рост объемов образования отхода, который сопровождается дефицитом свободных площадей для его складирования вкупе с загрязнением атмосферы и водных объектов, обуславливает как **актуальность** исследования, так и заинтересованность ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» в активном решении вопроса утилизации золы.

**Практическая значимость** работы заключается в разработке органоминеральной смеси на основе золы сжигания ОСВ с учетом возможности ее дальнейшего использования для целей благоустройства городских территорий и при проведении рекультивационных работ. **Научной новизной** работы является установление положительного эффекта, который оказывает внесение золы сжигания ОСВ в пределах 20% (по массе) в качестве полезного компонента органоминеральной смеси (из расчета 28,53 т/га в год), на роль и развитие растений (на примере *Trifolium pratense*).

Проект реализован на основе лабораторной и экспериментальной базы аккредитованного Научно-образовательного центра Горного университета.

Юго-Западные очистные сооружения — структурное подразделение филиала «Водоотведение Санкт-Петербурга» ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга». ЮЗОС за сутки очищают около 330 тыс. м<sup>3</sup> сточных вод города и введены в эксплуатацию в 2005 г. В 2007 г. на ЮЗОС был введен в эксплуатацию завод сжигания осадка, его проектная производительность составляет 310 м<sup>3</sup> кека в сутки. Инсинерация происходит в печах с псевдооживленным слоем кварцевого песка [5]. Зола сжигания осадка сточных вод ЮЗОС представляет собой коричневатый тонкодисперсный порошок с размером частиц 1-50 мкм. Основной состав золы включает оксид кремния, фосфаты железа и кальция, ряд силикатов металлов; тяжелые металлы сконцентрированы в более мелкой фракции. Насыпная плотность золы при транспортной влажности равна 0,68 г/см<sup>3</sup>.

Для оценки степени загрязненности золы тяжелыми металлами необходимо установить их содержание в пробе и соответствие нормативам качества [1,2]. Отбор проб выполнен с учетом требований [8]. На основе полученных методом рентгенофлуоресцентного анализа (посредством портативного анализатора металлов Niton XLt 898) данных о качественном составе золы выбран перечень элементов для проведения количественного анализа в соответствии с методикой [6] методом атомно-абсорбционной спектроскопии на спектрометре модели ААС-7000 производства компании Shimadzu (Япония). Зафиксированы превышения соответствующих нормативов для следующих металлов: Zn (7,9 ОДК), Pb (6,3 ПДК), Cu (3,7 ОДК). Рассчитанный суммарный показатель загрязнения  $Z_{\text{сгв}}$  равен 15,9, что соответствует низкой степени загрязнения [7].

Отнесение отхода к IV классу опасности подтверждено при помощи программного обеспечения «Расчет класса опасности отходов 2.0» (с) ИНТЕГРАЛ 2001-2003 в соответствии с [10] и в ходе биотестирования водной вытяжки отхода по методике определения токсичности воды по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла [9].

В соответствии с [4] производился расчет допустимых доз внесения металлов в почву Ленинградской области исходя из их содержания в золе сжигания осадка сточных вод. Из полученных расчетных данных следует, что содержание тяжелых металлов в пахотном горизонте почвы при внесении золы сжигания осадка в почву

Ленинградской области не будет превышать значений нормативно допустимых показателей при внесении полезного компонента из расчета 28,53 т/га в год, что соответствует значению ежегодной дозы внесения Zn в почву.

На основе литературных данных, для оценки воздействия золы как полезного компонента почвосмеси на рост и развитие растений, в качестве растения-аккумулятора тяжелых металлов выбран Клевер луговой (лат. *Trifolium pratense*) семейства Бобовые. Исходя из расчетных данных допустимых доз внесения исследуемых материалов, были приготовлены модельные образцы и произведен посев семян *Trifolium pratense* (рис. 1) в емкости размером 80x90x90 мм. Норма высева семян *Trifolium pratense* в качестве травосмеси для газонов 10 г/м<sup>2</sup>. Для поддержания влажности почвогрунта 3 раза в неделю производился полив объемом 50 мл.

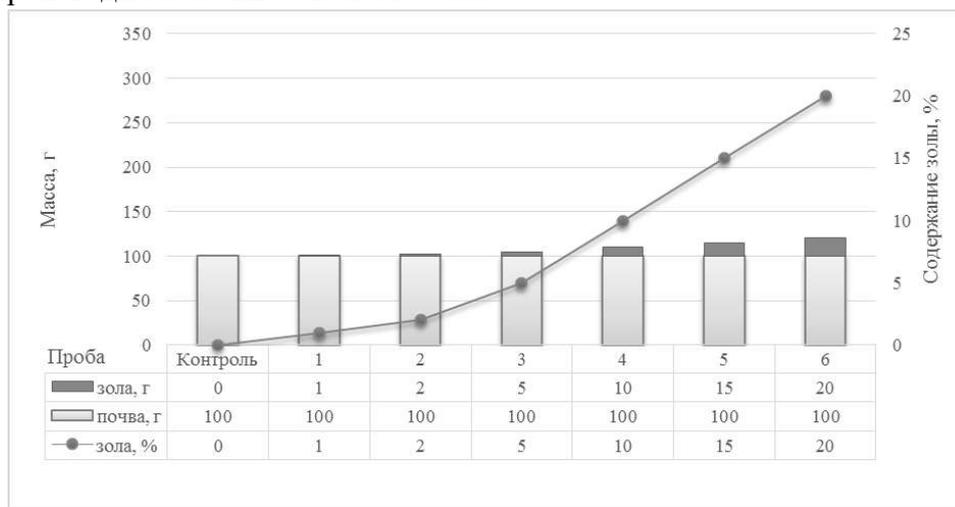


Рисунок 1. Состав почвосмеси модельных образцов

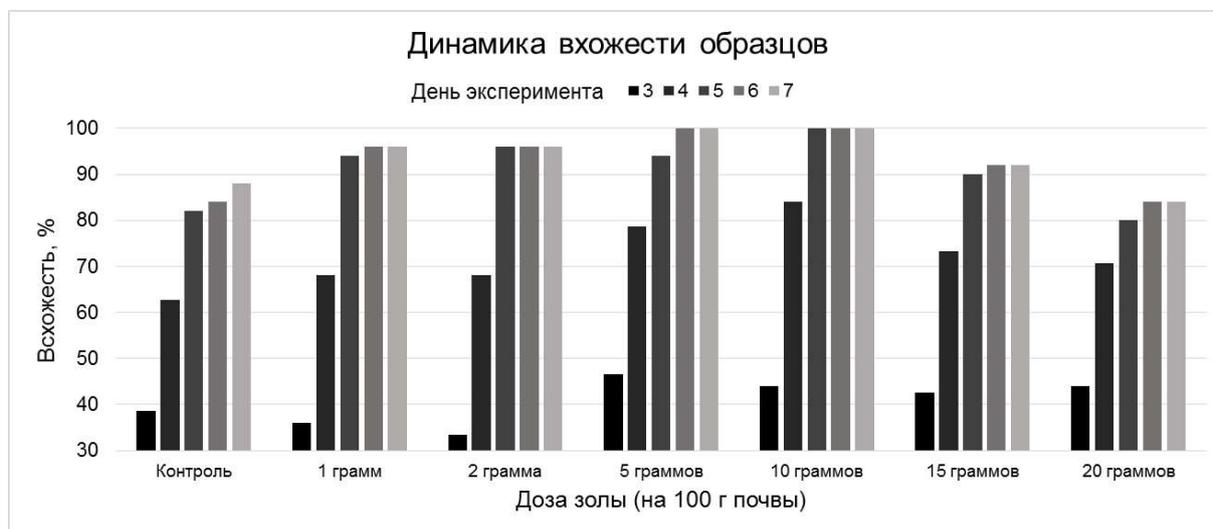


Рисунок 2. Динамика всхожести *Trifolium pratense*

На третьи сутки после посева наблюдался всход семян. Окончательная лабораторная всхожесть в контрольном образце составила 88 %, всхожесть в остальных образцах (кроме образца с дозой 20 мг золы) на 4-12% выше, что обусловлено привнесением в почву дополнительных веществ (рис. 2). На протяжении вегетационного периода клевера производился контроль кислотности почвы модельных образцов в соответствии с методикой [3]. При внесении добавок в почву происходило увеличение значений рН солевой вытяжки до 2 ед. рН относительно контрольного образца сравнения (5,03 ед. рН), при этом увеличение рН напрямую зависит от дозы внесенного компонента.

Полученные в ходе эксперимента данные о росте и развитии растений говорят о положительном эффекте при выращивании клевера лугового в результате добавления золы сжигания осадка сточных вод ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» в почву Ленинградской области.

Предполагаемый конечный результат разработки – органоминеральная почвосмесь на основе золы сжигания осадка городских сточных вод – наиболее перспективна в качестве удобрения II группы, что делает продукт пригодным для использования как предприятиями жилищно-коммунального хозяйства, так и частными предприятиями, которые нуждаются в полезном компоненте для рекультивации нарушенных земель. В перспективе использование продукции обладает как значительным ресурсосберегающим эффектом – за счет снижения объемов исходного грунта, требующегося для процессов рекультивации, и утилизации отхода, так и эффектом экономическим, поскольку стоимость почвосмеси с использованием отхода значительно ниже рыночной стоимости грунта.

Дальнейшие исследования предполагается направить на разработку состава органоминеральной смеси на основе золы сжигания осадка сточных вод и на оценку эффективности ее использования при проведении рекультивационных работ в полевых условиях, учитывая установленный положительный эффект, оказываемый данным компонентом на рост и развитие растений.

Работа выполнена при поддержке Центра коллективного пользования Санкт-Петербургского горного университета и Комитета по науке и высшей школе Правительства Санкт-Петербурга.

### Литература

1. ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве
2. ГН 2.1.7.2511-09 Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве
3. ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО, М.: Издательство стандартов
4. ГОСТ Р 54651-2011 Удобрения органические на основе осадков сточных вод. Технические условия
5. Кармазинов, Ф. В., Измайлова, В. Н., Краснов, И. А. Сжигание осадков сточных вод – решение проблемы их утилизации // Водоснабжение и санитарная техника. 2008, № 9, М: Изд. ВСТ, С. 19-24.
6. М-МВИ-80-2008 Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии
7. МУ 2.1.7.730-99 Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест
8. ПНД Ф 12.1:2.2.2.3.3.2-03 Методические рекомендации по отбору проб почв, грунтов, донных отложений, илов, осадков сточных вод, шламов промышленных сточных вод, отходов производства и потребления
9. ПНД Ф Т 14.1:2.4.10-04 Токсикологические методы контроля. Методика измерений оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления
10. Приказ от 4 декабря 2014 года N 536 «Об утверждении Критериев отнесения отходов к I-V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду»

## АНАЛИЗ МЕТОДИКИ ВЫЯВЛЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНО ВАЖНЫХ КАЧЕСТВ МЕНЕДЖЕРА СРЕДНЕГО ЗВЕНА В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

*Федосеева К.В.\* (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ),*

*e-mail: [zharkovaksjusha@yandex.ru](mailto:zharkovaksjusha@yandex.ru)),*

*Ганова С.Д. (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), e-mail: [ganova\\_s@mail.ru](mailto:ganova_s@mail.ru))*

### Аннотация

Сегодня нефтегазовая отрасль в России сталкивается с немаловажной проблемой – нехваткой высококвалифицированных специалистов, владеющих современными технологиями и готовых осваивать, разрабатывать и применять сложные технические решения. В то же время, специалист, чтобы быть конкурентоспособным и востребованным на рынке труда, должен обладать не только профессиональными знаниями, умениями и навыками, но и личностными качествами, необходимыми для успешной трудовой деятельности.

Диплом учебного заведения еще не гарантирует работодателю, что его обладатель будет эффективным специалистом. Требования сегодняшнего дня обуславливают необходимость по-новому взглянуть на качество подготовки и конкурентоспособность менеджера, как ведущего субъекта управленческой деятельности. В связи с этим изучение профессионально важных личностных качеств (ПВК) становится важным элементом диагностики будущих специалистов.

**Ключевые слова:** нефтегазовая отрасль, профессионально важные качества, менеджер среднего звена, профессиографирование, профессиограмма

В настоящее время важной задачей является повышение безопасности труда на объектах нефтегазовой отрасли. Быстрое развитие техники и технологии требует масштабного обучения и переобучения всего кадрового состава компаний. Уровень знаний, с которым молодой специалист приходит на работу в компанию, оставляет желать лучшего, что показывает дисбаланс между требованиями компаний к квалификации выпускников учебных заведений и содержанием программ обучения. В то же время, в отрасли появились новые специальности, которым практически не учат в вузах или дают только теоретические знания. В связи с этим, нужные кадры среднего звена растут внутри компании из молодых специалистов с профильным образованием, способных быстро обучаться [10].

Однако диплом высшего учебного заведения еще не гарантирует работодателю, что его обладатель будет эффективным специалистом, так как важнейшие становится проблема повышения качества профессиональной подготовки, профессиональных способностей и личностных качеств будущих менеджеров, которые необходимо формировать у студентов для полноценной подготовки их как будущих профессионалов в управленческой сфере. Уровень развития способностей и личностных характеристик является определяющим фактором, от которого зависит эффективность профессиональной деятельности.

В связи с этим изучение профессионально важных личностных качеств (ПВК) становится важным элементом диагностики будущих специалистов.

Профессионально важные качества (ПВК) представляют собой отдельные динамические черты личности, психические и психомоторные свойства, а также физические качества, соответствующие требованиям к человеку какой-либо

определенной профессии и способствующие успешному овладению этой профессией [7].

Таким образом, профессионально-важные качества специалиста - это система устойчивых личных качеств, создающих возможность успешного выполнения профессиональной деятельности, которые рассматриваются в работах лично - ориентированного, лично-деятельностного и контекстного подходов. При этом аналогичными ПК принято считать профессионально-значимые, профессионально-личностные, лично-деловые, профессионально-необходимые качества личности, в частности, менеджера среднего звена в нефтегазовой отрасли [2, 3].

Прежде чем выделить основные методы изучения ПК, необходимо обозначить существующие в этой области проблемы.

Наличие множества подходов к пониманию ПК обуславливает проблему определения структуры профессионально значимых качеств, компоненты которой описывают по-разному: базовые и специфические; профессиональные и личностные; инвариантные и вариативные; необходимые и желательные качества и т.д.

Одним из дискуссионных вопросов в психолого-педагогической литературе является проблема выделения критериев, определяющих «значимость» качеств для конкретной профессиональной группы. На основе анализа литературы можно выделить следующие:

- 1) значение данного качества для самореализации личности,
- 2) социальное значение этого качества,
- 3) предпосылка для успешного самообразования,
- 4) обеспечение успешной профессиональной деятельности.

Кроме того, оценка «важности» профессионального качества осуществляется экспертом на основе личного опыта в условиях абстрактного опроса, вне конкретной функциональной ситуации, что естественно снижает его ответственность [8].

В структурах профотбора персонала наиболее популярным ввиду его очевидности и простоты является моделирование (профессиографирование) деятельности специалистов на основе подхода, который рассматривает профессионала как совокупность ПК.

Профессиография - это технология изучения требований, предъявляемых профессией к личностным качествам, способностям и возможностям человека, необходимая для разработки профессиограмм специальности.

В самом общем виде профессиограмма включает в себя должностную характеристику и совокупность требований, предъявляемых к работнику.

Типы профессиограмм: информационные, ориентировочно-диагностические, конструктивные, методические, диагностические [6].

По содержанию и структуре профессиограммы бывают: комплексные, аналитические, психологически ориентированные, аттестационные и другие [8].

**Составление модели специалиста.** В самом общем плане "модель специалиста" предполагает выделение: профессиограммы; профессионально-должностных требований (ПДТ); квалификационного профиля (требований по разрядам, категориям).

Кроме того, при построении "модели специалиста" выделяют:

1. Модель реально действующего, "готового" специалиста, куда входят: модель деятельности специалиста (цели, задачи, действия, операции); модель личности специалиста (традиционно личность определяется "личностными профилями", а фактически – системой ПК).

2. Модель личности специалиста - это описание совокупности его качеств, обеспечивающих успешное выполнение задач, возникающих в производственной

сфере, а также самообучение и саморазвитие работника. К каждому виду профессиональной деятельности желательно подбирать, разрабатывать личностные качества. Например, для модели деятельности инженера описаны профессиональные задачи (специальные технические, экономико-организационные, задачи по подбору и расстановке кадров, повышению своей квалификации); там же в модели личности инженера разработаны психологические качества, умения и знания для каждого вида профессиональной деятельности; тип организации и подразделения, должности от начальной до более высоких [8].

**Аналитическая профессиограмма.** Существует специальная процедура, позволяющая выделять профессионально важные качества на основании предварительного изучения технологических и нормативно заданных ("бюрократических") характеристик профессий. Такая процедура позволяет подбирать банки психодиагностических методик для профотбора на конкретные профессии, составлять развивающие и обучающие программы для конкретных профессионалов и т.п. Называется данная процедура аналитическое профессиографирование (аналитическая профессиограмма) [5].

Аналитическое профессиографирование включает два основных этапа:

- 1) анализ операционально-технологической структуры труда;
- 2) анализ собственно психологической структуры деятельности субъекта труда.

**Составление психогаммы.** Психогамма - это перечень профессионально-значимых качеств специалиста, сгруппированных в интегративные качества или свойства, присущие специалисту-профессионалу, выделение и описание качеств человека, необходимых для успешного выполнения данной трудовой деятельности (ПВК). Она используется в мероприятиях профотбора и профобучения персонала, для психологической подготовки и развития необходимых качеств в целях успешного профессионального функционирования. Чем больше признаков учитывается при описании профессии, чем больше они относятся к психологическим, внутренним качествам человека, тем успешнее может быть выбор профессии на основе этого описания [9].

В самом общем виде к психологическим качествам, желательным для эффективного выполнения профессиональной деятельности, общения, для профессионального роста, преодоления экстремальных ситуаций в труде относятся:

1. Характеристики мотивационной, волевой, эмоциональной сферы специалиста:
  - Мотивы, цели, задачи, потребности, интересы, отношения, ценностные ориентации человека, психологические позиции.
  - Профессиональные притязания, профессиональная самооценка, самоосознание себя как профессионала.
  - Эмоции, психические состояния, эмоциональный облик.
  - Удовлетворенность человека трудом, его процессом и результатом.
2. Характеристики операциональной сферы специалиста:
  - Психологические знания о труде, о профессии.
  - Психологические действия, способы, приемы, умения, техники, психотехнологии.
  - Профессиональные способности, профессиональная обучаемость, открытость к профессиональному росту.
  - Профессиональное мышление, в том числе креативность, возможность обогатить опыт профессии.
  - Профессиональное саморазвитие, умение проектировать и реализовать планы своего профессионального роста.

– Психологические противопоказания (то есть психические качества, абсолютно или относительно несовместимые с профессией), а также качества, отсутствие которых может быть компенсировано. Желательно определение противопоказаний в мотивационной и операциональной сфере.

– Линии профессионального роста и линии распада профессиональной деятельности и личности специалиста, пути их реабилитации.

В соответствии с психограммой подбираются психодиагностические методики, при помощи которых осуществляется психологическое обследование кандидатов на профессиональную пригодность. В настоящее время существует множество методик выявления ПВК, которые предлагают учитывать от двух до нескольких десятков, сотен и даже тысяч личностных и профессионально важных качеств и умений.

Наиболее популярными являются: балльные оценки профессионально важных и личностных качеств и умений, групповые упражнения и специальные задания, психологические личностные тесты, анкетный опрос экспертами.

Подбор экспертов для оценки ПВК работника осуществляется опытным путем посредством рекомендаций руководства предприятия с учетом их профессиональной компетенции. Из опыта профессиографирования оптимальное количество экспертов должно составлять не менее десяти человек [1, 4].

Особенно актуальна проблема подбора экспертов в сфере промышленной безопасности и охраны окружающей среды в нефтегазовой отрасли, в связи с тем, что еще недостаточно развит формально-теоретический базис, не структурировано множество свойств и особенностей объектов, которые изучаются, не сформировалось количество специалистов, адекватных требованиям, предъявляемых уровню эксперта.

## Литература

1. Асалиев А., Вукович Г., Кириллова О., Косарева Е. Оценка персонала в организации. Учебное пособие. Изд.: Инфра-М, 2017. 172 с.
2. Бабенко О.А. Профессионально важные качества личности руководителя. – М.: Академия, 2010. – 516 с.
3. Бачурина Н. С. Педагогические условия формирования коммуникативной компетентности как профессионально и личностно значимого качества специалиста//Вестник Воронежского государственного технического университета. 2006. Т. 2. № 10. С. 49-52.
4. Деркач А.А., Носс И.Н. Акмеологическая диагностика и оценка кадров государственной службы: В 2 т.: монография. М.: Изд-во РАГС, 2011. 420 с.
5. Иванова Е.М. Основы психологического изучения профессиональной деятельности. М.: МГУ, 1987. - 208 с.
6. Иванова Е.М. Психотехнология изучения человека в трудовой деятельности. Учебно-методическое пособие для студентов факультетов психологии государственных ун-тов. М.: МГУ, 1992. - 94 с.
7. Карпов А. В., Конева Е. В., Маркова Е. В. Психология труда. М.: Юрайт-Издат, 2012. 378 с.
8. Маркова А.К. Психология профессионализма. М.: "Знание", 1996. -308 с.
9. Романова Е. С. Психологический анализ и профессиограммы. М.: Аспект Пресс, 2011. 416 с.
10. Романова Т.В., Котов Д.В. Современный подход к управлению персоналом в компаниях нефтегазового комплекса Российской Федерации//Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2014. №6, стр. 562-587.

## ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОТХОДЫ – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

**Федотова В.П.\*** (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), e-mail: [rio227@mail.ru](mailto:rio227@mail.ru) ),  
**Гришкевич М.С.** (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), e-mail: [gmariyas@yandex.ru](mailto:gmariyas@yandex.ru) )

### Аннотация

Развитие технического прогресса, увеличение численности населения и нерациональное использование природных ресурсов земли, привело к появлению серьезных проблем в области экологии. Ежегодно человечество перерабатывает примерно 10 млрд. т минеральных и столько же органических сырьевых продуктов. При этом от 20 до 99% сырья превращается в отходы, которые загрязняют атмосферу, водную среду, отчуждают земельные угодья, а в ряде случаев разрушают почвенный слой земли. Вынужденное хранение огромного количества отходов, их удаление в отвалы приносят весьма ощутимые убытки народному хозяйству страны. В современном мире, ученые разрабатывают все новые способы переработки, утилизации и использования промышленных отходов.

### Ключевые слова

Промышленные отходы, переработка отходов, использование промышленных отходов, окружающая среда, промышленная экология

Принципиально возможно использование промышленных отходов в следующих основных направлениях:

1. Рекультивация ландшафтов, планировка территорий, отсыпка дорог, дамб и т. п., для чего используют скальные породы, галечник, гравий, песок, доменные шлаки и другие виды твердых промышленных отходов.

Реализация этого экономически выгодного направления утилизации отходов, тем не менее, незначительная – всего в этих целях используется примерно 10% объема имеющихся отходов.

2. Использование отходов в качестве сырья при производстве строительных материалов. Промышленность строительных материалов – единственная отрасль, в значительных масштабах использующая многотоннажные отходы производства.

3. Вторичное использование отходов в качестве исходного сырья.

Проблемы использования отходов производства в лесохозяйственном комплексе Приморского края рассмотрены в работе Н.В. Романова (Дальневосточный федеральный университет, г. Арсеньев). Автор предлагает пути утилизации различных типов древесных отходов. В результате использования отходов лесопиления в качестве сырья возможно производить большое разнообразие востребованной на российском и зарубежном рынке продукции: термопорит (плиты различных форматов плотностью от 700 до 1300 кг/м<sup>3</sup>, применяются в качестве конструкционно-теплоизоляционного материала в каркасном строительстве); опилкобетон (конструкционно-теплоизоляционный бетон, смеси можно использовать для изготовления штучных блоков различных размеров для последующего возведения стен построек, для непосредственной укладки в опалубку при возведении монолитных стен); гипсоопилочный бетон; термиз (теплоизоляционный материал на основе гашеной извести, опилок, цемента, суглинка; применяется в строительстве в виде плит или монолита для утепления стен и кровли); брикеты (прессованный вид древесных отходов); пеллеты (прессованная здоровая древесина, полученная из отходов

лесопиления и деревообработки); гранулы (нормированное цилиндрическое прессованное изделие из высушенной, оставленной в природе древесины; используются в качестве высококалорийного топлива).

В докладе ученых О.Г. Моисеева и К.Г. Пугина (ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь) представлены результаты аналитического исследования бактериостатических и бактерицидных свойств шлаков феррованадиевого производства. Согласно данным исследованиям, отходы производства феррованадия содержат компоненты, которые могут обладать бактерицидными свойствами и, следовательно, имеют предпосылки для использования шлака в качестве материала для пересыпки полигонов ТКО.

Проблемы переработки отходов спиртового производства в РСО-Алания рассмотрены в статье Л.А. Кебалова. Исследуя различные технологические схемы по переработке отходов спиртового производства (барды), автор заключает, что наиболее оптимальной, в экономическом и экологическом аспектах, для РСО-Алания, является технологическая схема переработки спиртовой барды в «Дрожжевой кормоконцентрат» (разработки ООО «СПС-Наладка»- ООО «АМТ»). Данное производство является наиболее экологичным, т.к. основой технологического процесса является глубокая утилизация органических веществ послеспиртовой барды непрерывным микробиологическим способом путем аэробного культивирования дрожжевых микроорганизмов (специализированная культура), ассимилирующих растворенные компоненты барды.

Особенности самозарастания отвалов фосфогипса Белореченского химзавода представлены в докладе А.С. Сергеевой и В.В. Корунчиковой (ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет», г. Краснодар). Отмечено, что места складирования отхода фосфогипса достаточно успешно зарастают травянистыми и древесными растениями без специальных приёмов рекультивации, что подтверждает ценность этого отхода для создания искусственных субстратов типа сложных органоминеральных компостов для улучшения плодородия почвы.

### Литература

1. Алимкулов С. О., Алматова У. И., Эгамбердиев И. Б. Отходы — глобальная экологическая проблема. Современные методы утилизации отходов // Молодой ученый. — 2014. — №21. — С. 66-70. — URL <https://moluch.ru/archive/80/14470/> (дата обращения: 25.02.2019).
2. Исследование бактериостатических и бактерицидных свойств материала для пересыпки твёрдых бытовых отходов МП-1 на основе шлаков феррованадиевого производства / О. Г. Моисеева, К. Г. Пугин, Я. И. Вайсман, А. А. Зомарев // Современные проблемы науки и образования [Электронный ресурс]. - 2013. - № 1. - № 1. 4 с. Режим доступа : [Ссылка ru /pdf/2013 /1 /93.pdf/](https://www.scopus.com/journals/view?doi=10.1177/1992124213500001). Загл. с экрана., ВАК
3. Использование отходов производства феррованадия в качестве пересыпного материала на полигоне твердых бытовых отходов / К. Г. Пугин, Я. И. Вайсман, Н. И. Фукалова // Теоретическая и прикладная экология. - 2013. - № 1. - С.72-76., ВАК
4. Кебалова Л.А. Охрана окружающей среды и экологическая безопасность в РСО-Алания//Научное обозрение, №16, 2015. – С. 55-58.
5. Мустафин Н.Ш. Производство строительных материалов с применением промышленных отходов // Региональное развитие: электронный научно-практический журнал. 2015. № 8(12). URL: <https://regrazvitie.ru/proizvodstvo-stroitelnyh-materialov-s-primeneniem-promyshlennyh-othodov>

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

*Долгополова О.Н.\* (ООО "РН- Ближневосточная компания", e-mail: [ondolgorolova@mail.ru](mailto:ondolgorolova@mail.ru))*

*Худоёрова З.Д.\* (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), e-mail: [khudoigorova09@mail.ru](mailto:khudoigorova09@mail.ru))*

### Аннотация

В настоящее время во многих индустриально развитых странах с целью решения проблемы очистки водных объектов от загрязнения нефтью и нефтепродуктами активно используют биологические методы, основное преимущество которых по сравнению с другими – это ликвидация разливов нефти с привлечением относительно небольших затрат на единицу обрабатываемой поверхности. Биоремедиация – достаточно прогрессивная технология, основанная на использовании активного тандема углеводородокисляющих микроорганизмов и определенных биохимических препаратов.

**Ключевые слова:** загрязнение окружающей среды, гидросфера, очистка водных объектов, загрязнения нефтью и нефтепродуктами, биоремедиация, микроорганизмы, моллюски, деструкция нефти, биологическая очистка морей, литоральная зона

Нефтепродукты занимают одно из лидирующих мест среди самых распространенных источников, загрязняющих атмосферу и гидросферу. Основываясь на статистических данных ЮНЕСКО, все химические соединения, которые получаются из нефти или нефтяных газов, относятся к категории самых опасных веществ, существующих на планете и загрязняющих окружающую среду, именно поэтому очистка воды от нефтепродуктов является одной из первоочередных задач современного предприятия нефтепромышленного комплекса [2].

Сегодня довольно широко используются различные технологии, предназначенные для очистки воды от нефтепродуктов, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Механические и химические методы не обеспечивают достаточную эффективность очистки воды от нефти. Эмульгаторы нефти часто являются высокотоксичными для морских животных, что оказывает больший вред, чем воздействие от загрязнения нефтью и нефтепродуктами. Сжигание нефти может привести к негативным последствиям для природных экосистем. Наиболее распространенным методом очистки воды от нефти является биологический метод, основанный на использовании специальных микроорганизмов, питающихся нефтью и разрушающих ее [6].

В настоящее время известно более тысячи микроорганизмов, способных перерабатывать углеводороды различных классов. Однако для их успешного продуцирования необходимо соблюдение основных условий: наличие определенных органических субстратов и биостимуляторов роста.

С целью продуктивного использования этих методов очистки специалисты применяют подходы, направленные на стимулирование дикой микрофлоры в загрязненной природной среде, выделение на месте разлива нефти активной дикой микрофлоры и создание благоприятных условий для поддержания ее жизнедеятельности на участке разлива [3].

Выделяют два главных подхода очистки воды от нефти и нефтепродуктов при помощи биоремедиации:

- применение специально отобранных микроорганизмов;

- стимуляция локального почвенного биоценоза [5].

Оба этих подхода достаточно эффективны, однако каждая чрезвычайная ситуация, связанная с разливами нефти, отличается своей спецификой, которую необходимо учитывать при выборе того или иного метода.

Учеными активно изучаются способы очистки воды с применением бактерий, которые базируются на использовании специальных приемов активации естественных процессов деградации нефти: загрязненная поверхность обрабатывается суспензиями, которые содержат активные культуры бактерий с высокой окислительной способностью и добавки различных поверхностно-активных веществ. Указанный метод, как правило, применяется для ликвидации аварийных разливов нефти непосредственно на месте разлива [1].

Сегодня найдено более 1 тысячи простых организмов, которые питаются различными углеводородами. Например, дрожжи *Candida* питаются нефтяными парафинами, в итоге получается большой объем биомассы с большой концентрацией витаминов и белка [2].

Многие современные биопрепараты разнообразны по своему составу, в связи с чем, ассоциации микроорганизмов способны более полно и быстро разлагать углеводородные субстраты по сравнению с индивидуальными штаммами.

Особые добавки, введенные в эти препараты, способствуют активации процесса деструкции нефти. Используемые микроорганизмы не являются токсичными и/или патогенными, легко приспосабливаются к соленой среде, разлагают растворенные и нерастворенные компоненты нефти, затрачивая незначительное время для нейтрализации.

Проведение дополнительных мероприятий, обеспечивающих благоприятные условия для развития углеводородокисляющей микробиоты, являются дорогими, трудоемкими, что уменьшает их привлекательность для предприятий нефтедобывающего комплекса. Внедрение сложных технологий невозможно на многих перспективных месторождениях из-за их удаленности и трудной доступности в течение большей части года, поэтому поиск вариантов, позволяющих упростить процесс очистки нефтезагрязненных природных комплексов без потери его качеств, является актуальным. Одним из таких приемов может стать использование избыточного активного или целлюлозно-бумажного комбината, представляющего собой естественную микробную ассоциацию и все необходимые для обеспечения ее жизнедеятельности компоненты [4].

Говоря о биологической очистке, нельзя не упомянуть интересное предложение - создание искусственных рифов, используемых в качестве искусственного субстрата и механического стимулятора развития биоценоза. В настоящее время в различных странах мира создают искусственные рифы путем затопления в море старых кораблей, бетонных блоков, строительных отходов и пр. На рифах размножаются водоросли, рыбы, раки, моллюски, интенсивно развивается планктон, а рыбы продуктивно нерестятся. Созданная таким образом обильная морская флора и фауна начинает интенсивно очищать морскую воду.

Размещение двухстворчатых моллюсков в места загрязнения нефтью и нефтепродуктами – не менее интересный способ биологической очистки морей от нефтепродуктов и хронических разливов нефти, в том числе при аварийных ситуациях утечки нефти и нефтепродуктов при их добыче и транспортировке. Мидии помещают в места разлива нефти, посредством фильтрации морской воды происходит освобождение ее от эмульгированной нефти. Недостатком данного способа является его низкая эффективность, т.к. установки с морскими беспозвоночными размещены хаотично и, к тому же, не захватывают наиболее загрязненный нефтью поверхностный

слой воды, в связи с чем, нефтепродукты быстро распространяются по акватории и тем самым затрудняется очистка морской среды [6].

В присутствии толерантных к нефтяному загрязнению водных беспозвоночных, то есть под влиянием их жизнедеятельности, происходит ускорение очищения грунта литоральной зоны и омывающей ее толщи воды от нефтяного загрязнения (как сырой нефтью, так и нефтепродуктами - мазут, дизтопливо). Прежде всего, это организмы-фильтраторы (от зоопланктона до макробентоса). Наиболее изучены в этом отношении двустворчатые моллюски, они же являются наиболее мощными фильтраторами [5].

Несомненно, ни один из существующих биологических способов очистки вод от нефти и нефтепродуктов не способен полностью заменить механические методы сбора тяжелых нефтяных фракций, особенно когда они присутствуют в большом количестве (например, слои мазута свыше 10 см требуют механической уборки). Однако методы биовосстановления совершенно незаменимы при дальнейшей доочистке береговой зоны, так как они работают экологически бережно, постоянно и эффективно практически в любых условиях, где могут выжить микроорганизмы и животные [4].

Таким образом, искусственное заселение литоральной зоны определенными видами водных животных (или их выращивание в литоральной зоне) обеспечивает повышение надежности и эффективности очистки литоральной зоны морей за счет локализации выбросов нефти и нефтепродуктов и ускорения процессов их биodeградации, а также создает все условия для развития устойчивой к загрязнению биосистемы, т.е. способствует ускорению процесса очистки и, соответственно, снижению ее себестоимости, как и последствий загрязнения.

Разработка средств очистки воды от нефтяных углеводородов представляет собой активно развивающееся направление экологии и биотехнологии

## Литература

1. Держинская, И.С. Микробиологические способы очистки водных поверхностей и прибрежной зоны от нефтяного загрязнения / И.С. Держинская, И.Ю. Куликова // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе - 2008. - №4. - С. 22 - 24.
2. КиберЛенинка: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivnye-tehnologii-ochistki-vody-i-pochvy-ot-nefti-i-nefteproduktov> Чшиева М. Ч. Актуальные проблемы развития нефтяной индустрии СССР во второй половине XX века / М. Ч. Чшиева // Приоритетные научные направления: от теории к практике. – 2014. – №12. – С.37-46.
3. Куликова, И.Ю. Микробиологические способы ликвидации последствий аварийных разливов нефти в море / И.Ю. Куликова, И.С. Держинская // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе -2008. - №5. - С. 24 -27.
4. Долгополова В. Л., Патрушева О. В. Способы очистки морских акваторий от нефтяных загрязнений // Молодой ученый. — 2016. — №29. — С. 229-234.
5. Морозов Н.В., Жукова О.В. Биотехнологии очистки нефти и нефтепродуктов при снятии локальных нефтяных загрязнений и в очистке производственных сточных вод, основанные на применении бактериальных препаратов [Электронный ресурс] // Московское Общество Испытателей Природы: сайт. – URL: <http://www.moip.msu.ru/p=3004> (дата обращения: 15.02.2019).
6. Шведчиков Г.В. Новая технология борьбы с нефтяными загрязнениями на основе гидрофобных и олеофильных сорбентов // Общество. Среда. Развитие – 2010.– №3.– С. 225 – 228

## РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОРСКИХ НЕФТЕОТГРУЗОЧНЫХ ТЕРМИНАЛОВ

*Худоёрова З.Д. \* (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), e-mail: khudoyorova09@mail.ru),  
Долгополова О.Н. (ООО "РН- Ближневосточная компания" e-mail: ondolgopolova@mail.ru)*

### Аннотация

Аварийные разливы нефти и нефтепродуктов, которые происходят на объектах добычи и переработки, а также при их транспортировке, сильно вредят экологическому состоянию окружающей среды, приводят к существенным убыткам и обладают негативными последствиями социального характера.

**Ключевые слова:** аварийные разливы нефтепродуктов, методы ликвидации аварийных разливов нефти, морской нефтеотгрузочный терминал.

Нефть – один из фундаментов экономики современной России, который также является источником повышенной опасности для окружающей природной среды. Нефтегазовый комплекс был и остается крупнейшим загрязнителем природной среды – это около 30% загрязняющих веществ, выбрасываемых промышленностью, тысячи "бесхозных" скважин, тысячи километров, ржавеющих внутрипромысловых и магистральных трубопроводов - это постоянная угроза аварий с тяжелыми экологическими и экономическими последствиями [6].

Аварии на нефтеотгрузочных терминалах оказывают резко негативное влияние прежде всего на морскую среду, а также могут затронуть и прибрежную часть. В зависимости от объема разлива нефти и нефтепродуктов, на морских акваториях различают три уровня разливов [4]:

- локального значения .....до 500 тонн
- регионального значения .....от 500 до 5000 тонн
- федерального значения .....свыше 500 тонн

Основополагающим принципом деятельности компании, эксплуатирующей морской нефтеотгрузочный терминал, является предотвращение и/или максимальное сокращение отрицательного воздействия на окружающую среду, обеспечение безопасности и охрана здоровья персонала.

При эксплуатации морских нефтеотгрузочных терминалов используются следующие основные объекты [2]:

- подводный морской трубопровод (ПМТ) – связывает береговые сооружения с морскими терминалами, обеспечивает перекачку нефти;
- стационарный морской ледостойкий отгрузочный причал (СМЛОП) – обитаемая стационарная морская установка гравитационного типа в ледостойком исполнении в свайном основании.

СМЛОП предназначен для бесконтактного круглогодичного налива нефти в танкеры в ледовых условиях и в безледный период, а также для выполнения технических операций по обслуживанию морского нефтепровода [2].

Нефть после ее подготовки к транспортировке, хранится в нефтехранилище. На СМЛОП из нефтехранилищ нефть доставляется по подводному трубопроводу, и по нефтеотгрузочному рукаву она погружается на танкера ледового класса.

Основными источниками разливов нефти в оперативной зоне ответственности СМЛОП являются [2]:

- авария танкера;
- авария системы налива при перегрузке нефти с СМЛОП на танкер;
- авария при разгерметизации подводного трубопровода;

При разливах нефти содержащиеся в ней токсичные химические соединения оказывают крайне негативное воздействие на животный и растительный мир в зоне загрязнения. Наиболее вероятные негативные последствия нефтяных разливов для рыб должны наблюдаться в мелководной части моря и в зонах слабой циркуляции воды. Как известно, рыбы на ранних стадиях жизни (икра и личинки) более чувствительны к воздействию нефти, чем взрослые, и потому часть рыб на этих стадиях может погибнуть при соприкосновении с достаточно высокими концентрациями токсичных компонентов нефти [5].

Из-за высокой токсичности и огромных масштабов вторжения в биосферу нефть рассматривается как один из наиболее опасных загрязнителей окружающей среды. Известно, что 1 т нефти загрязняет около 12 км<sup>3</sup> водной поверхности. Последние результаты аэрокосмической съёмки показывают, что примерно 30 % поверхности Мирового океана покрыты нефтяной пленкой. Помимо этого, 1 л нефти удаляет кислород из 40 м<sup>3</sup> воды, что приводит к гибели всего живого. Даже при незначительных концентрациях нефти в воде (0,1 мг/л) наблюдается гибель молодняка морских животных и существенное замедление роста водорослей [3].

В целях обеспечения эффективности мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов, защиты населения и окружающей природной среды от их вредного воздействия Правительством Российской Федерации было разработано и утверждено постановление от 21.08.2000г № 613 “О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов”. Согласно данному и последующим постановлениям в этой области все предприятия, осуществляющие разведку месторождений, добычу нефти, а также переработку, транспортировку, хранение нефти и нефтепродуктов, должны разрабатывать планы по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов (планы ЛАРН) [1].

Своевременная и качественная борьба с разливами нефти может существенно снизить размеры экологического и экономического ущерба. Серьезные разливы нефти невозможно предугадать заранее, однако, в случае возникновения разливов, борьба с ними должна производиться всеми возможными и целесообразными методами локализации и ликвидации. Существует несколько методов ликвидации аварийных разливов нефти: механический, физико-химический, термический и биологический.

Наиболее эффективным и рациональным методом ЛАРН является механический. Для локализации загрязнения используются боновые заграждения: плавучие и подводные. Принцип действия плавучего бонового заграждения заключается в создании механического барьера, препятствующего перемещению или распространению тонкого верхнего слоя воды вместе с нефтяной пленкой [4].

К физико-химическим методам и способам ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов относят методы, основанные на следующих процессах: коагуляции, флокуляции, адсорбции, абсорбции, ионного обмена, сжигании, экстракции, подача сжатого воздуха (барбатаж), коалесценции, адгезии, флотации и другими физико-химическими процессами, и основанными на их принципе устройствами [6].

Термический метод, применяется при большой толщине нефтяного слоя после загрязнения до начала образования эмульсий с водой. Метод основан на выжигании

слоя нефти. Он достаточно хорошо сочетается с другими методами ликвидации разливов.

Биологическая очистка воды базируется на приемах, обеспечивающих стимуляцию естественных процессов деградации нефти и нефтепродуктов в воде. С этой целью рекомендуется обработка загрязненной нефтью водной поверхностью суспензиями, содержащими активные культуры нефтеокисляющих бактерий и поверхностно-активные вещества. Такой метод очистки воды, как правило, осуществляется непосредственно на месте загрязнения [2].

Методы ЛАРН должны обладать такими качествами:

- эффективность;
- безопасность;
- максимальное быстрое действие [4].

Каждая чрезвычайная ситуация, обусловленная аварийным разливом нефти и нефтепродуктов, отличается определенной спецификой. Многофакторность системы "нефть - окружающая среда" зачастую затрудняет принятие оптимального решения по ликвидации аварийного разлива. Тем не менее, анализируя способы борьбы с последствиями разливов и их результативность применительно к конкретным условиям, можно создать эффективную систему мероприятий, позволяющую в кратчайшие сроки ликвидировать последствия аварийных разливов и свести к минимуму экологический ущерб.

## Литература

1. Основные требования к разработке планов по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов (утверждены постановлением Правительства РФ от 21.08.2000 г. № 613).
2. Калашников, А.В. Борьба с разливами нефти при авариях на морских нефтеотгрузочных терминалах. – Архангельск, 2013. – 98 с.
3. Башкин, В. Н. Аварийные разливы углеводородов в водную среду: проблемы и пути их решения / В. Н. Башкин, Р. В. Галиулин, Р. А. Галиулина // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. — 2010. — Вып. 11. — С. 4- 7.
4. Долгих, О. Г. Использование углеродных адсорбентов на основе растительных отходов для очистки нефтезагрязненных сточных вод / О. Г. Долгих, С. Н. Овчаров // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. — 2010. — Вып. 1. — С. 6–12.
5. Давыдова, С. Л. Загрязнение окружающей среды нефтью и нефтепродуктами: учеб. пособие/ С. Л. Давыдова, В. И. Тагасов. - Москва : Изд-во Рос. ун-та дружбы народов, 2006 (Москва) . - 155 с. (1374517 - ОХДФ 1374518 – АБ)
6. Морозов, Н. В. Использование иммобилизованных на органическом сорбенте нефтеокисляющих микроорганизмов для очистки воды от нефти / Н. В. Морозов, Л. З. Хуснетдинова, О. В. Жукова // Фундаментальные исследования. — 2011. — Вып. 12. — С. 576–579.

## ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ВОДОЕМОВ ОТ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОКОНТЕЙНЕРОВ

*Худоёрва З.Д.\* (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), e-mail: khudoigorova09@mail.ru),  
Долгополова О.Н. (ООО "РН-Ближневосточная компания", e-mail: ondolgopolova@mail.ru)*

### Аннотация

Донные отложения антропогенного и природного происхождения ухудшают экологическое и санитарное состояние водных объектов. При невозможности самоочищения замкнутых водоемов от донных отложений происходит постепенное заиливание, зарастание и формирование суши из аллювиальных отложений и отмершей биомассы при заболачивании берегов. При очистке водных объектов широкое применение нашло обезвоживание донных отложений в геотекстильных контейнерах.

**Ключевые слова:** донные отложения, нефтяное загрязнение, очистка водоемов, геоконтейнер.

Нефть – один из фундаментов экономики современной России, который также является источником повышенной опасности для окружающей природной среды. Нефтегазовый комплекс был и остается крупнейшим загрязнителем природной среды – это около 30% загрязняющих веществ, выбрасываемых промышленностью, тысячи "бесхозных" скважин, тысячи километров, ржавеющих внутрипромысловых и магистральных трубопроводов - это постоянная угроза аварий с тяжелыми экологическими и экономическими последствиями [2].

Российская Федерация принадлежит к числу государств, наиболее обеспеченных водными ресурсами. Среднемноголетние возобновляемые водные ресурсы России составляют 10 % мирового речного стока (2 место в мире после Бразилии) и оцениваются в 4,3 тыс. км в год. В Российской Федерации функционирует водохозяйственный комплекс, который является одним из крупнейших в мире и включает более 30 тыс. водохранилищ и прудов общим объемом свыше 800 км и полезным объемом 342 км. В водные объекты Российской Федерации сбрасывается до 52 км в год сточных вод, из которых 19,2 км подлежат очистке. Свыше 72 % сточных вод, подлежащих очистке (13,8 км), сбрасываются в водные объекты недостаточно очищенными, 17 % (3,4 км) - загрязненными без очистки и только 11 % (2 км) - очищенными до установленных нормативов [1].

Помимо колоссальных запасов поверхностных вод, Россия занимает одно из первых мест по запасам топливно-энергетического сырья. Сейчас в России разрабатывается более 700 нефтяных месторождений, расположенных в более чем 40 субъектах Российской Федерации. Наибольшие из них сосредоточены в Западной Сибири - 69 %, в Урало-Поволжье - 17 %, на Европейском Севере - 7,8 % и в Восточной Сибири - 3,6 %. Из субъектов РФ доминирующее положение занимает Ханты-Мансийский автономный округ - Югра, в котором сконцентрировано более 50 % запасов нефти России [2].

Добыча и транспортировка углеводородов всегда сопровождается негативным воздействием на окружающую природную среду. Наиболее масштабные катастрофы характерны для морских перевозок углеводородов. Объемы нефтяных загрязнений в глобальном масштабе достигают 10-20 млн. т нефти в год [3].

Огромное количество аварийных разливов нефти происходит на суше в местах добычи и на трубопроводных магистралях. По данным Гринпис, только в России

ежегодно из разорванных труб проливается около 10 млн. т нефти [2]. Нет ни одной нефтедобывающей компании, которая бы не сталкивалась с проблемами нефтяного загрязнения окружающей среды, в том числе и водных объектов. Приказом Минприроды России от 13 апреля 2009 года № 87 утверждена «Методика исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства»; размер таксы для исчисления размера вреда при загрязнении в результате аварий водных объектов нефтепродуктами составляет 0,5-3,0 млн. руб. за тонну пролитой нефти [3].

Очистка водных объектов от нефти и нефтепродуктов является одной из самых сложных и трудоемких задач в аспекте ликвидации аварийных разливов нефти. Сложность очистки природных водных объектов связана с динамичной водной средой и разнообразием процессов трансформации нефти, которые происходят в воде. Наиболее развитыми являются технологии и средства сбора нефти и нефтепродуктов с поверхности водных объектов. Экономически приемлемые и экологически обоснованные технологии очистки донных отложений от нефти и нефтепродуктов на технологическом рынке представлены в минимальных количествах, а зачастую неприменимы в условиях природных водных объектов [7].

Очистка водоемов от техногенных или природных отложений может осуществляться механизированным и гидромеханизированным методом. Механизированная разработка донных отложений предполагает полное опорожнение водоема и изъятие обнажившихся донных отложений экскаватором. Данный способ применим только для зарегулированных водоемов и приводит к полному разрушению сложившейся экосистемы [3].

При гидромеханизированной разработке донные отложения поднимаются со дна водоема при помощи земснаряда. Сушение водоема не требуется, и сам водоем и прилегающая территория подвержена меньшему стрессу, чем при механизированной очистке. Однако объем перекачиваемых донных отложений становится в 2-5 раз больше объема донных отложений в естественной залежи по причине их разбавления водой средствами гидромеханизации для достижения реологического состояния, пригодного для гидротранспорта. Содержание сухого вещества в пульпе органогенных донных отложений, подаваемых земснарядом, составляет, как правило, не более 10%. Для уменьшения объема изъятых грунтов и придания им состояния, пригодного для транспортировки и планирования на местности, возникает задача обезвоживания донных отложений [4].

Обезвоживание донных отложений в геотекстильных контейнерах является альтернативой традиционным методам обезвоживания. Принцип действия используемого процесса хорошо известен много веков – налив водной суспензии в ткань, способную пропускать жидкость и удерживать твердые частицы. В сфере обезвоживания сырья, шламов и осадков сточных вод более 150 лет используются так называемые фильтрующие мешки (конверты), подвешиваемые на опору беспрепятственного стока влаги. Все современные фильтрующие аппараты, к примеру, фильтр-прессы, работают по этому принципу действия, отличаясь принципом формирования внутреннего давления для интенсификации стока влаги [6].

Геоконтейнер – высокопрочный проницаемый геотекстиль, сформированный в овальную «трубу», в котором происходит процесс гравитационного обезвоживания разнообразных суспензий. Применяемые геотекстильные материалы для изготовления геоконтейнеров могут быть различных производителей, но иметь общие отличительные особенности. Геотекстильный материал изготавливается из нитей полипропилена высокой плотности, соединенных в прочную ткань с устойчивым положением нитей относительно друг друга. Геотекстиль имеет уникальную тонкую структуру пор,

обеспечивающую удержание частиц малого размера в контейнере и отвод из него свободной влаги [5,6].

После завершения процесса обезвоживания (основной процесс происходит в течение 1 месяца, максимальное обезвоживание достигается после цикла зимнего промораживания) геоконтейнер вскрывается, а обезвоженный и нейтрализованный органо-минеральный грунт на основе донных отложений может быть использован для рекультивации шламовых нарушенных земель и нужд озеленения промышленных площадок в качестве плодородного слоя почвы [6].

Таким образом, технология позволяет обезвоживать донные отложения практически на месте их залегания без транспортировки и строительства специальных сооружений с цеховой инфраструктурой. Кроме того, многослойная укладка контейнеров позволяет существенно сократить площади, отводимые для производства работ. Выделяющаяся из контейнеров вода не содержит значимого количества взвешенных веществ. Как правило, она полностью соответствует качеству воды в водоеме и отводится обратно в водоем без ограничений.

### Источники

7. Распоряжение Правительства РФ от 27.08.2009 N 1235-р (ред. от 17.04.2012) <Об утверждении Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года.
8. Чшиева М. Ч. Актуальные проблемы развития нефтяной индустрии СССР во второй половине XX века / М. Ч. Чшиева // Приоритетные научные направления: от теории к практике. – 2014. – №12. – С.37-46.
9. Серебренникова, М. К. Биологические способы очистки нефтезагрязненных сточных вод (обзор) / М. К. Серебренникова, М. С. Тудвасева, М. С. Куюкина // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. — 2015. — Вып. 1. — С. 15–30.
10. Долгополова В. Л., Патрушева О. В. Способы очистки морских акваторий от нефтяных загрязнений // Молодой ученый. — 2016. — №29. — С. 229-234. —
11. Волосухин В.А., Меркулова Т.Н., Кравченко А.С. Основы расчета геотекстильных контейнеров из тканевых материалов высокой прочности // Приволжский научный журнал. – 2012. – № 2. – С. 50 – 57.
12. Донные отложения водных объектов и технологии для очистки их от различных загрязнений / В. П. Мурыгина, С. Н. Гайдамака, М. А. Гладченко и др. — ООО "ИГ Изопроект" Москва, 2016. — 242 с.
13. Геосинтетические материалы в промышленном и гидротехническом строительстве: материалы Первой международной научно-технической конференции / Под ред. д-ратехн. наук, профессора Н.И. Ватина, канд.техн. наук О.И. Гладштейна. – СПб.: Изд-во «ТАНДЕМ», 2011. – 160 с.

**ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ НА  
ПЕРИОД  
СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОЗАБОРНЫХ  
СООРУЖЕНИЙ  
ПРИ ОСВОЕНИИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КРАЙНЕГО  
СЕВЕРА**

*Цымбал М.Н.\* (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), e-mail: [cimbal\\_mar@mail.ru](mailto:cimbal_mar@mail.ru)),  
Ганова С.Д. (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), e-mail: [ganova\\_s@mail.ru](mailto:ganova_s@mail.ru))*

**Аннотация**

Освоение нефтяных месторождений на территории Европейского Севера России в настоящее время является одним из важнейших направлений развития отечественной экономики, что связано, в первую очередь, с обеспечением страны топливно-энергетическими ресурсами. При этом одновременно с наращиванием темпов освоения месторождений углеводородного сырья увеличивается антропогенная нагрузка на компоненты окружающей среды, приводящая не только к изменениям природы, но и, в большинстве случаев, к деградации ее составляющих.

Несмотря на довольно жесткое природоохранное законодательство, невозможно учесть все факторы негативного воздействия на окружающую среду, еще сложнее проследить за действием комплекса этих факторов, а тем более за взаимодействием всех объектов, процессов и явлений в пределах актуальной природно-технической системы.

**Ключевые слова:** нефтяные месторождения, водозаборные сооружения, геоэкологический мониторинг, прогнозная оценка.

Добыча углеводородного сырья оказывает влияние на разные компоненты окружающей среды, в том числе и на поверхностные водные объекты. Многочисленные аварийные разливы нефти способствуют хроническому загрязнению окружающей среды, потому как природные комплексы в северных отличаются особой уязвимостью по отношению к внешним воздействиям и длительным периодом восстановления.

Оптимальное решение возникшей проблемы охраны водных объектов возможно при осуществлении комплекса мер:

- совершенствование нормативной базы по охране вод;
- разработка инструментария для диагностико-прогностических расчетов водохозяйственных задач;
- совершенствование системы контроля и мониторинга;
- планирование и осуществление водоохраных мероприятий [3].

Говоря об обустройстве месторождений или о транспорте продукта, необоснованно мало обращается внимания на объекты, обеспечивающие работу основных производственных узлов в штатном режиме, например, на водоводы и водозаборные сооружения, обеспечивающие бесперебойную подачу воды требуемого количества и качества на площадку промысла.

В состав рассматриваемых объектов, как правило, входят:

– площадка водозаборных сооружений, включающая насосную станцию, расположенную в акватории водного объекта (в нашем случае – озера) и состоящую из водоприемного колодца и блок-бокса водозабора; площадку системы электроснабжения;

– две линии водовода надземной прокладки на строительных опорах от водозаборных сооружений, находящихся в одном коридоре с автодорогой и высоковольтными линиями (ВЛ) и частично с нефтепроводом;

– подъездная автодорога в насыпи от точки врезки к водозаборным сооружениям;

– высоковольтные линии на опорах к водозаборным сооружениям.

На современном этапе для территории исследования характерно существование множественных конфликтов природопользования, носящих комплексный характер [1].

Строительство и эксплуатация этих объектов сопровождаются техногенным воздействием на наиболее уязвимые компоненты природной среды, что сопряжено с определенными рисками, обусловленными природно-климатическими и геологическими условиями территории.

В рамках инженерно-экологических и гидрометеорологических изысканий обследуются зоны санитарной охраны озера, предназначенного для водоснабжения, и его притоков в составе трех поясов, включая территорию водосборного бассейна, а также участок полосы коридора коммуникаций от границы водораздела до площадки потребления воды.

Для выявления источников возможного ухудшения качества воды в озере, определения зон загрязненности и перечня специфических загрязняющих веществ проводится оценка состояния источника водоснабжения, дна озера, донных отложений, гидрологических параметров; прибрежных водоохраных зон, водосборного бассейна; природных и антропогенных условий функционирования природных комплексов и природно-технических систем.

Актуальная территория характеризуется низкими среднегодовыми температурами, коротким периодом положительных температур воздуха, высокой влажностью, продолжительным устойчивым ледоставом на реках и озерах, повсеместным распространением многолетнемёрзлых грунтов (ММГ) различной мощности.

Природно-климатические условия района и наличие ММГ обуславливают развитие процессов термокарста в виде западин и котловин на площадке водозаборной дрены и на участках локальных понижений по трассе коридора коммуникаций. В пределах водораздела развито заболачивание, термоэрозия и эрозия. Кроме того, встречаются многолетние бугры пучения, фиксируется солифлюкция и эоловые процессы.

Гидрогеологические условия района исследований характеризуются распространением подземных вод слоя сезонного оттаивания и вод таликовых зон, представленных грунтовыми водами.

Уровень химического загрязнения территории определен как допустимый, а несколько повышенное содержание железа, марганца, меди, цинка и органических веществ в отдельных пробах поверхностной воды, скорее всего, обусловлено природными факторами, так как вполне сопоставимо с естественным фоном для северных регионов.

По всем показателям качество природной воды соответствует 1 классу, что характерно для низкой степени загрязнения водного объекта, и может быть доведена до питьевого качества в соответствии с существующей технологией подготовки питьевой воды (коагуляция - отстаивание - фильтрование - обеззараживание).

Прогнозирование развития возможных негативных экологических последствий во время строительства, а также последующей эксплуатации коридора коммуникаций позволяет из всего перечня взаимозависимых сред выявить ключевые для данной территории, которые являются формирующими для обеспечения бесперебойной подачи воды потребителю надлежащего качества.

Природно-климатические условия района определяют особые условия обустройства объектов. Их строительство осуществляется в зимний период с максимально возможным сохранением почвенного и растительного покрова в основании сооружений.

Во время проведения строительных работ зимой, когда озеро находится в подледном состоянии, непосредственное воздействие на водный объект будет проявляться исключительно при обустройстве водозаборного колодца в акватории, которое может привести к взмучиванию донных осадков и увеличению мутности воды в озере, а также к нарушению мест корма рыб в водном объекте, вплоть до гибели гидробионтов.

Остальные водные объекты в зимний период не будут подвержены химическому воздействию. Поскольку основным приемником загрязняющих веществ в период строительства будет являться снежный покров, обладающий высокой сорбционной емкостью, основное загрязнение водных объектов может произойти при снеготаянии.

Возможными факторами загрязнения снега, и опосредовано поверхностных и грунтовых вод, будут размещение строительных, промышленных и бытовых отходов и аварийные разливы ГСМ при эксплуатации автотранспорта и строительной техники, особенно в непосредственной близости от водной акватории.

Совершенно очевидно, что применение комплекса мер экологической защиты позволит свести поступление поллютантов с площади водосбора в озеро и водотоки к минимуму, однако даже при проведении плановых работ по обустройству объектов их невозможно полностью исключить.

Кроме того, площади открытого грунта являются источником песка и пыли, выдуваемой ветром в водный объект.

В период эксплуатации объектов водозаборного узла в штатном режиме химическое загрязнение поверхностных вод происходить не будет, но все же произойдет ухудшение условий жизни и воспроизводства рыб, что приведет к частичной гибели гидробионтов, зообентоса.

По трассе автодороги в результате экранирования потока грунтовых вод может происходить на отдельных участках подтопление территории и ее заболачивание. В свою очередь, заболачивание поверхности приведет к потере обогревающего действия растительного покрова, понижению температуры и уменьшению глубины сезонного промерзания-протаивания. Локальное подтопление, образуемое в результате отсыпки площадки для размещения сооружений водозабора также приведет к нарушению поверхностного стока, преобразованию почвенно-растительного покрова, изменению режима снеготаяния и уровня грунтовых вод. На площадке водозабора подъем уровня грунтовых вод может быть также связан с уменьшения испарения и утечек воды из трубопроводных коммуникаций.

В связи с тем, что для наблюдения за состоянием поверхностных водных объектов с целью их оценки, а также прогнозирования и своевременного предупреждения о возможных неблагоприятных последствиях антропогенной деятельности, и, как результат, принятия управляющих решений, необходимы специальные наблюдения, на территории расположения водовода и водозабора должна быть введена постоянно действующая служба геоэкологического мониторинга.

Под геоэкологическим мониторингом необходимо понимать проводимые по установленным программам регулярные наблюдения за природными средами, ресурсами и условиями, растительным и животным миром, источниками техногенного воздействия, позволяющие выявить происходящие в них под взаимным влиянием как неблагоприятные, так и позитивные изменения; обобщение и анализ полученных данных, а также прогноз последствий изменений для состояния объекта наблюдения на основе оценки происходящих перемен [2].

Цели мониторинга могут меняться в зависимости от стадии разработки или конкретных работ, проводимых на данный момент конкретным предприятием.

Кроме того, в процессе геоэкологического мониторинга должна проводиться оценка экономической эффективности с анализом всех платежей за пользование природными ресурсами, а также платежей и штрафов за загрязнения, измерение и оценка эффективности работ по восстановлению природной среды, мер по ослаблению отрицательных воздействий, и документации - журналов, отчетов, фотоматериалов, карт.

При мониторинге поверхностных вод ведутся режимные гидрологические и гидрохимические наблюдения на наиболее крупных водных объектах, в местах предполагаемого пересечения акваторий линейными объектами и в зонах их возможного воздействия на водоемы с одновременным отбором проб воды и донных отложений.

Расположение пунктов контроля состояния поверхностных вод выбирается с учетом процессов переноса поллютантов и пространственной ориентации источников загрязнения.

В заключение необходимо отметить, что в процессе проведения мониторинга должен осуществляться контроль только за теми показателями, которые являются взаимозависящими, взаимодействующими и определяющими основные возможные изменения водных объектов и окружающей среды в целом. Из этого следует, что научно обоснованную мониторинговую сеть необходимо закладывать еще на стадии проекта с учетом прогнозных оценок, так как в это время можно расположить посты наблюдения, которые будут использоваться и для определения фонового состояния окружающей среды, и на всех других стадиях строительства, эксплуатации и ликвидации производственных объектов.

### Литература

1. Воробьевская Е.Л., Кириллов С.Н., Седова Н.Б., Слипечук М.В., Тульская Н.И., Цымбал М.Н. Современное природопользование в центральной части Кольского полуострова и основные геоэкологические проблемы// Экология и промышленность России. М. Изд.: Калвис, том 21, № 6, с. 30-35.
2. Пендин В.В., Ганова С.Д. Геоэкологический мониторинг территорий расположения объектов транспорта газа в криолитозоне М.: ОАО «ПНИИИС». 2009, 226 стр.
3. Строков А.А., Андреева И.Ю., Землянов И.В. Разработка нормативов допустимого воздействия на водные объекты в условиях добычи углеводородов//Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. Изд.: Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина (Москва), 2013. № 8. Стр. 32-38.

## ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ ПОЧВ НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЫ

*Чернышова А.А. (Российский государственный геологоразведочный университет (МГРИ), chernishova299@mail.ru),*

*Буфетова М.В (Российский государственный геологоразведочный университет (МГРИ), mbufetova@mail.ru)*

**Аннотация:** Рассматривается влияние деятельности, связанной с функционированием нефтяного месторождения, на состояние почвенного покрова центральной части Большеземельской тундры. Представлены концентрации тяжелых металлов и нефтепродуктов в почве. Описываются связи между концентрациями нефтепродуктов и тяжелых металлов.

**Ключевые слова:** нефтяное месторождение, загрязнение почв, тяжелые металлы, нефтепродукты

Нефтедобывающая отрасль занимает особое место в экономике России и при этом является одной из самых экологически опасных, землеемких, с высокой пожаро- и взрывоопасностью, загрязняющей способностью. При добыче нефти происходит загрязнение всех компонентов окружающей среды. Влияние токсичных веществ, которые поступают в окружающую среду, до сих пор изучено не до конца, поэтому неизвестны точные последствия такого вторжения в природные экосистемы.

Большинство объектов нефтегазодобывающего комплекса являются источниками поступления в почву таких поллютантов, как нефтепродукты и тяжелые металлы. В процессе трансформации нефтяных соединений в почве происходит накопление высокомолекулярных конденсированных ароматических структур с высокой степенью водородной ненасыщенности.

Особенностью территории центральной части Большеземельской тундры является техногенная нагрузка нефтегазового комплекса на окружающую среду, связанная с разведкой, промышленной разработкой нефтяных, газовых месторождений, транспортировкой, переработкой, хранением нефти и нефтепродуктов. Большое количество скважин, километры трубопроводов, компрессорные станции и т.п. являются потенциальными источниками загрязнения земельных ресурсов нефтепродуктами при аварийных ситуациях, которые представляют большую опасность для почв.

Источниками загрязнения почвы тяжелыми металлами в местах добычи нефти могут быть её разливы, атмосферные выпадения, подземные воды, буровые растворы, применяемые при бурении скважин.

Цель работы - оценить состояние почвенного покрова на территории нефтяного месторождения и выявить закономерности изменения исследуемых компонентов.

Объектом исследований являются почвы на территории Северо-Хоседаюнского нефтяного месторождения, которое входит в группу месторождений Центральной части Хорейверского поднятия, было открыто в 1984 г. Месторождение относится к категории средних, извлекаемые запасы нефти по категории С1 составляют 22,1 млн тн по данным Госбаланса полезных ископаемых на 1 января 2007 г. В промышленную эксплуатацию было введено в 2010 году.

Местность представляет собой типичную для тундры безлесную ландшафтную зону субарктического пояса с характерной мохово-лишайниковой растительностью,

низкорослыми травами, карликовыми деревьями и редкими кустарниками. Почвы рассматриваемой территории относятся к типу болотно-тундровых торфянисто-глеевых. Данные почвы отличаются большой мощностью торфянистой подстилки (10-20см), под которой залегает коричневатый с сизыми пятнами влажный горизонт Bhg. Почвы характеризуются кислой реакцией по всему профилю, верхние минеральные горизонты пропитаны гумусом.

Неблагоприятные биоклиматические условия и низкая устойчивость природной среды рассматриваемой территории к антропогенному воздействию обуславливают медленное самоочищение компонентов окружающей среды от загрязняющих веществ и самовосстановление нарушенных в результате промышленного освоения в течение длительного периода времени.

В процессе выполнения работы был проведен анализ результатов исследований проб почвенного покрова, полученных в период с 2014 по 2018 год в результате проведения работ по экологическому мониторингу, на содержание тяжелых металлов (As, Cd, Cu, Hg, Zn, Cr, Ba) и нефтепродуктов. Были выявлены нижеперечисленные тенденции изменения их содержания.

Концентрация мышьяка (As), кадмия (Cd) и хрома (Cr) изменялись разнонаправленно в разных точках отбора. За исследуемый период максимальные значения достигали: 1,79 мг/кг для мышьяка, 0,49 мг/кг для кадмия, 0,032 мг/кг для хрома, что не превышает установленные нормативы. Значительных изменений концентраций по данному ряду металлов не наблюдалось.

Концентрация ртути (Hg) значительно не менялась и в некоторых случаях была <0,05 мг/кг, превышения ПДК зафиксировано не было.

Концентрации меди (Cu) и никеля (Ni) изменялись следующим образом: наблюдалось резкое снижение концентрации (в 1,5 - 3 раза) в 2015 году в большинстве проб, а затем увеличение в 2017 году (в 1,5 - 2 раза). Превышение установленного норматива не наблюдалось (ОДК для Cu - 66 мг/кг, Ni - 40 мг/кг). Концентрация цинка (Zn) имела схожую тенденцию изменения, превышения ОДК (110 мг/кг) зафиксированы не были.

Концентрация свинца (Pb) была стабильна во всех точках наблюдения с 2014 по 2016 год и не превышала 10,7 мг/кг, затем в 2017 году произошло резкое снижение концентрации. В точке с максимальным значением концентрация свинца снизилась в 5 раз. Возможной причиной таких изменений может служить более удаленный отбор проб почв от дорог, т.к. основным источником загрязнения свинцом является проезд автомобильной техники.

Концентрация бария (Ba) имела тенденцию к резкому уменьшению во всех точках наблюдений (в 3-4,5 раза) в 2015 году по сравнению с 2014 годом, когда максимальные значения достигали 90 мг/кг. Затем наблюдались незначительные изменения концентраций в различных направлениях. Причиной высокого содержания бария в 2014 могут являться последствия проведения буровых работ.

Так как в настоящее время в Российской Федерации отсутствует установленный норматив для оценки загрязнения почв нефтепродуктами, в работе используется международный норматив «Голландские листы» (Neue Niederlandische Liste. 1995) в соответствии с рекомендациями СП 11-102-97 (допустимая концентрация ДК – 50 мг/кг, уровень вмешательства УВ – 5000 мг/кг).

В 2014 году концентрации нефтепродуктов изменялись в пределах 10,4-50 мг/кг и не превышали ДК, в 2015 году – в пределах 26,8-48 мг/кг, в 2016 году – в пределах 33-65 мг/кг (превышение ДК зафиксировано в 45% проб). В 2017 году наблюдалось многократное уменьшение концентрации в большинстве точек наблюдений. В 2018

году зафиксированные концентрации варьировались от 28 мг/кг до 78 мг/кг (превышения ДК зафиксированы в 40% проб).

На фоне уменьшения содержания нефтепродуктов в 2017 году во всех точках наблюдения выделяется многократное их увеличение в точке Куст-4, где концентрация нефтепродуктов достигла 9107 мг/кг. Такое резкое увеличение скорее всего является следствием нарушения технических регламентов работы и допущения разлива нефтепродуктов на почвенный покров.

Стоит отметить, что в данной точке в этот же год наблюдалось увеличение концентрации бария в 3 раза. Параллельное увеличение концентрации данного металла является следствием воздействия месторождения.

Выявляется тенденция к накоплению нефтепродуктов в почвенном покрове в исследуемый период наблюдений, что является следствием слабой способности почв рассматриваемой территории к самовосстановлению и самоочищению.

Также, при анализе содержания ряда тяжелых металлов относительно содержания нефтепродуктов в почвах исследуемого месторождения, прослеживается зависимость содержания меди и цинка от содержания нефтепродуктов во многих точках отбора проб. При увеличении содержания нефтепродуктов происходит снижение концентрации и, соответственно, наоборот. На рисунке 1 в качестве примера представлен график изменения содержания данных компонентов в одной из точек отбора проб. Возможной причиной таких изменений может служить влияние нефтепродуктов на обменные процессы, проходящие в почвах.

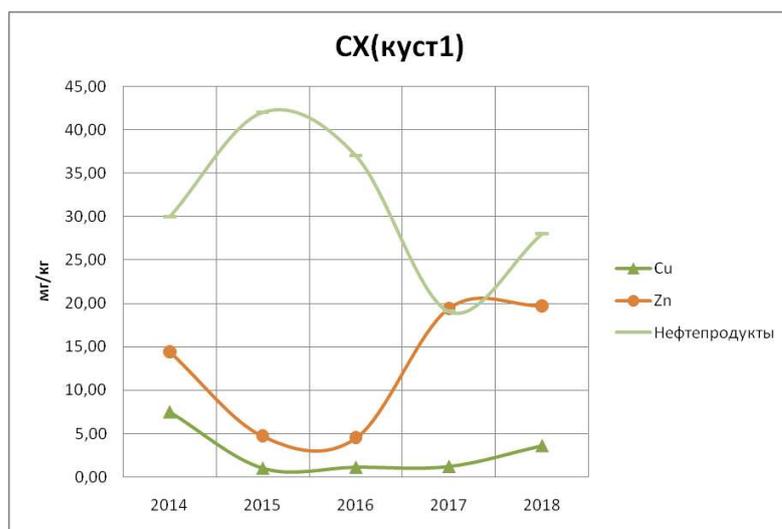


Рисунок 1. График изменения содержания меди, цинка и нефтепродуктов

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Содержание таких загрязняющих веществ, как мышьяк, кадмий, хром и ртуть не превышали установленные нормативы.
2. Содержание бария имело тенденцию к уменьшению высоких концентраций, которые являются следствием проведения буровых работ.
3. Содержание нефтепродуктов увеличивалось в течение рассматриваемого периода. Это связано со слабой способностью почв к самоочищению.
4. Содержание цинка и меди имело зависимость от содержания нефтепродуктов.

Литература

1. Дымов А.А. Фоновое содержание тяжелых металлов, мышьяка и углеводов в почвах Большеземельской тундры / А.А. Дымов, Е.М. Лаптева, С.В. Денева, А.В. Калашников // Теоретическая и прикладная экология. - Киров: О-Краткое. 2010. №4. С. 43-47.
2. Пиковский Ю. И. Нефтегазовая геоэкология - наука XXI века / Ю.И. Пиковский, Н.М. Исмаилов, М.Ф. Дорохина // Геополитика и экогеодинамика регионов. - Из-во: Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, 2014. №2. С. 56-62.
3. Подавалов Ю.А. Экология нефтегазового производства // Москва: Инфра-Инженерия, 2010. С. 177-182.

## РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА ОТ МОЛИБДЕНА

*Чукаева М. А.\* (Санкт-Петербургский горный университет, shellx@bk.ru)  
Сверчков И.П. (Санкт-Петербургский горный университет,  
johanosvr@gmail.com)*

### Аннотация

Доклад посвящен оценке и анализу состояния природных водных объектов в зоне воздействия предприятия АО «Апатит», а также разработке системы очистки многотоннажных молибденсодержащих вод на основе сорбционных методов с использованием железосодержащих отходов металлообработки.

**Ключевые слова:** очистка сточных вод, молибден, сорбенты, железосодержащие отходы.

Проблема загрязнения природных вод молибденом широко распространена. В водных объектах, находящихся в зоне воздействия предприятий горнодобывающей, горно-перерабатывающей, нефтехимической и металлургической промышленности, наблюдаются значительные превышения предельно допустимых концентраций (ПДК<sub>р.х.</sub> = 1 мкг/дм<sup>3</sup>) по молибдену.

Концентрация молибдена в сточных водах медеплавильных заводов составляет 40 – 50 мкг/дм<sup>3</sup>, заводов по обработке цветных металлов – 50 – 60 мкг/дм<sup>3</sup>, в рудничных водах – 100 – 8000 мкг/дм<sup>3</sup>, в сточных водах обогатительных фабрик – 2500 – 4000 мкг/дм<sup>3</sup> [1].

Например, предприятие АО «Апатит», расположенное в городе Кировске Мурманской области и являющееся крупнейшим производителем апатит-нефелинового концентрата, оказывает значительную антропогенную нагрузку на поверхностные воды. Основными источниками загрязнения являются сбросы карьерных и шахтных вод рудников, сточных вод обогатительных фабрик. В сточных водах наблюдаются превышения ПДК по ряду компонентов (Mo, F, Al), однако одним из основных загрязнителей природных вод является молибден, обнаруженный в зоне воздействия предприятия АО «Апатит», в количествах ( $C_{Mo} = 80 - 200$  мкг/дм<sup>3</sup>) значительно превышающих как ПДК для рыбохозяйственных водоемов, так и фоновые значения [2,3].

К основным методам очистки сточных вод от ионов молибдена относятся обратный осмос и ультрафильтрация, электродиализ, а также реагентные методы, сорбция и ионный обмен [4]. С учетом многотоннажности рудничных и шахтных вод (70 млн.м<sup>3</sup>/год) и диапазона концентраций молибдена в них (12 – 353 мкг/дм<sup>3</sup>), внедрение первых трех способов приведет к высоким экономическим затратам и (или) низким показателям очистки. Сорбционные и ионообменные методы требуют существенной доработки и проведения дополнительных полевых и лабораторных исследований. Поэтому для решения вопроса защиты поверхностных вод исследуемого района было проведено детальное изучение минерально-сырьевой базы Кольского полуострова с целью выявления доступных и распространенных природных сорбентов, к числу которых были отнесены глинистые породы.

Оценка сорбционной способности минеральных сорбентов по отношению к молибдену проводилась на модельных растворах в статических условиях. Модельные

растворы готовились с концентрацией  $C_{Mo} = 0,1 \text{ мг/дм}^3$ , которая соответствует среднему содержанию молибдена в рудничных водах АО «Апатит».

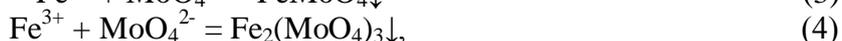
На первом этапе экспериментальных исследований в качестве сорбента были рассмотрены: вермикулит и аналоги глин Печенгского, Урагубского и Кильдинского месторождений Мурманской области (таблица 1). Максимальная эффективность очистки от молибдена 69 % была достигнута при использовании аналога глин Печенгского Месторождения, что является недостаточным для достижения значений ПДК<sub>р.х.</sub> в очищаемых водах.

**Таблица 1**

*Эффективность очистки растворов от молибдена с использованием сорбентов на основе природных материалов и отходов производства*

№ п/п	Сорбент	Эффективность очистки от Мо, %
1	Сорбент природного происхождения	
2	Вермикулит (активация в роторной дробилке)	отсутствует
3	Аналог глины Печенгского месторождения	69
4	Аналог глины Урагубского месторождения	23
5	Аналог глины Кильдинского месторождения	3
6	Аргиллит	отсутствует
7	Сорбент техногенного происхождения	
8	Шлак сернокислотного производства	98,0 - 99,0 (десорбция Zn, Sr и т.д.)
9	Отходы металлообработки (стружка стали)	99,9

Химический состав рассматриваемых глин отличается содержанием оксидов железа, которое возрастает в ряду глина Кильдинского месторождения (4,73 - 7,31 %) – глина Урагубского месторождения (7,28 - 12,85 %) - глина Печенгского месторождения (17,72 - 21,12 %). Это позволило сделать предположение о прямопропорциональной зависимости между содержанием железа в глинах и эффективностью очистки модельных растворов от молибдена. Кроме того, физико-химические свойства молибдена подтверждают возможность его осаждения из раствора в виде нерастворимых соединений с железом [5]:



Для проверки возможности осаждения молибдена из раствора в виде нерастворимых соединений железа был проведен ряд экспериментов с наиболее часто применяемыми коагулянтами: сульфатом железа (II)  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (железный купорос) и хлоридом железа (III)  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Гидролиз рассматриваемых коагулянтов приводит к образованию хлопьев, представленных  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  и  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , интенсивно образующихся в диапазоне значений  $\text{pH} = 5 - 10,5$  [6]. Использование железосодержащих коагулянтов позволяет извлечь молибден из раствора с эффективностью 27 – 42 %, что ниже, чем при использовании модифицированной глинистой породы. Более высокое значение эффективности очистки при использовании модифицированных глин, свидетельствует об одновременном протекании нескольких механизмов, приводящих к снижению концентрации молибдена в растворе, а именно – образование нерастворимых молибдатов железа, их сорбция на развитых поверхностях активированной глины и последующее осаждение.

На следующем этапе был проведен дополнительный анализ пород, отвечающих вышеуказанным требованиям и распространенных в районе расположения АО «Апатит», который показал, что к числу железосодержащих пород, потенциально обладающих сорбционными свойствами, относится аргиллит. В ходе лабораторных исследований аргиллит измельчался в щековой дробилке. Полученный после дробления материал был разделен на следующие фракции: <0,1 мм; 0,1 - 0,25 мм; 0,25 - 0,5 мм; 0,5 - 1,0 мм. Далее была изучена сорбционная способность каждой из

полученных фракций по отношению к молибдену. Оценка сорбционных свойств аргиллита при очистке растворов от молибдена не дала положительных результатов (таблица 1).

Природные сорбенты относятся к исчерпаемым природным ресурсам, кроме того отработанный материал требует дополнительного отчуждения площадей под складирование. Вместе с тем, на предприятиях накоплены и образуются разнообразные отходы, свойства которых позволяют переводить их в ранг вторичных ресурсов и использовать в качестве сорбционных материалов. Использование сорбентов на основе отходов производства влечет за собой не только решение экологической проблемы, но и позволяет значительно удешевить конечный продукт.

Как было установлено ранее, одним из основных свойств материала, обеспечивающего очистку сточных вод от молибдена, как основного загрязняющего вещества исследуемых сточных вод, является высокое содержание в нем реакционно-способных соединений железа.

В настоящее время к отходам, отвечающим заявленному химическому составу можно отнести отходы химической промышленности, металлургического производства и отходы металлообработки.

Среди отходов, образующихся на предприятиях ГК «ФосАгро», потенциальным железосодержащим сорбентом является пиритный огарок. В ходе испытаний сорбентов на основе шлака сернокислого производства была достигнута высокая эффективность (98-99%), однако в результате дополнительных исследований была зафиксирована десорбция ряда компонентов в процессе очистки (Zn, Cu, Fe, Mn и др), поэтому его использование в качестве сорбента является нецелесообразным.

В качестве дешевого и доступного железосодержащего материала также были использованы отходы металлообработки, представленные металлической стружкой. Для проведения лабораторных исследований был взят образец стружки нелегированной стали.

С целью получения гидроксидных форм железа, обладающих развитой удельной поверхностью и повышенной реакционной способностью навески стружки смачивалась дистиллированной водой, после чего выдерживались на воздухе в течение суток (для протекания процессов окисления). Модифицированный сорбент совмещался с 250 см<sup>3</sup> модельного раствора молибдена (Ph = 8) в соотношении ТВ : Ж = 1 : 100 в режиме перемешивания. Как видно из таблицы 1, эффективность очистки раствора от молибдена составляет 99,9 %. Таким образом, наиболее перспективным является способ очистки шахтных и рудничных вод с использованием отходов металлообработки (стружки стали).

Реализация очистки карьерных и рудничных вод предприятия АО «Апатит» в статических условиях является весьма сложной задачей, так как для очистки потребуется строительство отстойников, под которые необходимо выделять значительные площади. Учитывая сложные геологические условия местности, возможно, потребуется проведение дорогостоящих буровзрывных работ.

В связи с этим следующим этапом лабораторных исследований стала оценка эффективности очистки модельных растворов от молибдена с использованием хемосорбента в динамических условиях.

Для определения динамической емкости хемосорбента была собрана лабораторная установка, которая заполнилась 15 г стружки стали СтЗсп1 с удельной площадью поверхности 25 см<sup>2</sup>/г. Модельный раствор (С<sub>Мо</sub> = 100 мкг/дм<sup>3</sup>) пропусклся с расходом 3 см<sup>3</sup>/мин. В течение всего времени эксперимента (31 сутки) эффективность очистки оставалась постоянной с незначительными флуктуациями от 99,2 % до 99,9 %. Это объясняется тем, что скорость образования оксидов железа происходит быстрее

процесса пассивации стружки стали из-за формирования на ее поверхности пленки молибдатов железа. Следовательно, динамическая емкость хемосорбента будет лимитироваться только скоростью коррозии стружки стали и теоретически будет достигнута после ее полного растворения. Также было установлено отсутствие процессов десорбции молибдена из продуктов хемосорбции.

Недостатком системы из колонки, заполненной стружкой стали, являются слишком крупные поровые каналы, которые сокращают площадь и время контакта хемосорбента с модельным раствором, и, как следствие, снижают эффективность работы хемосорбционной колонки при увеличении расхода. Поэтому для более равномерного контакта было решено использовать комбинированную загрузку из хемосорбента и кварцевого песка. Результаты исследования трех типов загрузок, представленных кварцевым песком, стружкой стали и их смесью свидетельствуют о сохранении эффективности очистки ( $\bar{\eta} = 99,2\% - 99,9\%$ ) при увеличении расхода до  $9 \text{ см}^3/\text{мин}$  в случае использования комбинированной загрузки, из хемосорбента и кварцевого песка с массовым соотношением 1 : 2,5, соответственно.

В случае загрузки, состоящей только из железосодержащих металлических отходов, в модельном растворе после очистки наблюдалось превышение ПДК<sub>р.х.</sub> по железу в 5-10 раз. Важно отметить, что в результате использования комбинированной загрузки не происходит обогащения модельного раствора ионами железа в процессе очистки. Это связано с тем, что при использовании комбинированной загрузки на поверхности кварцевого песка происходит коагуляция и адгезия продуктов коррозии стружки стали, не принимающих участие в процессе очистки модельного раствора от молибдена. Также стоит отметить, что использование комбинированной загрузки позволяет избежать попадания в очищенные воды продуктов хемосорбции за счет их адгезии на кварцевом песке.

В ходе проведенных исследований была решена актуальная научно-производственная проблема предприятия АО "Апатит", заключающаяся в оценке и снижении негативного воздействия многотоннажных молибденсодержащих сточных вод на водные объекты района путем разработки экологически эффективной и экономически выгодной технологии очистки сточных вод с использованием железосодержащих отходов металлообработки.

### Литература

1. Линник П. Н., Игнатенко И. И. Молибден в природных поверхностных водах: содержание и формы нахождения // Гидробиологический журнал. – 2015. – Т. 51, № 2. – С. 89-113
2. Сандимиров С.С., Кашулин Н.А., Кошкин В.В. Техногенное загрязнение внутренних водоемов Мурманской области в результате деятельности ОАО "Апатит" // Тез. докл. III Междунар. конф. "Город в Заполярье и окружающая среда". Сыктывкар, 2003. С. 256-261.
3. Чукаева М.А. Исследование миграции молибдена в водных объектах, находящихся в зоне воздействия АО «Апатит» // Тез. докл. Всероссийской научной конференции «Геохимия ландшафтов (к 100-летию А.И. Перельмана)». М.: Географический факультет МГУ, 2016. С. 641-644
4. Трякина А.С. Разработка рациональной технологии водоочистки с применением научно обоснованных расчетных показателей качества исходной воды // Записки Горного института. 2017. Т. 227. С. 608-612.
5. Бусев А.И. Аналитическая химия молибдена. М.: изд-во АН СССР, 1962, 305 с.
6. Кульский Л.А. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды в 2 частях. Часть первая. Киев: изд-во «Наукова думка», 1980, 798 с.

## К ВОПРОСУ О РЕАБИЛИТАЦИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

*Экзарьян В.Н. (МГРИ, vnekzar@rambler.ru)*

**Аннотация.** Реабилитация природной среды является основным способом восстановления нарушенных в результате техногенного воздействия территорий. Рассматриваются способы реабилитации и примеры их реализации на конкретных объектах.

**Ключевые слова:** охрана окружающей среды, загрязнение, реабилитация, восстановление нарушенных территорий.

Известно, что загрязнения окружающей среды приводят к многочисленным последствиям, нейтрализация которых является важнейшей задачей, в том числе экологической направленности.

Реабилитация природной среды является одним из основных путей нейтрализации техногенных последствий и восстановления нарушенных территорий. С латинского языка реабилитация это: возвращение (Re) способности (Halibis). Следовательно - восстановление природной среды.

Выделяются три основных способа реабилитации природной среды:

1. Естественный (самовосстановление, самоочищение → само реабилитация природной среды и экосистем);
2. Технический (технологический);
3. Смешанный (т.е. технологическая реабилитация с учетом процессов само реабилитации экосистем и природной среды).

Естественная, природная реабилитация (само реабилитация) хотя и происходит, как правило очень медленно, позволяет воссоздать (восстановить) первозданную природу во всей её красе и вернуть нам особенность и характерные черты, присущие экосистемам и природным ландшафтам.

Технологическая реабилитация происходит несоизмеримо быстрее природной и позволяет создавать практически неотличимые от подлинников, но все-таки «копии» дикой природы. По существу, мы создаем своеобразные системы, имеющие большое, заданное нами, сходство с первозданной Природой. Поэтому несмотря на внешнюю схожесть и возможно идентичный состав видов, такие копии всегда останутся подделками и никогда не смогут сравниться в ценности с участками настоящей Природой.

Ценность участка дикой природы заключается в его подлинности, так же, как картина мастера отличается от подделки. Подлинность означает отсутствие фальши в объекте. В подлинности проявляются результаты длительного естественного развития дикой природы. Мы ценим природную территорию по причине ее особого типа преемственности с прошлым. Когда мы восхищаемся дикой природой, мы также восхищаемся ее историей. Как писал Олдо Леопольд, дикую природу нельзя вырастить, как строевой лес, поскольку она нечто большее, чем просто деревья [2].

Пойдя же по пути искусственного создания участков «дикой природы», мы тем самым ставим под угрозу уничтожения все оставшиеся уголки дикой природы. Это дает нашим оппонентам-хозяйственникам мощный аргумент: если дикую природу можно быстро воссоздать искусственным путем, то зачем вообще ее защищать?

Экофилософ Эрик Кац пишет: «Технологическое «улучшение», «исправление» поврежденной и деградировавшей природы это иллюзия и фальшь; я всегда называл это «большой ложью»[1]. Как и всегда с технологией, продукт—результат

восстановления природы, есть созданный человеком артефакт, а не конечный результат исторически основанных природных процессов. Конечно же, артефакты могут иметь позитивную или негативную ценность. Однако ценность искусственно восстановленной природной среды весьма проблематична именно по причине того, что она, подделка, пытается сравняться с оригиналом. Таким образом, ...технологическое вмешательство в природный мир ведет к одному и тому же результату: установлению искусственного мира, а не восстановлению природного».

В противовес данному мнению следует отметить, что в каждом конкретном случае при выборе способа реабилитации природной среды мы должны определить насколько возможны процессы само реабилитации и осталась ли способность природной среды к самовосстановлению. Для решения этой проблемы необходимо перед принятием решения определить сохранилась ли экологическая система в пределах границ гомеостаза, или перешла эти границы. В последнем случае экосистема и в целом природная среда (биосфера) после ликвидации источников воздействия потеряла способность к само реабилитации, следовательно необходимо разработать проект техногенной (технологической) реабилитации, т.е. проект создание новой природно-техногенной системы.

Таким образом, не следует природную и техногенную реабилитацию рассматривать как альтернативные решения. Они замещают друг друга в зависимости от сложившихся условий после ликвидации объекта воздействия.

Смешанная реабилитация возможна при необходимости ускорить процесс восстановления природных условий и экосистем.

В настоящее время имеется довольно большой положительный опыт применения различных способов реабилитации природной среды. Это растительная реабилитация, экологическая реабилитация водных объектов, реабилитация радиационно загрязненных территорий и другие.

Примером растительной реабилитации может служить использование водорослей для дезактивации воды при радиационном загрязнении. Этот способ был предложен японскими исследователями для дезактивации морской воды, используемой для охлаждения реакторов при аварии на атомной электростанции «Фукусима – 1». Водоросли способны прочно связывать радионуклиды, что позволяет сконцентрировать радиоактивность в значительно меньшем объеме.

Для проверки этой идеи группа биологов Цукубского университета во главе с профессором Йошихиро Шираива исследовала в общей сложности 188 видов водорослей – как пресноводных, так и морских – в строго контролируемых лабораторных условиях, оптимальных для их роста. Эксперименты состояли в том, что исследователи постепенно повышали содержание в воде радиоактивных изотопов стронция, цезия и йода, а затем сравнивали способность различных видов водорослей абсорбировать эти радионуклиды.

Данные, полученные японскими учеными, в целом выглядят многообещающе. Исследователи выявили 17 видов водорослей, преимущественно охрофитовых, способных в значительных количествах поглощать радионуклиды из воды.

О том, что растения способны аккумулировать радионуклиды, известно давно. Причем разные растения способны это делать по-разному. Данные российских ученых по аккумуляции стронция-90 выделяются овсяницу овечью (в 10 раз интенсивнее - цезий-137), а также лишайник олений мох (в 6 раз). По аккумуляции изотопов плутония в растениях лесных фитоценозов, особенно сосняков, выделяется живой напочвенный покров, который концентрирует эти радионуклиды на один-два порядка больше, чем сосна. На луговых пробах подавляющее количество видов концентрирует цезий-137, в меньшей степени – изотопы стронция-90.

Экологическая реабилитация водных объектов. В городских водоемах за счет постоянного техногенного воздействия образуется мощный загрязненный иловый осадок, состояние которого не отвечает требованиям Роспотребнадзора и является вторичным источником загрязнения.

В соответствии с Целевой долгосрочной программой по восстановлению малых рек и водоемов города Москвы проводились мероприятия по реабилитации и благоустройству прудов, рек, ручьев приводят водные объекты в состояние экологического равновесия, что положительно отражается на флоре и фауне водоемов и прибрежных территорий.

Экологическая реабилитация водных объектов включала следующие этапы:

1. Этап подготовительных работ. Проводится изучение гидрогеологических характеристик водоема, его морфологических параметров (глубины, рельефа дна), отбор проб воды и иловых отложений для лабораторного анализа на предмет химического загрязнения.

2. Этап технической реабилитации водоема. В зависимости от размеров водоема, наличия гидротехнических сооружений, гидрогеологических характеристик местности и ряда других обстоятельств, определяется необходимость в механической очистке ложа водоема от иловых отложений.

3. Этап биологической реабилитации. Природный водоем представляет собой сбалансированную экосистему, в которой действуют механизмы самоочищения. Заселение воды живыми организмами-гидробионтами выполняется по результатам биотестирования водоема. Подбирается для заселения видовое сообщество таких микроорганизмов, беспозвоночных, моллюсков, которое позволяет восстановить гидроэкосистему водоема.

4. Создание (восстановление) береговой экосистемы. Правильно расположенные и сформированные зоны береговой экосистемы во многом определяют в дальнейшем качественный состав воды. Помогают сформировать природный ландшафт обеспечить кормовой базой биоту водоема. Восстановление в береговой зоне определенного вида зеленых насаждений и различных живых организмов благоприятно сказывается на экосистеме водоемов.

5. Комплексное благоустройство прилегающей территории. От окружающей территории во многом зависит и качественный состав воды в пруде. При экологической реабилитации необходимым условием является правильная планировка территории, обеспечивающая удобные подходы к воде, смотровые площадки, распределение рекреационной нагрузки. Исключение попадания сточных вод в акваторию.

В основу проектирования так же заложен системный социально-экологический подход, учитывающий, что водные объекты это сложные механизмы, функционирующие по законам природы, но расположенные в условиях города, для которых характерны постоянные негативные экологические процессы.

Обязательными условиями при экологической реабилитации водоемов являются инженерно-экологические изыскания.

Одной из наиболее сложных экологических проблем является обращение с радиоактивными отходами, образовавшимися в результате производства ядерного оружия, использования ядерной энергии в мирных целях, а также вследствие сокращения вооружений. Этот вопрос представляет собой проблему политико-экономического и технического характера, типичную для всех ядерных держав.

Для ее решения международный научно-технический центр (МНТЦ) под эгидой России разработал целый ряд проектов в области обращения с накопленными РАО и отработавшим ядерным топливом.

Проекты МНТЦ в сфере обращения с РАО и ОЯТ разделяются на две категории.

«Обращение с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом»:

- проекты по обращению с высокоактивными отходами;
- проекты по обращению с РАО низкой и средней активности;
- проекты по хранению и захоронению отходов.

«Вывод из эксплуатации ядерных объектов»:

- проекты, связанные с выводом из эксплуатации АЭС;
- проекты, по выводу из эксплуатации АПЛ;
- проекты, связанные с дезактивацией и реабилитацией площадок ядерных

объектов.

Целый ряд проектов МНТЦ связан с ремедиацией загрязненных почв.

- «Разработка электрокинетических и химических методов реабилитации почвы и грунтовых вод, загрязненных радионуклидами и тяжелыми металлами». Проект выполнен совместно с НИКИЭТ им. Н.А. Доллежала. Цель проекта заключалась в разработке новой эффективной технологии дезактивации. Были разработаны передвижная установка и комплексант для избирательного удаления загрязнения из почвы. Технология была успешно применена в лаборатории и – впервые в мировой практике для очистки от  $^{137}\text{Cs}$  – на месте загрязнения.

- «Разработка и демонстрация технологии дезактивации поверхностей твердых тел и почв субкритическим углекислым газом». Проект осуществлен совместно с Радиевым институтом им. В.Г. Хлопина. Данная технология очистки почв и других твердых тел (защитной одежды, индивидуальных средств защиты) была в полном объеме протестирована с использованием загрязненных образцов, в том числе грунта.

- «Разработка составов и технологии получения мелиорант- сорбентов для реабилитации загрязненных радионуклидами почв и прогнозирование эффективности их применения». В настоящее время МНТЦ ведет этот проект совместно с НПО «Тайфун» (Обнинск). Такие сорбенты, эффективные, безопасные для окружающей среды и дешевые, создаются из отходов промышленных производств и местного природного сырья (органоминеральных смесей). Они могут быть использованы в Беларуси и России для реабилитации почв, загрязненных радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

Перечень реализованных и находящихся в разработке проектов МНТЦ этим не ограничивается.

Таким образом, анализ современного состояния проблемы реабилитации природной среды и экосистем после ликвидации объектов воздействия показал перспективность использования, как естественной само реабилитации так и технологической. При этом четко выделяются критерии выбора способа реабилитации и принципы их комплексирования.

### Литература

1. Andrew Light, Eric Katz. Environmental Pragmatism, Editors Environmental Philosophies, Vol. 5. NY: Routledge, 1996.
2. Ольдо Леопольд. Календарь песчаного графства. Изд. «Мир», М., 1980.

## ГЕОТОКСИКОЛОГИЯ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА. ВИДЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.

*Якуцени С.П. (АО «Геолэкспертиза», info@geolexpert.ru).*

**Аннотация:** Определены основные виды геотоксического воздействия на природную среду и здоровье граждан Крымского полуострова, разделены природные механизмы угнетения благоприятной для человека природной среды, от антропогенных.

**Ключевые слова:** Крым, геотоксикология, геоэкология, нефть, газ, металлы, микроэлементы, Крымский полуостров, охрана природы, рекреация, здоровье, бизнес, экономика

Одна из основных задач геотоксикологической оценки Крымского полуострова – дифференциация геотоксикантов и токсикантов по реальным токсическим свойствам. Именно здесь сталкиваются две принципиально противостоящие тенденции по решению проблемы защиты окружающей среды от загрязнения – экологическая и экономическая.

Первая начинает обсуждаться лишь в регионах с резко выраженной угрозой здоровью и генофонду человека, т.е. когда медицинская статистика приобретает угрожающие черты. Вторая, в условиях рыночной экономики, главенствует над первой, особенно учитывая значимость углеводородов в современной мировой экономике. Не менее

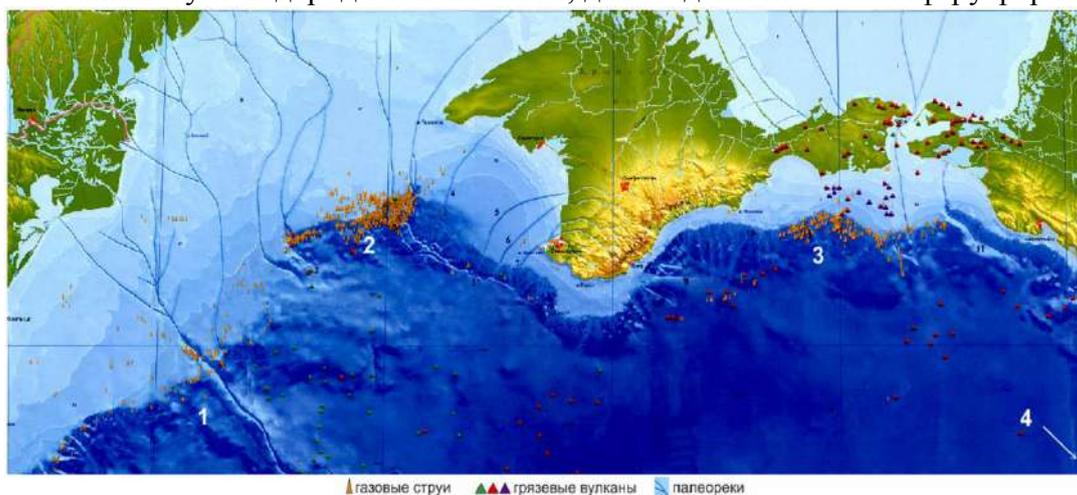
В этом противостоянии подходов к законодательной защите прав человека на его жизнестойкость мы должны обозначить те границы параметров токсоопасности потенциально токсичных элементов (ПТЭ), которые позволят избежать неоправданных ограничений при промышленном развитии региона, чреватых, как правило, экономическими потерями, но, одновременно, предотвратить обширные и устойчивые поражения окружающей среды, особенно в густонаселенных и/или промышленно перегруженных регионах. Это особенно важно для Крымского полуострова, имеющего все природные и социально-исторические основания вновь стать рекреационной территорией для граждан Российской Федерации и иностранных отдыхающих.

При типизации биологической значимости воздействия ПТЭ на окружающую среду следует различать - явный или скрытый, кратко- или долговременный характер действия ПТЭ. Явный - это, к примеру, разливы нефти и нефтепродуктов, утечки газов с меркаптановыми добавками или примесью сероводорода из прорванных трубопроводов, танкеров, автозаправочных станций, утечка аммиака с промплощадок и пр. Проблема борьбы с ними нами не рассматривается, поскольку они очевидны и для их ликвидации и последующей рекультивации поражённых водоёмов, ландшафтов имеется широкий набор методов и способов их устранения, постоянно развивающихся и совершенствующихся. Явными являются также утечки сероводородсодержащих газов, аммиака, благодаря их резкому запаху даже в низких концентрациях. Иными словами, явные воздействия это те, которые воспринимаются органами чувств человека.

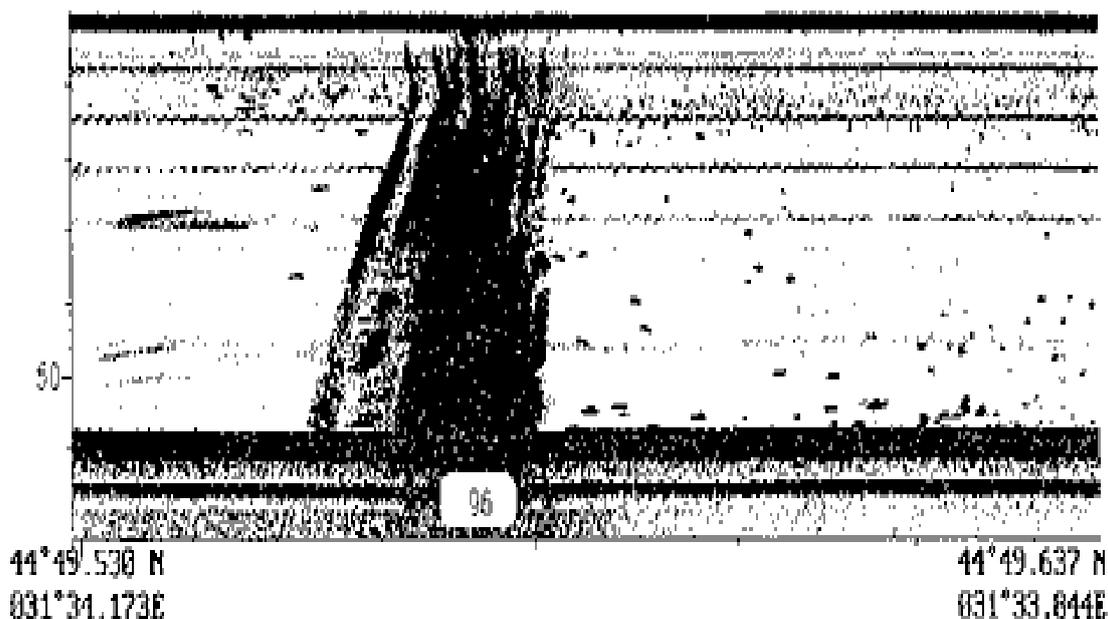
Скрытые воздействия визуально не фиксируются и не осязаемы, а их последствия, по длительности, могут носить характер геологических явлений. В их числе загрязнение территорий золами, шлаками в результате реализации в больших объемах угольного или мазутного топлива со значительными примесями ПТЭ; использование в качестве гидроизоляции при строительстве или в качестве дорожных

покрытый битумов и асфальтов с тяжелыми, редкими и радиоактивными элементами и пр.

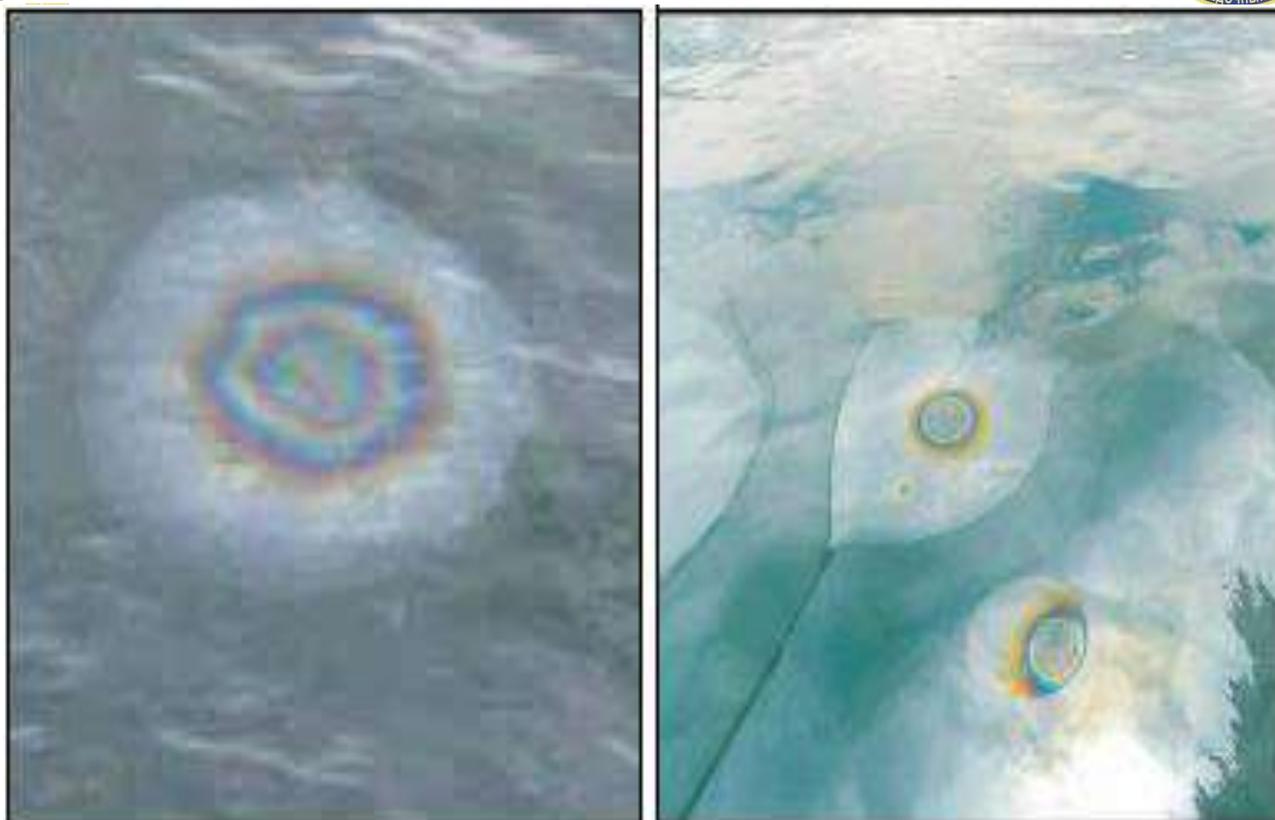
Пограничное положение занимают газовые струи, выходы природного газа, широко распространенные на подводной окраине Крымского полуострова. На континентальном склоне Крымского полуострова и прилегающей акватории – четыре газовых поля: Дунайское, Евпаторийское, Керченское и Батумское. Они связаны с палеоруслу Дуная, Днепра, Кубани и других рек водосбора Чёрного моря. Мощные естественные газовые струи разгружаются на подводной окраине Крымского полуострова, образуя обширное газовое поле. Эти проявления тяготеют к погребенным руслам крупных речных систем (Дунай, Днепр, Дон, Кубань и др.). Вместе с метаном и его гомологами, на шельфовой окраине полуострова выносятся огромное количество ПТЭ связанных с углеводородами в активной, для воздействия на биосферу форме.



**Рисунок 1.** Выход естественных проявлений природного газа Крымский полуостров с прилегающим шельфом и континентальным склоном. Газовые поля: 1 - Дунайское, 2 - Евпаторийское, 3 - Керченское и 4 – Батумское (за пределами схемы) [по материалам В.П. Гаврилова]



**Рисунок 2.** Газовый факел на шельфе Чёрного моря, выходящий на поверхность воды [по материалам В.П. Гаврилова, Шнюков Е.Ф. и др., 2011]



*Рисунок 3. Естественные нефтепроявления на шельфе Чёрного моря [по материалам В.П. Гаврилова]*

Как правило, наличие биотоксикантов в окружающей среде обнаруживают только при специальных исследованиях после завершения медико-токсикологической экспертизы при расследовании причин внешне немотивированных массовых заболеваний или специфической хроники у населения.

Важной характеристикой при типизации биотоксичных соединений является также продолжительность их сохранности в окружающей среде. На их устойчивость, помимо собственных физико-химических свойств, влияет множество других факторов, присущих уже самому объекту поражения. В их числе климат, рельеф, гидрография и пр. Последнее не сложно учитывать, но пути геохимической трансформации этих соединений в естественных условиях среды должны исследоваться специально для каждого объекта, с учетом состава ПТЭ. Предложены и используются некоторые общие показатели такой устойчивости, в частности отдельных металлов, в почвах. Так, В.Н. Майстренко, Р.З. Хамитов, Г.К. Будников предлагают оценивать основные биогеохимические свойства ряда металлов в трехбалльной системе (табл. 1).

Именно показатель устойчивости соединения ПТЭ является ключевым при рекультивации земель, очистке подземных, поверхностных вод и донных отложений.

Кратковременно сохраняющиеся ПТЭ - это те из них, которые либо сравнительно быстро трансформируются в естественной среде в безопасные соединения для биоты, либо вследствие высокой летучести или высокой миграционной способности, легко рассеиваются. Их воздействие в наибольшей мере связано с поражением атмосферы и поверхностного слоя почвы. Время воздействия таких биотоксикантов от суток до 3-5 лет. Наиболее длительные сроки рекреации, характерны для территорий с многолетним выбросом биотоксикантов и их депонированием почвами, грунтовыми водами, биотой и пр.

**Таблица 1. Биогеохимические свойства металлов [по материалам В.Н. Майстренко и др.]**

Свойство/элемент	Cd	Co	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Биохимическая активность	В	В	В	В	В	В	В
Токсичность	В	У	У	В	У	В	У
Канцерогенность	н/д	В	н/д	н/д	В	н/д	н/д
Обогащение аэрозолей	В	Н	В	В	Н	В	В
Минеральная форма распространения	В	В	Н	В	Н	В	Н
Органическая форма распространения	В	В	В	В	В	В	В
Подвижность	В	Н	У	В	Н	В	У
Тенденция к биоконцентрированию	В	В	У	В	В	В	У
Эффективность накопления	В	У	В	В	У	В	В
Комплексообразующая способность	У	Н	В	У	Н	Н	В
Склонность к гидролизу	У	Н	В	У	У	У	В
Растворимость соединений	В	Н	В	В	Н	В	В
Время жизни	В	В	В	Н	В	Н	В

Примечание. В - высокая, У - умеренная, Н - низкая

Таким образом изучение геотоксикологии Крымского полуострова в целом и определение видов воздействия потенциально токсичных элементов на состояние окружающей среды полуострова и здоровье граждан позволяет определить граничные параметры уровня опасности ПТЭ характерных для Крымского полуострова, с тем, чтобы начать формирование информационной базы для превентивной оценки экологических рисков. Если накопление и использование такого рода информации станет обязательным нормативным требованием, то уменьшится одна из наиболее распространенных экологических нагрузок на здоровье и, особенно, генофонд человека, чреватых непредсказуемыми демографическими последствиями, причем для населения наиболее технически развитых стран, с высоким энергопотреблением в зонах с высокой плотностью населения.

Различия хозяйственных способов промышленного и рекреационного освоения Крымского региона определяют различия как состава в них ПТЭ, так и масштабов их влияния на среду. Соответственно, меняются и объекты таких воздействий. Поэтому в основе таких территориальных и временных оценок должны лежать: данные о крымском природном фоне ПТЭ в разных средах. Прежде всего:

- сведения о формах нахождения ПТЭ в природных средах для оценки условий их перехода в состояние, свободное для контактов с биотой;
- содержания ПТЭ в почвах, донных отложениях, как основных их аккумуляторов;
- интенсивность возможных изменений естественного фона вследствие техногенных влияний на него, на разных промышленных объектах, включая дальность таких воздействий.

Иными словами, исследовать надо не только параметры загрязнений, но и условия восприятия их поверхностной средой.

## ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И КРИТЕРИИ ТИПИЗАЦИИ ЛАНДШАФТОВ

*Немчанинова Т.Е.\* (ЭКОМ-17 МГРИ, tanya-nemchaninova@yandex.ru)*

*Абрамова Е.А. (к.г.н. МГРИ, povadina@mail.ru)*

**Аннотация** в данной работе рассмотрены основные критерии и принципы типизации ландшафтов. Обобщены все известные работы и предложены наиболее подробные и популярные исследования для ландшафтного районирования.

**Ключевые слова:** ландшафт, ландшафтное районирование, типизация ландшафтов

В связи с экологизацией общества на современном этапе огромный интерес вызывает районирование территории с учетом экологических требований в границах ландшафтных территориальных единиц. Проблема составления ландшафтно-экологических схем в том, что изучаемая территория одновременно является не только природным объектом, но так же представляет собой социально-хозяйственный территориальный комплекс. Для ее решения необходимым становится анализ методических основ существующих методик типизации ландшафтов, а также накопление теоретического материала, выявление и систематизация методов и их внедрение в ландшафтное районирование.

Ландшафт – это конкретная территория, однородная по своему происхождению и истории развития, неделимая по зональным и азональным признакам, обладающая единым геологическим фундаментом, однотипным рельефом, общим климатом, единообразным сочетанием гидротермических условий, почв, биоценозов и, следовательно, характерным набором простых геоконплексов (фаций, урочищ). Районирование – особый род научной систематики таких предметов и явлений, которые образуют закономерные территориальные сочетания и свойства которых зависят от их географического положения [2].

Ландшафтоведение, как самостоятельная наука, сформировалось в конце XIX в. Основоположниками учения о ландшафте были В.В. Докучаев и Георгий Николаевич Высоцкий. В 1784 г. Зябловский предложил разделить территорию России на 3 полосы: северную холодную, среднюю умеренную, южную теплую. Спустя 20 лет он выделил четвертую полосу – самую холодную (Арктика) [3].

Первый опыт такого районирования, положивший начало переходу от отраслевых схем к комплексным, принадлежит Г.И. Танфильеву. Он разделил европейскую Россию на физико-географические области, полосы (зоны) и округа. Это районирование еще во многом несовершенно, но для своего времени оно было наиболее детальным и обоснованным.

Среди крупных русских ученых того периода следует выделить Карла Францевича Рулье, который высказал предположение о влиянии природных условий на изменения видов.

Наиболее существенным вкладом в ландшафтную теорию, который дал опыт районирования 1920-х гг., был принцип провинциальности. Работами Л. И. Прасолова, В.Л. Комарова, С.С. Неустроева, Б.А. Келлера было доказано, что климат, почвы, растительность изменяются не только по широте, но и в долготном направлении, причем одним из факторов этих изменений служит взаимодействие суши и океанов, ослабевающее к центру материка, а другим - геологическое прошлое территории, от которого зависят рельеф, состав горных пород, а также возраст ландшафта.

В 1931 г. выходит книга Льва Семеновича Берга «Ландшафтно-географические зоны Советского Союза», в которой он попытался дать более полное определение понятия ландшафта. Именно Берг считается основоположником ландшафтоведения [6].

Современный этап истории ландшафтоведения начинается с 1955 г, когда в Ленинграде, в рамках географического общества состоялось первое всесоюзное совещание по вопросам ландшафтоведения. Крупнейшими советскими учеными-ландшафтоведами этого периода являются: В. Б. Сочава, И. П. Герасимов, Д.Л. Арманд, Ф. Н. Мильков, Н. А. Гвоздецкий, Н. А. Солнцев, К. Г. Геренчук, А.Г. Исаченко. Во 2-й половине 20 в. основные ландшафтоведческие исследования в СССР велись в Москве, Ленинграде и Воронеже, где сформировались свои научные школы [4].

Многие представители науки занимались изучением ландшафтов, поэтому сейчас существуют разные подходы к типизации ландшафтов. В своих работах авторы указывают обязательные критерии при ландшафтном районировании. В рассматриваемых методиках критерии типизации ландшафтов в дальнейшем дополняются исследователями, что делает их более полными.

Первым определением термина «ландшафт» дал Л.С. Берг (1876-1950). Это способствовало закреплению в науке понятия о природном территориальном комплексе и широкому внедрению его в теорию и практику географических исследований. В 1913 г. в статье «Опыт разделения Сибири и Туркестана на ландшафтные и морфологические области» он писал, что предметом физической географии являются ландшафты. «Под естественным ландшафтом следует подразумевать области, сходные по преобладающему характеру рельефа, климата, растительного и почвенного покрова. Л.С. Берг считал, что, кроме ландшафтов, есть более крупные комплексы – «зоны ландшафтов, или области преобладающего развития одних и тех же ландшафтов». Ландшафтные зоны в общих чертах соответствуют климатическим и почвенным зонам [5].

Берг Л.С. предложил классификацию климатов, которая исходит из разработанной им классификации ландшафтно-географических зон суши. Так как климат является одним из определяющих компонентов географического ландшафта, то климатические зоны, по Бергу, в общих чертах совпадают с ландшафтно-географическими зонами. Для определения границ климатических зон Берг использовал некоторые количественные критерии, заимствованные у В.П. Кёппена, А.А. Каминского и некоторых других авторов, а также наиболее характерные признаки ландшафта, включая растительность и почвы.

Все типы климатов Берг разделяет на два крупных класса:

А. Климаты низин:

а) климаты океанов,

б) климаты суши;

Б. Климаты возвышенностей:

а) климаты нагорий и плато,

б) климаты горных систем и отдельных гор.

Наиболее разработаны Л.С. Бергом климаты низин и высоких плато.

Климаты низин:

1. Климат тундры

2. Климат тайги, или сибирский

3. Климат лесов умеренной зоны, или климат дуба

4. Муссонный климат умеренных широт

5. Климат степей

6. Климат средиземноморский

7. Климат субтропических лесов

8. Климат внутриматериковых пустынь (умеренного пояса)
9. Климат субтропических пустынь (областей пассатов)
10. Климат саванн, или тропического лесостепья
11. Климат влажных тропических лесов

Непосредственным учителем Анатолия Григорьевича Исаченко был академик Л. С. Берг, поэтому в типизации использовал некоторые количественные критерии, заимствованные у Льва Семеновича.

Каждый тип ландшафтов характеризуется своим сезонным ритмом природных процессов, особым типом высотной поясности. Таким образом, тип ландшафтов – это объединение ландшафтов, имеющих общие зонально-секторные черты в структуре, функционировании и динамике. Большинство ландшафтных типов представлено различными вариантами в обоих полушариях, на разных континентах, а нередко – и в разных секторах одного континента.

Тип ландшафта близок к зональному типу почв, так как почва – «зеркало» ландшафта, продукт его функционирования. Помимо почвенных характеристик тип ландшафта учитывает и геоботаническую специфику [4].

Исаченко А.Г. разделяет на два крупных класса ландшафты равнин и ландшафты гор. В качестве критерия самого высокого ранга: зональные группы первого порядка (арктические, субарктические, бореальные, суббореальные и др.), являющиеся как бы подобием систем ландшафтов по В.А. Николаеву. Далее разделение на зональные группы второго порядка: по соотношению тепла и влаги. Например, группа бореальных ландшафтов расчленяется на северотаежные, среднетаежные, южнотаежные комплексы.

Следующий этап классификации: вводятся признаки, определяемые секторностью климатических характеристик (ландшафты умеренно-континентальные, резко континентальные, приокеанические муссонные и др.). Сочетание зональных и секторных критериев позволяет выделить типы ландшафтов, которые различаются по своему географическому положению. Например, группа бореальных ландшафтов распадается на 4 типа – Восточноевропейских, Западносибирских, Восточносибирских, Дальневосточных ландшафтов.

Следующая единица классификации – классы ландшафтов, обособляемые с учетом гипсометрического уровня территории (ландшафты равнинные и горные). Наиболее мелкая единица это вид ландшафта, определяющими значениями выделения являются: литология поверхностных отложений и тип рельефа.

В настоящее время важное значение в ландшафтоведении имеют дополненные работы А. В. Антиповой, за основу которых взяты разработки А.Г. Исаченко [1]:

На первом этапе в качестве критерия самого высокого ранга выделяют широтно-зональные группы.

Далее разделение на группы второго порядка: по соотношению тепла, влаги, которые образуют широтные полосы - ландшафтные зоны и подзоны - сменяющие друг друга при движении с севера на юг. По мере ослабления влияния морских воздушных масс, приходящих от западной периферии материка Евразии к его центру, в этом же направлении идет усиление континентальности климата, и почти в каждой ландшафтной зоне выявляются долготные секторы со своими специфическими секторными вариантами зональных типов ландшафтов.

Следующий этап классификации: под влиянием увеличения высоты земной поверхности над уровнем океана возникает высотная поясность ландшафтов и той же зоне и подзоне различаются ландшафты: низменные, возвышенные, предгорные, низко-, средне- и высокогорные.

Последующая единица классификации – классы ландшафтов, обусловленные

разнообразием геологического строения и литологии, а также формами рельефа. Это в свою очередь дает основание выделить классы ландшафтов равнинные и горные, которые подразделяются на многочисленные виды ландшафтов в соответствии с их конкретными геологогеоморфологическими особенностями.

Дополнительными активными компонентами в ландшафтной структуре выступают почвенно-растительный покров и животный мир, которые придают каждому ландшафту характерный внешний облик и определенные функциональные особенности. По существу эти компоненты являются самыми отличительными признаками ландшафта и часто используются для характеристики всего природного комплекса в целом (лесные ландшафты, степные ландшафты).

А. В. Антипова дополняет свою методику неотъемлемыми критериями, которые в настоящее время нельзя игнорировать:

Последний и заключительный введен критерий техногенной нагрузки на ландшафт: уровень изменения природных свойств, глубина освоения территории, распределение плотности населения. Среди таких свойств – устойчивость ландшафта (по данным биопродуктивности) и его биоразнообразие, комфортность условий для проживания человека (по комплексу природно-климатических показателей) и богатство естественных ресурсов для хозяйства.

Так как в современном мире уже нет понятия «естественный ландшафт» и человек прочно «вошел» в окружающую его среду. Согласно такому алгоритму комплексная, собственно эколого-географическая характеристика территории создается на основе геосистемного анализа и концепции формирования современных природно-антропогенных геосистем, которые обладают соответствующим экологическими свойствами.

Рассмотренные выше методики Исаченко А.Г., Антиповой А. В. берут начало от базовой модели районирования Берга Л. С. Каждая последующая дополняет предыдущую и вносит свои уточнения, согласно времени, т.е. еще большего вмешательства человека в природу. «Техногенный ландшафт» почти полностью поглотил природный, поэтому предложенная методика Антиповой учитывает больше факторов, которые влияют на нынешнее районирование. Поскольку процессы антропогенизации природного ландшафта получают наиболее яркое отражение в структуре и динамике хозяйственного использования территории, то исследование феномена использования земель приобретает важное значение как в географическом, так и в историческом аспекте прогнозирования.

### Список литературы

1. Антипова А.В. География России. Эколого-географический анализ территории: учеб. пособие /А.В. Антипова. – М.: МНЭПУ, 2001. – 208 с.
2. Богомазов С. Ландшафтоведение: уч. пособие /С. Богомазов, Е. Павликова, О. Ткачук – Пенза, 2013. – 152 с.
3. Крауклис А.А. Экологическое районирование территории: методы и разработки. – Иркутск: Институт географии СО АН СССР, 1991. – 192 с.
4. Марцинкевич Г.И. Ландшафтоведение: пособие / Г.И. Марцинкевич. – Мн.: БГУ, 2005. – 200 с.: ил.
5. Соболева Н.П. Ландшафтоведение: учебное пособие / Н.П. Соболева, Е.Г. Языков. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 175 с.
6. Физико-географическое районирование и ландшафтное картографирование Урала: сборник научных трудов – Свердловск, 1983. – 118 с.

## ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ПРИМЕСЕЙ НЕФТЕПРОДУКТОВ МЕТОДОМ ПНЕВМОСЕПАРАЦИИ

*Козило Ю.А\** (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), e-mail: [yulya.kozilo@mail.ru](mailto:yulya.kozilo@mail.ru)),  
*Скопинцева О.В.* (Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), e-mail: [skopintseva54@mail.ru](mailto:skopintseva54@mail.ru))

### Аннотация

Выполнен анализ физико-химических основ процессов очистки сточных вод от примесей нефтепродуктов на предприятиях различных отраслей промышленности, а также природных вод, загрязненных в результате промышленных сбросов, при работе водного транспорта и авариях танкеров при доставке нефти водным путем. Рассмотрен метод пневмосепарации для очистки сточных вод, который представляет собой процесс интенсивного пропускания атмосферного воздуха через слой жидкости, с целью усиления массообмена в системе «вода-нефтепродукт». Данный метод может применяться после механической очистки на нефтеперерабатывающих предприятиях для удаления примесей нефтепродуктов.

**Ключевые слова:** загрязнение нефтепродуктами; очистка сточных вод; пневмосепарация; сжатый воздух; гидродинамический режим перемешивания воды.

Известно, что общепланетарные запасы чистой воды, необходимые для существования природы и общества, быстро сокращаются в результате роста народонаселения и производственной деятельности человеческого общества. В этой глобальной экологической проблеме техника и технология очистки воды от загрязнений продуктами нефтехимии являются ее важнейшей составной частью. Такие загрязненные воды образуются практически во всех отраслях промышленности, где нефть и продукты ее переработки являются основным энергетическим ресурсом, а вода – важнейшим компонентом технологических процессов, включая энергетику, нефтедобывающую и нефтеперерабатывающую промышленность, металлургию, транспорт и др. В связи с этим научные и инженерные разработки в этой области интенсивно продолжаются во всех странах, в том числе, и в России.

Нефть представляет собой сложную смесь изомеров, состоящую из парафиновых, циклических и ароматических углеводородов (30-50%), а соотношения между этими компонентами зависят от характера месторождения и даты их добычи. Неуглеводородная часть нефти состоит из сернистых, кислородных и азотистых органических соединений, включая соли нафтеновых кислот, являющимися сильными эмульгаторами. Кроме того добываемая нефть содержит большие количества водных рассолов минеральных солей, в основном хлоридов и сульфатов кальция, магния, натрия и, частично, аммония [1].

Поведение таких систем в реальных условиях производства и очистки отходящих сточных вод зависит от их химического и дисперсного состава. Поскольку размеры частиц и химический состав дисперсной фазы обычно колеблются в достаточно широком диапазоне, а их количественные характеристики неизвестны, постольку некоторые выводы ряда опубликованных фундаментальных исследований о поведении загрязненных вод в процессе их очистки современными методами следует признать ограниченными и требующими экспериментальной проверки и доработки. В связи с этим, поиск новых, более эффективных способов очистки промышленных сточных вод от нефтепродуктов, а также разработка теоретических основ создания таких способов

весьма актуальны не только в нефтехимической промышленности, но и в других отраслях (в энергетике, углехимической промышленности, в металлургии, фармацевтике и др.) и в бытовой химии.

Настоящая работа посвящена анализу физико-химических основ процессов очистки сточных вод от примесей нефтепродуктов на предприятиях различных отраслей промышленности, а также природных вод, загрязненных в результате промышленных сбросов, при работе водного транспорта и авариях танкеров при доставке нефти водным путем. Несмотря на большое число отечественных и зарубежных инженерных разработок, указанную проблему нельзя считать полностью решенной, поскольку в большинстве случаев не удается создать и внедрить систему замкнутого оборота воды в промышленном производстве и полностью исключить сброс стоков в естественные водоемы. Существующие системы очистки часто работают нестабильно, и содержание нефтепродуктов в сточных водах, сбрасываемых в естественные водоемы, нередко колеблется в широких пределах, существенно превышающих ПДК. Наконец, сами эти системы, как правило, весьма энергоемки, занимают большие производственные площади, требуют применения дефицитных реагентов и больших капитальных и эксплуатационных затрат.

На сегодняшний день в основном используются следующие этапы очистки сточных вод от нефтепродуктов: механический, физико-химический, биологический. Механическая очистка используется в основном как предварительная. Практическое значение имеют фильтрование, отстаивание и центрифугирование. На этом этапе с помощью различных песколовков, отстойников и гидроциклонов обеспечивается удаление около 90% нефтесодержащих продуктов. Несмотря на относительно высокую эффективность и дешевизну данного метода для более глубокой очистки приходится использовать другие способы. Физико-химическую очистку реализуют с помощью таких методов, как флотация, сорбция, коагуляция. Достоинствами данного способа очистки является возможность повторного использования отработанного нефтепродукта, высокая степень очистки (95–98%). К недостаткам же стоит отнести высокую себестоимость оборудования, сложность в обслуживании инфраструктуры, необходимость в складировании реагентов ( $Cl_2$ ,  $O_3$ ,  $Ca(ClO)_2$ ). Стоки, прошедшие предыдущие степени очистки поступают на биологическую очистку. Она, как правило, проводится в аэротенках, аэрофильтрах или биопрудах.

Здесь наибольшую активность проявляют бактерии, которые питаются веществами, содержащимися в сточных водах. Основной задачей этого этапа является обеспечение перехода различных сложных органических соединений в безопасные оксиды ( $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ ). К преимуществам данного способа очистки относят, в первую очередь, лёгкость в обслуживании и дешевизну эксплуатации оборудования. Главными недостатками являются: потребность в жёстком контроле технологического режима и высокие требования к безопасности.

В нашем исследовании мы решили рассмотреть возможности такого метода очистки как пневмосепарация – процесс интенсивного пропускания атмосферного воздуха через слой жидкости, с целью усиления массообмена в системе «вода-нефтепродукт». Принципиальная схема метода пневмосепарации представлена на рис. 1. Смешанную с гидроксидом кальция сточную воду заливают в емкость 1. После этого воду интенсивно перемешивают путем её барботаж с сжатым воздухом, подаваемым по перфорированным трубам 5, уложенным на дно емкости. Отверстия в трубах выполнено так, чтобы образующиеся пузырьки воздуха были в диаметры от 1 до 2 мм. Расход сжатого воздуха должен быть достаточным для того, чтобы обеспечить мощное турбулентное перемешивание воды. За счёт этого частицам нефтепродуктов передают разнонаправленное движение с высокой скоростью. При соударении двух частиц

нефтепродуктов, обладающих высокой кинетической энергией, адсорбированные на них гидратные оболочки разрушаются, и частицы нефтепродуктов коалесцируют с образованием частиц более крупных размеров, которые всплывают на поверхность воды вследствие разности плотностей. Всплывающие на поверхность воды частицы нефтепродуктов образуют пленку, которая легко удаляется с поверхности, например, при помощи скребкового механизма 6. Собранные с поверхности воды нефтепродукты накапливаются в отводящем лотке 7, откуда их сливают для последующего использования. Очищенную воду сливают через патрубок 9.

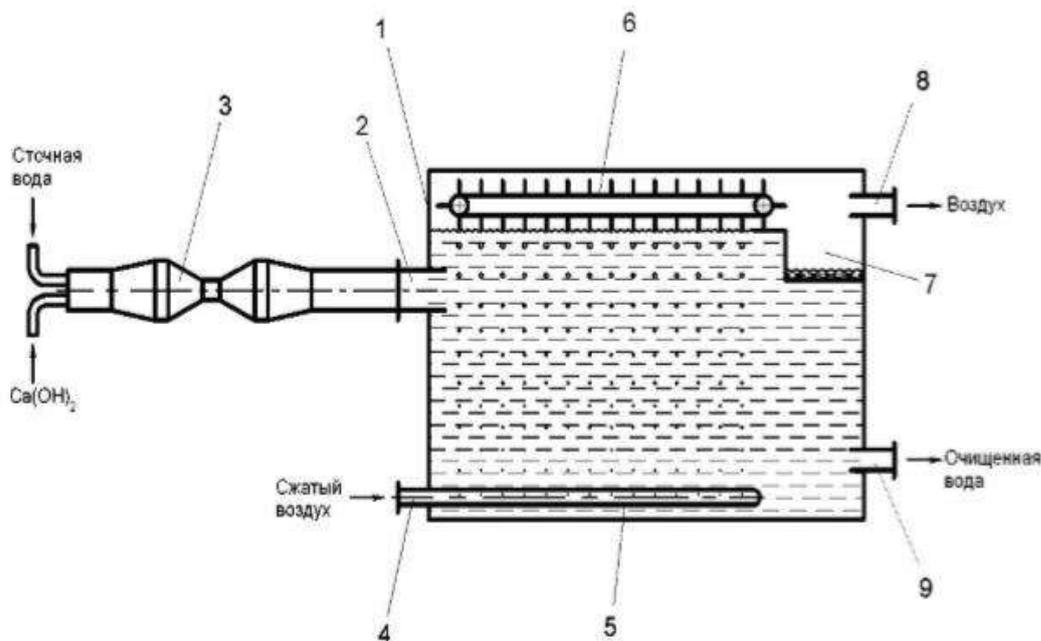


Рисунок 1. Лабораторная установка для очистки воды методом пневмосепарации

Данный метод может применяться после механической очистки на нефтеперерабатывающих предприятиях для удаления примесей нефтепродуктов. Сточная вода смешивается с гидроксидом кальция и подвергается интенсивному перемешиванию сжатым воздухом. В условиях активного гидродинамического режима происходит разрушение гидратной оболочки мицелл, что делает возможным коалесценцию нефтяных капель. Образующиеся более крупные агрегаты удаляются с поверхности воды. Метод необходимо проводить при pH стоков от 9,3 до 9,4, так как устойчивость эмульсий минимальна и возможно очистить сточные воды до значений предельно допустимых концентраций нефтепродуктов [2].

Внедрение этого метода не только на нефтеперерабатывающих предприятиях, но и во всех других отраслях промышленности, позволит существенно сократить энергозатраты и время очистки воды от примесей нефти.

### Литература

1. Семенова И.В. Промышленная экология. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Издательский центр «Академия». 2009. – 528 с.
2. Воробьева Е.В. Коллоидно-химические свойства многокомпонентных эмульсий типа «масло-вода» и разработка способа очистки воды от примесей нефтепродуктов методом пневмосепарации. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Московский государственный открытый университет имени В.С. Черномырдина. – М.: 2011. 24 с.

## ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ МИКРОФЛОРЫ СИСТЕМ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ДЛЯ БОРЬБЫ С БИООБРАСТАНИЕМ

*Воробьев А.Ю. (МГРИ, artem-vorobev@mail.ru)*

**Аннотация:** Биологическое обрастание в системах повторного и оборотного водоснабжения промышленных предприятий определяется качеством воды: биологическим, химическим составом, а также её физическими свойствами. Для выработки методики борьбы с микрофлорой требуется проведение простых исследований воды путём несложных наблюдений, измерений и сравнений.

**Ключевые слова:** ИСТОЧНИК ВОДОСНАБЖЕНИЯ, МИКРООРГАНИЗМЫ, БАКТЕРИИ, ВОДОРОСЛИ, БИОПЛЁНКА, ТЕПЛООБМЕННЫЙ АППАРАТ, ГРАДИРНЯ, МИКРОСКОП

В природных источниках и даже в системах оборотного водоснабжения с градирнями постоянно идут биологические процессы развития (микрофлоры), совершается круговорот и обмен питательных веществ гетеро- и автотрофов с окружающей средой, так как он составляет основу их жизни: клеточные организмы поглощают извне питательные вещества и ассимилируют, с другой стороны – диссимилируют, и дальше используют в обмене; в результате биохимических превращений образуются продукты обмена и идёт прирост биомассы.

Из источника водоснабжения в систему оборотного водоснабжения с водой заносятся микроорганизмы, и заселяют последнюю вследствие благоприятных условий развития и размножения – температуры 15...40° С оптимальны для этого (при

значениях больше 42°С большинство развиваться не может), но качественный и количественный состав микрофлоры и

интенсивность биологических обрастаний зависит не только от физических свойств воды, но и от химического состава, а также условий её использования. В системе оборотного водоснабжения организмы представляют биологические обрастания (совокупность микроорганизмов): а) на теплообменной поверхности аппаратов по ходу движения воды, б) в трубопроводах и на конструкциях охладителей оборотной воды. Развитие организмов внешнего

Таблица 1

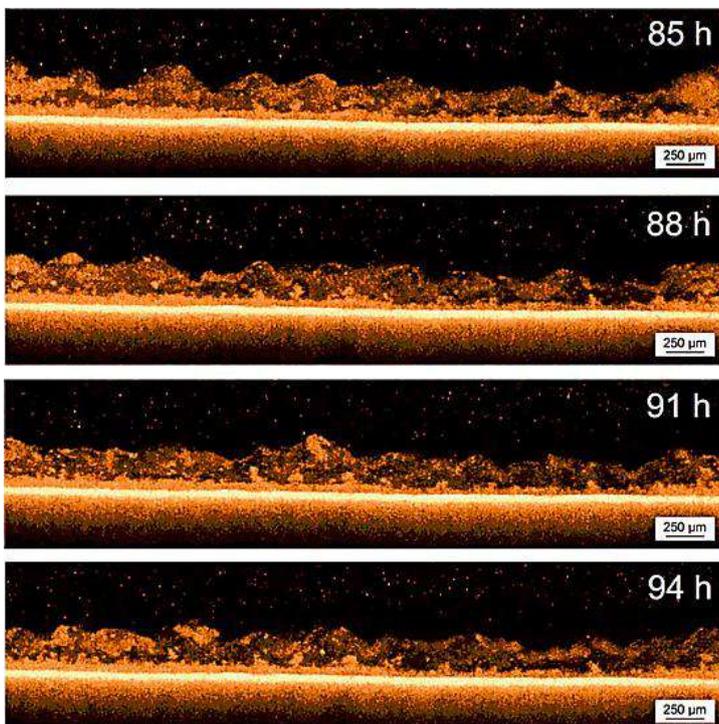
Наличие организмов в системах оборотного водоснабжения

Таксон	Теплообменные аппараты	Градирни и брызгательные бассейны
<b>Бактерии:</b>	+	+ –
1. Зооглейные	+	+
2. Нитчатые	+	+
3. Железобактерии	+	–
4. Серные	+	–
<b>Водоросли:</b>	–	+
1. Диатомовые	–	+
2. Зеленые	–	+
3. Синезеленые	–	+
<b>Простейшие:</b>	+	+
1. Инфузории	+	+
2. Корненожки	+	+
<b>Черви</b>	+	+
<b>Коловратки</b>	+	+
<b>Грибы</b>	+	+
<b>Детрит</b>	+	+

источника в течение года неодинаковое: в охладителях в холодное время года интенсивность биологических обрастаний снижается, однако в закрытых теплообменных аппаратах рост биомассы не изменяется, так как температурные условия здесь постоянны. Типы организмов обрастаний в системах оборотного водоснабжения с градирнями и брызгальными бассейнами приведены в таблице 1; в прудах-охладителях оборотной воды помимо указанных, естественно, развита высшая водная растительность.

В закрытых теплообменных аппаратах не огневого нагрева и в трубопроводах преобладавшими формами являются зооглейные, а часто (при загрязнении фекальными стоками) и нитчатые бактерии (особенно *Sphaerolitus natans*); развиты инфузории и другие простейшие, а также черви; обрастания иногда могут состоять из грибов (особенно *Leptomitus lascteus*). Попадающие через неплотности аппаратов в охлаждающую воду (с продуктом или стоками) биогенные элементы (С, N, P), макроэлементы (Ca, K, S, Na, Cl, Mg), микроэлементы (Fe, Zn, Mn и др.) инициируют процесс развития микроорганизмов. Например, при более высокой концентрации в воде S и других неокисленных до сульфатов соединений или железа интенсивнее развиваются серобактерии или железобактерии. В отдельных случаях в теплообменных аппаратах наблюдаются поселения мшанки, которые служат обиталищем симбионтов и очагом для развития бактерий. Иногда встречаются также грибковые обрастания, состоящие из сплетения ветвящихся нитей – грифов и образующие мицелий. Непосредственно в холодильниках огневого нагрева (например, в металлургических печах), где вода кипит возле стенки, гидробиологические обрастания отсутствуют, однако они появляются по ходу движения воды за холодильниками. На градирнях и брызгальных бассейнах, а также на оросительных холодильниках, биологические обрастания состоят как из бактерий, так и из водорослей. Водоросли развиваются на освещенных омываемых водой поверхностях; синезелёные и зелёные – в теплое время

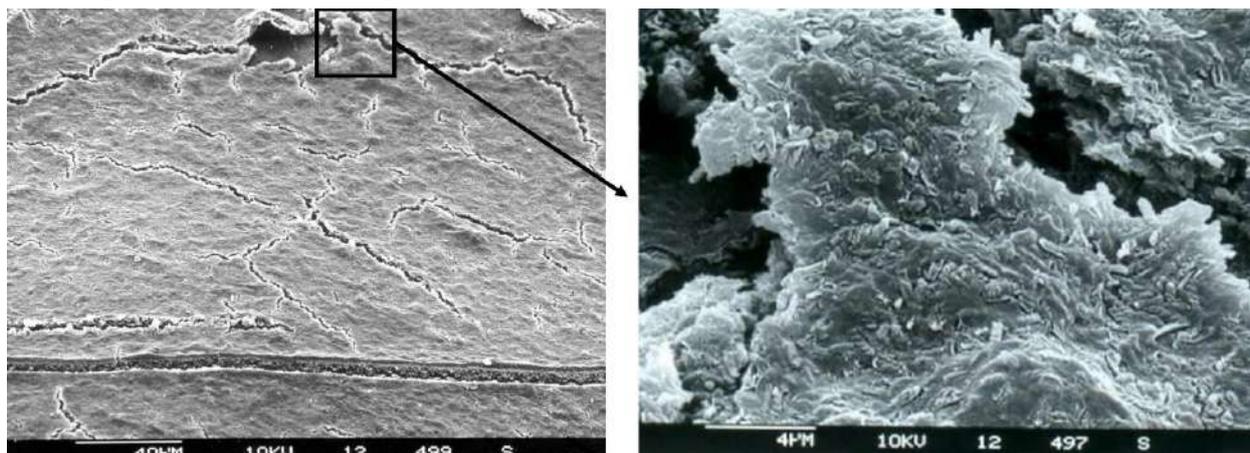
года; диатомовые – весной и осенью, а иногда и зимой. В составе обрастаний на градирнях и аппаратах встречаются также инфузории, черви и др. В закрытых теплообменных аппаратах и трубах в составе обрастаний могут быть заселённые водой с градирен водоросли, а также минеральные примеси в виде осадка и гидрат окиси железа. Минеральные примеси и железо обнаруживаются в обрастаниях градирен, брызгальных бассейнов, оросительных холодильников и резервуаров. Если в охлаждающей воде содержатся органические примеси в виде нефтепродуктов, они участвуют в росте отложений, прилипая к ним и множа объём обрастаний. Обрастания зачастую содержат большое количество CaCO<sub>3</sub> (накипи). Обильные обрастания имеют место в тех



**Рисунок 1.** Изменение форм биообрастаний спустя четверо суток после посева, – показывает динамику роста (Интернет-источник).

случаях, когда содержится большое количество органических загрязнений; но и при использовании даже мало загрязненных вод (например, подземных или предварительно умягченных натрий-катионированием) образуются обрастания, хотя и менее интенсивные, фосфатирование воды может вызывать усиление развития микроорганизмов (рисунок 1), особенно в прудах-охладителях.

Бактерии – основной «компонент» обрастаний. Процесс начинается с бактериальной пленки (рисунок 2), первыми появляются студенистые массы зооглейных бактерий, в последующем могут поселяться нитчатые бактерии, др., затем развиваются инфузории, одноклеточные и колониальные, а на открытых поверхностях – водоросли и, наконец, черви.



**Рисунок 2.** Образование биоплёнки при использовании поверхностной воды (сканирующий электронный микроскоп).

Биологические обрастания влекут прямое снижение теплообмена в аппаратах и на градирнях, уменьшают вакуум в конденсаторах паровых турбин и вызывают пережог топлива на тепловых электростанциях, повышают сопротивление потоку воды в трубах и снижают их пропускную способность, вызывают загрязнение оборотной воды вследствие отмирания и последующего разложения колоний обрастаний (бактерий, водорослей и др.).

Возможность биологических обрастаний теплообменных аппаратов и сооружений проектируемых систем оборотного водоснабжения может быть оценена в общем виде по окисляемости воды, указывающей на степень загрязненности ее органическими веществами. Перманганатная окисляемость воды свыше мл/л  $O_2$  позволяет ожидать развития биологических обрастаний, и чем она выше, тем интенсивнее при прочих равных условиях; при этом изменяется и видовой состав, например, железобактерий (таблица 2).

Использование в системах повторного и оборотного водоснабжения очищенных сточных вод с высоким содержанием органических веществ непосредственно повышает окисляемость воды и способствует развитию биологических обрастаний. Цветение и зарастание водохранилищ, отмирание организмов и растительности также насыщает воду продуктами распада, повышая окисляемость.

Интенсивность биологических обрастаний определяет выбор методов борьбы с

*Таблица 2*  
*Наличие железобактерий при различных значениях перманганатной окисляемости*

Название	Значение, мг $O_2$ /л
Галлионелла	5-7
Лептотрикс	7-17
Кладорикс	> 17

Использование в системах повторного и оборотного водоснабжения очищенных сточных вод с высоким содержанием органических веществ непосредственно повышает окисляемость воды и способствует развитию биологических обрастаний.

Цветение и зарастание водохранилищ, отмирание организмов и растительности также насыщает воду продуктами распада, повышая окисляемость.

Интенсивность биологических обрастаний определяет выбор методов борьбы с

ней, поэтому исследуется качественно и количественно.

Качественное исследование производится на предметных (ловчих) стеклах  $75 \times 25 \times 1,5$  мм в кассете и в оргстекле, и имеет целью определить виды и время обрастаний. В кассету вкладываются 6 (или более) чистых занумерованных стекол, затем устройство в сборе на шнуре (с грузилом, подвешенным снизу) погружают в исследуемую воду, например, в резервуар градирни перед водоотводящей трубой, на глубину около 1 м. Через промежутки времени, равные 6, 12, 18, 24, 48 и 72 ч, кассету извлекают из воды и извлекают по одному стеклу. По результатам их осмотра определяют степень обрастания за время экспозиции, и используя микроскоп устанавливают виды обрастаний (виды бактерий, водорослей, простейших и др.), наличие нерастворимых и карбонатных кристаллов, железа и нефти. Наличие в обрастаниях карбоната кальция, гипса устанавливаются также качественным химическим анализом. Результаты микроскопического анализа заносятся в журналы.

Если при суточной экспозиции на стеклянных пластинках в воде образуются заметные скопления микроорганизмов, вода требует обработки.

Количественное исследование имеет цель объективной оценки интенсивности и скорости роста биомассы, а также определение видов развивающихся организмов обрастаний. Для этого целесообразно использовать тонкие стекла  $50 \times 50 \times 0,5$  мм, вложенные в кассету в количестве 6 шт. Стекла должны быть предварительно вымыты, высушены, занумерованы и взвешены на аналитических весах. Затем кассету со стеклами погружают в исследуемую воду. Через промежутки времени, равные 5, 10, 15, 20, 25 и 30 сут., кассету извлекают из воды и отбирают по одному стеклу, исследуют под микроскопом, высушивают на воздухе в течение 3 ч. и взвешиваются на аналитических весах (воздушно сухой вес).

Для подавления развития биообрастаний применяют методы:

1. Окрасивания внутренней поверхности трубы специальными красящими растворами.
2. Промывки водой температурой  $45-55^\circ \text{C}$ .
3. Обработки воды хлором или медным купоросом (окислителем и лизис-активатором (катионы  $\text{Cu}^{2+}$  взаимодействуя метионином и цистеином в ядре совместно раскручивают молекулу ДНК (US EPA, 2008)), – дозу хлора принимают на 2 мг/л больше хлорпоглощаемости, но не менее 5, медного купороса –  $1,0 \dots 1,5$  мг/л.
4. Анодного растворения медных электродов.

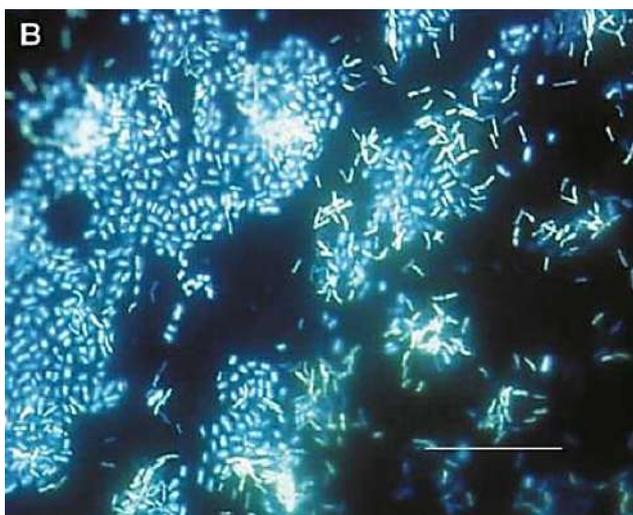


Рисунок 3. Биоплёнка в питьевой воде.

И ведётся поиск в отношении воздействия ультразвуком, излучениями иной природы.

Дозы, продолжительность и периодичность обработки устанавливают на основе описанных исследований и опыта эксплуатации.

И здесь уместно вспомнить следующее. Биологические обрастания имеют место при использовании как загрязненной, так и чистой воды (рисунок 3). А борьба с биологическими обрастаниями в системах промышленного водоснабжения должна проводиться как в циклах повторного и оборотного использования вод, так и

непосредственно в источнике водоснабжения.

### **Литература**

1. Ерхов А.А. Механизм синергизма бактерий и водорослей в биопрудах// VIII Международная научная конференция «Молодые – наукам о Земле» 5-7 апреля 2016 г. МГРИ-РГГРУ – М. 2016. – С. 336-338.
2. Ерхов А.А. Организационно-методические основы технологии обеззараживания хлором в процессе водоподготовки// XIII Международная научно-практическая конференция «Новые идеи в науках о Земле», 5–7 апреля, 2017 г./ – Т. 2. – М.: МГРИ-РГГРУ, 2017. – 172-173 с.
3. Ерхов А.А. Кинетики ферментативных реакций и изменения сообщества микроорганизмов в условиях стабилизации активного ила/Фрог Б.Н., Королёва Е.А. // Электронное научное издание «Учёные заметки ТОГУ» 2018, том 9, № 1, С .554-563.
4. Ерхов А.А. Видоизменение микробиологического состава активного ила в процессе стабилизации/Фрог Б.Н., Королёва Е.А.//«Яковлевские чтения». XIII научно-техническая конференция. Сборник докладов. Москва. 15 марта 2018 г. Изд-во АСВ. – С. 35-44.
5. Ерхов А.А. Оптимизация доочистки в биопрудах/Королёва Е.А.//Дни студенческой науки: сб. докл. научно-технической конф. Москва, 12–16 марта 2018 г.). М.: МИСИ–МГСУ, 2018. – С. 81-83.

## ЗАРАСТАНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ, БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАСТАНИЕ ВОДОЗАБОРОВ И ТРУБОПРОВОДОВ И СПОСОБЫ БОРЬБЫ С НИМ

Воробьев А.Ю. (МГРИ, [artem-vorobev@mail.ru](mailto:artem-vorobev@mail.ru))

**Аннотация:** Биологическое обрастание в системах повторного и оборотного водоснабжения промышленных предприятий определяется качеством воды: биологическим, химическим составом, а также её физическими свойствами. Для выработки методики борьбы с микрофлорой требуется проведение простых исследований воды путём несложных наблюдений, измерений и сравнений.

**Ключевые слова:** ПЛАНКТОН, ВОДОРОСЛИ, РАСТИТЕЛЬНОСТЬ, КАМЫШЕКОСИЛКА, РЫБА, МЕДНЫЙ КУПОРОС, КУПОРОСОВАНИЕ

Летом в воде равнинных рек РФ резко возрастает содержание органических веществ, в водохранилищах идёт цветение воды, то есть изменяется цветность. Цветение обуславливается массовым развитием растительности – планктона: количество отдельных особей достигает колоссальных значений. Преобладающими по количеству в одних водохранилищах являются сине-зелёные водоросли, в других – зелёные или иные отделы, например, в Клязьминском вдхр. Московской обл. преобладают диатомовые.

Массовое развитие планктона изменяет цвет воды в зависимости от окраски организмов, обусловивших цветение: вода становится светло-зелёной при массовом развитии водорослей из группы протококковых, зелёновато-бурой – при развитии диатомовых, тёмно-бурой – перидиниевых и изумрудно-зелёной – сине-зелёных. Причинами, обуславливающими изменение цветности, могут быть и коллоидные соединения железа, гуминовые вещества, взвешенные и окрашенные вещества отходов производства.

При цветении водоёма меняется также запах и вкус воды. Вода, цветущая сине-зелёной водорослью *Aphanizomenon*, пахнет травой; цветущая кремневой водорослью *Asterionella* – рыбой; *Sunura* – огурцами в т.п. Нередко воды заканчивается массовым отмиранием планктона, обусловившего это цветение; тогда вода приобретает гнилостный запах и вкус и становится непригодной для питья. Считается, что запах при цветении обуславливается эфирными маслами, которые продуцируют планктонные организмы.

Планктон, вызвавший цветение воды, попадает в системы производственного водоснабжения вызывает развитие биологических обрастаний, загрязняет теплообменные аппараты, засоряет фильтры водоочистных сооружений. Аппараты приходится останавливать на очистку, фильтры промывать, а это резко снижает производительность.

Часто вместе с планктоном из водохранилища в системы производственного водоснабжения и на водоочистные сооружения попадают другие биологические виды, вследствие чего при плохом состоянии фильтров и неудовлетворительной эксплуатации градириен и разводящих сетей они могут встретиться везде, где позволяют условия.

Большинство водохранилищ цветёт ежегодно, во многих даты цветения совпадают, однако, интенсивность для разных водоёмов и периодов различна.

Для прогноза цветения водоёма рекомендуется пользоваться методом биологической производительности воды, который позволяет установить за 5-8 дней возможность массового развития фитопланктона в водоёме. Для этого из исследуемого водоёма выбирают пробу воды батометром или другой чистой ёмкостью, воду разливают в колбочки по 25 мл; если в воде находятся рачки и коловратки, их удаляют фильтрованием через шелковое сито. Затем в воде подсчитывают количество планктона организмов. Колбы помещают в термолюминостат или на окно. Через каждые 3-5 дней воду подвергают биологическому анализу: увеличение числа организмов показывает, что в ближайшие дни (примерно через 4-6 дн.) наступит цветение водоёма; результаты, полученные через 8-10 дней, показывают, насколько продолжительным оно будет.

Добавляя к исследуемой воде различные биогенные элементы (N, P), макро- и микроэлементы можно установить, какие условия определяют возможность цветения воды в данном водоёме, – по результатам даётся прогноз и устанавливается время профилактической обработки водохранилища альгицидом с ориентировочным назначением дозы.

Для подавления роста и размножения растительности и частью представителей других таксонов биоты данного ареала используют методы обработки воды хлором или медным купоросом.

#### **Методы борьбы с развитием растительности в водохранилищах**

Итак, в ряде водохранилищ и рек, являющихся источниками промышленного водоснабжения или охладителями оборотной воды, имеет место развитие высшей водной растительности, и это происходит из-за обмеления при обилии тепла и света, а в одном и том же водоёме или водотоке растительность может быть погружённая (элодея, роголистник и др.), плавающая (кувшинка) и полупогруженная (камыш, тростник, рдест).

При отмирании растительности органические вещества с забираемой водой попадают в системы промышленного водоснабжения, засоряют и способствуют развитию биологических обрастаний, в результате зарастания прудов-охладителей они не обеспечивают охлаждения оборотной воды.

Уничтожение водной растительности может производиться тремя способами: *механическим, биологическим и химическим.*



**Рисунок 1. Разновидность камышекосилок.**

#### **Механический способ**

представляет скашивание растительности в подводной части. Это может выполняться таким приёмом – подлежащие скашиванию участки охватываются металлическим тросом, один конец которого фиксируют, другой буксируется катером; скошенная таким образом и всплывшая растительность собирается и удаляется на берег (опыт Барабинской ГРЭС). Разработаны и производятся различные плавающие подводные косилки, срезающие растительность на глубине до 2 м и более; скошенная растительность также

удаляется на берег (опыт Добротворской ГРЭС).

Камышекосилка представляет собой плоскодонную металлическую лодку осадкой не больше 17-20 сантиметров (рисунок 1). В передней части укреплен жатвенный механизм, состоящий из опускаемого на глубину до метра, горизонтального режущего устройства, подсекающего стебли камыша, и вертикального режущего устройства, расчищающего путь через заросли. Все агрегаты приводятся в движение двигателем небольшой мощности, но обеспечивающим рабочие скорости 2,3-4,0 километра в час. В зависимости от густоты и природы зарослей камышекосилка обрабатывает до 0,6 га/ч.

**Биологический способ** заключается в развитии растительоядных теплолюбивых пород рыб – белый амур, белый и пестрый толстолобик и др. Эти виды предварительно выращиваются в питомнике до веса 30-50 г, затем выселяются в пруд из расчёта выедания растительности в два-три сезона, при плотности посадки 50-100 рыб на 1 га зеркала воды (опыт ГРЭС-3 Мосэнерго, Верхне-Тагильского водохранилища и др.). Кроме уничтожения растительности получают в будущем и рыбопродукцию (уничтожение растительности помогает справиться и с кровососущими, например, с малярийным комаром – они лишаются мест яйцекладки).

Сначала в Каракумском канале с зарастанием боролись очисткой специальными машинами, однако наибольший эффект показал биологический метод: белый амур, разведённый в прудах и выпущенный в канал, уничтожает растительность и в канале, и прудовых хозяйствах. Белый толстолобик уничтожает также и зоопланктон – скопления микроскопических ракообразных и других животных, при этом оба вида – белый амур и белый толстолобик не мешают друг другу. Акклиматизированный в канале чёрный амур – моллюскоед очищает от моллюсков все подводные сооружения; шлюзы, опоры мостов, причалы, днища судов. В канале стало много рыбы, возник промысел рыболовства и рыбоводства. Однако при разведении рыбы в каналах и водохранилищах необходимо предусматривать меры, предотвращающие проход рыбы к насосам и в трубопроводы; по этой же причине не рекомендуется разводить рыбу в брызгальных бассейнах и резервуарах градирен.

При биологическом способе в водохранилищах, прудах-охладителях оборотной воды и в каналах следует организовать специальную службу выращивания и акклиматизации рыб, регулированию их количества соответственно продуктивности растительности и т.д. Чрезмерное количество рыб может принести к их массовой гибели из-за недостатка корма, а внесение дополнительного корма, как и массовая гибель рыбы повлечет вновь загрязнение водоёма.

**Химический способ** состоит во внесении *гербицидов*: линурона, диурона, симазина

и смеси гербицидов – далапона с аминной солью. Гербициды вводят в оборотную воду при выпуске в нилище или распределяют только в местах образования зарослей. При введении тех или иных гербицидов необходимо соблюдать санитарную безопасность и безвредность персонала, контактирующего с водой в процессе её использования, а также полезных обитателей водоёма. С этой целью также должна быть организована служба контроля.

Однако, чаще, ввиду большей безопасности, используют метод обработки медным купоросом.

**Таблица 1**

Рекомендуемая доза сернокислой меди (медного купороса), токсичная для организмов цветения воды

Виды сине-зелёных водорослей	Доза в г/м <sup>3</sup>
<i>Aphanizomenon flos-aqual</i>	0,3-0,7
<i>Anabaena Zemmernannii</i>	0,3
<i>Anabaena spiroides</i>	0,5
<i>Microcystis aeruginosa</i>	0,3-0,5
<i>Coelosphaerium</i>	0,5
<i>Oscillatoria Agardhii</i>	0,5

### Обработка медным купоросом

Используют два способа купоросования – мокрый и сухой: при мокром купорос рассыпают в мешки или корзины, которые затем подвешивают к судам малого водоизмещения с подвесным или стационарным мотором и, перемещаясь по зеркалу воды в заданном порядке, ждут полного растворения кусков купороса. Однако более распространено опадание поверхности молотым купоросом с самолета (авиакупоросование).

Ионы меди ( $\text{Cu}^{2+}$ ) умерщвляют микроорганизмы и всё живое, поэтому для достижения результата необходима концентрация не меньше летальной дозы для возбудителя цветения, но не больше смертельной для рыб и организмов её питания в пищевой цепи, – величину этой дозы устанавливают опытно в лаборатории. Для отдельных видов токсичная доза может быть задана ориентировочно по данным



Рисунок 2. Состояние растительности спустя сутки.

экспериментов ВОДГЕО (таблица 1). Для рыб дозы сернокислой меди можно считать токсичными, если они превышают для следующих видов следующие значения: карп – 0,7 мг/л, щука – 1,0, вьюн – 3,0, крась 6,0. Таким образом, дозы, принимаемые для борьбы с цветением, не оказывают, за некоторым исключением, токсичного действия на большинство рыб, а также на их кормовую базу – зоопланктон, для которого

опасные значения принимают 1-2 мг/л. Поэтому дозу назначают только на верхний слой воды (до 1,5-2 м) с расчётом быстрого растворения после внесения с судна или самолёта. Лабораторными опытами установлено, что частицы купороса диаметром до 1,1 мм полностью растворяются при проходе (осаждении) водной толщи 2,25 м (таблица 2) при температуре 18-20°C, пылевидные же растворяются непосредственно в верхнем слое, поэтому при купоросовании с самолета реагент предварительно размалывают до фракций не больше 0,5 мм. Эффект авиакупоросования проявляется уже через две часа: микроорганизмы начинают гибнуть, вода становится более прозрачной (рисунок 2), – однако, при этом погибают только сине-зелёные водоросли – количество вольвоксовых, трахеломонад и зоопланктона остаётся прежним.

экспериментов ВОДГЕО (таблица 1). Для рыб дозы сернокислой меди можно считать токсичными, если они превышают для следующих видов следующие значения: карп – 0,7 мг/л, щука – 1,0, вьюн – 3,0, крась 6,0. Таким образом, дозы, принимаемые для борьбы с цветением, не оказывают, за некоторым исключением, токсичного действия на большинство рыб, а также на их кормовую базу – зоопланктон, для которого

Таблица 2

Растворимость в воде соли  $\text{CuSO}_4$  различных фракций (по Бергу)

Крупность, мм	Растворяется в столбе воды, м
0,2 - 0,3	0,5 - 0,75
0,3 - 0,5	1,0 - 1,5
1,0	1,5 - 2,0
1,2	2,5
1,5	3,0

При выполнении этих мероприятий необходимо отслеживать, чтоб не оставалось нерастворённой меди, способной нанести вред другим организмам. Метод реализуют до или в самом начале цветения, чтоб сократить расход медного купороса и минимизировать вредные последствия массовой гибели водорослей.

В период цветения и купоросования воду рекомендуется забирать с больших глубин.

Вообще, традиционно, медный купорос используют в профилактике инфекционных и инвазионных болезней рыб в рыбоводческих хозяйствах, и в частности, для дезинфекции орудий лова (неводы, бредни, сети, сачки и др.), для чего их очищают от травы и мусора, промывают от ила и рыбьей слизи и просушивают. Для дезинфекции хлопчатобумажных, льняных и капроновых орудия лова выдерживают в течение двух часов в 0,5 % растворе медного купороса, и затем промывают чистой водой. Применение купороса для заводов по производству рыб регламентировало ветеринарно-санитарными правилами; комплекс рыбоводных мероприятий обеспечивает сохранение производителей, инкубируемой икры, подращиваемых личинок и молоди.

### Литература

1. Ерхов А.А. Механизм синергизма бактерий и водорослей в биопрудах// VIII Международная научная конференция «Молодые – наукам о Земле» 5-7 апреля 2016 г. МГРИ-РГГРУ – М. 2016. – С. 336-338.
2. Ерхов А.А. Организационно-методические основы технологии обеззараживания хлором в процессе водоподготовки// XIII Международная научно-практическая конференция «Новые идеи в науках о Земле», 5–7 апреля, 2017 г./ – Т. 2. – М.: МГРИ-РГГРУ, 2017. – 172-173 с.
3. Ерхов А.А. Кинетики ферментативных реакций и изменения сообщества микроорганизмов в условиях стабилизации активного ила/Фрог Б.Н., Королёва Е.А. // Электронное научное издание «Учёные заметки ТОГУ» 2018, том 9, № 1, С .554-563.
4. Ерхов А.А. Видоизменение микробиологического состава активного ила в процессе стабилизации/Фрог Б.Н., Королёва Е.А.//«Яковлевские чтения». XIII научно-техническая конференция. Сборник докладов. Москва. 15 марта 2018 г. Изд-во АСВ. – С. 35-44.
5. Ерхов А.А. Оптимизация доочистки в биопрудах/Королёва Е.А.//Дни студенческой науки: сб. докл. научно-технической конф. Москва, 12–16 марта 2018 г.). М.: МИСИ–МГСУ, 2018. – С. 81-83.

## ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ХИМИЧЕСКОГО ЗАВОДА

*Головатый Е.И.\*, Эпов А.Н. (МГРИ, Gol314@mail.ru)*

На основании обследования очистных сооружений были разработаны следующие технологические решения, которые можно использовать в качестве предварительных рекомендаций для проектирования.

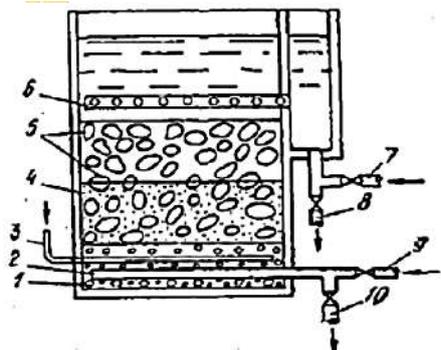
1. Снизить нагрузку по органическим загрязнениям на аэротенки.

Это позволит углубить очистку по ХПК, БПК и специфическим ингредиентам, снизить затраты воздуха, глубже проводить процесс нитрификации. Для этого предлагается использовать объем усреднителя - 8000 куб.м. В усреднителе предлагается проводить процесс преаэрации подачей в него всего образующегося избыточного активного ила. Такие процессы широко использовались в проектировании станций очистки как хозяйственных так и промышленных вод. Применение преаэрации с избыточным активным илом позволит снизить нагрузку на аэротенки на 25-30% и дополнительно поднять эффективность первичных отстойников за счет действия биофлокулянтов активного ила. При проектировании следует рассмотреть, как перемешивание преаэратором воздухом с одновременной аэрацией (этот вариант требует минимума переделок), так и механическое перемешивание преаэраторов с подачей воздуха только для окисления (данный прием позволяет экономить до 80% воздуха, подаваемого в преаэратор).

2. В аэротенках следует осуществить процесс нитри-денитрификации, для чего выделить 40% объема под аноксидную зону (без растворенного кислорода при наличии нитратов), обеспечив механическое перемешивание. Рециркуляцию из аэробной в аноксидную зону следует осуществлять погружными насосами с коэффициентом рециркуляции не менее 5. В связи с большим разбросом кислорода в поступающей воде следует предусмотреть систему управления воздухом с поддержанием постоянной концентрации растворенного кислорода. По этой же причине в проекте рекомендуется рассмотреть использование периодической аэрации в аноксидной зоне для оптимизации процессов окисления и восстановления азота.

3. Удаления фосфора следует предусмотреть физико-химическим методом с применением реагентов (соли железа и флокулянта). Оптимально необходимо соединить удаление фосфора со снижением концентрации взвешенных веществ перед доочисткой. Для этого предлагается после вторичных отстойников добавить стадию реагентной флотации. Ожидаемая концентрация взвешенных веществ после флотаторов составит менее 10 мг/л, дополнительно следует ожидать снижения ХПК на 15-20%. Время пребывания во флотаторе составит 0,5 часа.

4. Переоборудовать каркаснозасыпные фильтры (КЗФ) (рисунок 1) под биологически активные фильтры (БАФ) (рисунок 2). Объем КЗФ составляет 1900 куб. м, а возможное время пребывания более 1 часа, что обеспечивает полное снижение концентрации азота аммонийного (менее 0,25 мг/л), глубокое окисление биоокисляемых специфических ингредиентов, получения значения БПК менее 3 мг/л. При таком переоборудовании не только упростится режим промывки, но следует ожидать, что время эксплуатации загрузки будет составлять не менее 25 лет.



**Рисунок 1. Схема каркасно-засыпного фильтра**

1 — поддерживающие гравийные слои; 2 — распределительная система для воды; 3 — подача воздуха при промывке; 4 — песчаная засыпка; 5 — гравийный каркас; 6 — трубчатая система для подачи исходной и отведения промывной воды; 7 — подача исходной воды; 8 — отвод промывной воды; 9 — подача промывной воды; 10 — ствод фильтрата



**Рисунок 2. Фото биологически активного фильтра**

Для устройства фильтры БАФ предлагается рассмотреть гравийную загрузку с крупностью 2010 мм с устройством рециркуляции очищенного стока с коэффициентом не менее 3 при полном насыщении кислородом воздуха как поступающего стока, так и потока рециркуляции. Рециркуляция может осуществляться как погружными насосами, так и эрлифтами.

5. В случае необходимости получения очищенной воды с концентрациями ХПК менее 30 мг/л, процесс биологической очистки на БАФ следует дополнить озонированием. При этом нужно отказаться от хлорирования воды. Для проектирования системы озонирования рекомендуется провести полупроизводственный эксперимент для определения дозы озона и экономической целесообразности процесса.

6. Для улучшения качества механической очистки необходимо применить решетки с меньшим прозором более современной конструкции; отказаться от возврата отбросов с решеток в поток очищаемой жидкости и перейти на их прессование; применить промывку песка с отказом от песковых площадок; рассмотреть при проектировании для осуществления внутренних рециклов использование импортной насосной техники с более высоким КПД и большим межремонтным пробегом.

7. Рекомендации отражены в предлагаемой технологической схеме очистных сооружений химического завода.

По результатам обследования рекомендована следующая технологическая схема:

Городские и промышленные сточные воды поступают в усреднитель, где смешиваются со всем образующимся избыточным илом, при этом концентрация биомассы около 150 мг/л.

В усреднителе происходит процесс преаэрации с удалением части растворенных органических веществ и дополнительной биофлокуляцией осадка. После чего стоки проходят решетки (задержанные отбросы подвергаются прессованию без возврата в поток) и песколовки (предлагается подвергать песок промывке и обезвоживанию).

Далее стоки с избыточным активным илом поступают в первичные отстойники, где происходит совместное отделение сырого осадка и избыточного ила. Полученная смесь осадков направляется в минерализатор и далее по существующей схеме.

Прошедшие первичные отстойники стоки с расчетной концентрацией по взвешенным веществам 50-55 мг/л ((наиболее вероятные величины) и ХПК 240-270 мг/л поступают в аэротенки. В аэротенках поддерживается оптимальный кислородный режим и высокая доза ила с выносом после вторичных отстойников 30-40 мг/л. При этом первые 40% объема выделены под зону денитрификации. Из конца аэробной зоны погружными насосами осуществляется рецикл нитрат содержащих стоков.

Далее иловая смесь проходит существующие илоотделители и отстойники. После отстойников ожидается следующие концентрации в очищенной воде:

- Азот нитратов не более 5 мг/л;
- Азот аммонийный не более 3 мг/л;
- Взвешенные вещества не более 40 мг/л (в диапазоне 30-40 мг/л);
- Концентрация ХПК – 60 мг/л (общее ХПК включая ил до 120 мг/л).

Концентрация специфических ингредиентов снижается на 25 – 30% по отношению к существующей ситуации.

Далее биологически очищенные сточные воды последовательно смешиваются с растворами коагулянта и флокулянта и направляются на стадию напорной флотации. После прохождения флотантов сточные воды очищаются до:

- Азот нитратов не более 5 мг/л;
- Азот аммонийный не более 4 мг/л;
- Взвешенные вещества не более 10 мг/л (в диапазоне 5-10 мг/л);
- Растворенное ХПК – 50 мг/л (общее ХПК включая ил до 60 мг/л).

При этом не исключаются отдельные случаи с вероятностью до 15% превышения указанных величин.

Эффективность очистки по специфическим ингредиентам по сравнению с существующей возрастает по трудноокисляемым веществам до:

- Формальдегид – 85-90% (существующая 82%);
- Уротропин 70-75% (существующая 65%);
- Пентаэритрит – 40-45% (существующая 33%).

Образовавшийся флотошлам вместе с избыточным активным илом добавляется в усреднитель. Это позволяет более полно использовать коагулирующий потенциал реагентов.

Далее стоки поступают на биореакторы доочистки, при этом если биореакторы работают с подачей воздуха, то общая эффективность очистки составляет

- Азот нитратов не более 8,8 мг/л
- Азот аммонийный не более 0,4 мг/л
- Взвешенные вещества не более 6 мг/л (в диапазоне 3-6 мг/л)
- Растворенное ХПК – 40 мг/л (общее ХПК включая ил до 50 мг/л).
- Эффективность удаления специфических ингредиентов составляет 20-25% оставшийся величины.

При подаче озона

- Азот нитратов не более 8,8 мг/л
- Азот аммонийный не более 0,4 мг/л
- Взвешенные вещества не более 6 мг/л (в диапазоне 3-6 мг/л)
- Растворенное ХПК – 25 мг/л (общее ХПК включая ил до 30 мг/л).
- Эффективность удаления специфических ингредиентов может быть доведена до любой требуемой величины.



После обследования работы очистных сооружений и выдачи предварительных рекомендаций следует выполнить рабочий проект. В технологическую часть проекта необходимо включить математическое моделирование процессов очистки, на основе которого будут выполнены технологические расчеты. После согласований рабочего проекта можно приступить к реконструкции очистных сооружений химического завода.

## ОБСЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ХИМИЧЕСКОГО ЗАВОДА

*Головатый Е.И.\*, Энов А.Н. (МГРИ, Gol314@mail.ru)*

Важной проблемой в области охраны окружающей среды является строительство новых очистных сооружений и реконструкция старых сооружений. Со временем эффективность работы старых очистных сооружений ухудшается – это обусловлено устаревшим оборудованием неэффективными очистными технологиями. Проведение реконструкции позволяет повысить производительность очистных сооружений, внедрить современные технологии, улучшить качество очищаемой воды, установить энергоэффективное оборудование, снизить эксплуатационные затраты.

Первым этапом реконструкции является обследование очистных сооружений химического завода и разработка рекомендаций по проектированию. Сооружения предназначены для совместной очистки хоз.бытовых и промышленных сточных вод объемом 15тыс.куб.м/сут. Очистные сооружения построены в 80годах 20века. Сооружения состоят из усреднителя хоз.бытовых и производственных сточных вод, решеток, полочных первичных и вторичных отстойников, аэротенков, каркаснозасыпных фильтров (КЗФ), аэробного минерализатора, иловых карт. В качестве исходных данных

были представлены;

- 1) технологический регламент цеха очистки сточных вод,
- 2) результаты химико-бактериологических анализов по ступеням очистки.

На сооружениях проводился подробный анализ сточных вод и активного ила по 100 параметрам, как по общим, так и по специфическим ингредиентам. Для статистической обработки было передано 900 результатов анализов с высокой частотой отбора проб за 18 месяцев работы очистных сооружений. В цехе очистки было проведено визуальное обследование, были отобраны пробы хоз.бытовой и промышленной воды, пробы активного ила для исследований биоокисляемости и фракционного ХПК.

Для оценки работы очистных сооружений была проведена статистическая обработка результатов анализов. При этом массив данных разбивался равномерно по классам и анализировался процент частоты встречаемости величин в каждом классе. Полученная кривая распределения вероятности величины показывает наиболее вероятный диапазон (наибольший % встречаемости), позволяющей оценить средний режим работы сооружений, а также общий разброс величины, показывающий насколько значения в выборке, отклоняются от среднего. Кроме того, случайные отклонения в больших выборках подчиняются нормальному распределению, т.е. вероятности отклонения величин в большую и меньшую сторону для случайной величины должны быть симметричны. Наличие смещений в большую сторону соответствует периодическим нарушениям в работе сооружений или поступлению залповых выбросов.

Для определения степени биоокисляемости стока был проведен анализ пробы проточного ХПК с помощью респирометра WTW OxiTop. Для определения ХПК был использован спектрофотометр фирмы НАСН. По современным представлениям о фракционировании общая ХПК состоит из растворенной и взвешенной, растворенная ХПК состоит из легкорастворенной и инертной, а взвешенная ХПК состоит из медленноокисляемой и инертной ХПК. Легкоокисляемая ХПК состоит из ХПК фосфатоаккумулялирующих организмов и ферментируемое ХПК.

Для моделирования наиболее сложных технологий совместного удаления азота и фосфора важным шагом в развитии и применения стехеометрических и динамических моделей детальное описание ХПК, при котором фракционирование играет основную роль. Присутствие или формирование легкоокисляемого ХПК является основным фактором характеристики поступающего стока, наиболее важным для потенциальной возможности удаления фосфора. Собственно, величины БПК и ХПК мало влияют на проектирование сооружений для процессов удаления фосфора. Характеристики ХПК по окисляемости также эффективны для описания процесса вспухания ила, так как борьба нитчатых и флокuloобразующих микроорганизмов за легкоокисляемый субстрат является главным механизмом селекции. В результате статистической обработки данных и исследований активного ила, промышленной и хоз.бытовой воды получены следующие результаты. Первичные отстойники весьма эффективно снижают концентрацию загрязнений до 300-400 мг/л т.е. на 40%. После биологической очистки и доочистки остается 50 мг/л (при норме 30 мг/л) и более того, величина 100 мг/л имеет вероятность более 5%, что не может считаться статистической ошибкой, а является максимальной величиной.

Общее ХПК стока составило 763 мг/л. При этом 18% находилось во взвеси и 82% в растворенной форме. Особо следует отметить, что 42% от общего ХПК -320 мг/л было представлено биологически инертной растворенной органикой. Для проверки этого результата был проведен опыт по предельному окислению стока. Для этого сточная вода (с добавлением 20% хоз.бытового стока) была смешана с активным илом, полученным с данной станции с концентрацией около 2 г/л и аэрировалась в течение 7 суток. После этого ил был отстоян и определено содержание ХПК и аммонийного азота в очищенной таким образом воде. ХПК очищенной воды составило 227 мг/л, а концентрация аммонийного азота снизилась до 0,2 мг/л, т.е. в пробе произошла полная нитрификация.

Результаты поставленных экспериментов позволяют заключить, что в промстоках содержится значительная часть биологически инертной органики. Это подтверждается как распределением ХПК, так и анализом очищенной воды по данному показателю. Однако эти вещества в условиях лабораторного эксперимента не нарушают процесс нитрификации. Результаты проведенного анализа не только объясняют получение высоких концентраций по ХПК в очищенной воде, но и показывают, что биологическими методами в аэротенках для данного стока будет практически невозможно получить ХПК менее 30 мг/л, требуемое для рыбохозяйственных водоемов.

Так же данный сток в силу большого содержания инертной органики неблагоприятен для биологического удаления фосфора.

Отстойники работают в близком режиме, что говорит об идентичности их условий работы. Отстойники снижают концентрацию взвешенных веществ с 90-110 мг/л до 60-70 мг/л. Эффективность отстаивания составляет 35%, что можно считать удовлетворительным результатом, учитывая низкую концентрацию взвешенных веществ в поступающей воде. Для отстойников обоих блоков имеется вероятность более 5% выноса взвешенных веществ более 100 мг/л, что практически идентично поступающему стоку. Таким образом, нитрификация первичных отстойников так же должна является одной из целей реконструкции.

Оценивая вынос ила после отстойников, следует учитывать, что сооружения эксплуатируются при высоких дозах ила -3-4 г/л, а иногда и более. Вынос ила со вторичных отстойников в основном составляет 10 и 15 мг/л, однако во многих случаях он достигает 20 мг/л (более 5% случаев), а иногда доходит и до 40 мг/л. Можно видеть, что распределение несимметрично с отклонением в сторону больших величин, что

говорит о периодических выносах с данных сооружений. Следует отметить, что вынос с двухступенчатого илоотделения наблюдается практически при 50% гидравлической нагрузки. По нашему опыту эксплуатации полочных отстойников, такая ситуация характерна при подходе слоя ила к нижней границе полок сооружений. Можно заключить, что применение полочных отстойников не полностью достигло поставленной задачи - эксплуатации сооружений с высокими дозами ила при невысоком выносе. На современных Европейских станциях эксплуатируются аэротенки с дозами ила 3 -4 мг/л с применением традиционных радиальных отстойников без доочистки. Концентрация взвешенных веществ, как правило, не превышает 15 мг/л.

Каркасно засыпные фильтры практически снимают риск получения очищенной воды с большим содержанием взвешенных веществ, однако в целом концентрации взвешенных веществ более 10 мг/л (33% от общей совокупности) говорит о недостаточной эффективности этих аппаратов.

Следует отметить, что концентрация аммонийного азота в поступающей воде часто выше, чем в хозяйственных стоках (более 35мг/л). Обработка такой воды без денитрификации (удаления азота), требует высоких затрат кислорода – более 160 мг/л (эквивалентно 160 мг/л БПКп). Экономия при введении денитрификации может составить до 100 мг/л по кислороду (эквивалентно 100 мг/л БПКп).

Нитрификация, несмотря на высокую дозу ила в аэротенках и неполную загрузку сооружений не проходит полностью. Это отличается от данных полученных в лабораторных экспериментах. Данный факт может быть объяснен в первую очередь двумя причинами – во-первых, поступление промстока может не нарушать процесс нитрификации, но снижать его скорость за счет перераспределения видов в биоценозе, во-вторых – при высоких концентрациях азота в отсутствие денитрификации может исчерпываться запас щелочности, что также отрицательно влияет на скорость процесса.

Таким образом, внедрение процесса биологического удаления азота необходимо как с технологической, так и с экономической точки зрения. Согласно полученному распределению ХПК по биоокисляемости может быть удалено до 30 мг/л азота, а экономия воздуха составит 23%.

Эффективность удаления азота может быть определена следующим образом.

- концентрация легкоокисляемого субстрата в растворенной форме по ХПК – 40%;
- наиболее вероятная концентрация по ХПК общему - 600 мг/л;
- максимальное отклонение ХПК/азот – 8 (не более 8 мг ХПК на мг удаляемого азота).
- количество удаляемого азота –

$$600*0,4/8 +30 \text{ мг/л;}$$

- общий расход углерода;
- общее биоокисляемое ХПК –

$$40+15 = 55\%;$$

- затраты кислорода по ХПК –

$$600*0,55*(1-0,4)=198 \text{ мг/л,}$$

где 0,4- коэффициент прироста при возрастах ила соответствующих нитрификации;

При этом ожидаемый прирост ила –

$$600 \cdot 0,55 \cdot 0,4 + 600 \cdot 0,03 = 150 \text{ мг/л, где}$$

- 0,03 – процент содержания инертной органики во взвешенных веществах;  
Затраты на нитрификацию при

$$35 \cdot 4,66 = 163 \text{ мг/д;}$$

- общий расход кислорода –

$$198 + 163 + 361 \text{ мг/л;}$$

- возврат кислорода при денитрификации –

$$30 \cdot 28 = 101,5 \text{ мг/л или 23\%,}$$

где 30 – количество удаляемого азота, 2,8 – коэффициент возврата кислорода при денитрификации.

На основании обследования работы очистных сооружений химического завода можно сделать следующие выводы.

- На сооружения поступает промсток со значительной частью бионеоокисляемого ХПК. Этот промсток составляет 50% от общего расхода и более.

Его поступление обуславливают высокие величины ХПК в очищенной воде. Удаление этого ХПК только в аэротенках невозможно. В лабораторных условиях поступление промстока не нарушает процесс нитрификации, что говорит о возможности его проведения. Поступающий сток, к сожалению, неблагоприятен (большое количество инертной органики) для биологического удаления фосфора из-за большого количества инертной органики, поступающий сток неблагоприятен для биологического удаления фосфора.

Первичные отстойники достаточно эффективно снижают ХПК до 300-400 мг/л, т.е. в среднем на 40%. Разброс значений по ХПК после первичных отстойников весьма велик. Значения ХПК поступающего на биологическую очистку меняется от 280 до 900 мг/л. В силу этой ситуации следует рекомендовать управление расходом воздуха в аэротенках с поддержанием постоянной концентрации растворенного кислорода.

Эффективность отстаивания в первичных отстойниках со взвешенным веществом составляет 35%, что можно считать удовлетворительным результатом, учитывая низкую концентрацию взвешенных веществ в поступающей воде. Для отстойников обоих блоков имеется вероятность выноса взвешенных веществ более 100 мг/л, что практически идентично поступающему стоку. Таким образом интенсификация работы первичных отстойников так же должна являться одной из целей реконструкции.

Можно заключить, что применение двухступенчатых полочных вторичных отстойников не полностью достигло поставленной задачи – эксплуатация с высокими дозами ила при невысоком выносе. Вынос ила во многих случаях достигает 20 мг/л (более 5% случаев), а иногда доходит и до 40 мг/л. Такая ситуация характерна при подходе слоя ила к нижней границе полок сооружений.

Каркасно-засыпные фильтры снимают риск получения очищенной воды с большим содержанием взвешенных веществ, однако в целом концентрации взвешенных веществ более 10 мг/л говорит о недостаточной эффективности этих аппаратов. Кроме того, при значительном времени пребывания данные аппараты



неэффективны по снижению концентрации растворенных трудноокисляемых загрязнений и не предназначены для глубокой нитрификации.

Несмотря на высокую дозу ила в аэротенках и неполную нагрузку сооружений нитрификация не проходит полностью. Поступление промстока может не нарушать процесс нитрификации, но снижать его скорость за счет перераспределения видов в биоценозе, при высоких концентрациях азота в отсутствие денитрификации может исчерпываться запас щелочности, что так же отрицательно влияет на скорость процесса. Внедрение технологии биологического удаления азота необходимо как с технологической, так и с экономической точки зрения. Согласно полученному распределению ХПК по биоокисляемости может быть удалено до 30 мг/л азота, а экономия воздуха составит 22%.

Применение хлорирования для смеси хозяйственных и промышленных сточных вод нежелательно, т.к. образуются канцерогенные хлорорганические вещества, которые очень вредны для водоема, в который поступают очищенные сточные воды.

## К ВОПРОСАМ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ ВОДООТВЕДЕНИЯ

ДЕРЮШЕВ Л. Г. (МГРИ)

117997, Россия, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23, тел.: (495) 433-62-56,  
e-mail: [Derjushev13@mail.ru](mailto:Derjushev13@mail.ru)

В нормативной, справочной и учебной литературе [1, 3, 4, 5] указывается, что "расчет водоотводящих сетей состоит в определении диаметров и уклонов трубопроводов, обеспечивающих при наиболее благоприятных гидравлических условиях пропуск расходов сточных вод в любой момент времени". Специалистам в области водоснабжения и водоотведения данное определение понятно и не требует разъяснений. Инженеры же смежных специальностей, которые принимают решения по строительству и эксплуатации канализационных сетей, не воспринимают смысл нормируемого указания, поскольку в нем не оговаривается принцип выбора расчетного параметра  $Q$ . Например, в СП 31.13330 [1] в качестве первого требования по проектированию водопроводных объектов приводится условие выполнения расчетов расходов воды  $Q_{сут. max}$ ,  $Q_{сут. min}$  в сутки наибольшего и наименьшего водопотребления. В п.5.1.6 СП 32.13330 [2] аналогичное требование формулируется: "...расчетные суточные расходы сточных вод следует принимать как произведение среднесуточного (за год) расхода по 5.1.5 [2] на коэффициенты суточной неравномерности, принимаемые согласно СП 31.13330". Авторам [1,2] было очевидно, что события водопотребления "х" и водоотведения "у" случайны и взаимосвязаны, их количество не может быть конечно, поскольку  $x \xrightarrow{t} \infty$ ,  $y \xrightarrow{t} \infty$ . Поэтому расчеты водопроводных и канализационных сооружений должны выполняться в первую очередь для случаев работы их в экстремальных ситуациях: "max хоз.", "min хоз.", " max хоз. +авария" и т.д. Экстремальные ситуации моделируются для системы с постоянными параметрами на отрезках времени  $\Delta t_{max}$ ,  $\Delta t_{min}$ , (час, с), а потому и параметры отдельных элементов рассматриваемой системы должны соответствовать нормируемым условиям функционирования. На практике нормативные требования проектирования объектов строго соблюдаются при расчетах распределительных трубопроводных систем водоснабжения, а при расчетах трубопроводов систем водоотведения претерпевают мнимую корректировку или искажение. В нормативной, справочной и учебной литературе [1-5] подчеркивается взаимосвязь систем водоснабжения и водоотведения по условиям водопотребления и водоотведения, указывается единство коэффициентов суточной неравномерности для населенных пунктов, часовой неравномерности для промышленных предприятий. На практике же, когда переходят к расчетам канализационных сетей, логика формирования расчетных расходов сточных вод, основы законов сохранения энергии и материи игнорируются. Например, в учебной литературе [3, 4, 5] расчетные расходы сточных вод водоотводящих сооружений предлагается определять по средним расходам сточных вод с селитебных площадей с переменной величиной общего коэффициента неравномерности по формуле

$$q_{max.c} = (q_{\delta} \cdot P / 24 \cdot 3600) F_i \cdot K_i, \text{ л / с}, \quad (1)$$

где  $q_{\delta}$  - удельное водоотведение бытовых вод, л/чел·сут;

$P$  - плотность населения, чел/га;

$F_i$  -  $i$ -ая селитебная площадь кварталов, га;

$K_{общ.i} = K_{сут} \cdot K_{ч}$  - общий коэффициент неравномерности для  $i$ -ой площади кварталов;

$K_{сут}$  - коэффициент суточной неравномерности;

$K_{ч}$  - коэффициент часовой неравномерности.

Коэффициент  $K_{общ.i}$  уменьшается с увеличением среднего расхода на участке, и определяется по таблице 1 СП 32.13330.2012. Расчетные расходы сточных вод на участках бытовой сети определяют по формуле:

$$Q_p = \sum q_{соср} + \sum q_{ср} \cdot K_{общ.i}, \text{ л/с}, \quad (2)$$

где  $K_{общ.i}$  – коэффициент общей неравномерности поступления бытовых сточных вод от жилых кварталов, который определяется по таблице 1 СП 32.13330.2012, в зависимости от суммарного среднего расхода сточных вод с жилых кварталов, поступающих в трубопроводный участок [2];

$q_{соср}$  - сосредоточенный расход, определяемый с учетом неравномерности расходов от коммунальных и промышленных предприятий.

$q_{ср}$  - средний расход- расход сточных вод от жилой застройки.

Расчетные общие максимальные и минимальные расходы сточных вод принимаются с учетом суточной и часовой неравномерности по таблице 1 [2].

Таблица 1

Средний расход сточ. вод, л/с	5	10	20	50	100	300	500	1000	5000 и более
$K_{общ.маx. i, 1\%}$ обеспеченности	3,0	2,7	2,5	2,2	2,0	1,8	1,75	1,7	1,6
$K_{общ.min. i, 1\%}$	0,2	0,23	0,26	0,3	0,35	0,4	0,45	0,51	0,56
$K_{общ.маx. i, 5\%}$	2,5	2,1	1,9	1,7	1,6	1,55	1,5	1,47	1,44
$K_{общ.min. i, 5\%}$	0,38	0,46	0,5	0,55	0,59	0,62	0,66	0,69	0,71

Примечание: при средних расходах сточных вод менее 5 л/с максимальный коэффициент неравномерности принимается 3.

Поскольку  $K_{сут.маx}$  и  $K_{сут.min}$  принимаются с учетом требований [1], то логично было бы предположить, что часовые коэффициенты неравномерности поступления сточных можно оценивать следующим образом:  $K_{ч.маx} = K_{общ.маx} / K_{сут.маx}$ ,  $K_{ч.min} = K_{общ.min} / K_{сут.min}$ .

Моделировать процесс притока сточных вод на ЭВМ, как это допускается требованиями п.5.1.7 [2], для большей части проектировщиков в настоящее время не представляется возможным по ряду причин: ограничен объем статистической информации, достоверность этой информации не гарантируется, отсутствует административная заинтересованность в организации работ исследования режимов водопотребления и водоотведения на подведомственных объектах с открытым доступом по их оценке и т.д.

Очевидно, по причинам, перечисленным выше, практикуется метод полумер оценки режимов водоотведения на объектах проектирования канализационных сетей:

используются коэффициенты суточной неравномерности водопотребления, общие коэффициенты неравномерности притока сточных вод одновременно без составления баланса по воде. И трудно при этом понять, какие условия поступления сточных вод учитываются при определении расчетных расходов сточных вод не только для участков трубопроводной сети, но и всей системы.

Выполнение этих расчетов при проектировании канализационной сети можно рассмотреть на следующем примере.

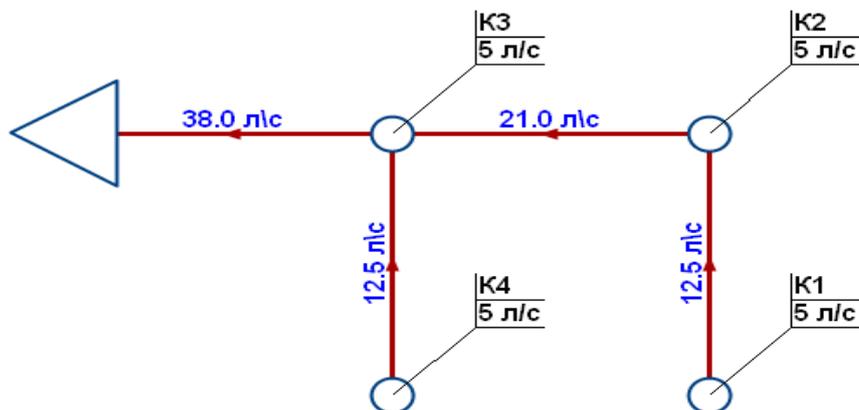


Рисунок 1. Расчетная схема канализационной сети

На рисунке 1 представлена расчетная схема канализационной сети. К узлам на схеме привязаны средние расходы, поступающие с прилегающих площадей объекта. Сосредоточенные расходы сведены к  $\theta$  в целях упрощения расчета и сокращения описания второстепенных оценок. В каждый узел поступает средний расход  $q_{\text{ср } i} = 0,005 \text{ м}^3/\text{с}$ . Расчеты выполняются по участкам сети от 1 узла до канализационной насосной станции (КНС) при 5% обеспеченности (точности) информации поступления сточных вод в максимальные сутки.

На участке 1-2:

$q_{\text{ср } 1} = 0,005 \text{ м}^3/\text{с} = 5 \text{ л/с}$ . Чтобы оценить расчетный расход на участке по таблице 1 выбирается коэффициент  $K_i$ . Для расхода воды  $Q=5 \text{ л/с}$ , принимается  $K_{\text{общ. max } i} = 2,5$ ;

$$Q_{p(1-2)} = 0,005 \cdot 2,5 = 0,0125 \text{ м}^3/\text{с} = 12,5 \text{ л/с}.$$

На участке 4-3: расчеты расходов воды выполняются аналогично, как и для участка 1-2.

На участке 2-3:

В узел 2 поступает средний расход  $q_{\text{ср } 2}$ , а также транзитный средний расход от 1 узла  $q_{\text{ср } 1}$  (средний расход с прилегаемой к узлу площади объекта);

$$\sum q_{\text{ср } i} = q_{\text{ср } 1} + q_{\text{ср } 2} = 0,005 + 0,005 = 0,01 \text{ м}^3/\text{с} = 10 \text{ л/с}.$$

Как выше отмечалось, по таблице 1 принимается:  $K_{\text{общ. max } i} = 2,1$

$$Q_{p(2-3)} = (0,005 + 0,005) \cdot 2,1 = 0,021 \text{ м}^3/\text{с} = 21 \text{ л/с}.$$

На участке 3-КНС

В узел 3 поступает средний расход  $q_{\text{ср } 3}$ , а также транзитный средний расход от всех узлов  $q_{\text{ср } i}$ .

$$\sum q_{\text{ср } i} = q_{\text{ср } 1} + q_{\text{ср } 2} + q_{\text{ср } 3} + q_{\text{ср } 4} = 0,02 \text{ м}^3/\text{с} = 20 \text{ л/с};$$

Выбирается  $K_{\text{общ. max } i}$  по таблице 1:  $K_{\text{общ. max } i} = 1,9$ .

$$Q_p(3\text{-КНС}) = 0,02 \cdot 1,9 = 0,038 \text{ м}^3/\text{с} = 38 \text{ л/с.}$$

Из примера видно, что расходы на участках сети меняются не как сумма выше расположенных по расчетной схеме узловых расходов, а с учетом коэффициентов  $K_{\text{общ. max } 1}$ ,  $K_{\text{общ. max } 2}$ ,  $K_{\text{общ. max } 3}$  и т.д.

Спрашивается, а почему  $K_{\text{общ. max } i}$  меняется на каждом участке для единого объекта? Это же единая система. Почему для элементов системы водоснабжения коэффициенты неравномерности расходов воды не меняются, а для элементов системы водоотведения меняются? При проектировании объекта рассматривается случайная экстремальная ситуация отвода сточных вод в максимальный час. Что, когда рассчитывается система водоснабжения объекта у него одни потребители, а когда рассчитывается система водоотведения, то другие? Где же логика, где баланс расходов? Можно допустить, что в канализационные колодцы через люки поступают дождевые воды, но затем учесть их на последующих этапах расчета сети без нарушения единой методики расчета расходов и отвода воды потребителями населенного пункта.

При расчетах канализационной сети применяемыми методами на конечном участке сети перед КНС можно получить расход  $Q$ , который соответствует расчетному расходу по объекту. Но это совпадение будет только для конечного участка, а не для всех участков сети. Не трудно убедиться, что подобные расчеты приводят к увеличению диаметров трубопроводов на один или два сортамента, к искажению процессов формирования расходов воды, к перерасходу материальных и энергетических затрат (меняются глубины заложения трубопроводов, геометрические высоты для перекачки стоков, стоимости труб, эксплуатационные расходы и т.д.). В масштабах страны подобный подход к проектированию и строительству канализационных сетей приводит к убыткам в миллиарды рублей. Заметим, в любой учебной и справочной литературе [3,4,5] все разделы по расчету канализационных сетей написаны не авторами изданий, а сторонними лицами.

#### **Вывод:**

**Сопоставительный анализ справочной, учебной и нормативной литературы позволяет вынести предложение по уточнению требований расчета канализационных сетей на ближайшем этапе актуализации строительных правил (СП) по канализации.**

#### **Библиографический список**

1. СП 31.13330.2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. М., 2019;
2. СП 32.13330.2012. Канализация. Наружные сети и сооружения. М., 2012;
3. Воронов Ю. В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод. МГСУ, М., 2006. 702 с.;
4. Яковлев С.В., Карелин Я.И., Жуков А.И., Канализация. М., 1975. 632 с.;
5. Справочник проектировщика. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Под редакцией В.Н. Самохина. М., 1981. 638 с.

## РАСЧЕТ РАБОЧИХ И РЕЗЕРВНЫХ ФИЛЬТРОВ ВОДОПРОВОДНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ С УЧЕТОМ БЕЗОТКАЗНОСТИ ИХ РАБОТЫ

Дерюшев Л.Г., Дерюшева Н.Л. (МГРИ, Derjushev13@mail.ru)

**Аннотация:** Моделируется процесс работы и восстановления фильтров, как элементов водопроводных очистных сооружений. Обосновывается формула по расчету площади фильтров необходимая для фильтрования расчетного количества воды. Предлагается метод определения необходимого числа резервных элементов для обеспечения надежности функционирования фильтровальной станции.

**Ключевые слова:** СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ, ФИЛЬТРЫ, РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА И ПЛОЩАДИ ФИЛЬТРОВ, РЕЗЕРВИРОВАНИЕ, ПРОЦЕСС РАБОТЫ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОБЪЕКТА

На основании Федерального Закона «О техническом регулировании» от 27.12.2002 г., № 184-ФЗ [1], Градостроительного кодекса Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ [2], Договора о вступлении России в ВТО [3], в Российской Федерации выполняется актуализация действующих нормативных документов, в частности, по проектированию систем водоснабжения и водоотведения. В последней редакции строительных правил по проектированию наружных сетей и сооружений систем водоснабжения [4] приведены требования, которые исключают использование прежних формул по расчету площадей скорых фильтров и контактных осветлителей. Подробных обоснований принятия подобных решений в открытой печати не приводились. Авторы разработки свода правил [4] считали очевидным правомерность подобных решений, но для более широкого круга инженеров необходимость пояснений в изменении требований проектирования очистных сооружений остались. Необходимость пояснений по отмеченным правилам обуславливается и тем, что в настоящее время в инженерной практике проектирования систем водоснабжения и водоотведения основные положения теории надежности не принимаются во внимание, а если в какой-то мере и используются в нормативных документах термины "надежность" и "качество" сооружений, то только как лексические выражения, а не количественные оценки свойств выполнения объектами заданных функций. Например, для станций очистки воды правила резервирования сооружений по выполнению условий их нормального функционирования отсутствуют [4, 5].

Инженерам любой специальности известно, что свойство технического или строительного объекта выполнять заданные функции необходимо с учетом не только методов, применяемых в исследуемой отрасли, но и методов теории надежности. Если на водопроводных очистных сооружениях оценивается функционирование фильтров, то последние рассматриваются как совокупность элементов системы, выполняющей функции по очистке воды [8, 9]. Число фильтров и их объемы назначаются с учетом нормативных условий по подаче воды  $Q_{\text{рас}}$  потребителю.

Расчетная подача воды на очистные сооружения для ее фильтрации на скорых фильтрах определяется по условию [4]:  $Q_{\text{рас}} = \alpha \cdot \frac{S_{\text{сут}}^{\text{max}}}{T_{\text{ст}}}$ , где  $\alpha$  - коэффициент, учитывающий долю расхода воды на собственные нужды очистных сооружений;  $S_{\text{сут}}^{\text{max}} \equiv Q_{\text{сут}}^{\text{max}}$  - количество воды, которое подается потребителям системой водоснабжения в максимальные сутки, м<sup>3</sup>;

$Q_{сут}^{max} = K_{сут}^{max} \cdot Q_{сут}^{cp}$  - расход проектируемой системы водоснабжения в максимальные сутки, м<sup>3</sup>/сут;  $K_{сут}^{max}$  - максимальный коэффициент суточной неравномерности;  $Q_{сут}^{cp}$  - расход проектируемой системы водоснабжения в средние сутки, м<sup>3</sup>/сут;  $T_{ст}$  - продолжительность работы сооружений в течение суток, ч.

Очевидно, что количество фильтров  $n$  на водопроводной станции должно быть достаточно для обеспечения фильтрации расчетного количества воды, восстановления их работоспособности (выполнения профилактических и капитальных ремонтов) [4,5,11], а также обеспечения регламентированной промывки.

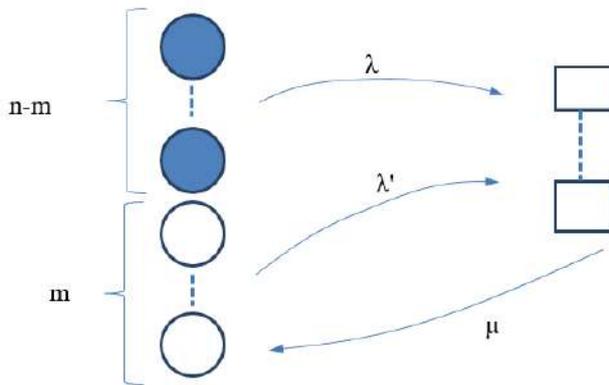


Рисунок 1. Модель функционирования и восстановления системы фильтров

Рассмотрим систему фильтров, модель функционирования которой имеет схему рисунка 1. В системе предусматривается  $(n - m)$  рабочих фильтров (элементов) с

интенсивностью отказа  $\lambda' = \frac{1}{T_o}$ , (где

$T_o$  - наработка на отказ или среднее время между ремонтами, ч) и  $m$  резервных фильтров (элементов),

которые с интенсивностью  $\lambda = \frac{1}{T_u}$  (где

$T_u = 8 \div 12$  ч время цикла работы фильтра между промывками, ч) замещают рабочие фильтры при остановке последних на промывку (теплый или скользящий резерв) и с интенсивностью  $\mu = \frac{1}{\tau}$  (где  $\tau$  - среднее время промывки, ремонта, ч) восстанавливаются.

Каждый отказавший фильтр восстанавливается подразделением обслуживающего персонала, состоящим из  $r$  ремонтных единиц. В обязанности ремонтной единицы (бригады рабочих, диспетчеров, инженеров) входит восстановление одного фильтра. При восстановлении железобетонных, металлических конструкций фильтров на водопроводную станцию приглашаются дополнительные специализированные ремонтные единицы. Если на крупной станции количество рабочих фильтров  $(n - m) \geq 20$ , то увеличивается вероятность остановки на ремонт 2, 3 и более фильтров. Очевидно, что на подобных станциях количество ремонтных единиц должно быть  $r \geq 2$  соответственно.

Согласно "Нормам амортизационных отчислений" [6], п.4.3 ГОСТ 27751-2014 [7] долговечность фильтров систем водоснабжения составляет не менее  $T_{сл} \geq 50$  лет, где  $T_{сл}$  - срок службы. Водопроводные фильтры относятся к ремонтируемым объектам, интенсивность отказов которых за весь гарантируемый срок службы постоянна. Следовательно, можно допустить, что за время  $\Delta T = 24$  ч на интервале  $\Delta T_{сл} = 0 \div 50$  лет износ фильтров будет незначительный, потоки событий остановок на промывку и восстановления пропускной способности фильтров будут простейшими (обладать свойствами стационарных пуассоновских потоков), наработка на отказ железобетонных конструкций, трубопроводов большого сопротивления каждого фильтра будет стремиться к  $T_o \rightarrow \infty$  (по условию стационарности потока отказов и восстановления). При этом существует вероятность того, что один фильтр находится на текущем или капитальном ремонте в течении  $\tau > 24$  часов, и восстанавливается специализированной

бригадой (отдельно выделенной из штата станции, либо приглашенной по договору). Если все ремонтные единицы в системе заняты, то поступающие на восстановление фильтры становятся в очередь. При отказе рабочего фильтра на его место мгновенно становится резервный фильтр, интенсивность перехода которого из состояния промывки в рабочий режим меняется с  $\lambda$  на  $\lambda'$ . Отказ системы наступит в том случае, если число неисправных элементов в ней будет  $m+1$  (при отказе всех резервных и хотя бы одного рабочего фильтра). Допуская, что поток отказов водопроводных фильтров подчиняются закону Пуассона, вероятность безотказной работы системы фильтров за время промывки одного из них легко оценить по формуле  $P(m+c-1 \leq \tau) = 1 - 0,148 \frac{(z \cdot \lambda \cdot \tau)^a}{a!}$  [10], например при  $\lambda = 0,125 \text{ ч}^{-1}$ ,  $\tau = 0,3 \text{ ч}$ ,  $z = 10$ ,  $a = 2$  - число остановок на промывку,  $C$  - число возможных событий,  $m+c-1$  - условие отказа  $z$  фильтров,  $P(m+c-1 \leq \tau) = 0,99$ .

Параметры  $m$ ,  $\lambda'$ ,  $\lambda$ ,  $\mu$  сравнительно просто оценить по правилам, изложенным в [4, 6, 8, 9] и методическим указаниям, которые утверждаются комитетом стандартов, например [12].

На данном этапе оценки параметров системы фильтров, рассмотрим формулу расчета площади фильтров  $F_\phi$ , которая ранее приводилась в СНиП [10]:

$$F_\phi = \frac{Q}{(T_{\text{ст}} \cdot \mathcal{G}_\text{н} - n_{\text{пр}} \cdot q_{\text{пр}} - n_{\text{пр}} \cdot \tau_{\text{пр}} \cdot \mathcal{G}_\text{н})}$$
, где  $Q$  - полезная производительность станции,  $\text{м}^3/\text{сут}$ ;  $T_{\text{ст}}$  - продолжительность работы станции в течение суток, ч;  $\mathcal{G}_\text{н}$  - расчетная скорость фильтрования при нормальном режиме,  $\text{м}/\text{ч}$ ;  $n_{\text{пр}}$  - число промывок одного фильтра в сутки;  $q_{\text{пр}}$  - удельный расход воды на промывку одного фильтра,  $\text{м}^3/\text{м}^2$ ;  $\tau_{\text{пр}}$  - время простоя фильтра в связи с промывкой, для водной - 0,33 ч, для водо-воздушной - 0,5 ч.

Если в формулу (2) ввести единицы измерения для каждого расчетного параметра, то можно убедиться, что результат оценки площади фильтров будет измеряться не в

" $\text{м}^2$ ", а в " $\text{м}^2/\text{сут}$ "

$$F_\phi = \frac{\text{м}^3/\text{сут}}{\text{ч} \cdot \text{м}/\text{ч} - \text{м}^3/\text{м}^2 - \text{ч} \cdot \text{м}/\text{ч}} = \frac{\text{м}^3/\text{сут}}{\text{м}-\text{м}-\text{м}} = \frac{\text{м}^2}{\text{сут}}$$

Очевидно, что модель (2) не отражает реальный процесс функционирования системы фильтров. Не могут фильтры с заданными условиями функционирования, с параметрами отказов  $\lambda'$ , связанными с текущими и капитальными ремонтами, с параметрами отказов  $\lambda$ , связанными с отключением на промывку, одновременно фильтровать воду и промываться. Существует очередность и объективные технологические закономерности: в режиме работы они фильтруют воду, а в режиме резерва они восстанавливаются (промываются, ремонтируются). Нельзя выполнять инженерные расчеты объектов, пренебрегая фундаментальными законами теории надежности [8, 11].

Если оценивается процесс фильтрования воды, то площадь фильтров для обеспечения нормальной работы системы должна рассчитываться по формуле

$F_\phi = \frac{Q_{\text{рас}}}{\mathcal{G}_\text{н}}$ , а количество рабочих фильтров по формуле  $z = \frac{F_\phi}{f_\phi}$ , где  $z = n - m$ ;  $n$  - общее количество фильтров в системе;  $m$  - количество резервных фильтров;  $f_\phi$  - площадь одного фильтра,  $\text{м}^2$ .

Количество резервных фильтров, необходимых для обеспечения безотказной работы системы, можно определить по единым правилам, которые используются в технике для обеспечения уровня надежности системы  $P(t)$ , при заданных:  $m, \lambda', \lambda, \mu, r$ .

Например, если в системе количество ремонтных единиц  $r=1$ , поток отказов фильтров  $x_1, x_2, x_3 \dots x_i$  ординарный (вероятность попадания на участок  $\Delta t$  двух и более событий  $x_i$  пренебрежительно мала), 1 фильтр стоит на капитальном ремонте и восстанавливается специализированной бригадой (специальная бригада, которая выполняет работы по договору), на промывку останавливается последовательно 1 фильтр из числа  $z$  фильтров, то общее количество фильтров на станции можно принять равным  $n = z+1+1 = z+2$ .

В том случае, когда количество рабочих фильтров  $z \geq 20$ , например:  $z=22$  шт.,  $T_{ц} = 8$  ч, (время цикла работы фильтра),  $\tau = 0,5$  ч (время промывки), время необходимое для промывки рабочих фильтров составит  $t = 0,5 \cdot 22 \cdot 3 = 33$  ч  $> 24$  ч, что указывает на необходимость промывки сразу двух фильтров. При одновременной промывке 2 фильтров:  $t = 0,5 \cdot (22 \cdot 3) / 2 = 16,5$  ч  $< 24$  ч, следовательно, общее количество фильтров на станции составит  $n = 22+1+2=25$  шт.

Аналогично, по этой же причине отменена и формула расчета общей площади  $F_{к.о.}$  контактных осветлителей. Подобный анализ можно привести ниже:

$$F_{к.о.} = \frac{Q}{[T_{ст} \cdot \vartheta_n - n_{пр} \cdot (q_{пр} + \tau_{пр} \cdot \vartheta_n + \tau_{ст} \cdot \vartheta_n / 60)]}$$
, где  $\tau_{ст}$  - продолжительность сброса первого

$$F_{к.о.} = \frac{m^3 / \text{сут}}{ч \cdot м / ч - (m^3 / m^2 + ч \cdot м / ч + мин \cdot м / ч / 60)} = \frac{m^3 / \text{сут}}{м - м - м - м} = \frac{m^2}{\text{сут}}$$

Для сравнения результатов расчета контактных осветлителей по существующей методике и предлагаемой рассмотрим пример.

Дано: производительность станции  $40\,000 \text{ м}^3/\text{сут}$  I категории системы водоснабжения, при  $K_{сут}^{max} = 1,2$ ,  $q_{пр} = 18 \text{ л} / (\text{с} \cdot \text{м}^2)$   $\tau_{пр} = 8$  мин,  $\vartheta_n = 5 \text{ м} / \text{ч}$ ,  $n_{пр} = 3$ ,  $\tau_{ст} = 12$  мин.

*Расчет по существующей методике*

Полезная производительность станции:  $Q_{пол} = 40\,000 \cdot 1,2 = 48\,000 \text{ м}^3/\text{сут}$

$$F_{к.о.} = \frac{48000}{[24 \cdot 5 - 3(18 + 8 \cdot 5 + 12 \cdot 5) / 60]} = \frac{48000}{114,1} \approx 420,7 \text{ м}^2 / \text{сут}$$

Общее количество контактных осветлителей при площади одного  $f = 36 \text{ м}^2$   
 $n = \frac{420,7}{36} \approx 12$ , шт.

*Расчет по предложенной методике*

Полезная производительность станции:  $Q_{рас} = 1,03 \cdot 40\,000 \cdot 1,2 = 49\,440 \text{ м}^3/\text{сут}$

$$F_{к.о.} = \frac{49440}{24 \cdot 5} \approx 412 \text{ м}^2$$

Количество рабочих контактных осветлителей при площади одного  $f = 36 \text{ м}^2$   
 $z = \frac{412}{36} \approx 12$ , шт. Количество резервных контактных осветлителей:  $m = 1+1=2$  шт,

где 1 - на случай промывки, другой на случай ремонта. Общее количество контактных осветлителей:  $n = z+m = 12+2 = 14$  шт.

**Анализ формул и методов расчета, геометрических и количественных параметров очистных сооружений систем водоснабжения, с учетом**



**Требований по обеспечению их надежности, позволил обосновать необходимость применения новых формул по оценке площадей, количества скорых фильтров и контактных осветлителей при проектировании водопроводных сооружений.**

## ОЦЕНКА КРИТЕРИЕВ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СНЕГОПЛАВИЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Дерюшева Н.Л. (МГРИ, [Derjushev13@mail.ru](mailto:Derjushev13@mail.ru))

**Аннотация:** Предложена методика расчёта плавления снега.

**Ключевые слова:** ПОДОБИЕ, ВРЕМЯ, МАССА, ДЛИНА ПЕСКОЛОВКИ

Приводится математическая модель процесса плавления снега в приемной камере на канализационной сети и методика расчета геометрических параметров снегоплавильного сооружения с учетом критерия экологической безопасности качества и количества талых вод и осадков на окружающую среду. Впервые приводится теплотехнический расчет плавления снежных масс с дорожных покрытий сточными водами. На его основе выполнены оценки времени плавления снежных масс.

**Ключевые слова:** сооружения систем водоотведения, экологическая безопасность, снегоплавильные сооружения, моделирование процесса таяния снежных масс, теплотехнический расчет плавления снежных масс бытовыми сточными водами,

До недавнего времени в документах по проектированию и строительству систем водоотведения условия приема снежных масс, отвода и утилизации талых стоков не нормировались. Только в последней редакции СП 32.13330-2012 [1] внесены требования, которые допускают прием и таяние снежных масс на сооружениях систем водоотведения. В СП [1] нет рекомендаций по оценке загрязнений и количеству снежных масс, выбору параметров сооружений, теплоносителя, которые необходимо принимать на стадии проектирования снегоплавильного объекта.

В городах России традиционно снег убирается с дорожных покрытий не только в целях обеспечения удобства перемещения людей и транспорта, но и снижения воздействия на окружающую среду загрязнений, которые накапливаются в снежных отвалах. Если убираемый с улиц города снег только складировать, а затем сбрасывать в водоемы, на площадки лесных массивов, поля или сельскохозяйственные угодья, то заболевание и гибель рыбы, птиц, животных, растений, а в конечном итоге и людей будут неизбежны. Сейчас не найдешь человека, который бы отрицал данное утверждение. Но разработок, которые бы давали возможность инженеру обоснованно решать подобные задачи по экологической защите окружающей среды, весьма недостаточно.

В самом определении системы экологической безопасности, которое гласит ... *«система ЭБ - совокупность законодательных, медицинских и биологических мероприятий, направленных на поддержание равновесия между биосферой и антропогенными нагрузками, а также естественными внешними нагрузками»* [2] отсутствует такое понятие как *инженерное мероприятие*. Очевидно, что без проектных работ, усилий инженера по обеспечению экологической безопасности объектов решение поставленной задачи не сдвинется с места. Оценка качества любых мероприятий должна выполняться количественно, а не по таким показателям как «много, мало», «хорошо, превосходно, плохо» и т.д. В частности, зная количественные значения загрязнения снега с дорожных покрытий и допустимые параметры его качества для складирования, перемещения или сброса в водоемы, должны приниматься соответствующие инженерные решения для обеспечения охраны окружающей среды с количественной оценкой, например, уровнем безотказности  $P(t)$  [3]

В этой связи, проектирование сооружений по плавлению снега должны выполняться с учетом регламентируемых критериев.

С середины 80-х годов в Москве на канализационных сетях стали устанавливать снегоприемные камеры. Поскольку снег с дорожных покрытий не считали экологически опасной массой, а пункты для плавления снега не относили к сооружениям канализационной сети, то геометрические размеры и параметры оборудования упомянутых камер назначали конструктивно. Снежные массы завозились на плавильные пункты не ритмично, партиями, различающимися по объему, количеству загрязнений. Ограничения канализационных сетей по пропускной способности и объемам плавления снега приводили к быстрому заполнению приемных камер, выносу минеральных загрязнений в основной коллектор и формирование недопустимых отложений в трубопроводах.

Во вновь переработанных Правилах технической эксплуатации водопровода и канализации [ 4 ], было внесено требование по строительству снегоприемных камер с условием ограничения попадания в трубопроводы талой воды с загрязнениями более 10 мм. Но даже это условие не решало проблему непрерывного перемещения и таяния снежных масс в снегоплавильном пункте (ССП), поскольку не решался вопрос подачи сточной воды в необходимом количестве.

Ранее в любую городскую канализационную сеть стабильно сбрасывались сточные воды от промышленных предприятий, бань, прачечных. Начиная с 90-х годов крупных городах России сточные воды в канализационные сети стали поступать практически только от жилого сектора. Если ранее сточные воды переполняли магистрали, то в настоящее время количество стоков сократилось вдвое (см. рис. 1) и наполнение трубопроводов снизилось ниже критической величины, что обусловило уменьшение их транспортирующей способности.

Принимая во внимание изменившиеся условия функционирования канализационных систем, в Москве были пересмотрены методологические подходы к проектированию ССП. В соответствии с действующими рекомендациями, новые пункты стали располагать только вблизи канализационных коллекторов (до < 100 м) с достаточным расходом ( $Q > 220$  л/с) и наполнением, обеспечивающим прием снега и транспорт стоков.

Но расходы сточных вод на отдельных магистральных коллекторах г. Москвы продолжали снижаться. Дополнительно к этому добавились обстоятельства поставки снега на ССП в машинах грузоподъемностью до 40 т, по причине экономии транспортных расходов. Поскольку ССП проектировались как экспериментальные объекты, а не сооружения канализационных систем с заданными условиями функционирования, для которых необходима организация зон санитарной охраны, согласование проектов с отделами Санпедемстанции, качества и количества талых стоков инженерные решения принимались в большей мере с учетом экспертных заключений. Экономия материальных средств и времени на проектирование ССП также не позволили избежать вынужденных простоев новых плавильных пунктов из-за переполнения их снегом и осадками.

Нам представляется, что при проектировании ССП применялась упрощенная методика по определению их габаритов и составу оборудования.

Габариты реактора ССП определялись по формуле:  $l_p = t \cdot 3600 \cdot u$ , где  $l_p$  - длина, м;  $u = 0,01$  – скорость потока, м/с;  $t = 1,25$  – время таяния снега, ч.

Глубина потока стоков в ССП для осаждения частиц размером 0,1 мм принималась 3 м, а общая длина  $\Sigma L = l_p + l_{отс} = 45+15= 60$  м, где  $l_{отс} = 15$  м – длина приемной камеры.

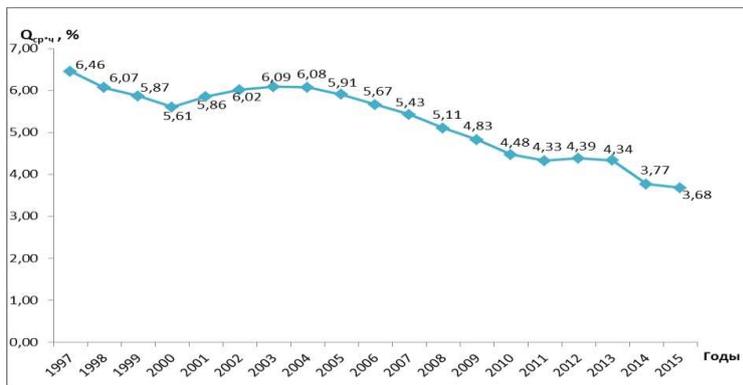


Рисунок 1. Среднечасовые расходы сточных вод, которые отводятся на канализационные сооружения г. Москвы в % от среднесуточных расходов по годам

Более подробная детализация этой методики не могла выполняться из-за ограничений по времени, материальным расходам, так как «лабораторные исследования не могут дать объективную физико-химическую картину происходящих процессов, а постановка натуральных исследований на действующей станции, вряд ли возможна по экономическим

соображениям» [6].

Количественно оценить качество функционирования ССП можно с помощью модели, которая отражает физику процесса перехода снега из твердой фазы в жидкую.

Снег, лед вода являются фазовыми частями единой системы, которые находятся под воздействием теплоносителя. Температура частей во время этого перехода остается постоянной. Для перехода снега из твердого состояния в жидкое ему сообщается тепло в количестве [7]  $\Psi = \lambda \cdot m$ , где  $\lambda$  - удельная теплота плавления, (дж/кг)  $\cdot 10^3$ ;  $m$  – масса снега, кг.

Температура плавления льда (снега) составляет  $t_{пл}$ ,  $^{\circ}\text{C} = 0^{\circ}$ , удельная теплота плавления снега  $\lambda = 334 \cdot 10^3$  дж/кг =  $334 \cdot 10^3 \cdot 0,239 = 79,8 \approx 80$  ккал/кг, где 0,239 – переводной коэффициент дж в калории.

На практике на Курьяновских очистных сооружениях снежная масса с дорожных покрытий плавится в секциях приемной камеры ССП емкостью 440 м<sup>3</sup>. Для моделирования данного объекта была выбрана емкость 7 л, которая периодически заполнялась снежной массой с дорожных покрытий в марте 2016 г. Каждая порция снежной массы уплотнялась, взвешивалась за вычетом массы емкости, оценивалась ее плотность  $\rho_{di}$ . Вода с температурой  $t^{\circ} = 15$   $^{\circ}\text{C}$  подавалась по шлангу в емкость со снежной массой и фиксировалось время  $T_i$ , в течение которого снег переходил в жидкую фазу. Подача воды измерялась крыльчатым водомером.

Параметры модели выбирались с учетом законов геометрического и кинематического подобия.

При геометрическом подобии отношения сходственных линейный размеров  $L_1/L_2$ , площадей  $S_1/S_2$  и объемов  $W_1/W_2$  постоянны:  $\frac{L_1}{L_2} = \text{const} = \alpha_l$ ;  $\frac{S_1}{S_2} = \text{const} = \alpha_l^2$ ;  $\frac{W_1}{W_2} = \text{const} = \alpha_l^3$

$\frac{S}{L^2} = \text{idem}$ ;  $\frac{W}{L^3} = \text{idem}$ , т.е. безразмерные сходственные площади и безразмерные сходственные объемы подобны.

По условию кинематического подобия скорости в сходственных точках потоков одинаковы, т.е.:  $\frac{g}{V} = \text{idem}$ . С учетом изложенных законов можно допустить, что

$V_n = \frac{Q_n}{S_n}$ ;  $g_n = \frac{Q_n}{S_n}$ ;  $\frac{V_n}{g_n} = \text{idem}$ , где  $Q_n$ ,  $Q_m$ ,  $V_n$ ,  $S_n$ ,  $S_m$ ,  $g_m$  – параметры природы и модели,

соответственно: подачи, скорости, площади поперечного сечения трубопроводов.

Из уравнений следует  $\frac{V_n}{g_m} = \frac{Q_n \cdot S_m}{Q_m \cdot S_n}$ . Если учесть, что на объекте природы:  $Q_n=361$  л/с,  $D_n=500$  мм,  $S_n=\pi \cdot D^2 / 4 = 0,196 \text{ м}^2 = 196\,250 \text{ мм}^2$ ,  $V_n=1,91$  м/с, то для модели можно принять:

$$\frac{1,91}{1,91} = \frac{361 \cdot 38,05}{0,07 \cdot 196250} = idem \quad \frac{L_1}{L_2} = \frac{196250}{38,05} = 5157; \quad \frac{W_1}{W_2} = \frac{30000 \cdot 0,5}{2,909} = 5157$$

Проверка однородности данных времени таяния снежных масс по двум подгруппам орпределяется по критерию  $t = \frac{y_m \sqrt{m(n-2)}}{\sqrt{n-m-m \cdot y_m^2}}$ , где  $y_m = \frac{\bar{X}_m - \bar{X}}{S}$  - по

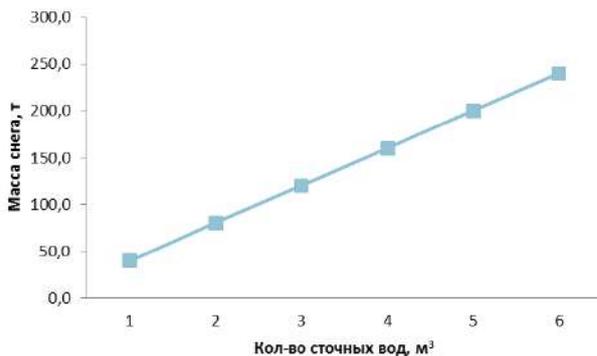


Рисунок 2. График зависимости расхода сточных вод на плавление снежных масс,  $Q=f(G)$ , м³/т, при  $\Delta t^o = 10^o C$  по годам

наибольшему отклонению;  $\bar{X}_m$  - средняя подгруппы;  $\bar{X}$  - общая средняя;  $t$ - величина, которая распределена по закону Стьюдента с  $k = n - 2$  степенями свободы при  $q$  процентных пределах;  $t_{5,6} = 2,446$  - по таблице XVIII для распределения Стьюдента при  $q = 5\%$ ,  $k = 6$ ;  $m$  - объем подгруппы;  $n$  - общее число наблюдений;  $S$  - среднеквадратическое отклонение.

$$y_m = \frac{320 - 352}{51,4} = 0,62;$$

$$t = \frac{0,62 \sqrt{4(8-2)}}{\sqrt{8-4-4 \cdot 0,62^2}} = 1,93, \quad 1,93 < 2,446 -$$

следовательно гипотеза об однородности данных не отвергается.

Применяя теорему Ляпунова при оценке генеральной средней с вероятностью  $\alpha=0,95$  можно утверждать, что параметр среднего времени плавления снежной массы  $T_{с.м}$  заключен в границах  $\bar{X} - t \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq a \leq \bar{X} + t \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ , т.е. с надежностью в 95% соблюдается

неравенство  $352 - 1,93 \frac{51,4}{\sqrt{6}} \leq T_{с.м} \leq 352 + 1,93 \frac{51,4}{\sqrt{6}}$ . Если учесть, что в емкости модели

снежная масса находится в количестве  $G_{\text{снег}} = 3,28$  кг, тогда:  $\Psi = \lambda \cdot G_{\text{снег}} = 80 \cdot G_{\text{снег}} \cdot 10^3 = 80 \cdot 3,28 = 262,4$  ккал, необходимое количество воды (теплоносителя -  $Y$ ) на плавление снежной массы составит  $Y = \frac{\Psi}{\omega \Delta t^o} = \frac{262,4}{1 \cdot (15,62 - 5)} = 24,7$  л,  $T_{с.м} = \frac{Y}{Q} = \frac{24,7}{0,07 \cdot 60} = 5,88$  мин.

На основании этих расчетов и оценок функциональная зависимость требуемого количества теплоносителя (сточных вод) от количества снежной массы  $G_{\text{снег}}$  может быть предствленна в виде графика на рисунке 2.

Как свидетельствуют данные эксплуатации стационарных снегоплавильных

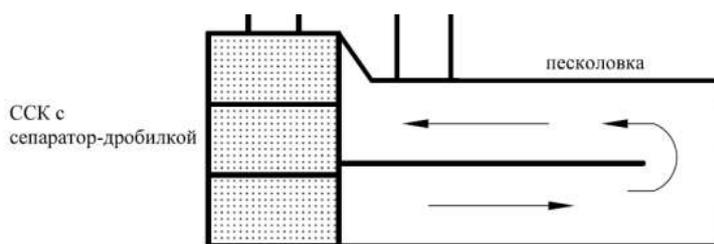


Рисунок 3. Принципиальная схема снегоплавильного сооружения на канализационной сети г. Москвы

сооружений (рисунок 3), предусмотренные в них коридоры для задержания песка используются не полностью. Эффективное выпадение взвеси наблюдается чаще всего на  $1/2 L$  длины песколовки.

После чего снегоплавильное сооружение останавливается на очистку. Этот факт подтверждается расчетами. Длина горизонтальной песколовки оценивается по формуле

$$L = \frac{1000 \cdot K_s \cdot H_s \cdot v_s}{u_o}, \quad (7) \quad \text{где } K_s - \text{коэффициент, принимаемый для}$$

горизонтальных песколовок 1,7 для задержания частиц песка 0,2 мм;  $H_s$  - расчетная глубина песколовки, м;  $v_s = 0,15$  - минимальная скорость движения сточных вод, м/с;  $u_o = 18,7$  - гидравлическая крупность песка, принимаемая в зависимости от требуемого диаметра задерживаемых частиц песка, мм/с. Тогда  $L = \frac{1000 \cdot 1,7 \cdot 2 \cdot 0,15}{18,7} = 27,27 \leq 30$  м

Сооружение не должно иметь поворотов, поскольку частицы песка при изменении направления движения, резко теряют кинетическую энергию и выпадают на дно. Более мелкие взвешенные вещества уносятся в коллектор и транспортируются на канализационные очистные сооружения. Количество осадка  $M$ , которое должно задерживаться в ССП, определяется по формуле:  $M = C_{см} \cdot W_{сн} \cdot \omega$ , где  $M$  - усредненное количество осадка, т/год,  $C_{см} = 0,0153$  - удельное количество мусора в снежной массе, т/м<sup>3</sup>;  $\omega$  - влажность осадка, в долях единицы;  $W_{сн}$  - объем принятого снега, м<sup>3</sup>/год.

В условиях сложившейся практики формирования статистических данных по осадкам на ССП, в настоящее время мы не акцентируем внимание на оценке показателя  $C_{см}$ . Можно только однозначно признать, что качество проектируемого объекта должно быть оценено количественно  $P(t)$  - вероятностью безотказной работы ССП, где  $t$  - время непрерывной работы ССП за период его загрузки снежной массой.

**ВЫВОД: 1. Выполненные исследования позволили смоделировать процесс и время плавления снежных масс на снегоплавильном сооружении. Обосновать методику оценки геометрических размеров ССП.**

**2. Качество проектируемого ССП, которое обеспечивает экологическую безопасность окружающей среды, необходимо оценивать количественно. Критерием обеспечения экологической безопасности объектом может служить вероятность безотказной работы  $P(t)$ .**

## ОБЗОР ПАТОГЕНОВ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ

**Ерхов А.А.\***, **Кравченко Д.С.** (МГРИ, [a-erhov@yandex.ru](mailto:a-erhov@yandex.ru))

**Аннотация:** Опасные заболевания микробиологической природы часто связаны с потребляемой питьевой водой. Чаще эти болезни порождают бактерии, но могут обуславливаться и другими факторами, обычно называемыми инфицированием – вирусы, грибы, простейшие, гельминты – они также могут стать грозными предвестниками – агентами нездоровья. Успешная борьба с патогенами в воде возможна только на основе полных знаний о микробиологических особенностях, этиологии и патогенезе инфекционных заболеваний.

**Ключевые слова:** БАКТЕРИИ, ВИРУСЫ, ГРИБЫ, ПРОСТЕЙШИЕ, АМЁБЫ, ГЕЛЬМИНТЫ, ЧЕРВИ, НАСЕКОМЫЕ

Человеческий организм чрезвычайно зависим от патогенетических факторов внешней среды – водной, воздушной, но главным образом систем органического мира, представленных живыми существами.

**Бактерии.** Через воду передаются распространённые, прежде всего в прошлом, заразные болезни, в том числе, бактериальной этиологии; они вызываются микробами:

1. Дизентерийные бациллы: *Shigella dysenteriae* и *Sh. Paradysenteriae*; *Shigella flexneri*, или бацилла Флекснера (псевдодизентерийная); гастроинтестинальные инфекции, включающие сальмонеллезы и шигеллезы, плохо распознаются – встречаются случаи в лёгкой форме.
2. Бациллы тифозной лихорадки: *Bacillus typhi*, или бациллы Эберта – *Salmonella typhosa*, паратифозные бациллы А и В – соответственно *Salmonella paratyphi* и *S. Schottmulleri*.
3. Бацилла Коха (*Mycobacterium tuberculosis*) вызывает туберкулёз во всех формах – обнаруживается в сточных водах; для её деструкции дозу остаточного хлора следует поддерживать более 1 мг/л в течение 1 ч.
4. Холерный вибрион (*Vibrio cholerae*, или *V. comma*), открытый Кохом, представляет микроскопическую изогнутую палочку, имеющую жгутик для перемещений; *V. proteus* (детская холера и домашняя холера) аналогичен холерному вибриону.
5. *Leptospira* (или *Spirochaeta*), *ictarohaemorrhagiae*, вызывающая геморрагическую желтуху – заболевание, широко распространённое в мире.
6. *Proteus morgani* вызывает летнюю диарею, особенно у людей в детском возрасте.
7. *Proteus vulgaris* вызывает диарею, катаральное воспаление ЖКТ (сходный с тифозной лихорадкой) и множество других болезней.
8. *Escherichia Coli* – колибациллез.
9. *Bacillus pycnosaneux* (*Pseudomonas aeruginosa*) – часто находят в сточной воде; связана с абсцессами, гнойными ранами.
10. *Pasteurella tularensis* (*Francisella tularensis*) вызывает туляремию, передаваемую от человека к человеку через укусы кровососущих насекомых, но может распространяться через воду.
11. *Pasteurellae* вызывает геморрагическую септицимию лошадей, свиней, овец, крупного рогатого скота, кроликов, кошек, собак.

Бактерии определяют посевом – культивированием на питательных средах; наблюдая за культуральными, биохимическими и другими признаками, которые каждый вид проявляет в процессе роста, их дифференцировкой изолируют, классифицируют и идентифицируют. В благоприятных условиях бактерии размножаются делением клетки, в неблагоприятных – возможно образование спор, впоследствии развиваемых в клетку. Вирулентность бактерий зависит от условий обитания и может быть понижена вакцинацией, повышающей иммунитет; пониженная вирулентность и последующее естественное заражение также формирует защитный механизм из антител в ответ на антиген микроба. Специфическая агглютинация культур патогенных бактерий соответствующими антителами является способом идентификации патогенных микробов.

Некоторые обычно непатогенные бактерии в особых условиях становятся болезнетворными, например, *Bacillus coli* (сенная палочка); некоторые могут латентно присутствовать в организме, не причиняя вреда, если, конечно, он обладает врождённым иммунитетом или вирулентность микробного вида снижена, а также в тех случаях, когда специфический бактериальный штамм опасен только для другого носителя, – такой аутоиммунизированный организм способен передавать возбудителей без собственных страданий.

Вирусы-бактериофаги направлены на лизис бактериальных клеток и уничтожение колоний, а важны также для определения для бактериологического анализа питьевой воды – позволяют обнаружить прежнее бактериальное загрязнение.

**Вирусы** – микроскопические патогенные агенты, видимые только под электронным микроскопом и способные размножаться только внутри живых клеток. Вирусы состоят из нуклеиновой кислоты и протеина – компонентов, которые можно разделить химической реакцией и даже кристаллизовать; соединение их в комплекс восстанавливает вирус со всеми биологическими свойствами. Когда вирус поражает клетку, стартует репликация генома, включающая синтез мРНК ранних генов (кроме положительной РНК), синтез его протеинов и сборка сложных белков с образованием и активацией ранних или регуляторных генов. Затем идёт сборка вирусных частиц и модификация белков.

Вирусы вызывают катар верхних дыхательных путей, грипп, корь, скарлатину, ветряную оспу, полиомиелит, бешенство и некоторые онкологические заболевания.

Вирусные заболевания, передающиеся через воду:

1. Энтеровирусы:

- вирус полиомиелита, поражающий нервные центры;
- ЕСНО-вирус (*Enteric Cytopathogenic Human Orphan virus*) вызывает нетяжелые кишечные заболевания (детская диарея);
- вирусы Коксаки А и В могут вызывать лимфоцитарный менингит, миалгию и миокардит;
- некоторые серологические типы вызывают лимфоцитарный менингит (серозный).

2. Вирус инфекционного гепатита: через воду передаётся только тип А (тип В заражает при трансфузии); болезнь эндемична в жарких районах.

3. Вирус гриппа, редко обнаруживаемый в ЖКТ, но чрезвычайно обилён в носовой слизи; находится в воде плавательных бассейнов.

4. Аденовирусы, поражающие верхние дыхательные пути и глаза, но присутствующие и в ЖКТ.

5. Вирусы *Papilloma*, вызывающие рост бородавок; находится в воде плавательных бассейнов.

6. Реовирусы до сих пор недостаточно изучены.

В действительности, роль воды в распространении вирусных заболеваний спорна, – более того, если обратиться к достаточно редкой по этому вопросу информации, оказывается, использованная вода всегда сильно загрязнена сточной. По-видимому, опасность эпидемий вероятна в экстремальных условиях, но сведения о минимально опасных дозах вирусов всё ещё недостаточны. Возможное присутствие вирусов в воде должно быть принято во внимание при определении места забора воды для водоснабжения, и расположение следует задавать исходя из отсутствия вероятности сброса сточных вод – очищенных или неочищенных. Эффективными методами, позволяющими удалить 95-99 % вирусов, являются флокуляция и отстаивание (особенно во взвешенном осадке), – правильно проведенное предварительное хлорирование может улучшить эти результаты. Фильтрация успешно только в сочетании с предварительной флокуляцией, – само по себе, даже через очень мелкозернистые среды (диатомовая земля, фарфор), оно неэффективно. Эффективность дезинфекции хлором или озоном различна, так как не все вирусы обладают равной резистентностью. На удачно спроектированной и правильно эксплуатируемой очистной станции можно добиться полного удаления всех вирусов, комбинируя различные процессы обработки.

Для вирусологического анализа воды вирусы должны быть сосредоточены – фильтрованием через мембраны, электрофорезом или электроосмосом, коагуляцией – флокуляцией, центрифугированием (в присутствии нерастворимого в воде адсорбента, или без него), процеживанием через колонку из микрошариков или ожигенный слой (для извлечения из адсорбента); затем производят инокуляцию культуры клеток (в почечные ткани обезьян или мышей).

**Грибы.** *Histoplasma capsulatum*, вызывающий гистоплазмоз (не заразен), обычно разносят птицы, и он типичен для канализационных коллекторов. Споры гриба устойчивы к хлору, но легко удаляются из воды в процессе флокуляции и фильтрования. Известны и другие грибы, развивающиеся на влажной древесине.

**Амёбы.** Это одноклеточные животные со средним размером 50 мкм. В виде цист сохраняют жизнеспособность в воде более месяца, и особенно устойчивы к действию антисептиков. Виды *Entamoeba histolytica* и *E. tetragena* являются возбудителями амёбной дизентерии. Могут вызывать печёночный абсцесс и кишечные геморрагии. Более того, вид *Naegleria gruberi* является причиной энцефаломенингита.

**Гельминты.** Вода может быть причиной передачи паразитирующих в теле человека и домашних животных (живущих с человеком) червей (ряда первичноротых). Дезинфекция принятыми дозами окислителей не приводит их к гибели или разрушению яиц, но размер червей позволяет бороться с ними фильтрованием, и это действенный способ предотвращения заражения. Развитие червей происходит последовательно в теле нескольких разных хозяев.

*Taenia saginata* (бычий цепень – ленточный червь): хозяином цист является крупный рогатый скот; овальное яйцо размером 25×35 мкм;

*Taenia solium* (свиной цепень – ленточный червь): образует цисту в теле свиней; сферическое яйцо размером 35 мкм;

*Taenia echinococcus* (цепень эхинококка): взрослые особи обитают в теле собак, образуют эхинококковые цисты у овец; яйца 25×35 мкм;

*Bothriocephalus latus* – взрослые особи обитают в теле человека; развитие: овальное яйцо 45×60 мкм развивается в воде, и образующийся зародыш поражает копеподу, которой питается рыба – зародыш превращается в личинку длиной 8-30 мм и остаётся в её мышечных тканях;

*Distoma hepatica* – плоский червь; взрослая особь обитает в организме человека, овец, – яйцо овоидной формы имеет размер 70-130 мкм; развивается в воде,

превращаясь в реснитчатый эмбрион, заражающий водную улитку, внутри которой происходит трансформация эмбриона в хвостатую личинку – церкарию, выходящую и прикрепляющуюся к подводным растениям, после чего снова заражает овец; взрослые особи обитают в печени;

*Distoma lanceolata* – подобен предыдущему организму, промежуточным хозяином является улитка;

*Bilharzia*: червь – трематода с родовым названием *Schistosoma*; вызывает широко распространенный в жарком климате бильгарциоз (шистоматоз), – известны две формы болезни и три вида паразитов:

- везикальный бильгарциоз, вызываемый *S. haematobium* (Египет, тропическая Африка, Мадагаскар);
- кишечный бильгарциоз, вызываемый *S. mansoni* (Египет, тропическая Африка, Мадагаскар, Южная Америка) и *S. japonicum* (Дальний Восток).

Взрослые особи обитают в кровеносной системе человека, выделяются с мочой – обычная схема заражения. Яйцо имеет овоидную форму (50×150 мкм) с боковым шипом 25 мкм; развивается в воде в реснитчатый эмбрион (мирацидий), поражающий в стоячей воде улитку, в которой превращается в церкарию – личинку с разветвленным хвостом (церкариоз) и снова возвращается в воду, откуда попадает в организм человека-хозяина – через кожу или с выпитой водой. Продолжительность жизни церкарии – два дня. Способ борьбы – уничтожение моллюсков (промежуточных хозяев) химическими или биологическими методами, изменяя естественную среду их обитания. Церкарии удаляют из питьевой воды фильтрованием через мелкий песок (<0,35 мм) и предварительным хлорированием (озонированием).

*Ascaris lumbricoides* (аскарида) обитает в тонкой кишке человека и свиней. Овоидное яйцо размером 50×75 мкм развивается в воде или влажной почве в эмбрион длиной 0,3 мм и передается непосредственно человеку.

*Oxyuris vermicularis* (острица) часто встречается у детей. Овальное яйцо 20×50 мкм, с одной стороны немного сплющенное, не способное долго выживать в воде.

*Eustrongylus gigas* поражает мочевые пути. Яйцо в форме эллипса 40×60 мкм светлое на концах выводится с мочой; эмбрион длиной 0,25 мм заражает рыбу – промежуточного хозяина.

*Ancylostoma duodenale* (стронгилида): маленький червь длиной 6-20 мм, обитает в кишечнике, вызывает упорные геморрагии и диарею (анкилостомидоз или анемию горняков). Яйцо 30×60 мкм развивается в воде при температуре не менее 22° С. Из эмбриона длиной 0,2 мм образуется личинка, способная проникать через кожу.

*Filaria medinensis* (гвинейский червь, мединская филярия) – живородящий червь; эмбрион длиной от 0,5 до 1 мм и заражает копепода, в которых образует личинку, и проглоченные с водой, развиваются в организме: прободает стенку кишечника и образует подкожные язвы (дракункуля). Взрослый червь толщиной 1 мм имеет длину 0,5-0,8 м. Заражение возможно непосредственным внедрением личинки под кожу.

*Filaria sanguinis hominis*: живёт в сосудах нижней части тела, чаще в мочевом пузыре, вызывая гематурию; промежуточный хозяин – москиты.

*Anguillula intestinalis*: длиной 2-3 мм обитает в двенадцатиперстной кишке. Яйцо развивается в воде, превращаясь в червя (*Anguillula stercoralis* [угрица кишечная]), откладывающего здесь же яйца. Заражение происходит личинкой через кожу или с выпитой водой.

**Насекомые.** К опасным для здоровья водным насекомым относят комаров, личинки которых развиваются только в воде. Комары – переносчики инфекционных болезней:

- малярии, или болотной лихорадки – передаётся комарами анофелес (*A. maculipennis, funestus, gambiae*) – возбудителем является гемопаразит Лаверана;
- жёлтой лихорадки, переносимой *Aedes aegypti* (комар жёлтолихорадочный);
- вирусного энцефалита, филяриатоза – переносчик род *Culex*.

Чтоб успешно профилактировать обсуждённые в заметке страшные болезни надо знать рассмотренные механизмы гибели агентов и носителей на стадии очистки питьевой воды, а учитывая чрескожный способ заражения – воды и для гигиенических целей.

### Литература

1. Ерхов А.А. Механизм синергизма бактерий и водорослей в биопрудах/ VIII Международная научная конференция «Молодые – наукам о Земле» 5-7 апреля 2016 г. МГРИ-РГГРУ – М. 2016. – С. 336-338.
2. Ерхов А.А. Обеззараживание воды на крупных водопроводных станциях/ XIII Международная научно-практическая конференция «Новые идеи в науках о Земле», 5–7 апреля, 2017 г./ – Т. 2. – М.: МГРИ-РГГРУ, 2017. – 190-191 с.
3. Дерюшев Л.Г., Фрог Б.Н., Ерхов А.А. О показателях качества воды. «Яковлевские чтения». XIII научно-техническая конференция. Сборник докладов. Москва. 15 марта 2018 г. Изд-во АСВ. – С. 30-34.
4. Ерхов А.А. Оптимизация доочистки в биопрудах/Дни студенческой науки: сб. докл. научно-технической конф. Москва, 12–16 марта 2018 г.). М.: МИСИ–МГСУ, 2018. – С. 81-83.

## РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ЗА ИСПОЛНЕНИЕМ ВОДНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛ.

*Ерхов А.А. (МГРИ, [a-erhov@yandex.ru](mailto:a-erhov@yandex.ru))*

**Аннотация:** Экологические проблемы водоснабжения возникают во всех регионах и субъектах РФ, и они похожи: износ сетей, недостаточное количество и низкое качество сооружений очистки питьевой и сточной воды и водозаборов. Анализ нарушений водного законодательства, методы их контроля и устранения представляет важную задачу теории и практики.

**Ключевые слова:** КАЧЕСТВО ВОДЫ, НАРУШЕНИЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА

Водное законодательство применительно к водоснабжению требует совершенствования и нуждается, прежде всего, в разработке методов контроля за исполнением. И это в полной мере касается Владимирская обл., которая территориально размещена в бассейне Верхней Волги и располагает водными объектами, на которых хозяйственную деятельность ведут различные водопользователи и водопотребители с различными формами собственности имущественных отношений: государственной (федеральной и субъектов РФ), муниципальной и частной, что требует исследования правового регулирования водных отношений РФ и их особенностей в региональном законодательстве, а также выявления проблем исполнения водного законодательства Владимирской обл. с выбором пути разрешения.

Гипотеза исследования – проблемы, связанные с исполнением водного законодательства (несмотря на то, что она имеет положительный опыт в рациональном использовании и охране водных объектов), – поскольку водоснабжение, кроме всего прочего, играет важную социально-значимую роль, эти проблемы требуют анализа и решения

Предмет исследования – совокупность правовых норм по использованию и охране водных объектов; объект – действующее федеральное и региональное (на примере Владимирской области) водное законодательство

Цель работы – провести исследования исполнения водного законодательства РФ во Владимирской области и дать рекомендации к устранению недостатков применительно к водоснабжению. Для её достижения поставлены и решены следующие задачи: 1) дана классификация положения правового регулирования водных отношений РФ и их особенностей в региональном законодательстве Владимирской обл.; 2) определена области разграничения федерального водного законодательства и водного законодательства Владимирской обл.; 3) намечены пути решения проблем исполнения водного законодательства Владимирской обл. и даны рекомендации по их разрешению.

Научная новизна заключается в комплексном подходе к исследованию проблемы исполнения водного законодательства во Владимирской обл. и исследовании соответствия его федеральному законодательству. Методологическая основа исследования – отчеты администрации, прокуратуры области, Владимирского и Александровского водоканалов, Департамента природопользования и охраны окружающей среды Администрации Владимирской области, исследования А.Г. Семашко.

**Основные принципы водного законодательства РФ заключаются в следующем:**

- водные отношения регулируются гражданским законодательством лишь в той мере, в которой они не урегулированы специальным водным законодательством;
- установлен приоритет охраны водных объектов перед их использованием;
- установлена комплексность использования водных объектов;
- определено целевое использование водных объектов;
- приоритетной целью использования водных объектов является использование их для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения;
- определён равный доступ к приобретению прав пользования водными объектами;
- определён равный доступ юридических лиц и физических лиц к приобретению в собственность водных объектов (прудов и обводненных карьеров);
- допущены к участию в решении вопросов, касающихся их прав на водные объекты и обязанностей по охране вод, как общественные организации, так и отдельные граждане.

Нарушение водного законодательства ведет к административной или уголовной ответственности.

Полномочия между органами государственной власти РФ и субъекта в сфере водных отношений

разграничены (рисунок 1) и определяются:



**Рисунок 1. Структура разграничения полномочий между органами государственной власти РФ и субъектами в сфере водных отношений**

- Конституцией РФ – основополагающим источником российского водного права;
- Федеральным и региональным водным законодательством, которое включает Водный кодекс;

- Федеральными законами и законами субъектов.

Водное законодательство на уровне субъектов РФ направлено на решение водохозяйственных и экологических проблем конкретного региона.

Трудности с исполнением законодательства во Владимирской обл. начинаются с

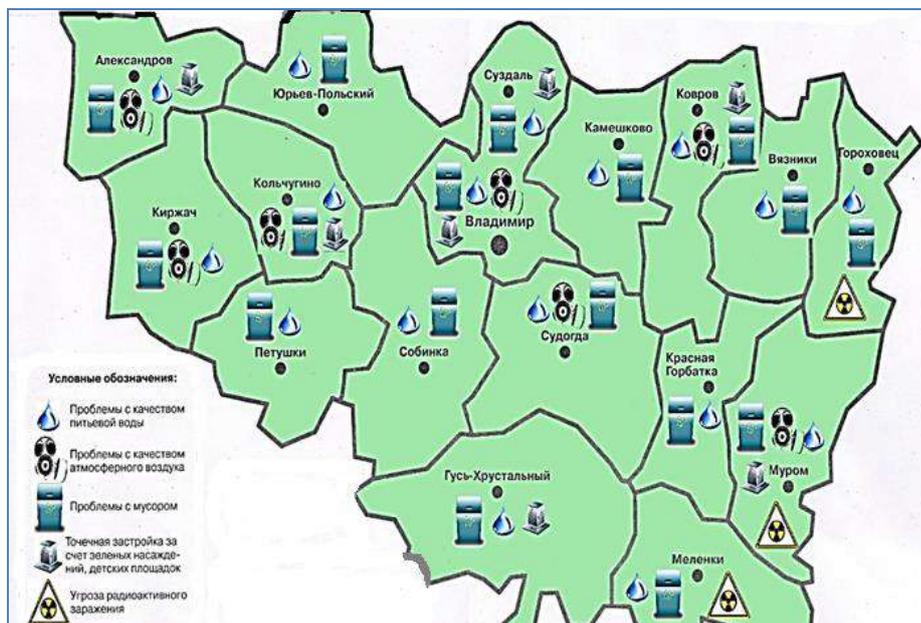


Рисунок 2. Карта-схема экологических проблем области

проблем инженерных систем на её территории: в области имеется 206 очистных сооружений механической и биологической очистки, из которых 40% требуют капитального ремонта и 20% – реконструкции, а также необходимо строительство новых. Другим фактором является загрязнение

водных объектов (рисунок 2), что определяется экономическим развитием субъекта, доля отраслей в котором представлена цифрами: ЖКХ – 54,6%, машиностроение и металлообработка – 31,3%), легкая промышленность – 6,1%, электроэнергетика – 5,0%, химическая и нефтехимическая промышленность – 3,0%.

На территории области около 480 водопользователей поставлено на государственный учёт. Фактический забор природной воды предприятиями-водопользователями составил 157,55 млн м<sup>3</sup> в год, в том числе: из поверхностных водных объектов – 42,58, из подземного горизонта – 114, 97. Бытовое водопотребление составляет 48,784 м<sup>3</sup>/год на чел. Потери воды при транспортировке – 11,29 млн м<sup>3</sup> или 7,17% забора, что выше показателя федерального округа - 5,39% (но ниже среднероссийского показателя – 11,02 %). За год в поверхностные водоёмы сбрасывается в среднем 126,556 млн м<sup>3</sup> сточных вод, из которых 7,158 млн м<sup>3</sup> являются нормативно-чистыми, 119,398 млн м<sup>3</sup> – загрязненными. Загрязнённые сточные воды составляют 97,5% общего водоотведения, поскольку, как сказано, половина очистных сооружений биологической очистки либо разрушены, либо эксплуатируются только в режиме механической очистки. Вода всех водных горизонтов содержит ряд компонентов, концентрации которых близки или превышают допустимые для питьевой воды значения – минерализация, жёсткость, металлы (рисунок 3).

### Качество воды во Владимирской области Централизованные системы водоснабжения



Рисунок 3. Анализ оценки качества

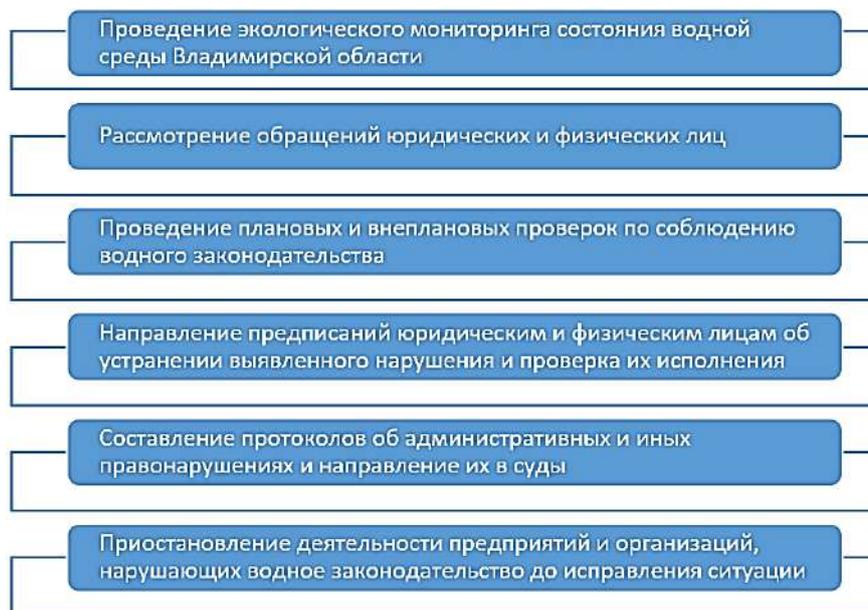
Во Владимирской обл. отмечаются существенные нарушения водного законодательства применительно к ЖКХ, – они показаны в таблице.

#### Виды нарушений водного законодательства в части применения в ЖКХ

1	Задолженности жителей за услуги водоснабжения и водоотведения
2	Использование канализационной системы без надлежащей санитарной очистки (нарушение правил водоотведения)
3	Нарушения государственного регулирования тарифов на водоснабжение
4	Нарушение правил холодного и горячего водоснабжения на соответствующей территории
5	Административные правонарушения в работе органов местного самоуправления по организации вывоза жидких бытовых отходов из домов, в которых отсутствуют централизованные системы водоотведения
6	Административные правонарушения санитарно-эпидемиологических требований к питьевой воде
7	Нарушение законодательства в части организации проведения химического и радиационного анализа воды
8	Нарушения санитарно-эпидемиологического законодательства при обращении с отходами производства, которые попадают в русло реки – особо охраняемой зоны
9	Нарушение эксплуатации глубоководных скважин для водоснабжения населения
10	Нарушение законодательства в части использования изношенных водопроводных сетей
11	Административные правонарушения в децентрализованном водоснабжении

Владимирская обл. находится в зоне ответственности Верхне-Волжского БВУ Федерального агентства водных ресурсов России. Оказание государственных услуг и управление федеральным имуществом в сфере водных ресурсов на территории области осуществляет Отдел водных ресурсов Верхне-Волжского БВУ по Владимирской обл. Полномочия в области водных отношений, переданных субъектам РФ, функции по оказанию госуслуг и управлению территориальным имуществом в сфере водных ресурсов на территории области осуществляет Департамент природопользования и охраны окружающей среды администрации Владимирской обл. (рисунок 4).

Правовое регулирование использования и охраны водных объектов России крайне важно, и водное законодательство требует доработки, т.к. в нём недостаточно урегулированы права и обязанности различных категорий водопользователей, не регламентируются отношения по возникновению и оформлению права собственности на водные объекты, правовой режим водоохранных зон дискредитирован. А недостатки законодательства влияют на состоянии водных объектов в целом.



**Рисунок 4. Методы контроля за исполнением водного законодательства**

### Выводы

1. Необходимо оснастить приборами учёта все водозаборные и очистные сооружения.

2. Необходима ежегодная замена ~ 20% водопроводных сетей, поскольку 1600 км имеют критический износ, а реконструируется только 6-7% сетей.

3. Требуется построить очистные сооружения в нескольких десятках населённых пунктах, поскольку из 208 очистных сооружений: 40% подлежат капитальному ремонту, 20% – реконструкции, 50 % разрушены или эксплуатируются в режиме только механической очистки.

4. Органам региональной власти следует регулярно проводить проверки мероприятий по охране водных объектов совместно с органами местного самоуправления; необходимо выявить мероприятия, разработанные более 10 лет назад, и утративших актуальность.

5. Количество исков Прокуратуры к Департаменту природопользования по созданию водоохраных зон свидетельствует о том, что эти зоны должны находиться под контролем региональных властей: внесено 77 представлений об устранении нарушений законодательства, направлено 6 исков в суд, объявлено более 90 предостережений о недопустимости нарушений.

6. Необходимо оптимизировать работу по финансированию водоохраных мероприятий и повышению профессиональной квалификации работников.

7. Требуется усилить контроль за соблюдением требований к источникам наружного противопожарного водоснабжения на территории поселений, городских округов и отдельных организаций, и уделить особое внимание зонам санитарной охраны для улучшения качества забираемой воды. В настоящее время механизм неотвратимого наказания за любое нарушение водного законодательства, даже малозначительное не действует.

## О РАСЧЕТЕ ИЗБЫТОЧНОГО ДАВЛЕНИЯ В НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА

Ларина Е.С. (МГРИ)

Оценка избыточного давления в напорном трубопроводе выполняется инженерами на стадии проектных решений по обеспечению защиты труб от разрыва при возникновении гидравлического удара. Методика выполнения такой оценки широко известна и не требует существенных усилий или навыков в математике, поскольку имеются электронные программы, позволяющие получить упомянутые оценки на ЭВМ. Но, тем не менее, на практике инженеры с предубеждением относятся к подобным оценкам. Явление гидравлического удара в такой мере интерпретировано, что, как отмечают Смирнов Д.Н. и Зубов Л.Н. [1], "отсутствие отчетливых представлений о механизмах явления применяются неверные методы расчета, в одних случаях опасность гидравлического удара для целостности трубопроводов недооценивается, а в других - эта опасность преувеличивается: принимают излишние запасы прочности труб, предусматривают дорогостоящие противоударные устройства". Техническая оценка распространения волны давления внутри водопроводной трубы, образующейся вследствие гидравлического удара при быстром прекращении истечения воды из трубы, обычно точно не ставилась с теоретическими исследованиями.

Теоретическое и экспериментальное исследование явления гидравлического удара в напорных трубопроводах, сопровождающееся кавитацией с разрывом сплошности потока (в фазах пониженного давления) совершенно и убедительно изложено Николаем Егоровичем Жуковским в 1899 году [2]. При быстром закрытии трубопровода, по которому течёт жидкость, или быстром его открытии возникает резкое изменение скорости и давления жидкости по длине трубопровода. В трубопроводе возникает колебательный процесс, характеризующийся периодическим повышением и понижением давления. При его исследовании были сделаны следующие основные выводы:

- 1). Гидравлический удар распространяется вдоль водопроводной трубы с постоянной скоростью и с одинаковой силой величина, которой не зависит заметно от силы удара. Скорость распространения ударной волны для труб больших диаметров несколько меньше, нежели для труб средних диаметров;
- 2). Величина гидравлического удара пропорциональна потерянной при ударе скорости течения воды и скорости распространения ударной волны в трубе;
- 3). Опасное возрастание ударного давления происходит при переходе ударной волны с труб большого диаметра на трубы малого диаметра. При этом, достигнув концов тупиков, сила ударного давления удваивается. Такое удвоение может повториться несколько раз, так что давление может при неблагоприятных условиях возрасти до больших размеров.
- 4). Скорость ударной волны остается одна и та же, получается ли удар вследствие остановки течения воды в трубе или вследствие весьма быстрого поднятия давления при начале трубы;
- 5). Явление периодического колебания ударного напора в водопроводной трубе вполне объясняется отражениями ударной волны от концов трубы (от задвижки и от магистрали);
- 6). Простейшим способом ограждения водопровода от гидравлических ударов являются приспособления к медленному закрытию кранов. При этом

продолжительность закрытия должна быть пропорциональна длинам труб. Воздушные колпаки и предохранительные клапаны надлежащих размеров, поставленные при кранах и задвижках, почти совершенно уничтожают гидравлический удар..., если они поставлены на линии трубы.

Максимальное повышение давления в трубопроводе при мгновенном закрытии задвижки для потока без нарушения его сплошности достигает величины

$$\Delta H = \frac{g_0 \alpha}{g}, \text{ м, (1)}$$

где  $\Delta H$  — повышение давления воды в трубопроводе сверх напора в трубопроводе до закрытия задвижки, *м вод. ст.*;

$g_0$  — скорость движения потока воды в трубопроводе, *м/сек*;

$g$  — ускорение силы тяжести, равно  $9,81 \text{ м/сек}^2$ ;

$\alpha$  — скорость распространения ударной волны (повышения и понижения давления) в трубопроводе, *м/сек*.

Жуковским Н.Е. было установлено, что скорость распространения ударной волны  $\alpha$  зависит от упругих свойств материала трубы, отношения толщины ее стенок к диаметру, сжимаемости и плотности материала и выражается формулой

$$\alpha = \sqrt{\frac{g \cdot E_{ж}}{\gamma \left(1 + \frac{D \cdot E_{ж}}{\delta \cdot E}\right)}}, \text{ м/с, (2)}$$

где  $E_{ж}$  - модуль объемной упругости жидкости, *кг/м<sup>2</sup>*;

$\gamma$  - объемный вес жидкости, *кг/м<sup>3</sup>*;

$E$  - модуль упругости материала стенок трубопровода, *кг/м<sup>2</sup>*;

$D$  — внутренний диаметр трубопровода, *м*;

$\delta$  — толщина стенок трубопровода, *м*.

Жуковский Н.Е. показал, что величина удара возрастает при переходе ударной волны в тупик (в меньшем сечении трубопровода). Он отмечал, что при быстром закрытии задвижки вода останавливается и давление поднимается только у задвижки, и это состояние воды передается по трубе по закону распространения волнообразного движения. Увеличение давления, наблюдаемое при этих колебаниях, зависит от времени пробега и скорости истечения воды (прямой гидравлический удар). Такого же мнения придерживались ученые: профессор Казанского университета Громека И. [3] и немецкий профессор Ghurch, [4]

Время пробега ударной волной в трубопроводе составляет:

$$T = 2L/\alpha, \text{ (3)}$$

где  $L$  — длина трубопровода, *м*.

В учебной же литературе [5] мы чаще встречаем формулы, в которых величина повышения давления зависит еще от перепада отметок ( $H_r$ ) уровней источника и точки сброса

$$\Delta H = \frac{\alpha g_0}{g} + 2H_r, \text{ (4)}$$

а напор в трубопроводе оценивается по формуле

$$H = \frac{\alpha g_0}{g} + 3H_r, \text{ (5)}$$

где  $H_r$  - геометрический напор насосной станции, равный разности отметок верхнего и нижнего уровней воды по пути движения воды в трубопроводе.

Приведенные выше оценки (4) и (5) приращения давления в трубопроводе при гидравлическом ударе существенно отличаются от выводов Жуковского Н.Г.,

сделанных им при исследовании данного явления, а в какой-то мере противоречат и законам гидродинамики.

При гидравлическом ударе давление воды по трубе распространяется согласно закону распространения волнообразного движения. Волна перемещается в трубопроводе от одного тупика до другого, т.е. в замкнутом, разряженном пространстве, в котором атмосферное давление не действует. Отметим, что при подборе насоса для обеспечения циркуляции воды в замкнутом трубопроводе (системы горячего водоснабжения) геометрический напор  $H_r$  не учитывается.

Явление гидравлического удара в трубопроводе сложно точно смоделировать и описать математически без принятия некоторых допущений. Принять некоторый запас по величине приращения давления в трубопроводе при гидравлическом ударе вполне справедливо, поскольку избежать погрешностей при моделировании процесса не всегда возможно. Жуковский Н.Е. при выполнении экспериментов отмечал [2], что "...средние замеренные величины  $P$ , вычисленные из наблюдений, еще более превышает теоретическую величину  $4g$ ". При этом он добавлял, что используемые измерительные приборы далеки от совершенства, "а теоретические соображения" о том, что для труб 2, 4 и 6" ( $D_y$  50,  $D_y$  100,  $D_y$  150 мм) следует ожидать 4 ат добавочного давления на каждый фут (0,3048 м) потерянной скорости.

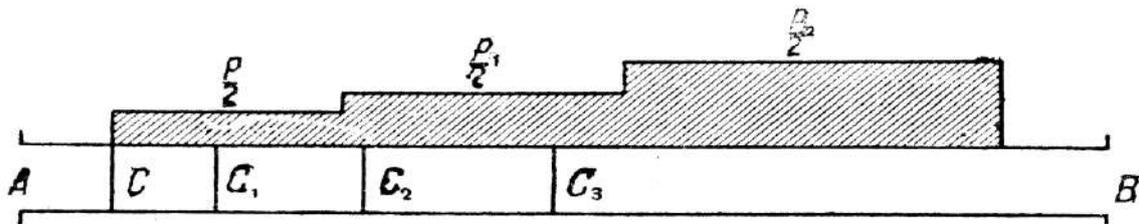


Рисунок 1. График изменения давлений в трубе с несколькими сужениями сечения (задвигками по замерам Жуковского Н.Е.), где  $P$  приращение давления на участке при гидравлическом ударе

Но это вполне точно можно учесть, если формулу (1) преобразовать в виде

$$\Delta H = 2(g_1 \cdot h + g_2 \cdot h + \dots + g_n \cdot h), \text{ м}, \quad (6)$$

где  $h$  - удельная величина приращения давления на каждый фут (0,3м) потерянной скорости, ат;

$g_n$  - скорость потока жидкости в сечении  $n$ , фут/с, м/с;

$n$  - количество изменений сечения (диаметров) трубопровода по всей его длине,

#### Вывод:

Анализ исследований Н.Е. Жуковского по гидравлическому удару позволил установить методику оценки приращения давления в трубопроводе с несколькими составными трубами, различающихся по диаметру.

#### Литература

1. Смирнов Д.Н. Зубов Л.Н. Гидравлический удар в напорных водоводах. М., Стройиздат, 1975, 125 с.;
2. Жуковский Н.Е. Полное собрание сочинений. Том VII. Гидравлика. О гидравлическом ударе. Главная редакция авиационной литературы М., 1937, 403 с.;
3. Громека И. О скорости распространения волнообразного движения жидкостей в упругих трубах. Казань, 1883.
4. Lamb Y. Uber die Geschwindigkeit des Schalles unter Einfluss der Elastizitat der Wande, Hroceedings of the Manchester.Soc.,1898.

5. Рычагов В.В., Третьяков А.А., Флоринский М.М. Проектирование насосных станций и испытание насосных установок. Изд. "Колос" М., 1971, 340 с.

Дюймы в сантиметры											
От 0 до 1		От 1 до 100		От 101 до 200		От 201 до 300		От 301 до 400		От 401 до 500	
Дюймы	См	Дюймы	См	Дюймы	См	Дюймы	См	Дюймы	См	Дюймы	См
0,01	0,0254	1	2,54	101	256,54	201	510,54	301	764,54	401	1 018,54
0,02	0,0508	2	5,08	102	259,08	202	513,08	302	767,08	402	1 021,08
0,03	0,0762	3	7,62	103	261,62	203	515,62	303	769,62	403	1 023,62
0,04	0,1016	4	10,16	104	264,16	204	518,16	304	772,16	404	1 026,16
0,05	0,1270	5	12,70	105	266,70	205	520,70	305	774,70	405	1 028,70
0,06	0,1524	6	15,24	106	269,24	206	523,24	306	777,24	406	1 031,24
0,07	0,1778	7	17,78	107	271,78	207	525,78	307	779,78	407	1 033,78
0,08	0,2032	8	20,32	108	274,32	208	528,32	308	782,32	408	1 036,32
0,09	0,2286	9	22,86	109	276,86	209	530,86	309	784,86	409	1 038,86
0,10	0,2540	10	25,40	110	279,40	210	533,40	310	787,40	410	1 041,40
0,11	0,2794	11	27,94	111	281,94	211	535,94	311	789,94	411	1 043,94
0,12	0,3048	12	30,48	112	284,48	212	538,48	312	792,48	412	1 046,48
0,13	0,3302	13	33,02	113	287,02	213	541,02	313	795,02	413	1 049,02
0,14	0,3556	14	35,56	114	289,56	214	543,56	314	797,56	414	1 051,56
0,15	0,3810	15	38,10	115	292,10	215	546,10	315	800,10	415	1 054,10
0,16	0,4064	16	40,64	116	294,64	216	548,64	316	802,64	416	1 056,64
0,17	0,4318	17	43,18	117	297,18	217	551,18	317	805,18	417	1 059,18
0,18	0,4572	18	45,72	118	299,72	218	553,72	318	807,72	418	1 061,72
0,19	0,4826	19	48,26	119	302,26	219	556,26	319	810,26	419	1 064,26
0,20	0,5080	20	50,80	120	304,80	220	558,80	320	812,80	420	1 066,80
0,21	0,5334	21	53,34	121	307,34	221	561,34	321	815,34	421	1 069,34
0,22	0,5588	22	55,88	122	309,88	222	563,88	322	817,88	422	1 071,88
0,23	0,5842	23	58,42	123	312,42	223	566,42	323	820,42	423	1 074,42
0,24	0,6096	24	60,96	124	314,96	224	568,96	324	822,96	424	1 076,96
0,25	0,6350	25	63,50	125	317,50	225	571,50	325	825,50	425	1 079,50
Дюймы	См	Дюймы	См	Дюймы	См	Дюймы	См	Дюймы	См	Дюймы	См
0,26	0,6604	26	66,04	126	320,04	226	574,04	326	828,04	426	1 082,04
0,27	0,6858	27	68,58	127	322,58	227	576,58	327	830,58	427	1 084,58
0,28	0,7112	28	71,12	128	325,12	228	579,12	328	833,12	428	1 087,12
0,29	0,7366	29	73,66	129	327,66	229	581,66	329	835,66	429	1 089,66
0,30	0,7620	30	76,20	130	330,20	230	584,20	330	838,20	430	1 092,20
0,31	0,7874	31	78,74	131	332,74	231	586,74	331	840,74	431	1 094,74
0,32	0,8128	32	81,28	132	335,28	232	589,28	332	843,28	432	1 097,28
0,33	0,8382	33	83,82	133	337,82	233	591,82	333	845,82	433	1 099,82
0,34	0,8636	34	86,36	134	340,36	234	594,36	334	848,36	434	1 102,36
0,35	0,8890	35	88,90	135	342,90	235	596,90	335	850,90	435	1 104,90
0,36	0,9144	36	91,44	136	345,44	236	599,44	336	853,44	436	1 107,44
0,37	0,9398	37	93,98	137	347,98	237	601,98	337	855,98	437	1 109,98
0,38	0,9652	38	96,52	138	350,52	238	604,52	338	858,52	438	1 112,52
0,39	0,9906	39	99,06	139	353,06	239	607,06	339	861,06	439	1 115,06
0,40	1,0160	40	101,60	140	355,60	240	609,60	340	863,60	440	1 117,60
0,41	1,0414	41	104,14	141	358,14	241	612,14	341	866,14	441	1 120,14
0,42	1,0668	42	106,68	142	360,68	242	614,68	342	868,68	442	1 122,68

Дюймы в сантиметры											
От 0 до 1		От 1 до 100		От 101 до 200		От 201 до 300		От 301 до 400		От 401 до 500	
Дюймы	См	Дюймы	См	Дюймы	См	Дюймы	См	Дюймы	См	Дюймы	См
0,43	1,0922	43	109,22	143	363,22	243	617,22	343	871,22	443	1 125,22
0,44	1,1176	44	111,76	144	365,76	244	619,76	344	873,76	444	1 127,76
0,45	1,1430	45	114,30	145	368,30	245	622,30	345	876,30	445	1 130,30
0,46	1,1684	46	116,84	146	370,84	246	624,84	346	878,84	446	1 132,84
0,47	1,1938	47	119,38	147	373,38	247	627,38	347	881,38	447	1 135,38
0,48	1,2192	48	121,92	148	375,92	248	629,92	348	883,92	448	1 137,92
0,49	1,2446	49	124,46	149	378,46	249	632,46	349	886,46	449	1 140,46
0,50	1,2700	50	127,00	150	381,00	250	635,00	350	889,00	450	1 143,00
Дюймы	См	Дюймы	См	Дюймы	См	Дюймы	См	Дюймы	См	Дюймы	См
0,51	1,2954	51	129,54	151	383,54	251	637,54	351	891,54	451	1 145,54
0,52	1,3208	52	132,08	152	386,08	252	640,08	352	894,08	452	1 148,08
0,53	1,3462	53	134,62	153	388,62	253	642,62	353	896,62	453	1 150,62
0,54	1,3716	54	137,16	154	391,16	254	645,16	354	899,16	454	1 153,16
0,55	1,3970	55	139,70	155	393,70	255	647,70	355	901,70	455	1 155,70
0,56	1,4224	56	142,24	156	396,24	256	650,24	356	904,24	456	1 158,24
0,57	1,4478	57	144,78	157	398,78	257	652,78	357	906,78	457	1 160,78
0,58	1,4732	58	147,32	158	401,32	258	655,32	358	909,32	458	1 163,32
0,59	1,4986	59	149,86	159	403,86	259	657,86	359	911,86	459	1 165,86
0,60	1,5240	60	152,40	160	406,40	260	660,40	360	914,40	460	1 168,40
0,61	1,5494	61	154,94	161	408,94	261	662,94	361	916,94	461	1 170,94
0,62	1,5748	62	157,48	162	411,48	262	665,48	362	919,48	462	1 173,48
0,63	1,6002	63	160,02	163	414,02	263	668,02	363	922,02	463	1 176,02
0,64	1,6256	64	162,56	164	416,56	264	670,56	364	924,56	464	1 178,56
0,65	1,6510	65	165,10	165	419,10	265	673,10	365	927,10	465	1 181,10
0,66	1,6764	66	167,64	166	421,64	266	675,64	366	929,64	466	1 183,64
0,67	1,7018	67	170,18	167	424,18	267	678,18	367	932,18	467	1 186,18
0,68	1,7272	68	172,72	168	426,72	268	680,72	368	934,72	468	1 188,72
0,69	1,7526	69	175,26	169	429,26	269	683,26	369	937,26	469	1 191,26
0,70	1,7780	70	177,80	170	431,80	270	685,80	370	939,80	470	1 193,80
0,71	1,8034	71	180,34	171	434,34	271	688,34	371	942,34	471	1 196,34
0,72	1,8288	72	182,88	172	436,88	272	690,88	372	944,88	472	1 198,88
0,73	1,8542	73	185,42	173	439,42	273	693,42	373	947,42	473	1 201,42
0,74	1,8796	74	187,96	174	441,96	274	695,96	374	949,96	474	1 203,96
0,75	1,9050	75	190,50	175	444,50	275	698,50	375	952,50	475	1 206,50
Дюймы	См	Дюймы	См	Дюймы	См	Дюймы	См	Дюймы	См	Дюймы	См
0,76	1,9304	76	193,04	176	447,04	276	701,04	376	955,04	476	1 209,04
0,77	1,9558	77	195,58	177	449,58	277	703,58	377	957,58	477	1 211,58
0,78	1,9812	78	198,12	178	452,12	278	706,12	378	960,12	478	1 214,12
0,79	2,0066	79	200,66	179	454,66	279	708,66	379	962,66	479	1 216,66
0,80	2,0320	80	203,20	180	457,20	280	711,20	380	965,20	480	1 219,20
0,81	2,0574	81	205,74	181	459,74	281	713,74	381	967,74	481	1 221,74
0,82	2,0828	82	208,28	182	462,28	282	716,28	382	970,28	482	1 224,28
0,83	2,1082	83	210,82	183	464,82	283	718,82	383	972,82	483	1 226,82
0,84	2,1336	84	213,36	184	467,36	284	721,36	384	975,36	484	1 229,36
0,85	2,1590	85	215,90	185	469,90	285	723,90	385	977,90	485	1 231,90
0,86	2,1844	86	218,44	186	472,44	286	726,44	386	980,44	486	1 234,44

Дюймы в сантиметры											
От 0 до 1		От 1 до 100		От 101 до 200		От 201 до 300		От 301 до 400		От 401 до 500	
Дюймы	См	Дюймы	См	Дюймы	См	Дюймы	См	Дюймы	См	Дюймы	См
0,87	2,2098	87	220,98	187	474,98	287	728,98	387	982,98	487	1 236,98
0,88	2,2352	88	223,52	188	477,52	288	731,52	388	985,52	488	1 239,52
0,89	2,2606	89	226,06	189	480,06	289	734,06	389	988,06	489	1 242,06
0,90	2,2860	90	228,60	190	482,60	290	736,60	390	990,60	490	1 244,60
0,91	2,3114	91	231,14	191	485,14	291	739,14	391	993,14	491	1 247,14
0,92	2,3368	92	233,68	192	487,68	292	741,68	392	995,68	492	1 249,68
0,93	2,3622	93	236,22	193	490,22	293	744,22	393	998,22	493	1 252,22
0,94	2,3876	94	238,76	194	492,76	294	746,76	394	1 000,76	494	1 254,76
0,95	2,4130	95	241,30	195	495,30	295	749,30	395	1 003,30	495	1 257,30
0,96	2,4384	96	243,84	196	497,84	296	751,84	396	1 005,84	496	1 259,84
0,97	2,4638	97	246,38	197	500,38	297	754,38	397	1 008,38	497	1 262,38
0,98	2,4892	98	248,92	198	502,92	298	756,92	398	1 010,92	498	1 264,92
0,99	2,5146	99	251,46	199	505,46	299	759,46	399	1 013,46	499	1 267,46
1,00	2,5400	100	254,00	200	508,00	300	762,00	400	1 016,00	500	1 270,

Вы переводите единицы длина из фут в метр

$$1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m}$$

фут ⇨

## ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ В ВОДОПОДГОТОВКЕ

*Петраш Е.П. (МГРИ, jenny-k@mail.ru)*

**Аннотация:** Рассмотрены современные материалы и новые методы фильтрации воды.

**Ключевые слова:** МЕМБРАНА, АКВАПОРИН, ФУЛЛЕРЕНЫ, ГРАФЕН, МЕМБРАНА, БИОРЕАКТОР

Вода – основа жизни и любой профессиональной деятельности.

Служба разведки ВМФ М16 Великобритании в 2008 г. заявила: в интервале 2015-2020 гг. между Индией и Бангладеш развязывается первая в мире война за воду в последствии интенсификации конфликтов из-за уменьшающихся гималайских водных ресурсов.

### Современные виды мембран *Track Etched Membranes*

Получают путем:

- обработкой лучом лазера;
- бомбардировки заряженными частицами с последующей химической обработкой полимерной пленки.

Заранее заданные и практически одинаковые – несколько десятков нм - размеры получаемых пор

Некоторые области применения:

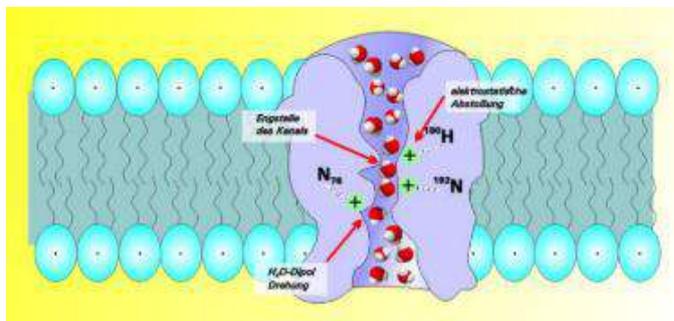
- ультрафильтрация;
- выделение определенных видов клеток;
- отделение/удержание частиц заданных размеров;
- регулирование потока жидкости в биосенсорах;
- в Дубне организовано серийное производство ТЕМ.

### *Аквапорин-содержащие*

Аквапорины – это интегральные мембранные белки, которые формируют поры в мембранах клеток, избирательно пропускают молекулы воды, позволяя ей поступать в клетку и покидать ее, в то же время препятствуют потоку ионов и других растворимых веществ.

Петер Агре в 2003 г получил Нобелевскую премию за открытие аквапоринов.

Aquaporin Inside – эта PES мембрана, поверхность которой модифицирована аквапоринами, включенными в биоподобный матрикс, производительность



**Рисунок 1. Схема движения воды через селективный аквапорин-канал (Интернет-иллюстрация).**

мембраны растёт на 40 – (250) % - с 25 на 100 и более л/м<sup>2</sup>/час/бар, NASA уже проводит испытания АП мембран.

Нано-частицы способны проникнуть в живые клетки, по этой причине представляют огромную опасность для любых живых организмов, включая Homo sapiens на всей планете:

- они могут попадать и обязательно попадают в сточные воды;
- они проходят через установку ультрафильтрации – считается Best Applicable Technology в очистке сточных вод и получает все большее распространение - и могли бы проходить даже через нанофильтры;
- сегодня на городских установках очистки сточных вод НЕТ ни нанофильтрации, ни осмотических установок, которые бы удаляли наночастицы.

### Наноматериалы в водоподготовке

#### Фуллерены

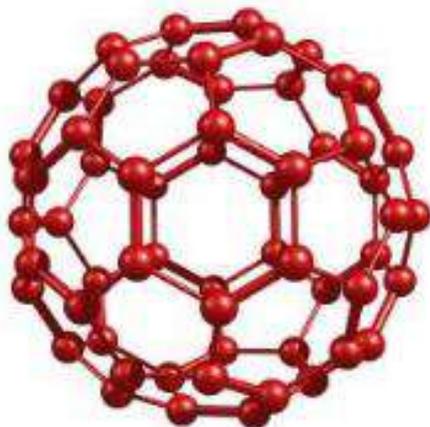


Рисунок 2. Фуллерен C60.

Это молекулярные соединения, аллотропные формы углерода. Представляют собой выпуклые замкнутые многогранники, составленные из чётного числа трёхкоординированных углеродных атомов. Нобелевская премия 1996 присуждена Крото, Смолли и Кёрлу за открытие фуллеренов.

Хорошо адсорбируют органику из воды (о десорбции нет данных), могут быть удалены коагуляцией, считают безопасным для человека (одиночные данные).

Шингит – это природный фуллерен, который начиная с 1990 используется в России в очистке воды (бактерии, нитраты, органика, тяжелые металлы).

Залежи находятся в районе оз. Онеги.

#### Графены

Двумерная аллотропная модификация углерода.

Представляет собой слой атомов С. Толщина слоя - один атом. Атомы С соединены в

гексагональную двумерную кристаллическую решетку.

Получают при механическом воздействии на высокоориентированный пиролитический графит или действием серной и соляной кислот на графит из нанотрубок и т.д.

Истинно плоский кристалл обладающий:  
– большой механической жесткостью;

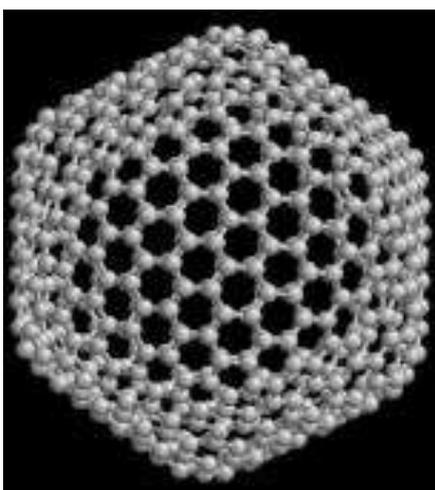


Рисунок 3. Фуллерен C540.

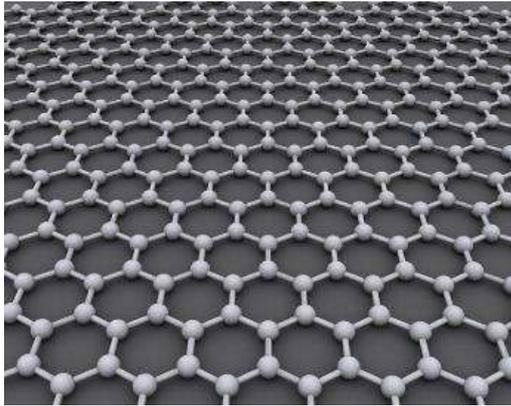


Рисунок 4. Графен.

– очень высокой теплопроводностью;  
– самой высокой подвижностью носителей зарядов среди известных материалов

Возможное применение:

- Perforene RO membrane (Lockheed-Martin patented);
- возможна коммерциализация возможно изменить, регулировать размер пор;
- Дистилляция этанола при комнатной температуре биоэтанол.
- Транзисторы, конденсаторы, IC, нанокomпьютер, и т.д.
- и многое другое.

### F(orward) O(smosis) – новый мембранный процесс

Вода притягивается через мембрану, чтобы снизить осмотическое давление draft solution, солевого раствора с высоким осмотическим давлением, внешнее давление отсутствует, более простые примёмы предочистки.

Чистая вода получается путем концентрирования – восстановления осмотического давления draft solution

- термическая обработка
- - обратный осмос
- и т.д.

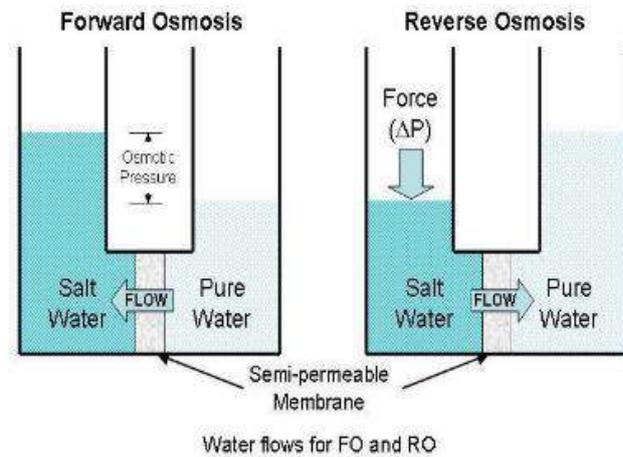


Рисунок 5. Схема прямого и обратного осмоса.

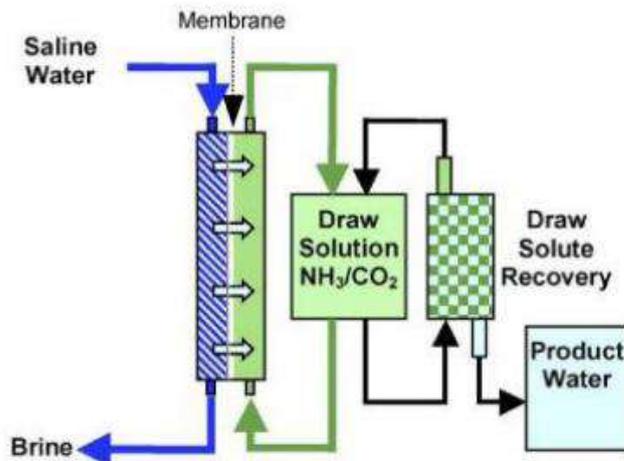


Рисунок 6. Схема работы мембранной установки.

### Области применения процессов фильтрации

Мембранный биореактор (MBRs) для установки обработки сточных вод.

SMBRs сегодня рассматривают как НДТ (наилучшая доступная технология)/Энрико Драйоли, Италия.

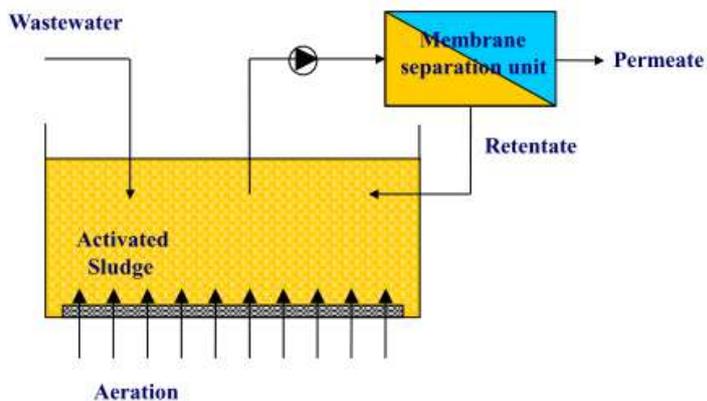
### Источники органики

Они содержатся, в первую очередь:

- в поверхностных водах (реки, озера);

- продукты вегетации (tannic and fulvic acids);
- промышленные отходы;
- бытовые отходы;

### Recirculated or external MBR



### Integrated or submerged MBR (sMBR)

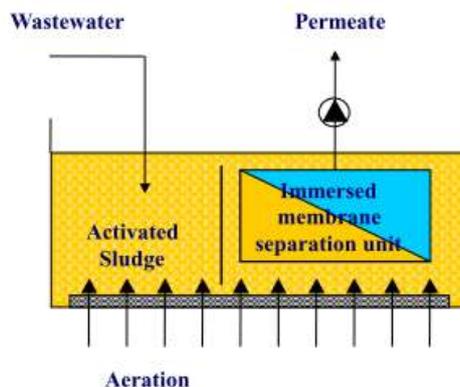


Рисунок 7. Схема мембранного биореактора.

- отходы животного происхождения;
- и т.д.

### Удаление органики из воды

Ионообменные смолы адсорбируют органику и частично удаляют их путем ионного обмена:

- слабоосновные аниониты удаляют 40-70%;
- сильноосновные стирольные аниониты удаляют 20-90%;
- сильноосновные сакриловые аниониты удаляют 50-90%;
- активированный уголь после 4 недели работы удаляет <20%.

Для питьевой воды можно использовать: PUROLITE TANEX.

Мембраны, в первую очередь, RO.

### Обессоливание

Вырабатывается вода с удельной электропроводимостью 0,5 – 2,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  для паровых котлов высокого давления (100 – 140 bar):

Химические процессы:

- Ионный обмен с прямоточной регенерацией. Вода на собственные нужды около 35 %;
- Ионный обмен с противоточной регенерацией. Вода на собственные нужды около 3-6 %.

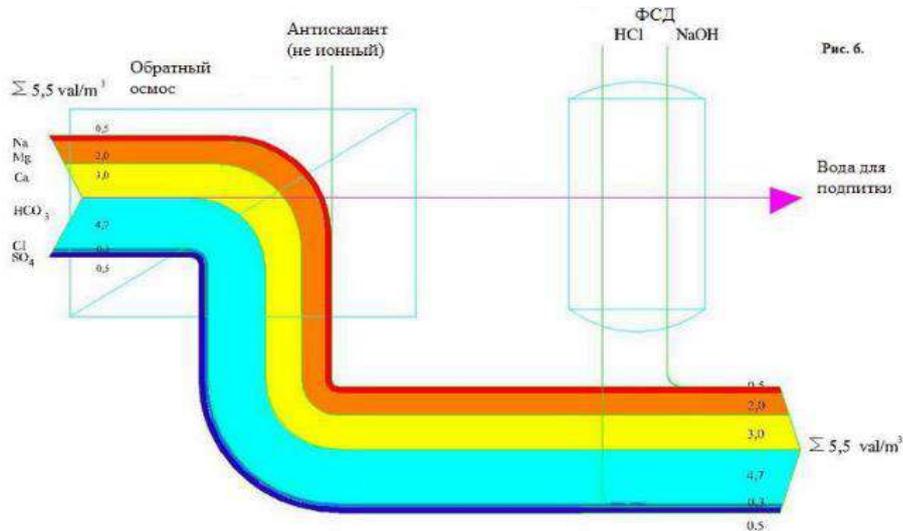


Рисунок 8. Диаграмма реагентов.

Физические процессы:

– Обратный осмос (RO). Вода на собственные нужды 20-30 % в зависимости от восстановления.

Рабочее давление: 5 – 15 – 100 бар.

–  
Перспективы прямого осмоса (FO, DO):

- нет внешнего

давления;

- DM воду получают из комбинированной FO/RO установки.

Мембранные процессы принято считать чистыми (безреагентными).

### Литература

1. Ерхов А.А. Нетрадиционные возможности наномембран в водоподготовке/ Электронное научное издание «Ученые заметки ТОГУ» 2017, Том 8, № 1, С. 218 – 221.
2. Дерюшев Л.Г., Фрог Б.Н., Ерхов А.А. О показателях качества воды/«Яковлевские чтения». XIII научно-техническая конференция. Сборник докладов. Москва. 15 марта 2018 г. Изд-во АСВ. – С. 30-34.

## КОМПАКТНЫЕ СТАНЦИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Петраш Е.П. (МГРИ, [jenny-k@mail.ru](mailto:jenny-k@mail.ru))

**Аннотация:** Очистные сооружения малой производительности всё больше востребованы как в городах, так и в сельских районах. Экономическая эффективность их всегда признавалась низкой из-за низкой рентабельности, обусловленной малыми объёмами очищаемой воды. В последние годы в связи с востребованностью малых КОС возникла необходимость в проведении фундаментальных исследований и в разработке опытных моделей установок – исследования были проведены и результаты доведены до промышленных образцов, таким образом, потребности любых заказчиков удалось удовлетворить.

**Ключевые слова:** КАНАЛИЗАЦИОННЫЕ ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ, БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА, БИОРЕАКТОР, ТЕХНОЛОГИЯ USBF, НИТРИФИКАЦИЯ

### Характеристика станции очистки сточных вод

Компактные станции очистки сточных вод (КОС), или локальные очистные сооружения (ЛОС) предназначены для малых и средних источников сточных вод в пределах мощности 50-500 м<sup>3</sup>/сут (пансионы, гостиницы, малые населенные пункты, города-спутники и т. п.), обладающие возможностью подключения к канализации. Они

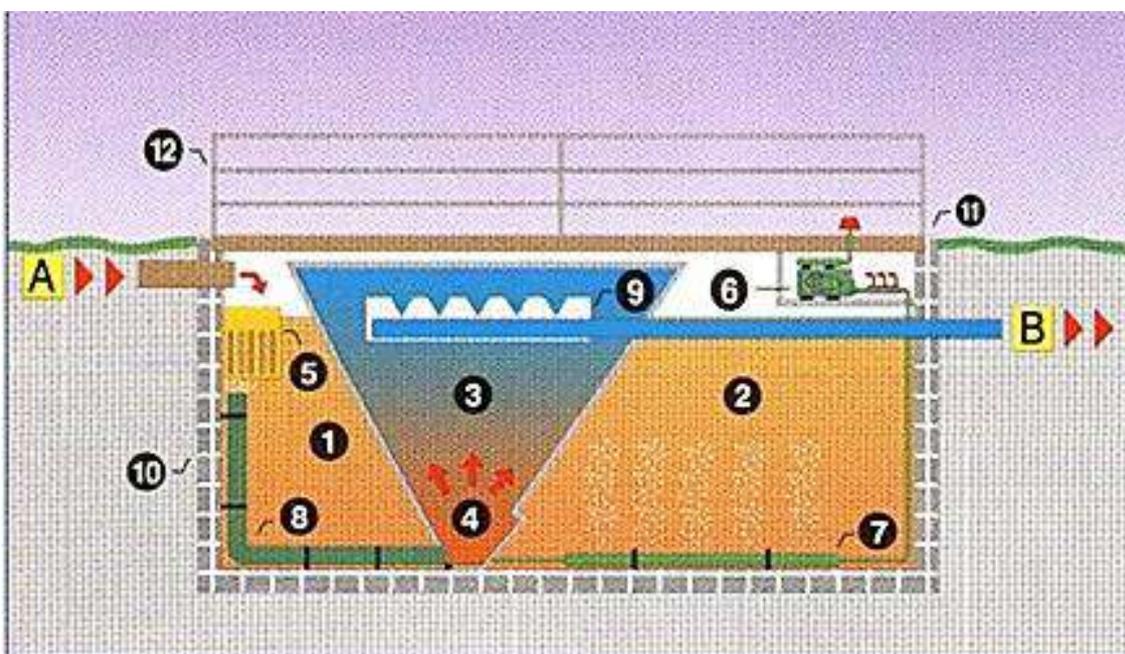


Рисунок 1. Схема работы установки (Интернет-источник):

- |                           |                                    |
|---------------------------|------------------------------------|
| 1) зона денитрификации    | 7) аэрационная система             |
| 2) зона активации         | 8) иловый насос                    |
| 3) зона сепарации         | 9) сборный жёлоб                   |
| 4) взвешенный слой осадка | 10) пластмассовая ёмкость очистной |
| 5) приточная корзина      | 11) деревянная крышка              |
| 6) воздуходувка           | 12) перила                         |
| A) приток на очистную     | B) выпуск очищенной воды           |

годятся для местного использования в системах децентрализованной канализации, когда в населенных пунктах с низкой плотностью застройки, или в населенных пунктах, расположенных в холмистом крае, постройка классических канализационных коллекторов с одной центральной КОС является очень дорогой. Этим децентрализованным способом отвода сточных вод можно прекрасно решить проблему сточных вод, а, прежде всего, сэкономить немалые финансовые средства на постройку канализационной сети. Большой выгодой децентрализованной системы отвода сточных вод при использовании компактных КОС также является возможность постепенной постройки, и, таким образом, также меньшая моментальная финансовая нагрузка с возможностью разложения инвестиций в более длительный диапазон времени.

### Описание технического исполнения

Выгодой станций очистки сточных вод является их простая конструкция и компактные размеры. На место их установки привозятся как готовый продукт в кузове



Рисунок 2. Общий вид станции (Интернет-источник).

грузового автомобиля. Они сконструированы как прямоугольные, самонесущие резервуары (ёмкости) из полипропилена, в которых установлена встроенная технология USBF, которая, благодаря своей гибкости, позволяет в случае необходимости удовлетворить индивидуальные желания заказчика к исполнению СОСВ, что касается длины, ширины и глубины резервуара. Для сохранения гравитационного

подводящего канала фекалий станции очистки устанавливаются ниже уровня местности в подготовленные выемки на фундаментную бетонную плиту. Необходимая высота резервуара над подводящим трубопроводом и ниже окружающей местности регулируется при использовании надставок резервуара. Верхняя часть КОС должна быть по причине безопасности закрыта, а также должен быть обеспечен доступ к отдельным технологическим частям без проблем, поэтому необходимо, чтобы по крышке можно было ходить. Из-за этого в большинстве случаев КОС закрыты плотными деревянными досками, которые уложены в нержавеющей рамах. После установки КОС в данную местность и после простого монтажа оборудование сразу подготовлено к эксплуатации.

Встроенную технологию USBF можно также установить в бетонные резервуары, и с учетом их компактных размеров, с их помощью возможно, таким образом, также реконструировать старые очистительные станции, что касается повышения мощности, или эффективности очистки, т. е. без требований к расширению объектов КОС.

Очистительные станции могут быть оснащены насосным резервуаром, который используется, прежде всего, в тех местах, в которых благодаря большой разнице по высоте между очистительной станцией и подводимым трубопроводом, нельзя обеспечить гравитационный подводный канал.

Частью КОС также является концентратор биологических фекалий REOVIT, который выразительно понижает объем продукции излишних фекалий. По желанию заказчика может быть эксплуатация очистительной станции, полностью автоматизированной и может быть оснащена компьютерным оборудованием с телеизмерением, которое позволит дистанционно управлять и оценивать работу всего комплекса, включая автоматический отбор испытательных образцов.

### Описание технологии

Биологические очистительные станции используют прогрессивные технологии USBF (Upflow Sludge Blanket Filtration), когда сам биореактор интегрирует активационную и сепарационную часть в одном резервуаре. Активация работает с очень низкой нагрузкой фекалиями, и для отделения очищенной воды от фекалий

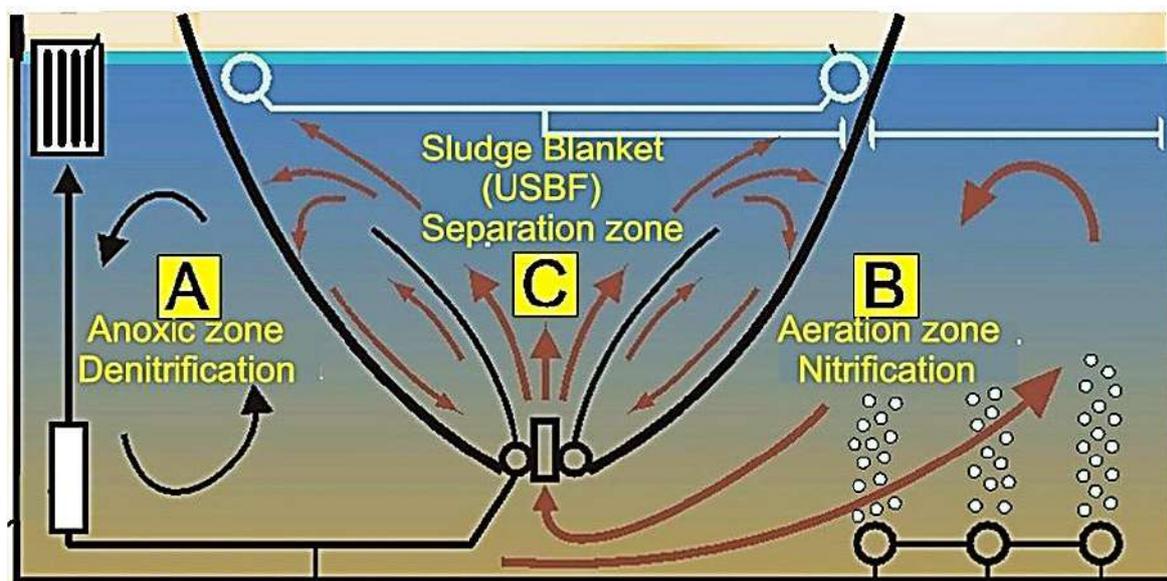


Рисунок 3. Схема процесса USBF – фильтрация через слой взвешенного осадка (Интернет-источник).

служит флюидный фильтр, состоящий из т. наз. грязевого тумана. В случае очистительных станций с технологией USBF нет необходимости устанавливать никакие, предварительно включенные, уравнивающие резервуары, а также они не нуждаются ни в какой дозировке химикатов для сохранения эффективности очистки. Очистительным станциям нужен для их работы только нагнетатель (воздуховка), который нагнетает сжатый воздух в распределительную доску, которая потом регулирует доставку кислорода в отдельные технологические части, и одновременно обеспечивает рециркуляцию активирующей смеси. Технология USBF является результатом многолетних исследований, разработки и реализации внутри страны и за границей и полностью охраняется патентом.

## Преимущества КОС

**Высокое качество очищенной воды:** Параметры очищенной воды на выпуске КОС с большим резервом соответствуют директиве правительства № 229/2007 Свода законов, которая определяет показатели допустимого загрязнения воды. Эффективность очистки КОС с технологией USBF для отдельных показателей загрязнения достигает у  $CHSK_{Cr}$  85%,  $BSK_5$  95%,  $N-NH_4^+$  92%,  $N_{\text{всего}}$  60% и  $P_{\text{всего}}$  50%. При предположении соблюдения условий эксплуатации, определенных правилами эксплуатации КОС, концентрация  $XPK_{Cr}$  на выпуске из КОС не превышает 70 мг/л, концентрация  $BPK_5 < 15$  мг/л, концентрация  $N-NH_4^+ < 5$  мг/л и концентрация  $NL < 15$  мг/л.

Согласно методике директивы правительства № 229/2007 Свода законов, которая заменяет ДП № 61/2003 Свода законов, речь идет о самой лучшей доступной технологии в области ликвидации городских сточных вод.



Рисунок 4. Монтаж КОС (Интернет-источник).

**Простая и быстрая установка:** КОС на место установки привозится как готовый продукт и после размещения в местности и подключения к подводящему и выпускному трубопроводу, оборудование сразу подготовлено для эксплуатации.

**Низкие эксплуатационные расходы:** Минимальные требования к обслуживанию КОС, низкий расход электроэнергии и

производительность только небольшого количества излишнего биологического осадка, который очистительная станция во время работы производит, обеспечивают очень низкие эксплуатационные расходы на очистку фекальных вод.

**Полное исключение запаха:** Аэробный принцип очистки, используемый у всех очистительных технологий USBF, не производит первичный осадок и исключает гнилостные процессы, которые бы могли являться источником неблагоприятного запаха. Малая нагрузка и высокий возраст осадка является причиной, почему осадок аэробно стабилизирован, и далее не подлежит распаду.

**Безотказность работы:** Своей простой, на практике оправданной, конструкцией и машинной оснасткой гарантируют станции очистки сточных вод высокую надёжность при эксплуатации. По желанию заказчика может быть работа КОС полностью автоматизированной.

### Литература

1. Ерхов А.А., Королёва Е.А. Устройство очистки бытовых сточных вод малой производительности зданий с децентрализованной системой водоотведения/ Международная научно-практическая конференция «Стратегия развития



геологического исследования недр: настоящее и будущее» 4–6 апреля 2018. Том 2. М., НПП «Фильтроткани», 2018. – С. 630-631.

2. Ерхов А.А., Королёва Е.А. Основы технологических процессов аэротенков/«Яковлевские чтения». XI научно-техническая конференция. Сборник докладов. Москва. 16 марта 2016 г. Изд-во АСВ. – С. 80-82.

3. Ерхов А.А., Королёва Е.А. Обеззараживание воды на крупных водопроводных станциях/ XIII Международная научно-практическая конференция «Новые идеи в науках о Земле», 5–7 апреля, 2017 г./ – Т. 2. – М.: МГРИ-РГГРУ, 2017. – 190-191 с.

## МЕТОД УПРОЩЁННОЙ АЭРАЦИИ ДЛЯ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ВОДЫ

Фрог Б.Н., Вечтомова А.В. (МГРИ, [bs\\_frog@mail.ru](mailto:bs_frog@mail.ru))

**Аннотация:** Окисление железа – увеличение активности этого металла. И в этом виде его первоначально растворённую форму можно выделить из воды – фильтрованием. Самый простой метод – аэрация – взаимодействие с кислородом воздуха, при этом реакцию можно ускорить катализаторами и дополнительно использовать вещества-окислители.

**Ключевые слова:** ЖЕЛЕЗО, ВАЛЕНТНОСТЬ, ОКИСЛЕНИЕ ФИЛЬТРАЦИЯ, СКОРОСТЬ, ЗАГРУЗКА, КАТАЛИЗАТОР, АДСОРБЦИЯ

Метод упрощенной аэрации применим как в гравитационном, так и в напорном варианте, в зависимости от производительности установки. Метод выбирается исходя из условий, что окислительно-восстановительный потенциал воды после аэрации будет менее +100 мВ и индекс стабильности воды не менее +0,05. Метод упрощенной аэрации основан на способности воды, содержащей железо (II) и растворенный кислород, при фильтровании через зернистый слой выделять железо на поверхности зерен, образуя каталитическую пленку из ионов и оксидов двух- и трехвалентного железа. Эта пленка активно интенсифицирует процессы окисления и выделения железа из воды. Обезжелезивание воды в загрузке, покрытой пленкой, является гетерогенным автокаталитическим процессом, в результате которого обеспечивается непрерывное обновление пленки, как катализатора, непосредственно во время работы фильтра.

В этом методе не требуется окисление двухвалентного железа в трехвалентное и перевод его в гидроксид и, следовательно, не требуются дорогостоящие аэрационные сооружения. Упрощенная аэрация осуществляется с помощью несложных приспособлений излива воды с небольшой высоты в карман или центральный канал фильтра или вдуванием воздуха в обрабатываемую воду. Отсутствие специальных аэрационных устройств и контактных емкостей упрощает эксплуатацию и снижает стоимость очистки.

Для расчета фильтрующей загрузки при обезжелезивании подземных бикарбонатных и карбонатных вод по методу упрощенной аэрации рекомендуется эмпирическая формула:

$$L = \frac{v d_3 \ln(A)}{K \alpha (1 - n) t^{0.74} (3pH - 18,8) [O_2]}$$

где  $L$  – толщина слоя фильтрующей загрузки, м;  $v$  – скорость фильтрования, м/ч;  $d_3$  – эквивалентный диаметр фильтрующей загрузки, мм;  $A = C_u / C_\phi$  (здесь  $C_u$  и  $C_\phi$  – содержание железа (II) соответственно в исходной воде и в фильтрате, мг/л);  $K$  – константа реакции окисления железа (II), определяемая эмпирическим путем;  $\alpha$  и  $n$  – соответственно коэффициенты формы зерен и пористости фильтрующей загрузки;  $t$  – Температура исходной воды, °С;  $[O_2]$  – содержание в воде растворенного кислорода, мг/л.

Метод сухой фильтрации заключается в фильтровании воздушно-водяной эмульсии через «сухую» (незатопленную) зернистую фильтрующую загрузку образованием в ней вакуума или нагнетания больших объёмов воздуха с последующим отсосом из поддонного пространства. В обоих случаях в паровых каналах фильтрующей загрузки образуется турбулентный режим движения смеси, характеризующийся завихрениями и противотоками, что способствует молекулярному

контакту воды с поверхностью зерен контактной массы. При этом на зернах фильтрующей загрузки формируется адсорбционно-каталитическая пленка из соединений железа, повышающая эффективность процессов обезжелезивания.

Особенностью процесса является образование дегидратированной пленки на зернах загрузки (песок, керамзит, пенополиуретан, антрацит, винипласт, полистирол, полиметилметакрилат и др.), состоящей, как показали рентгенографические определения, из магнетита, сидерита, гетита и гематита. Эти соединения имеют плотную структуру и объем в 4-5 раз меньший, чем объем гидроксида железа, что влияет на темп прироста потерь напора в фильтрующей загрузке при напорном фильтровании по методу "сухой фильтрации", темп прироста чрезвычайно мал, а продолжительность фильтроцикла – велика (от нескольких месяцев до года и более). Характерными особенностями процесса являются: минимальный период "зарядки" фильтрующей загрузки (т.е. образование на поверхности зерен активной адсорбционной пленки), составляющей от 0,3 до 1-2 ч; повышение рН и некоторое снижение жесткости фильтрата; высокая грязеемкость загрузки и отсутствие промывных вод (загрузки отмывают от соединений железа 0,5 - 1% - ным раствором дитианита, 5 - 10% - ным раствором ингибированной соляной кислоты или заменяют на новую). В фильтрате обычно наблюдается железо (II) и следы железа (III) выражение ниже позволяет определить продолжительность фильтроцикла фильтра, работающего по схеме "сухой фильтрации", сут:

$$T = \frac{12400Ld_3k}{v[1 + 0,08(12,8 - t_1)] \cdot 10^{0,14pH} \ln \frac{C_{\text{н}}}{C_{\text{ф}}}}$$

где  $k$  – воздушно-водяное отношение.

Метод упрощенной аэрации с двухступенным фильтрованием предпочтительно применять в напорном варианте. Метод аналогичен описанному ранее. В самом начале обезжелезивания – при поступлении на фильтр первых порций воды, когда загрузка еще чистая адсорбция соединений железа на ее поверхности происходит в мономолекулярном слое, т.е. происходит физическая адсорбция, обусловленная силами притяжения между молекулами адсорбата и адсорбента (поверхность твердого тела – адсорбента - насыщается молекулами адсорбата). После образования мономолекулярного слоя процесс выделения соединений железа на зернах песка не прекращается, а наоборот, усиливается вследствие того, что образовавшийся монослой химически более активен, чем чистая поверхность песка. Электронно-микроскопические исследования пленки показали, что она состоит из шаровидных молекул гидроксида железа и других соединений железа (III) и железа (II). Количество связанной воды в пленке достигает 20%. Величина поверхности пленки составляет не менее 200 м<sup>2</sup>/г.

Адсорбционные свойства пленки из соединений железа на зернах фильтрующей загрузки, высокие величины удельной поверхности ее и наличие больших количеств связанной воды позволяют сделать вывод, что пленка представляет собой очень сильный адсорбент губчатой структуры. Одновременно пленка является катализатором окисления поступающего в загрузку железа (II), поэтому эффект очистки воды зернистым слоем несравненно выше, чем это могло быть в гомогенной среде.

Для катализатора такого типа некоторые вещества, находящиеся в воде - аммиак, сероводород, свободная углекислота, коллоидная кремнекислота – являются ядами. Молекулы этих веществ имеют по два свободных электрона, которые могут участвовать в образовании ковалентных связей с поверхностью катализатора, что при значительных концентрациях этих соединений приводит к понижению его активности. Процесс описывается следующим уравнением

$$Fe_{\text{ост}} = 1,66 + 0,84(5)^{-1}(Fe_{\text{исх}} - 25) - 1,14(0,660)^{-1}(h_1 - 1,16) + 1,01(4)^{-1}(h_2 - 1,1) + 1,21(2)^{-1}(v^2 - 6) + 0,75(5)^{-1}(Fe_{\text{исх}} - 25)(4)^{-1}(v_1 - 11) - 0,71(0,6)^{-1}(h - 1,6)(2)^{-1}(v_2 - 6),$$

где  $Fe_{\text{ост}}$  и  $Fe_{\text{исх}}$  – соответственно содержание железа в фильтрате фильтра второй ступени и в обрабатываемой воде, мг/л;  $h_1$  и  $h_2$  – соответственно высоты слоев фильтрующей загрузки на фильтрах первой и второй ступени;  $v_1$  и  $v_2$  – соответственно скорости фильтрования на фильтрах первой и второй ступени.

Метод фильтрования на каркасных фильтрах следует применять для обезжелезивания воды на установках производительностью до 1000 м<sup>3</sup>/сут. Сущность метода заключается в том, что железо (II) после окисления переходит в осаждающееся железо (III). Гидроксид железа из нижней части аппарата намывается на керамический патрон, при этом имеющий заряд, отличный от зарядов хлопьев гидроксида железа и ионов железа (II). Нарастающий на патроне слой гидроксида железа служит контактным материалом для новых постоянно намываемых агрегатов (при этом происходят как физические, так и химические процессы), а сам патрон служит только опорным каркасом для фильтрующего слоя гидроксида железа. На патронных фильтрах сначала происходит фильтрование с постепенным закупориванием пор фильтрующей перегородки. Такое фильтрование заканчивается по достижении определенного соотношения объема твердых частиц, задержанных в порах, к объему самих пор. Затем начинается фильтрование с образованием первоначального слоя осадка и на этом заканчивается процесс зарядки фильтра и начинается фильтрование с целью обезжелезивания воды. Количество фильтрата  $Q$ , м<sup>3</sup>/ч, с 1 м<sup>2</sup> фильтрующей поверхности и скорость фильтрования  $v$ , м/ч, определяют по формулам:

$$Q = 100(37,3 + 4,8v - 3,5[Fe]^2 - 1,67v[Fe]);$$

$$v = 1 - 0,062[Fe] - 0,003[Fe]^2.$$

Продолжительность фильтрования  $t$  можно определить из выражения

$$t = (\Delta p^{0,09} \cdot 10^4) / (3,95v^2 q_T),$$

где  $\Delta p$  – перепад давления при фильтровании,  $q_T$  – твердая масса, задерживаемая фильтрующим каркасом при получении единицы объема фильтрата.

Метод аэрации с использованием вакуумно-эжекционных аппаратов заключается в окислении кислородом воздуха железа (II) в окисное с образованием коллоида гидроксида железа, его коагулировании при pH - 6,8-7 и выделении в осадок в виде бурых хлопьев. При контакте воды, содержащей железо (II), с воздухом кислород растворяется в воде, окислительный потенциал системы повышается, и, если при этом создать условия для удаления части растворенного CO<sub>2</sub>, то pH системы возрастет до значения, при котором произойдет выпадение в осадок гидроксида железа (III) при данном окислительном потенциале. При использовании в этой схеме осветлителей со слоем взвешенного осадка процесс описывается следующим уравнением:

$$Fe = Fe_{\text{исх}} e^{-b(H/v)^n},$$

где  $Fe$  и  $Fe_{\text{исх}}$  – соответственно содержание железа в воде после осветлителя в обрабатываемой воде;  $e$  – основание натуральных логарифмов;  $b$  – экспериментальный коэффициент, зависящий от свойств воды;  $H$  – высота взвешенного слоя;  $v$  – скорость восходящего движения воды во взвешенном слое;  $n$  – экспонента, учитывающая влияние окисления железа на эффект обезжелезивания воды.

Обезжелезивание воды фильтрованием через модифицированную загрузку основано на увеличении сил адгезии путем воздействия на молекулярную структуру поверхности зерен фильтрующей загрузки. Для увеличения сил адгезии, как показали исследования, необходимо на поверхности зерен фильтрующей загрузки образовать пленку из соединений, имеющих более высокое значение константы Ван-дер-Ваальса. Кроме того, электростатические свойства этих соединений должны обеспечить

изменение потенциала поверхности зерен в нужном направлении. При этом силы адгезии соприкасающихся тел тем больше, чем больше молекулярные массы.

Методика модификации загрузки предусматривает ее последовательную обработку 1,5 % - ным раствором сернокислого железа (II), а затем 0,5 % - ным раствором перманганата калия. Суммарная продолжительность контакта 30 минут. Спустя 20 минут после начала работы фильтрат отвечает лимитам ГОСТ 2874 – 82.

Обезжелезивание подземных вод в водоносном пласте основано на формировании в нем "зоны осаждения", в пределах которой происходит интенсивное окисление железа. Такая зона создает закачкой в пласт через поглощающие скважины питательной воды. В простейшем случае питательная вода представляет собой обезжелезленную подземную воду, насыщенную кислородом. Если же в подземной воде присутствуют трудноокисляемые формы железа и простой аэрацией питательной воды не удастся их удалить, то для интенсификации процесса рекомендуется использовать различные реагенты. В результате смешения питательной и подземных вод достигается смещение процессов окисления - восстановления в сторону окисления и железо, гидролизуясь, выпадает в осадок. При этом водовмещающие породы служат фильтрующей средой.

Схема установки с использованием водозаборной скважины как для отбора обезжелезненной воды, так и для закачки питательной воды в пласт приведена на рис. 4.1.1. В случае, когда для подъема воды из скважины используется погружной насос, то в нем предварительно демонтируется обратный клапан. Поскольку в данном случае речь идет об обезжелезивании подземных вод в водоносном пласте и вода, подтекающая к скважине, практически не должна содержать железа, то в качестве водоподъемного оборудования здесь более удобно использовать эрлифт. Более того, при использовании эрлифта отпадает необходимость в установке дополнительного оборудования для аэрации и дегазации воды.

Рассмотренные ранее установки рассчитаны на периодическую работу с чередованием циклов закачки в пласт питательной воды и отбора обезжелезненных подземных вод, поэтому для обеспечения непрерывной подачи потребителю обезжелезненной воды рекомендуется производить соединение нескольких установок в единую систему.

Обезжелезивание воды упрощенной аэрацией, хлорированием и фильтрованием заключается в удалении избытка углекислоты и обогащении воды кислородом при аэрации, что способствует повышению рН и первичному окислению железоорганических соединений. Окончательное разрушение комплексных соединений железа (II) и частичное его окисление достигается путем введения в обрабатываемую воду окислителя (хлора, озона, перманганата калия и т.п.). Соединения железа (II и III) извлекаются из воды при фильтровании ее через зернистую загрузку.

Удаление высококонцентрированных устойчивых форм железа из воды аэрацией, известкованием, отстаиванием в тонком слое и фильтрованием достигается после полного окисления железа (II) и деструкции комплексных железоорганических соединений при рН не менее 7,1. Процесс выделения соединений железа в тонкослойном отстойнике носит циклический характер и при этом эффект обезжелезивания воды зависит, главным образом, от скорости потока в тонкослойных модулях, исходной концентрации железа и дозы щелочного реагента. Для агломерации хлопьев гидроксида железа, оседающих в отстойнике, емкость камеры хлопьеобразования вихревого типа, совмещенной с отстойником, должна быть такой, чтобы обеспечивать продолжительность пребывания обрабатываемой воды не менее 15 мин.

Достижимый в тонкослойных модулях эффект деферризации воды  $\Theta$ , %, зависит от скорости движения потока  $v_0$ , дозы щелочного реагента  $D_n$ , содержания железа в обрабатываемой воде –  $Fe_{исх}$  и описывается уравнением

$$\Theta = 32,23 + 0,33v_0 - 0,224v_0^2 + 1,28D_n - 0,07D_n^2 + 0,37Fe_{исх}.$$

Скорость движения воды в тонкослойных модулях определяется по формуле

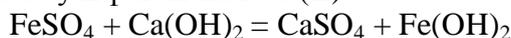
$$v_0 = \frac{100L_0A_0v_{кр}}{1000L_0A_0 + v_{кр}F[2(Fe_{исх} - Fe_{ост})K]}.$$

где  $L_0$  – длина ячейки отстойника, м;  $v_{кр}$  – критическая скорость потока в отстойнике, м/ч;  $A_0$  – параметр, характеризующий величину концентрации отложений, выпавших в отстойнике, г/л;  $F$  – функциональный параметр, зависящий в основном от продолжительности уплотнения осадка и цикла отстаивания, ч;  $K$  – концентрация нерастворимой взвеси в составе щелочного реагента, мг/л;  $Fe_{ост}$  – содержание железа в отстоянной воде.

Содержание железа в отстоянной воде, мг/л, определяется из выражения

$$Fe_{ост} = Fe_{исх}(1 - 0,01\Theta)$$

Для удаления сульфата железа (II) применяют известкование. Прибавленная известь реагирует вначале с сульфатом железа (II)



Образующийся гидроксид железа (II) окисляется в  $Fe(OH)_3$ .

Если количество кислорода в воде недостаточно для окисления, одновременно с известкованием проводят хлорирование или аэрирование воды.

## ACIDITHIOBACILLUS FERROOXIDANS В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ

Фрог Б.Н., Борисова П.А. (МГРИ, [bs\\_frog@mail.ru](mailto:bs_frog@mail.ru))

**Аннотация:** Вред воды, содержащей железо, со здоровьем, качеством выпускаемой продукции, эксплуатацией сооружений и оборудования, – для питьевой воды установлено ПДК. Обезжелезивание основано на изменении растворённых форм с последующим фильтрованием, при этом обязательно коагулирование нерастворённого соединения. Особую сложность технологиям водоснабжения придают ферробактерии, поэтому борьба с ними – особая и чрезвычайная задача водоподготовки.

**Ключевые слова:** ЖЕЛЕЗО, КИСЛОРОД, ВАЛЕНТНОСТЬ, ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЕ, ГУМИНОВЫЙ, БАКТЕРИИ, КОАГУЛЯНТ, ФИЛЬТРОВАНИЕ

Подземные воды, наряду с поверхностными, являются основой водного фонда РФ и служат для разных целей, важнейшей из которых является питьевое водоснабжение. Доля подземных вод в системе хозяйственно-питьевого водоснабжения составляет для РФ 46 %. Степень использования разведанных запасов в среднем составляет 16–18 %, а на введенных в эксплуатацию месторождениях – 30-32 %. Суммарный забор подземных вод на все нужды в среднем превышает 35 млн м<sup>3</sup>/сут. В связи с этим, проблема обезжелезивания подземных вод особо актуальна и носит научный характер.

В природных условиях в подземной воде содержится железо в таком количестве, которое делает ее непригодной для использования без специальной обработки. Так, при большом содержании железа вода в случае поглощения кислорода получает бурый цвет и неприятный вкус вследствие выпадения хлопьев гидроксида железа. Эти хлопья, выпадая в осадок, могут вызвать зарастание труб. Так же, при продолжительном введении в организм железа, оно имеет свойство аккумулироваться в печени в виде коллоидной формы оксида железа, что вызывает ряд тяжелых заболеваний.

В некоторых производствах вода с большим содержанием железа может вызвать порчу продукции, окрашивая ее (например, в текстильной промышленности).

Допустимое содержание железа в хозяйственно-питьевой воде не должно превышать 0,3 мг/л, а в воде, используемой в производственных процессах, определяется технологией самого производства.

### *Основные принципы обезжелезивания воды*

Оптимальное обезжелезивание базируется на знании качества природных вод с точки зрения их агрессивности к железу, влияния физико-химических свойств подземных вод на процессы обезжелезивания и возможности исключения агрессивности воды в зависимости от характеристик природных вод.

Изучение явления происхождения железистых вод показывает, что железо присутствует в воде в результате разложения пород под воздействием физических и химических факторов. В основе любого химического разложения находится вода, которая в чистом состоянии (рН=7) оказывает достаточно слабое разлагающее действие, в то время как кислотные и щелочные растворы растворяют минералы намного быстрее. Кислород, диоксид углерода, азотная и серная кислоты, гуминовые комплексы, аммиак и хлориды являются основными веществами, растворенными в природных водах, они вместе с микроорганизмами ускоряют разложение пород. Так же очень важно наличие в воде соединений серы для образования сероводорода (одного из наиболее важных восстановительных агентов в природе) в результате: бактериального

восстановления сульфатов, бактериального воздействия на свободную серу, реакции сульфидов с углекислым газом и водой, а также разложения сернистых органических соединений.

В кислой среде при восстановительных условиях железо стремится перейти в раствор в двухвалентной форме, оно преобладает над железом (III) поскольку количество свободного кислорода в литосфере недостаточно для окисления всех электроположительных элементов до наиболее высокого состояния окисления.

Все эти химические факторы, а также физические: течение воды, повышенная температура в литосфере, процессы испарения, интенсивное питание продуктами агрессивности – а также восстановительные условия в литосфере определяют переход соединений железа в растворимую двухвалентную форму. Для обеспечения процесса обезжелезивания, важно создать условия для невозможности его растворения в воде. Эти условия создаются в зависимости от цели обработки воды.

#### **Факторы, влияющие на процессы обезжелезивания**

Железо содержится в воде в форме минеральных соединений (железосодержащие соли) или в форме органических соединений гуминовых кислот, соединений с органическими веществами. В случае минерального происхождения железа, схема обработки является более простой. Присутствие в воде железа в форме органических соединений (гуминовые комплексы) крайне затрудняет обработку, так как органические вещества сосуществуют с соединениями железа и создаются условия для развития ферробактерий.

#### **Гуминовые комплексы**

Гуминовые комплексы являются восстановительными элементами для железа (III) и вместе образуют крайне устойчивые коллоидальные растворы. Некоторые растения и животные после отмирания накапливаются и создают вещества, называемые гумусами, которые образуют сложную коллоидальную систему, нерастворимую в воде, но способную образовывать коллоидальные растворы. Частицы гумуса заряжены отрицательно, они адсорбируют положительные ионы электролитов в растворе, и образуют гуминовые соединения, называемые гуматами. Гуминовые соединения железа (III) обычно нерастворимы, но с изменением pH, становятся растворимы. Они имеют свойство реагировать как кислота в присутствии основания и как основание в присутствии кислоты. Растворы – носители гумуса – повышают растворимость минералов, благоприятствуя их переходу в раствор в форме гуминовых комплексов. Диоксид углерода, высвобождающийся из гумуса в результате деятельности микробов или вследствие химических реакций, действует на минералы как растворитель путем повышения концентрации ионов водорода в воде, вызывая тем самым химическое искажение и создавая растворимые бикарбонаты.

Гуминовые комплексы, благодаря их способности видоизменять и адсорбировать катионы, играют важную роль в разрушении пород. Воды, содержащие гуминовые комплексы, принадлежат к нежелательной категории воды (исключение – виды промышленности, где такие воды можно использовать) и обработка таких вод сложна, поскольку методы простой аэрации и фильтрования не дают удовлетворительных результатов. Гуминовые комплексы железа содержатся в воде в виде гуминовых кислот из кислых вод, богатых углекислотой и обладающих комплексообразующими и растворяющими свойствами, сообщают ей агрессивные свойства. В водораспределительных сетях и установках эти воды вызывают отделение известковой и глинистой пленки, выполняющей защитную роль для трубопроводов, и открытая или недостаточно защищенная часть металла подвергается коррозионному действию этих чрезвычайно агрессивных вод. Вследствие комплексообразующих свойств, особенно у вод из торфяных или горных районов, кислые воды обладают

естественными моющими свойствами и применяются в некоторых производствах: легкой промышленности при мытье шерсти, в керамической и гончарной промышленности (используется вяжущий характер этих вод по отношению к глине). Благодаря моющим свойствам кислые воды образуют естественную пену в зонах, где вода никогда не загрязнялась синтетическими моющими средствами.

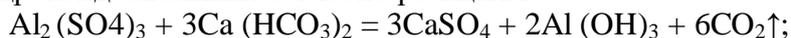
*Обработка вод, содержащих гуминовые комплексы железа*

Гуминовые комплексы железа, образовавшиеся адсорбированием положительных ионов Fe раствора отрицательно заряженными частицами гумуса, очень тяжело обрабатываются, поскольку гуминовые вещества-весьма стойкие защитные коллоиды, препятствующие осаждению железа. Таким образом, при обработке вод, содержащих гуминовые комплексы железа, возникает проблема дестабилизации защитных гуминовых коллоидов с целью осаждения коллоидального железного гидроксида. Снижение защитного действия гуминовых коллоидов и декантация (механическое отделение твердой фазы дисперсной системы (суспензии) от жидкой путём сливания раствора с осадка) вследствие этого железо из гуминовых комплексов может быть произведено окислением защитных коллоидальных веществ или добавлением в воду разведенных электролитов, которые в зависимости от реакции pH воды вызывают эффект ослабления либо полного прекращения защитного действия. В этой ситуации способ простой аэрации и фильтрования является недостаточным и приходится использовать окислительные и коагулирующие реагенты. Для уменьшения доз коагулянта следует применять катализаторы коагулирования и подщелачивающие вещества с целью поддержания значения pH (свыше 7,2), наиболее благоприятного для флокуляции. В некоторых случаях требуется отдельно осажать защитные коллоиды и удерживать их в осветлителях, а затем обрабатывать коагулянтом с целью осаждения коллоидов железа.

Устойчивость зелей железа, частицы которых имеют положительный заряд, обусловлена в основном повышенными значениями электрокинетического  $\zeta$  (дзета) - потенциала 0,3 -0,5 В. Коагулянтом служит электролит, который является ведущим в процессе агломерации (скопления) частиц, так как изменяет структуру двойного слоя и устраняет механическое сопротивление частиц сольватации (растворения) ионов, рассеянных вокруг коллоидальных частиц. Минимальная концентрация коагулянта  $C$ , мг/л, которая может вызвать явную коагуляцию в относительно короткое время, называется степенью коагуляции. Обратная величина  $p=1/C$  обозначает коагуляционную способность электролита. Коагуляция происходит при критическом значении  $\zeta$  – потенциала и тем быстрее, чем ближе к нулю величина этого потенциала. Значение  $\zeta$  – потенциала зависит от pH воды, ее щелочности и карбонатной жесткости.

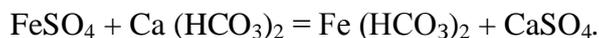
*Коагулянты, используемые в случае гуминовых комплексов железа*

Сульфат алюминия  $Al_2(SO_4)_3$  при растворении в воде соединяется с двууглекислым кальцием или магнием, снижая карбонатную жесткость воды и образуя в результате гидроксид алюминия согласно реакциям:



Гидроксид алюминия дисперсно разделяется в воде на мелкие положительно заряженные частицы и нейтрализует отрицательный электрический заряд коллоидальных частиц, содержащихся в воде.

Железистый сульфат  $FeSO_4$ , растворенный в воде, реагирует с двууглекислым кальцием или магнием, образуя в результате кислое двууглекислое железо и сернокислый кальций или магний:



Как и гидроксид алюминия, кислое двууглекислое железо обладает свойством нейтрализации электрических зарядов коллоидальных частиц.

### **Ферробактерии**

Переход железа в три формы – органическую, восстановленную минеральную и окисленную минеральную – обуславливается ферробактериями, а окисление железа в кислой среде может происходить химически только при их вмешательстве. Ферробактерии разделяются на три группы: минерализующие, окислительные и восстановительные.

Минерализующие бактерии, свойственные железу, могут быть аэробными и анаэробными. Аэробные бактерии разъедают органическую материю, высвобождая железо (II) в окисленной нерастворимой форме гидроксида. Анаэробные бактерии разрушают органическую материю, высвобождая железо в восстановленной форме, а иногда восстанавливают и серу, образуя сероводород и сульфид железа. Окислительные аэробные бактерии, называемые сидеробактериями или ферробактериями, характерны для цикла железа и живут в проточных и стоячих водах, колодцах и почвах. Среда должна содержать немного кислорода, железа (II), железистые соли, органические вещества, азот, а также иметь повышенное содержание диоксида углерода и относительно пониженное pH. Окислительные аэробные бактерии делятся на 3 группы: нитевидные и стеблевые, которые живут колониями, и одноклеточные, живущие изолированно или парами. Все они имеют оболочку, пропитанную железом (II), потребляют азот и углерод, используют железо (II) в качестве источника энергии в процессе химико-трофического восстановления диоксида углерода. Энергия, высвобожденная в результате этого процесса очень мала (одна молекула железа высвобождает при окислении только 3,5 Дж), однако при этом окисляется очень большое количество железистых соединений. Таким образом, благодаря окислительным аэробным бактериям образуются соединения железа (III). Другая группа бактерий окисляет железо (II) анаэробно в присутствии нитратов, железистой соли и водорода. Нитраты восстанавливаются, а  $Fe^{2+}$  окисляется до  $Fe(OH)_3$ .

Еще одной группой, которая вызывает анаэробное корродирование металлических трубопроводов, являются сульфобактерии. Они окисляют поверхность металла, переводят железо в раствор и восстанавливают соли серы. Восстановительные бактерии являются анаэробными, однако выдерживают и присутствие кислорода. Обилие в воде ферробактерий свидетельствует о наличии органической материи, железа (II), которое вызывает появление значительного количества илистых отложений гидроксида железа (III) коричневого цвета; их масса может в 500 раз превосходить массу бактерий. Присутствие в воде ферробактерий указывает на восстановленное состояние и автоматически требует фильтрования воды через зернистые слои и обработки ее хлором или перманганатом калия, а иногда механическими методами удаления бактерий из труб.

### **Уничтожение ферробактерий**

Ферробактерии создают серьезные трудности при эксплуатации установок для обработки воды. В верхней части слоя песка в фильтрах ферробактерии образуют муциллогинозные скопления, которые не удаляются полностью при промывке и создают в слое песка глубокие трещины (1,0-5,0 см), в результате чего фильтрование получается неравномерным. Сквозь эти трещины ферробактерии попадают в регулирующий резервуар и распределительную сеть.

Удаление ферробактерий из установок водоснабжения требует применения следующих мер обработки и ухода:

- полного обезжелезивания максимум до 0,05 мг/л;

- периодической промывки колодцев, водоводов и распределительных сетей водой, содержащей не менее 10 мг/л хлора;
- подщелачивания воды колодцев и водопроводов известковым молоком до pH 9-9,5;
- введения в технологическую схему обработки предварительных фильтров с толченым коксом со средней зернистостью 1-5 мм и высотой 1,4 м, в которых предусматривается промывка восходящим потоком с интенсивностью 6-8 л/(с·м<sup>2</sup>) (использование предварительных фильтров улучшает функционирование осветлительных фильтров за счет их разгрузки от ферробактерий, исключающей образование трещин в песке фильтров, что дает возможность получать более высокие скорости фильтрования и удлинять фильтроцикл);
  - чистки или замены песка в фильтрах, пропитанного ферробактериями;
  - периодической проверки давления в сети – выявления сужений, вызванных отложением ферробактерий (с прочисткой и даже заменой трубопровода);
  - периодических химических и биологических анализов обработанной воды;в
  - предварительное хлорирования воды такой дозой, чтобы в сети обеспечивалось содержание остаточного хлора порядка 0,3-0,5 мг/л.

### Литература

1. Дерюшев Л.Г., Фрог Б.Н., Ерхов А.А. О показателях качества воды. «Яковлевские чтения». XIII научно-техническая конференция. Сборник докладов. Москва. 15 марта 2018 г. Изд-во АСВ. – С. 30-34.

## ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ Г. ДУШАНБЕ

**Шарифов Маъруф Джурабекович**  
(студент МГРИ группы МС-17)

Строительство трубопроводных сетей систем водоснабжения и водоотведения г. Душанбе началось в 30-годы прошлого столетия. Тем не менее, в настоящее время только 70% территории города охвачено централизованными системами водоснабжения и водоотведения. За последние годы из-за длительной эксплуатации без надлежащего технического обслуживания состояние трубопроводных сетей систем водоснабжения и водоотведения не улучшилось, а ухудшилось. В условиях сейсмичности и изношенности стальных трубопроводов, аварийные ситуации со сбросом сточных вод в реки Душанбинку, Кафирниган (см. рисунок 1), перебои подачи питьевой воды потребителям из-за разрыва труб становятся не исключением, а установившимися событиями.



Рисунок 1. Схема исследуемой местности

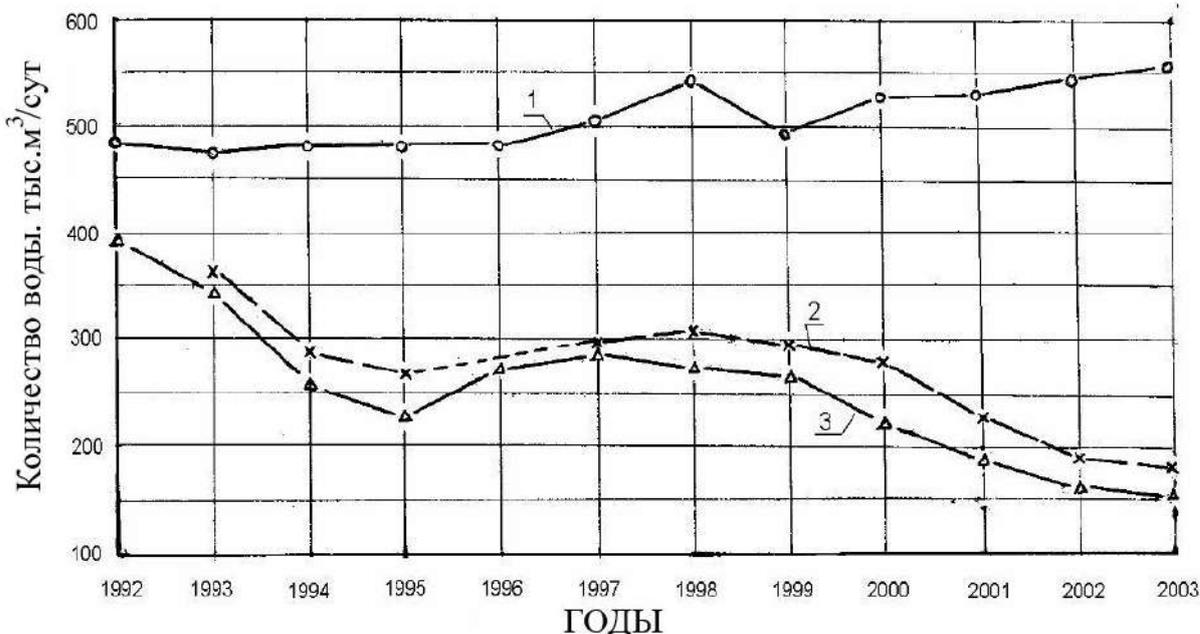


График забора воды из источников (1), её реализации (2) и поступление вод на очистной станции (3)

Рисунок 2. Данные по забору, использованию и отводу воды в г.

### Душанбе

Из графиков рисунка 2 видно, что среднесуточный забор воды на хозяйственно-питьевые нужды из поверхностных источников увеличился за исследуемый период с 470,1 тыс. м<sup>3</sup> в 1993г. до 556 тыс. м<sup>3</sup> в 2003г. Среднесуточная же реализация воды населению за этот период сократилась в 2 раза: в 1993 г - 362 тыс. м<sup>3</sup>; в 2003 г. - 178,4 тыс.м<sup>3</sup>. Поступления в систему канализации города также уменьшились и составили: 348,2 тыс. м<sup>3</sup> в 1993 г. и 156,4 тыс. м<sup>3</sup> в 2003 г. Следовательно, можно констатировать, что при увеличении забора воды на 14% за 10 лет, подача питьевой воды потребителям и сброс очищенных сточных вод сократились соответственно на 49% и 45 %. В этой связи возникла необходимость исследования основных причин, которые обусловили сложившуюся ситуацию по обеспечению объекта питьевой водой, отводу сточных вод и охране окружающей среды. Анализ отчетной документации водоканала г. Душанбе по эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения позволил установить, что эти причины характерны для любой трубопроводной системы городов России или Средней Азии, они известны: старение сооружений, оборудования, пренебрежительное отношение к охране окружающей среды, экономия средств, с целью получения сиюминутной выгоды и. д. Но работа исследуемых систем г. Душанбе в условиях сейсмичности, обуславливает гипертрофированное увеличение этих причин.

Постановлениями Правительства Таджикистана определены основные направления по осуществлению мер комплексного, рационального использования, охраны водных ресурсов и окружающей среды, обеспечения надежности систем водоснабжения и водоотведения. В районах подверженных сейсмическому воздействию, с климатическими особенностями по температуре и осадкам, аварии на трубопроводах наносят больший ущерб, чем разрушения жилых и общественных зданий от землетрясения. Поэтому целью настоящей работы ставятся решение следующих задач:

сбор статистических данных по эксплуатации трубопроводных систем водоснабжения и водоотведения г. Душанбе;

оценка наработки на отказ и времени восстановления трубопроводов; обоснование первичных мероприятий по обеспечению надежности систем водоснабжения и водоотведения г. Душанбе.

Надежность системы, как одно из важнейших свойств объекта, относится к показателям качества его функционирования [1, 2, 3]. Само понятие надежности не имеет смысла, если оно не связывается с конкретной длительностью пребывания объекта в заданном состоянии. Каждому элементу системы присуща числовая характеристика надежности для рассматриваемого промежутка времени.

На планете Земля сейсмические воздействия происходят каждые пять минут, 94 раза в год возникают разрушительные землетрясения силой от 8 до 10 баллов. В Таджикистане неощутимые (менее 2 баллов) подземные толчки регистрируются 6-7 раз в сутки, слабые (2-3 балла) - ежемесячно, средние (4-5 баллов) - ежегодно, сильные (6-7 баллов) - 1 раз в несколько лет [6-7]. В России и Таджикистане значительно меньше уделяют внимание влиянию землетрясений на подземные инженерные коммуникации, чем в других странах мира. Например, японские специалисты на основе анализа последствий сильных землетрясений, имевших место в Токио, дают наиболее полную информацию о повреждениях различных сооружений, в том числе и элементов систем водоснабжения и водоотведения [7, 8]. Они систематизировали особенности повреждаемости трубопроводов в зависимости от расположения, условий прокладки, материала труб и конструкции их стыковых соединений. Отметили, что трубопроводы, проложенные в слабых, неуплотненных грунтах, имеют наибольшую повреждаемость. С учетом этих и данных настоящих исследований предлагается осуществить следующие мероприятия по улучшению качества работы систем водоснабжения и водоотведения г. Душанбе:

1. Для потребителей воды г. Душанбе необходимо разработать законодательную нормативно-правовую базу по водопользованию и канализации;

2. Усовершенствовать организацию учета, оплаты и контроля водопотребления;

3. Целесообразно разделить территорию Душанбе (особенно левый берег) на несколько зон с примерно одинаковым давлением с учетом рельефа местности, что создаст условия для улучшения водоснабжения города;

4. Предусмотреть использование подземных источников для обеспечения потребности потребителей в питьевой воде в периоды выпадения атмосферных осадков;

5. Поэтапно провести реконструкцию и восстановление трубопроводных систем (не менее 10 км в год) для поддержания безотказности сетей водопровода и канализации;

6. Повысить качество проектирования систем водоснабжения и водоотведения.

При проектировании трубопроводной системы недостаточно, просто выбрать число ее элементов по заданным характеристикам. Необходимо убедиться, что требуемая величина надежности системы при этом обеспечивается. Согласно принятым нормативам [1-3] показателем надежности трубопроводной системы должна приниматься  $P(t)$  вероятность безотказной работы за время  $t$ . Если уровень надежности системы  $P(t) < P_{норматив}(t)$  не достаточен, то применять резервирование ее элементов. Виды резервирования элементов системы разнообразны: нагруженный резерв, ненагруженный резерв, облегченный резерв, восстанавливаемый резерв, невосстанавливаемый резерв, постоянное резервирование, скользящее резервирование, резервирование замещением и т.д.

Оценке надежности трубопроводных систем должно предшествовать обоснование закона распределения наработки на отказ ее элемента. Чаще инженеры базируются на предположении, что элементы трубопроводов подчиняются экспоненциальному закону распределения наработки на отказ. Применение данного закона правомерно, если допускать, что элементы системы не стареющие, с интенсивностью отказов  $\lambda$ . Но для трубопроводов более естественно предположить, что участки трубопроводов - стареющие, т.е. с течением времени трубопровод становится все менее и менее надежным. Если не учитывать периоды испытаний (приработки), то практически все элементы трубопроводных систем можно отнести к стареющим, как и саму систему из последовательных элементов, поскольку система будет отказывать и в моменты замены ее составляющих элементов.

Для упрощения оценки надежности или ненадежности элементов системы часто допускают, что вероятность безотказной работы каждого элемента имеет экспоненциальное распределение. Например, для системы, состоящей из  $n$  параллельных элементов:

$$P(t) = e^{-\lambda t} = 1 - \lambda t + \frac{\lambda^2 t^2}{2!} - \frac{\lambda^3 t^3}{3!} + \dots, \quad (1)$$

получаем

$$F(t)_n = 1 - e^{-\lambda t} = \lambda t - \frac{\lambda^2 t^2}{2!} + \frac{\lambda^3 t^3}{3!} - \dots \quad (2)$$

Когда  $\lambda t$  существенно меньше единицы,  $\lambda t < 0,1$ , то можно с незначительной погрешностью пренебречь членом  $\frac{\lambda^2 t^2}{2!}$  и последующими слагаемыми, получать оценки в виде:

$$F(t)_n = 1 - e^{-\lambda t} \approx \lambda t \quad (3)$$

$$P(t)_n = e^{-\lambda t} \approx 1 - \lambda t \quad (4)$$

Мгновенная интенсивность отказов системы является функцией времени работы  $t$ , тем не менее, среднюю наработку на отказ системы можно рассматривать как стационарную величину. Например, для системы из двух параллельных элементов (см. рисунок 3 "а")

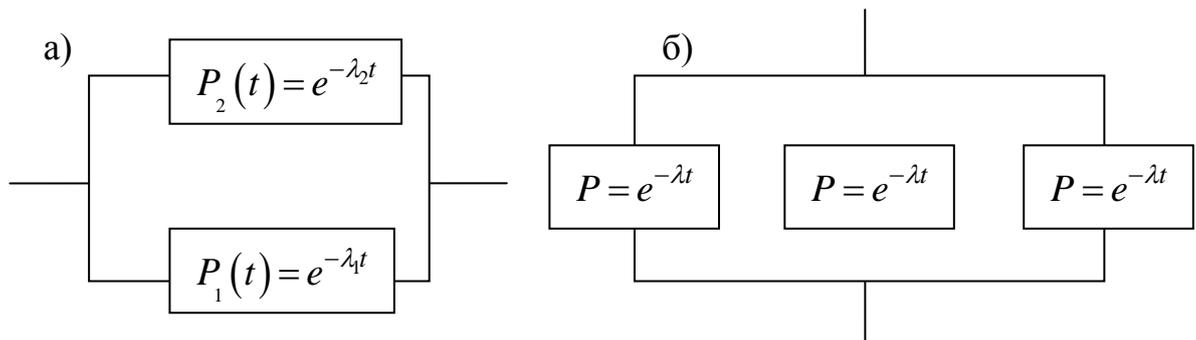


Рисунок 3. Системы с параллельно включенными элементами:

а) - с двумя элементами; б) - с тремя элементами

$$T_0 = \int_0^{\infty} P_n dt = \int_0^{\infty} e^{-\lambda_1 t} dt + \int_0^{\infty} e^{-\lambda_2 t} dt - \int_0^{\infty} e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)t} dt = \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2} \quad (5)$$

Если надежности элементов системы одинаковы, то средняя наработка на отказ будет равна

$$T_0 = \frac{2}{\lambda} - \frac{1}{2\lambda} = \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{2\lambda} = \frac{3}{2\lambda} \quad (6)$$

Аналогично, для трех одинаковых элементов, работающих параллельно (см. рисунок 3 "б")

$$P(t)_n = 1 - F(t)_n \quad T_0 = 1 - F^3 = 1 - (1 - e^{-\lambda t})^3 = 3e^{-\lambda t} - 3e^{-2\lambda t} + e^{-3\lambda t} \quad (7)$$

$$T_0 = \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{2\lambda} + \frac{1}{3\lambda} = \frac{11}{6\lambda} \quad (8)$$

Когда три элемента, работающие параллельно, неодинаковы,

$$P(t)_n = 1 - F(t)_n \quad T_0 = 1 - (1 - e^{-\lambda_1 t})(1 - e^{-\lambda_2 t}) \dots (1 - e^{-\lambda_n t})$$

$$T_0 = \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} + \frac{1}{\lambda_3} - \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_3} - \frac{1}{\lambda_2 + \lambda_3} + \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3} \quad (9)$$

Наконец, для  $n$  одинаковых элементов, работающих параллельно

$$P(t)_n = 1 - F(t)_n \quad T_0 = 1 - (1 - e^{-\lambda t})(1 - e^{-\lambda t}) \dots (1 - e^{-\lambda t})$$

$$T_0 = \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{2\lambda} + \frac{1}{3\lambda} + \dots \frac{1}{n\lambda} \quad (10)$$

Очевидно, что любая трубопроводная система имеет более сложную структурную схему. Поэтому на практике соединение элементов в системе (в смысле надежности) можно приводить к комбинации последовательных и параллельных соединений. В этом случае, применяя многократно формулы (5-7), нетрудно рассчитать надежность системы в последовательности, как это показано на схемах рисунков 4, 5.

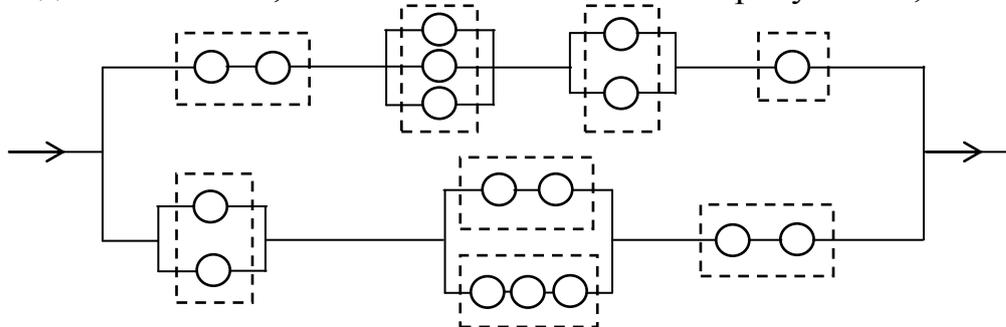


Рис. 4. Схема итераций преобразования сооружений объекта в модель надежности системы

Рассчитывая надежность каждой из обведенных пунктиром групп, считаем каждую из этих групп одним элементом с известной надежностью и получаем новую систему:

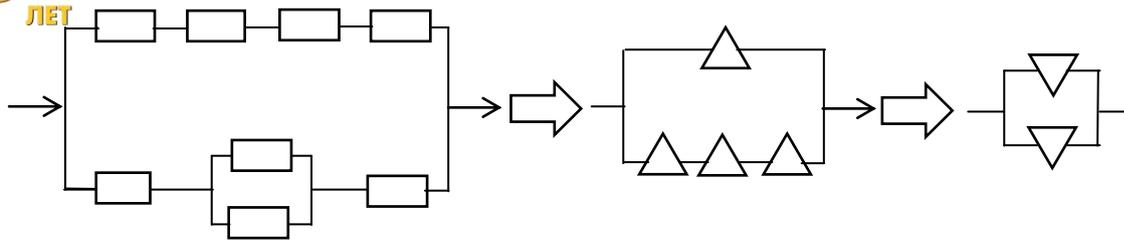


Рисунок 5. Схема итераций по упрощению модели надежности объекта

Продельвая с этой системой ту же операцию, получаем третью систему и так далее до тех пор, пока не получим один элемент.

**Вывод:**

**Выполненные исследования позволили обосновать первый этап мероприятий по оценке и повышению надежности трубопроводных систем водоснабжения и водоотведения г. Душанбе**

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. ГОСТ 27.002. 92. Надежность. Термины и определения;
2. ГОСТ 27.003. 90. Состав и общие правила задания требований по надежности;
3. ГОСТ 27.301-90. Расчет надежности. Основные понятия;
4. Медведев С.В. Сейсмическое районирование СССР. М.: Наука, 1968. - 476 с.;
5. Гайский В.Н. Сейсмический режим Таджикистана. Душанбе: Дониш, 1970. - 75 с.;
6. Сильные землетрясения. Сильные и ощутимые землетрясения, записанные на территории Таджикистана (1949-1954 гг.).- Душанбе: Дониш, 1970. 28 с.;
7. Repozii Eckhart N.A. Teyetorment of Jan
8. FzanciiKo Water Supply to Craze for Bmezyeuciej, B£SA , 1937.78. Tee££Jl.t.The \$a.nta. Barbarian Eaztfyi/ace BBSSJI, №5, /5, Ki, 251-333