

На правах рукописи



Маштаков Александр Сергеевич

Инженерно-геологические аспекты обеспечения устойчивости инженерных сооружений месторождений Каспийского моря (на примере нефтяных платформ)

Специальность 25.00.08 – Инженерная геология,
мерзлотоведение и грунтоведение

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва
2015 г.

Работа выполнена в Российском государственном геологоразведочном университете имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ) на кафедре инженерной геологии.

Научный руководитель: Доктор геолого-минералогических наук,
профессор

Пендин Вадим Владимирович

Официальные оппоненты: Доктор геолого-минералогических наук,
профессор,

РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина

Касьянова Наталья Александровна

Кандидат технических наук,

Корпоративный НТЦ освоения морских
нефтегазовых ресурсов ООО «Газпром

ВНИИГАЗ»

Голубин Станислав Игоревич

Ведущая организация: ФГБУ науки Институт геоэкологии им.
Е.М. Сергеева Российской академии наук
(ИГЭ РАН)

Защита диссертации состоится «24» декабря 2015г. в 15 часов на заседании диссертационного совета Д 212.121.01 при Российском государственном геологоразведочном университете имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ) по адресу: 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.23, МГРИ-РГГРУ, ауд. 473.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского государственного геологоразведочного университета имени Серго Орджоникидзе.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью организации, просьба отправлять по адресу: 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.23, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, ученому секретарю диссертационного совета Д 212.121.01. Телефон: (495) 433-65-44.

Автореферат разослан «__» _____ 2015г.

**Ученый секретарь диссертационного
Совета Д 212.121.01, доктор геолого-
минералогических наук, доцент**

С.Д. Ганова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований.

Переориентация на освоение морских нефтегазовых месторождений – одна из наиболее важных тенденций развития современной нефтегазодобывающей промышленности мира. Задача по освоению морских нефтегазовых месторождений становится все более актуальной в связи с растущими потребностями человечества в сырье и энергии и значительным истощением материковых ресурсов.

Освоение морских нефтегазовых месторождений и транспортировка углеводородов – одни из наиболее опасных видов человеческой деятельности. Ущерб от аварий и катастроф чрезвычайно велик и по статистике на каждый случай составляет: на морских трубопроводах – до 100–200 млн. долл., морских платформах – до 100–1200 млн. долл., танкерах – до 100–10 000 млн долл., а также аварии на МНГС могут повлечь за собой человеческие жертвы и экологические катастрофы. Поэтому, необходимо проводить полноценную комплексную экспертизу технических проектов и критериев определения возможных последствий от аварий по результатам моделирования аварийных ситуаций, а также стремиться к созданию сбалансированной совокупности нормативных положений, проектных, технических, организационных решений и практических мероприятий при освоении и эксплуатации нефтегазовых месторождений и транспортировке нефти и газа на морских акваториях.

На основании анализа мирового опыта освоения морских нефтегазовых месторождений, особенностей природных условий континентального шельфа и осуществляемой на акваториях деятельности к составляющим общей угрозы безопасности отнесены: негативные процессы в геологической среде; нештатные технологические процессы и режимы; опасности техногенного происхождения; природно-климатические условия и экстремальные гидрометеорологические факторы; террористические и диверсионные действия; оборонная и экономическая деятельность на море.

Некоторые из перечисленных составляющих общей угрозы безопасности требуют более детальной характеристики.

В силу весьма значительной пространственной и временной изменчивости грунт по степени «вредности» находится на первом месте, среди других природных факторов на втором месте – лед, на третьем – волна, течение и ветер.

Каспийское море является зоной, где располагаются перспективные углеводородные месторождения, разработка которых либо уже началась, либо предполагается в ближайшие годы. Известно, что нефтегазовый промысел на шельфе относится к той отрасли промышленности, которая экологически не безопасна. Это характерно для всех стадий производства, начиная с геологоразведочных буровых работ, эксплуатации морских нефтегазовых сооружений и заканчивая транспортировкой сырой нефти.

Поскольку Каспий заслуженно считается весьма перспективным регионом с позиции нефтегазоносности, то во избежание аварийных ситуаций необходимо изучение пространственных закономерностей инженерно-геологических условий, оценка и прогноз активности и направленности геологических и инженерно-геологических процессов для выявления зон геологической опасности.

Строительство и эксплуатация нефтегазодобывающих сооружений вызывают значительные качественные и количественные изменения в механизме, интенсивности, объемах и формах проявления природных процессов, часто являясь причиной активизации и образования опасных техногенных процессов. Аварийные деформации оснований нефтяных сооружений возникают из-за ошибочных заключений изыскателей или проектировщиков, из-за отсутствия комплексных мероприятий инженерной защиты осваиваемых территорий или системы мониторинга.

Морские нефтегазовые сооружения относятся к опасным производственным объектам и характеризуются высокой аварийностью, которая обуславливается пониже-

нием несущей способности опорных оснований, как из-за реализации циклических взаимодействий, так и из-за влияния мелкозалегающего опасного свободного газа.

Такие факторы, как динамические нагрузки при ледовых, волновых, сейсмических взаимодействиях (в Каспийском море возможны землетрясения магнитудой до 7-8 баллов), а также негативное влияние свободного газа на грунты создают потенциальный риск в районах интенсивной нефтегазодобычи в Каспийском море. Опасность геодинамических процессов возникает в тех случаях, когда промышленные объекты оказываются в зоне влияния аномального проявления техногенных геодинамических явлений, концентрирующихся в пределах локальных участков и оказывающих влияние на техническое состояние этих объектов.

Исследователи, занимающиеся проблемой наличия газа в верхней части разреза с практической точки зрения в настоящее время широко ее обсуждают на различных форумах и конференциях. В зарубежной литературе проблема свободного газа в морских осадках освещена весьма широко. Также существуют многочисленные обзоры посвященные проблемам и явлениям, связанным с наличием газа в верхней части разреза в различных районах Мирового Океана и материковых областей. Практически все они рассматривают данный фактор, как осложняющий инженерное освоение акваторий.

При добыче нефти и газа мелкозалегающий свободный газ создает потенциальные риски для искусственных конструкций, к которым относятся нефтяные платформы и самоподъемные буровые установки. Возрастание порового давления в газоносных слоях вызывает снижение несущей способности грунтового основания, либо может вызвать прорыв газа к поверхности дна, образование суффозионных воронок, приводящих к потере устойчивости и разрушению сооружений. Разгерметизация более глубоких газоносных залежей в ходе бурения может привести к прорыву газа по затрубному пространству, нарушая также устойчивость опорного основания нефтяных платформ.

Аварии, вызванные вскрытием скоплений мелкозалегающего газа, имели место также при неглубоком поисковом и инженерно-геологическом бурении в Восточно-Сибирском и Черном морях, в том числе на нефтяных месторождениях Каспийского моря. При этом совместно с газом через ствол скважин выбрасывался большой объем водно-грунтовой смеси.

Проблема газонасыщенных грунтов затронута и в отечественных нормативно-технических документах, регламентирующих инженерные изыскания для строительства. В Своде Правил 11-114-2004 «Инженерные изыскания на континентальном шельфе для строительства морских нефтегазопромысловых сооружений» частично освещены вопросы, связанные с наличием в верхней части разреза зон с аномально высоким пластовым давлением.

Влияние наличия газа на условия строительства рассматривается только лишь в СП 11-102-97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства». Здесь затрагивается довольно узкий вопрос токсичности и взрывоопасности биогаза, поступающего в подвалы сооружений.

Необходимость проведения испытаний грунтов динамическими нагрузками и использование их результатов при проектировании инженерных сооружений предусматривается действующим нормативным документом СП 11-114-2004, а о комплексном влиянии на несущую способность грунтов динамических (сейсмических) воздействий и воздействий свободного газа в современных нормативных правилах в России не сказано нигде.

Из-за отсутствия в России стандартов, регламентирующих лабораторные динамические испытания грунтов, а также использования их результатов при проектировании например таких инженерных сооружений как «нефтяные платформы», методики и состав получаемых результатов исследований определяется только техническим заданием заказчика. А техническое задание на оценку влияния свободного газа на грунты на шельфе не составляется и данные исследования не производятся.

В целом, по состоянию на сегодняшний день, проблема наличия газа в грунтах верхней части разреза как фактора, влияющего на инженерно-геологические условия, остается освещенной в недостаточной степени для всей шельфовой области России вообще. В отечественной системе нормативно-технической и справочной литературы отсутствуют достаточно полные оценки возможных рисков, связанных с данной проблемой, нет методических рекомендаций по изучению газонасыщенных грунтов шельфа. Таким образом, с точки зрения теории и практики отечественных морских инженерных изысканий, проблема газонасыщенных отложений верхней части разреза является весьма актуальной.

Безопасность функционирования нефтяных платформ с учетом вышеизложенных опасных факторов, может быть достигнута только путем научных исследований, и комплексным учетом всех этих опасностей.

В настоящее время встает вопрос о необходимости разработки методики по комплексному учету всех геодинамических и геологических рисков для расчетов несущей способности свайных фундаментов нефтяных платформ и опорных колонн самоподъемной плавучей буровой установки (СПБУ). Актуальность данной задачи подтверждается Федеральным Законом №117 - "О безопасности гидротехнических сооружений", регламентирующим нормы безопасности при осуществлении деятельности, связанной с проектированием, строительством и эксплуатацией гидротехнических сооружений.

Одной из важнейших особенностей современного строительства шельфовых объектов МНГС является резкое ускорение темпов ведения всех видов строительных работ, в том числе проектно-изыскательских. Это приводит к существенному сокращению времени, отводимого на проведение инженерно-геологических изысканий. Но существует много рисков, которые нужно учесть при проектировании данных объектов (геодинамических рисков и рисков по влиянию мелкозалегающего опасного свободного газа на прочность грунта в настоящее время является весьма актуальной). Анализ таких опасностей чрезвычайно важен на стадии концептуального проектирования и технико-экономического обоснования обустройства месторождений.

В настоящее время накопленный значительный опыт строительства на шельфе Каспийского моря и имеющийся фонд изыскательских материалов используются недостаточно рационально.

Наличие указанных материалов является предпосылкой широкого применения метода аналогий в практике использования инженерно-геологических изысканий для проектирования шельфовых объектов морских нефтегазопромысловых сооружений (МНГС).

Изложенное определяет актуальность намеченной темы диссертационной работы и позволяет сформулировать её цель и основные задачи.

Цель исследования:

Разработка научно обоснованного подхода к применению метода инженерно-геологических аналогий при изысканиях для строительства объектов МНГС и оценка влияния опасных факторов, влияющих на устойчивость нефтяных платформ и установок СПБУ (в частности оценке влияния свободного газа и динамических внешних нагрузок на безопасность строительства и эксплуатации нефтяных платформ).

Для достижения поставленной цели в диссертации решались следующие задачи:

1. Оценка современного состояния изученности инженерно-геологических условий Северной части Каспийского моря;
2. Изучение закономерностей формирования инженерно-геологических условий Северной части Каспийского моря;
3. Анализ механизмов насыщения верхней части осадочного разреза свободным газом;
4. Оценка влияния свободного газа на физико-механические свойства грунтов;

5. Оценка влияния динамических внешних нагрузок на физико-механические свойства грунтов;
6. Разработка концепции и принципов применения метода инженерно-геологических аналогий при изысканиях на шельфе Каспийского моря;
7. Разработка критериев и алгоритма установления инженерно-геологических аналогов.
- 8 Анализ возможности создания комплексной системы мониторинга опасных факторов, влияющих на устойчивость нефтяных платформ.

Личный вклад автора и научная новизна исследований.

1. Выявлены пространственные закономерности инженерно-геологических условий Северной части Каспийского моря;
2. Впервые сформулированы концепция и принципы использования метода ИГА применительно к изысканиям шельфа Каспийского моря;
3. Разработан общий алгоритм использования метода ИГА в комплексе инженерно-геологических изысканий шельфа Каспийского моря
4. Данная работа является первым исследованием, в рамках которого обобщены материалы сейсмоакустического профилирования, пробоотбора, лабораторных определений, выполненных в районах распространения газонасыщенных осадков Каспийского шельфа.
5. Впервые выделены области с различным характером насыщения донных грунтов свободным газом; определены, проанализированы и сопоставлены механизмы газонасыщения; проанализировано влияние газа на физико-механические свойства грунтов Каспийского шельфа;
6. Выявлено влияние динамических внешних нагрузок на физико-механические свойства грунтов Каспийского шельфа;
7. Приведен пример расчета несущей способности свайных фундаментов нефтяных платформ и опорных колонн СПБУ (с учетом опасных факторов, влияющих на устойчивость платформ).
8. Впервые оценена возможность создания комплексной системы мониторинга опасных факторов, влияющих на устойчивость нефтяных платформ.

Защищаемые положения:

1. Использование метода инженерно-геологических аналогий позволяет оптимизировать систему размещения платформ, а также давать предварительную оценку их устойчивости. Одной из важнейших задач, решаемых методом инженерно-геологических аналогий является превентивное установление нормативных показателей физико-механических свойств грунтов оснований с целью реализации высоких темпов проведения инженерных изысканий и проектирования, часто осуществляющихся параллельно.
2. Опасный "свободный" мелкозалегающий газ существенным образом влияет на физико-механические свойства грунтов оснований платформ. Величины снижения расчетных характеристик грунтов за счет влияния свободного газа могут достигать 20%. Кроме того может произойти прорыв газа к поверхности дна, что негативно скажется на безопасности эксплуатации платформ и СПБУ.
3. Сочетание негативного влияния опасного свободного мелкозалегающего газа и динамических нагрузок необходимо учитывать при расчетах несущей способности свайных фундаментов нефтяных платформ и опорных колонн СПБУ. Автором предложены коэффициенты для расчета устойчивости свайных фундаментов нефтяных платформ и оценки заглубления опорных колонн СПБУ на шельфе Каспийского моря.
4. При организации мониторинга природно-технических систем "Геологическая среда - строительный объект - морская среда" необходимо включать наблюдения за движением газа в грунтах, перемещениями оснований нефтяных платформ при воздействии динамических нагрузок, ледовой и волновой обстановкой, поведением корпусных конст-

рукций платформ. Вся система измерений должна работать в автоматизированном режиме.

Практическая значимость исследований определяется тем, что ее результаты могут быть использованы в практике инженерно-геологических изысканий. Представленные в работе материалы и выводы позволяют оценить наличие в грунтах свободного газа, как фактора инженерно-геологического риска. Приведенные результаты могут быть использованы для проектирования сооружений нефтегазового комплекса (морских стационарных и буровых платформ, пр.). Метод инженерно-геологических аналогий применим для решения широкого спектра инженерно-геологических задач на всех стадиях проектирования строительных объектов на шельфе, что дает большую экономию в денежном эквиваленте и в сроках выполнения проектных работ.

Методы исследований.

Для решения поставленных задач использовались методы сравнительного анализа и обобщения, математической статистики, инженерно геологических аналогий (ИГА), инженерно-геологического районирования, использовались результаты натурных исследований, методы анализа и оценки надежности инженерных объектов (с использованием лицензированных программных обеспечений ПО Plaxis (основанного на методе конечных элементов по теории прочности грунта в условиях сложного напряженного состояния Кулона-Мора) и ПО «ANCHORED STRUCTURES» (имеющая «Сертификат Российского Морского Регистра Судоходства)).

Фактический материал.

Исходным фактическим материалом послужили результаты полевых инженерно-геологических изысканий, гидрогеологические данные, гидрометеорологические данные, геофизические данные, лабораторные материалы на структурах и месторождениях Северного и Центрального Каспия. Кроме материалов личных исследований автора, были использованы многочисленные отечественные и зарубежные публикации и фондовые материалы по геологии, гидрогеологии и инженерной геологии изученных регионов.

Работа выполнена на основе исследований, проведенных во время работы в организации "Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ВолгоградНИПИморнефть» в г. Волгограде".

Лабораторные испытания грунтов при динамических нагрузках «Оценка влияния динамических (циклических) воздействий на параметры прочности и деформируемости грунтов основания сооружений» выполнены в ООО «ВНИИГ-Диагностика сооружений», г. Санкт-Петербург).

Апробация работы. Основные положения и отдельные результаты работы докладывались и были представлены на отечественных и международных совещаниях и конференциях: Международной научно-практической конференции «Научный потенциал молодых ученых для инновационного развития строительного комплекса Нижнего Поволжья» (Волгоград, 2010 г.); VI Международной научно-практической конференции «Надежность и долговечность строительных материалов, конструкций и оснований фундаментов» (Волгоград, 2011 г.); Научно-практической конференции М.В. Ломоносов – великий деятель Российской науки», посвященной 300-летию со дня рождения ученого (Волгоград, 2011 г.), VI международной науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли юга России» (Волгоград, 2012 г.).

В 2013 году результаты исследования оценены на Всероссийском конкурсе "Инженер года - 2012". По данной работе стал победителем конкурса. В 2013 году автор за результаты исследования, описанные в данной диссертации получил ведомственную награду - "Благодарственное письмо" от губернатора Волгоградской области.

Внедрение результатов исследований.

В проектах организации "Филиала ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ВолгоградНИПИморнефть» в г. Волгограде".

Результаты исследований (некоторые защищаемые положения) использовались при проектировании свайных фундаментов нефтяных платформ и расчетах глубин вдавливания опорных колонн СПБУ акватории Каспийского моря в следующих проектах:

Самоподъемные буровые установки (СПБУ):

"Расчет глубины вдавливания опорных колонн и оценка устойчивости СПБУ на грунте" на следующих площадок: "Западно-Сарматская" структура (площадка №1); "Западно-Сарматская" структура (площадка №2); м/р "Сарматское"(площадка №2); Структура "Ракушечная"(м/р им.В.Филановского, площадка №5бис); Структура "Ракушечная"(м/р им.В.Филановского, площадка №7); Структура "Ракушечная"(м/р им.В.Филановского, площадка №8); Структура "Ракушечная"(м/р им.В.Филановского, площадка №9); Структура "Ракушечная" (м/р им.В.Филановского, площадка №9бис); Структура "Широтная"(м/р им. Ю.Корчагина, площадка №5); Структура "Хазри"(площадка №1) - Центральный Каспий.

Стационарные нефтегазодобывающие платформы:

"Расчет свайного основания" м/р им.В.Филановского для следующих нефтяных платформ:

- платформа «Райзерный блок»;
- платформа «Блок-кондуктор»
- платформа «Центральная технологическая платформа».

Примечание: проектная документация вышеперечисленных платформ одобрена Российским Морским Регистром Судоходства и прошла Главгосэкспертизу.

В проектах организации «23 Государственный морской проектный институт» — филиал АО «ЗІГПІСС»

Результаты исследований (некоторые защищаемые положения) использовались при проектировании гидротехнических сооружений акваториях Черного моря и Тихого океана.

Публикации. Основные результаты опубликованы в 13 работах (из них 5 по списку, рекомендованных ВАК).

Структура и объем работы. Диссертация объемом 215 страниц (195 страниц текста и 20 страниц литературы) состоит из введения, 5 глав, заключения, 38 таблиц, 73 рисунков. Список использованной литературы включает 252 наименования.

Благодарности

Автор искренне благодарен научному руководителю профессору Пендину В.В. за помощь, поддержку и чуткое руководство при написании работы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации, дается ее общая характеристика, формулируются основные цели и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость, личный вклад автора и апробация работы, защищаемые положения.

В первой главе проанализировано состояние теоретической и методической базы моделирования опасных геологических процессов и явлений на шельфовых проектах (включая Каспийское море).

Состояние теоретической и методической базы моделирования опасных геологических процессов и явлений на шельфовых проектах (включая Каспийское море)

Авторы, изучавшие Каспийское море, приведены в табл. 1. А также в этой таблице приведены авторы, изучавшие скопления свободного газа в грунтовом массиве, а также авторы, изучавшие основания и фундаменты.

Авторы исследований и области применения

Автор	Область исследования
<p>- М.Ф. Розен (1926 г.), П.И. Бабилов (1932 г.), Н.М. Страхов (1953-1962 гг.), В.А. Приклонский (1947 г.), В.Д. Ломтадзе (1951-1959 гг.), Д.А. Лилиенберг (1962 г.), А.М. Монюшко (1963 г.), Шпиков А.Б. (1980 г.), В.Г., Воскобойников В.М.(1980), Вотяков И.Ф. (1989 г.), Шлыков, А.С (1990 г.). Поляков (1990г.), Е.А. Вознесенский (1990г.), В.П. Зверев (1998 г.), Л.А. Жигарева (1995 г.). В.К. Шкатовой (2011г.) и др.</p> <p>- Н.И. Николаев и И.В. Попов (1965 – 1970 гг.); Ю.И. Панов, К.М. Панова (1978 г.), В.Н. Синяков (1973- 1980), В.Т. Трофимов (1973 – 2001 гг.) Т.И. Чешев М.В. (2007 г.) и др.</p> <p>- Антипов (1996 г.), А.Л. Рагозин (1996 г.) и др.</p> <p>- В.А.Сидоров, М.Н. Смирнова, В.А. (1977 - 1989 гг.) А.В. Чепижко (1996 г.), Н.А. Касьяновой (1994-2003 гг.), Е.А. Вознесенский (1993 г.), Осипов В.И. (2013 г.) и др.</p>	<p>- Геологическое строение, тектоника, вопросы осадкообразования, результаты грунтовых съемок Каспийского моря</p> <p>- Инженерно-геологическое районирование Прикаспийской впадины и прилегающих территорий (Каспийского моря)</p> <p>- Изменения уровня Каспийского моря</p> <p>- Характеристика геодинамических рисков, систематизация сейсмических и деформационных процессов, изучение прочности грунтов и т.п.</p>
<p>- Orlob, G.T. (1958 г.), Brooks, R.H. (1964 г.), Sparks, (1963 г.); Nageswaran, (1983 г.); Barden (1970 г.); Wroth (1985 г.), Esrig (1977 г.); Anderson, (1980-1998 гг.); Sills G.C. et al., (1989-2002гг.); Christian et al., (1997 г.), Jones et al., (1986 г.); Wheeler S.J. , (1986-1992гг.); Gardner, (2000); Pietruszczak, (1996 г.); Sobkowicz (1984); Esrig and Kirby, (1977); Denk (1981); Lunne, T., (1996-2001гг.), Thomas, (2002 г.); Hight, D.W. (2002-2003гг.); Grozic et al., (1999-2009гг.); Wichman, (2000 г.); Peuchen, J (2011 г.), Amaratunga (2009 г.); Рокос С.И. (2009 г.), Безродных Ю.П. (1999 – 2001 гг.),</p>	<p>- Распространение в грунтовом массиве скоплений мелкозалегающего свободного газа и т.п.</p>
<p>- Терцаги, К. (1933 – 1961 гг.) А.Н. Богомолова (1996 – 2007 гг), Н.М. Герсеванова (1948 г.), Б.И. Долматова (1946 – 2006гг.), Цытович, Н.А. (1963 – 1981гг.), В.М. Улицкого (1999 г.), и др.</p>	<p>- Изучение работы грунтовых оснований под нагрузкой (теоретические и экспериментальные вопросы, в т.ч. изучение механики грунтов, фундаментов и т.п.)</p>
<p>- Е.Н. Беллендир (1994 – 2003гг.), Гладков М.Г (1983 – 1987гг.). Д.Д.Лаппо (1973 -1990 гг.), Д.А.Мирзоев (1995 г.),М.Е.Миронов (2001г.), Р.Р Мурзин (2001 г.) и др.</p>	<p>- Вопросы освоение шельфа</p>

Состояние теоретической и методической базы метода аналогий

В табл. 2 приведены наименования методов аналогий, предложенные разными авторами, и соответствующие области исследования.

Таблица 2

Наименования и области применения методов аналогий

Автор	Год публикации	Область исследования
Золотарёв Г.С., Емельянова Е.П. Розовский Л.Б. и др.	1961, 1971, 1962	<p>- «Прогноз устойчивости оползневых склонов»;</p> <p>- «Прогноз развития оползневых, обвальных, карстовых, селевых и других геологических процессов и явлений»;</p> <p>(сравнительно- геологический метод);</p> <p>- «Прогноз склоновых процессов и переработки берегов водохранилищ» (метод природных аналогов)</p>
Воскобойников В.М. и др.	1984	<p>- «Прогноз абразии берегов и устойчивости оползневых склонов» (метод обобщённых параметров)</p>

Шешеня Н.Л. и др.	1986	- «Прогноз развития оползней, карстовых процессов, состояния массива пород» (метод вероятностного геологического подобия)
Дзекцер Е.С. и др.	1987	- «Прогноз подтопления промышленных площадок грунтовыми водами» (метод гидрогеологических аналогий)
Паиткин Е.М. Чхеидзе Л.Д. Дудлер И.В. Количко А.В., Тюнина Н.В. и др.	1981, 1987, 1987, 2000, 2008	<i>Метод инженерно-геологических аналогий</i> - «Прогноз устойчивости горных пород в подземных выработках»; - «Прогноз условий и процессов при строительстве туннелей»; - «Проектирование и возведение намывных сооружений»; - «Прогноз свойств грунтов при взаимодействии оснований с гидротехническими сооружениями»; - «Особенности применения метода инженерно-геологических аналогий при изысканиях на городских территориях»
Пенькова Н.В. и др.	2001, 2004	- «Оптимизация комплексных гидрогеологических изысканий и исследований» (метод пространственно-временных аналогий)

Обзор аварийности на нефтегазовых объектах в мире

К составляющим общей угрозы безопасности отнесены:

- процессы и явления в геологической среде; нештатные технологические процессы и режимы; опасности техногенного происхождения; природно-климатические условия и экстремальные гидрометеорологические факторы; террористические и диверсионные действия; оборонная и экономическая деятельность на море.

Акватории, где производятся работы по эксплуатации сооружений МНГС, обладают только им присущими природными особенностями и гидрометеорологическим режимом: глубины и размеры акваторий; рельеф морского дна, конфигурация и изменчивость очертаний береговых линий; течения, размыв, перенос и накопление донных осадков; изменчивость ветрового режима (направленность, продолжительность и сила в зависимости от времен года, месяцев и суток); частота и интенсивность волнения; ледовые воздействия; возможность возникновения землетрясения (следствие - тайфуны, циклоны, ураганы); опасные геологические и инженерно-геологические процессы и явления (просадка, залегание в «карманах» свободного мелкозалегающего газа и т.п.).

Во избежание аварийных ситуаций необходимо:

- изучение пространственных закономерностей инженерно-геологических условий;
- производить оценку и прогноз активности и направленности геологических и инженерно-геологических процессов для выявления зон геологической опасности.

Анализ требований Российских нормативных документов о необходимости мониторинга технического состояния МНГС

В Российской Федерации, необходимость мониторинга технического состояния МНГС регламентируется требованиями Российских нормативных документов:

- СП 58.13330.2010 «Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003 «Гидротехнические сооружения. Общие положения», п.4.10;
- ПБ 08-623-03 Правила безопасности при разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений на континентальном шельфе, п.3.10;
- ГОСТ Р 53778-2010 "Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния".

В указанных документах содержатся определенные указания относительно выбора способа мониторинга. Так, в соответствии с требованиями СП 58.13330.2010, введенного в действие с 1 января 2013 года, для сооружений I и II классов следует предусматривать возможность применения автоматизированной системы мониторинга. В соответствии с

требованиями ГОСТ Р 53778-2010 для уникальных зданий и сооружений устанавливается постоянный режим мониторинга.

В соответствии с этим подходом, очевидно, что система мониторинга технического состояния конструкций МНГС должна включать в себя три основных направления:

1. Система автоматизированного мониторинга целостности конструкций МНГС;
2. Система планирования и проведения периодических инспекций и обследований;
3. Система сбора, обработки, хранения данных мониторинга и выдачи предупредительных сигналов.

При этом, в состав системы автоматизированного мониторинга целостности конструкций МНГС в зависимости от типа сооружения и решаемых задач могут входить подсистемы (касательно взаимодействия сооружений МНГС с грунтом):

- определения пространственного положения сооружения (перемещение свайного оголовка, крен сооружения);

- контроль коррозионного износа свайного фундамента (из-за высокой коррозионной агрессивности грунтов в Каспийском море (удельное электрическое сопротивление от 1 до 4 Ом*м.));

- определения параметров напряженно-деформированного состояния грунтового основания сооружения (в частности, измерение порового давления грунтов; измерение изменения состояния свайного фундамента при постепенном снижении жесткости грунта, и пр.)

Во второй главе проанализирована характеристика изученных объектов. В частности, рассмотрены геологическое строение, рельеф дна и тектоника Каспийского моря.

На основе изученных материалов сейсмоакустического профилирования в верхней части разреза четвертичной толщи исследованных районов Северного Каспия можно выделить следующие седиментационные комплексы (СК):

Новокаспийский СК – соответствующий периоду новокаспийской трансгрессии
Мангышлакский СК – комплекс отложений, накапливающихся за береговой чертой в период хвалынской регрессии;

Хвалынский СК

Верхнехазарский СК

Нижнехазарский СК

комплексы отложений, сформировавшиеся в период повышения и последующего снижения уровня моря, соответственно в хвалынский, позднехазарский и раннехазарский периоды

В данной главе также рассмотрены признаки газоносности грунтового массива.

В результате выполненных инженерно-геологических изысканий выявлены признаки широкого распространения в грунтовом массиве скоплений свободного (защемленного) газа, представляющего, как известно, компонент, опасный для самоподъемных буровых установок и других гидротехнических сооружений, и осложняющих бурение нефтегазопроисковых скважин и безопасную эксплуатацию платформ.

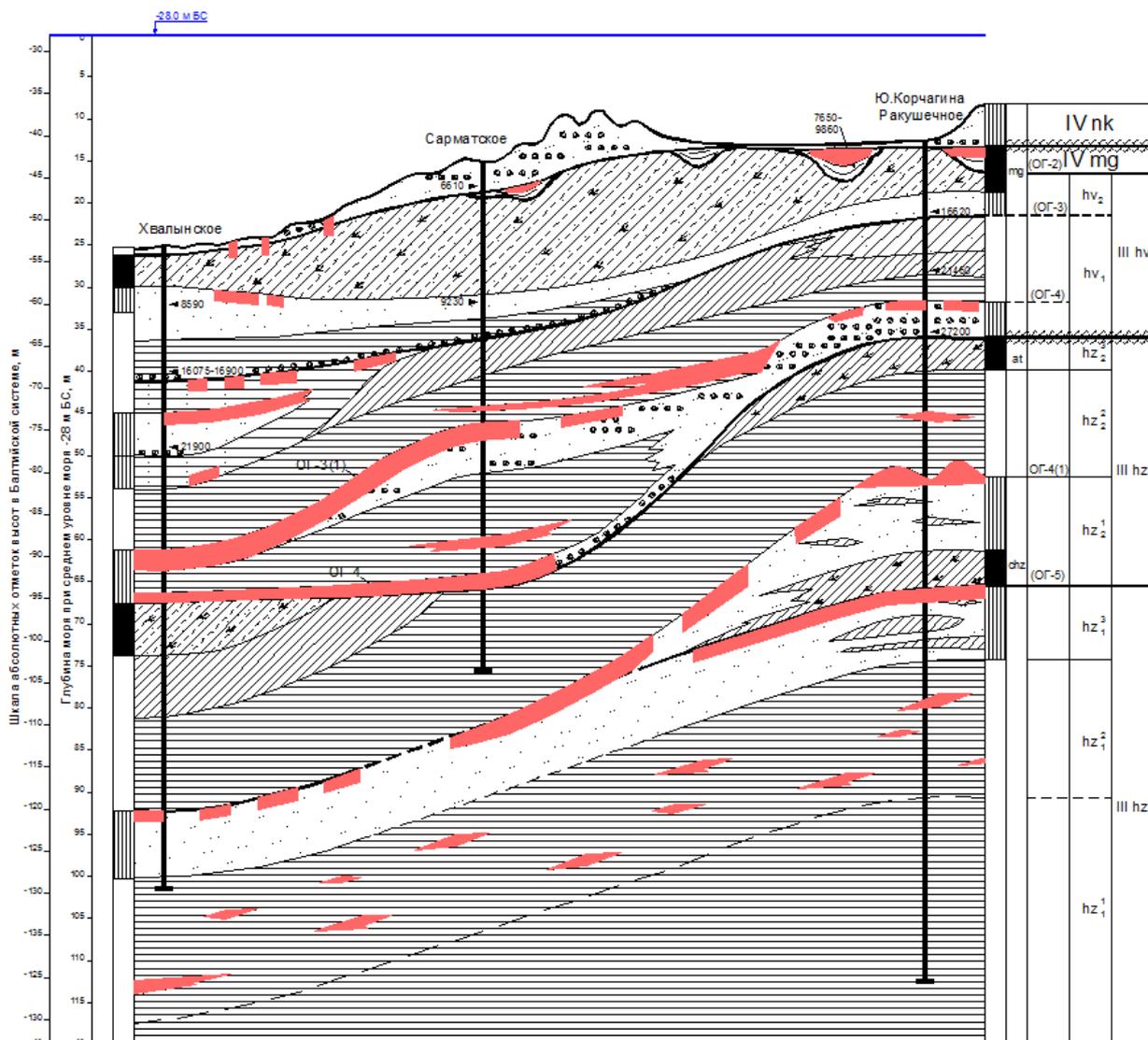


Рис. 1. Распределение аномалий газа по разрезу грунтовой толщи на площади выполненных изысканий (М/р Ракушечное, им. Ю. Корчагина, Сарматское и Хвалынское)

Условные обозначения к рис. 1:



Грунты: 1 - глина, 2 - глина, ритмично переслаивающаяся с песком пылеватым, 3 - суглинок (глина алевроитовая, алевроит глинистый), 4 - супеси (алевроит), 5 - песок пылеватый и мелкий, 6 - раковинный грунт и включения раковинных обломков в других видах грунтов, 7 - переслаивание пылеватоглинистых грунтов (глины, суглинки, супеси) и песка пылеватого (комплекс авандельтовых отложений), 8 - грунты, выполняющие палеоврезы и палеоложины (аллювиальные и лиманные), 9 - включения растительных остатков (детрита и остатков корней), 10 - абсолютный возраст раковинного материала по С14, лет. Фациально-генетические типы отложений: 11 - дельтовые и придельтовые с растительным детритом; 12 - мелководные и прибрежно-морские; 13 - перерывы бассейнового осадконакопления. Регрессии mg - мангышлакская; at - ательская; chz - черноморская. 14 - интервалы, освещенные бурением, 15 - сейсмоакустические аномалии, интерпретируемые как скопления газа. Границы, обозначенные пунктиром, по данным сейсмоакустики.

В третьей главе была разработана теория подобия (метод аналогий), применительно к задачам инженерной геологии, в частности – в теоретическом и экспериментальном выявлении проявления опасных инженерно-геологических процессов при установке нефтяных платформ на грунт в акватории Каспия. Для этого проанализировано более 200 наименований литературных источников и рассмотрено большое количество нормативных документов по изложенному вопросу.

Использование метода инженерно-геологических аналогий при проведении изысканий и установке нефтедобывающих буровых платформ применимо для решения широкого спектра задач, которые можно условно объединить в группы.

1. Предварительная оценка современных инженерно-геологических условий региона;
2. Анализ характера и причин деформаций грунта (снижение его прочностных свойств) от нагрузок, передаваемых платформами на грунтовое основание;
3. Прогнозирование комплекса инженерно-геологических изысканий при установке платформ.

На основе этих данных разработан алгоритм «комплексного анализа характера и причин деформаций грунта» (рисунок 2).

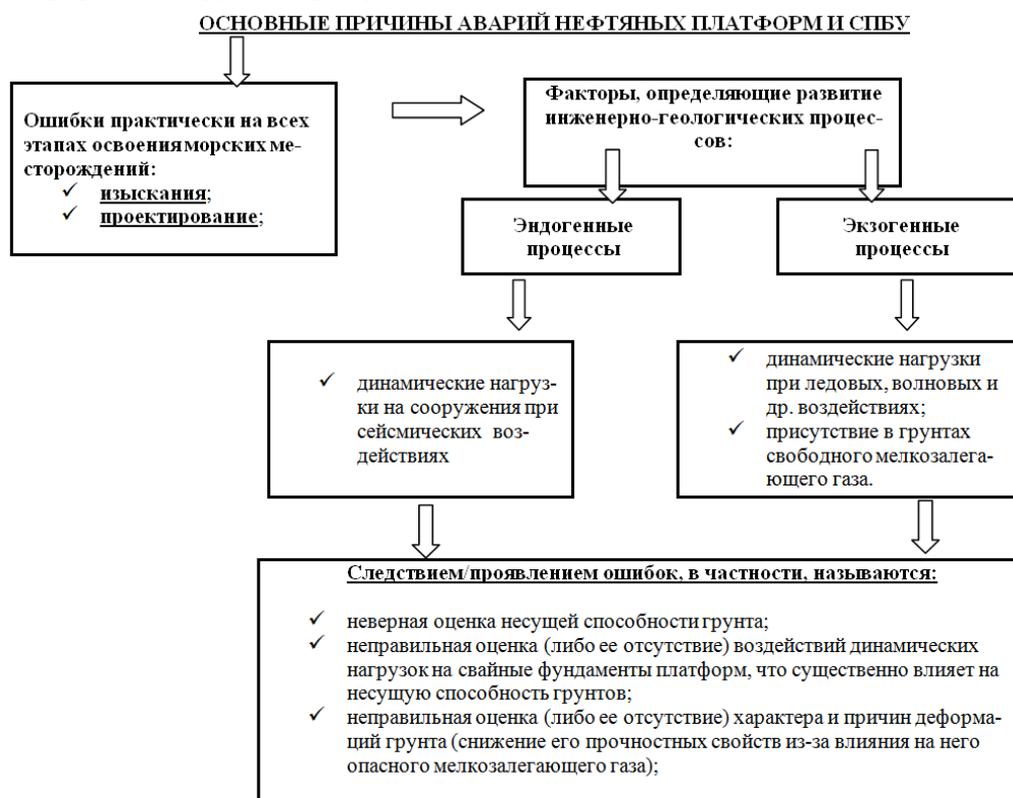


Рис. 2. Алгоритм «комплексного анализа характера и причин деформаций грунта и устанавливаемые по ним данные».

Выполненные исследования показали, что для решения ряда конкретных задач при проведении геологоразведочных изысканий и постановке нефтедобывающих платформ на шельфе Северного Каспия метод аналогий целесообразно применять с позиций устойчивости природно-технических (природно-техногенных) систем (ПТС).

Оценка влияния опасных факторов на устойчивость нефтяных платформ

Особенностью эксплуатации платформ в Северной части Каспийского моря является высокий уровень циклических нагрузок, в первую очередь, волновых, ледовых и сейсмических. Для возможности учета в расчетах влияния циклической составляющей нагрузки были исследованы влияния динамического характера нагружения на параметры прочности и деформируемости грунтов основания платформ на шельфе Каспийского моря (были проведены лабораторные испытания грунтов).

Результаты расчетов испытания грунтов представлены в таблице 3.

Таблица 3

Расчетные параметры динамической прочности несвязных и слабосвязных грунтов основания

№ п.п.	Глубина залегания подошвы инженерно-геологического элемента от дна моря, м.	Грунт	Значение понижения параметра грунта при внешних воздействиях на объекты МНГС		
			Ледовые воздействия	Сейсмические воздействия	Волновые воздействия
1	от 0 до 8 -12	супесь (песок пылеватый)	Понижение параметра φ (угла внутреннего трения) на 5%	Понижение параметра φ (угла внутреннего трения) на 15%	Понижение параметра φ (угла внутреннего трения) на 20%
2	от 8 - 12 до 15 -18	песок пылеватый	Понижение параметра φ (угла внутреннего трения) <i>не происходит</i>	Понижение параметра φ (угла внутреннего трения) на 20%	Понижение параметра φ (угла внутреннего трения) на 25%
3	от 15 - 18 до 30	глина и суглинки мягкие и тугопластичные	Понижение параметра C_u (сопротивления недренированному сдвигу) на 5%	Понижение параметра C_u (сопротивления недренированному сдвигу) на 10%	Понижение параметра C_u (сопротивления недренированному сдвигу) на 15%

Оценка влияния мелкозалегающего газа на грунтовое основание под нефтяными платформами

Геологическими морскими исследованиями Северного Каспия установлено широкое распространение в грунтовом массиве скоплений мелкозалегающего свободного газа, опасного для буровых установок, и гидротехнических сооружений, осложняющих бурение нефтегазопромысловых скважин и добычу нефти и газа.

В северной части Каспийского моря скопления мелкозалегающего газа приурочены к месторождениям Ракушечное, Хвалынское и Сарматское. Глубина распространения газа в Северном Каспии представлена в таблице 4.

Таблица 4

Глубина и характер распространения мелкозалегающего газа на территории российского нефтегазового сектора Северного Каспия

Наименование площади	Глубина и характер распространения газа
Месторождение «Ракушечная» им. В.Филановского	Фиксируется на глубинах 40-60 м от дна моря в песчаных слоях. Нижние части (корни) аномалий зафиксированы с большим разбросом глубин от 90 до 400 м.
Месторождение «Широтная»	Глубина распространения газа фиксируется на глубине 38-39 м, а (в рыхлых песках). Наиболее обширные «пятна» занимают глубины уровня 40-51 м
Месторождение "Хвалынская"	Глубина распространения газа фиксируется от 15 до 43 м от дна моря
Месторождение «Ракушечное» им. Ю.Корчагина	Наиболее широко распространены скопления газа на глубинах 60-67 м в песчаном слое.
Сарматское месторождение	Наиболее обширные по площади скопления газа на глубине около 64 м в песчано-раковинных отложениях.

В четвертой главе было проведено исследование по влиянию «опасного газа» на результаты расчетов несущей способности свайного фундамента нефтяных платформ на оценку заглубления опорных колонн СПБУ на шельфе Каспийского моря

Зарубежный исследователь Pietruszczak S., реализовал программу опытов, состоящую из серии дренированных и недренированных испытаний на трёхосное сжатие на песке. В результате, прочность грунтов уменьшилась до ~13%

На основании испытаний на трёхосное сжатие, проведенных на плотном песке, распределение размерности частиц, типичных для песков Северного моря, Sills, G.C. показал, что данное воздействие может быть значительным. Например, при испытании песков при давлениях, эквивалентных глубине воды в 40м, прочность грунтов уменьшилась до ~60%

Выбрано значение понижения прочности грунтов, которое далее в диссертации будет использоваться - 0.80 (соответствует понижению параметров грунта – на 20%).

На рисунке 3 показаны результаты значений осадки свайного основания нефтяной платформы РБ без снижений физико-механических свойств грунтов и после снижения

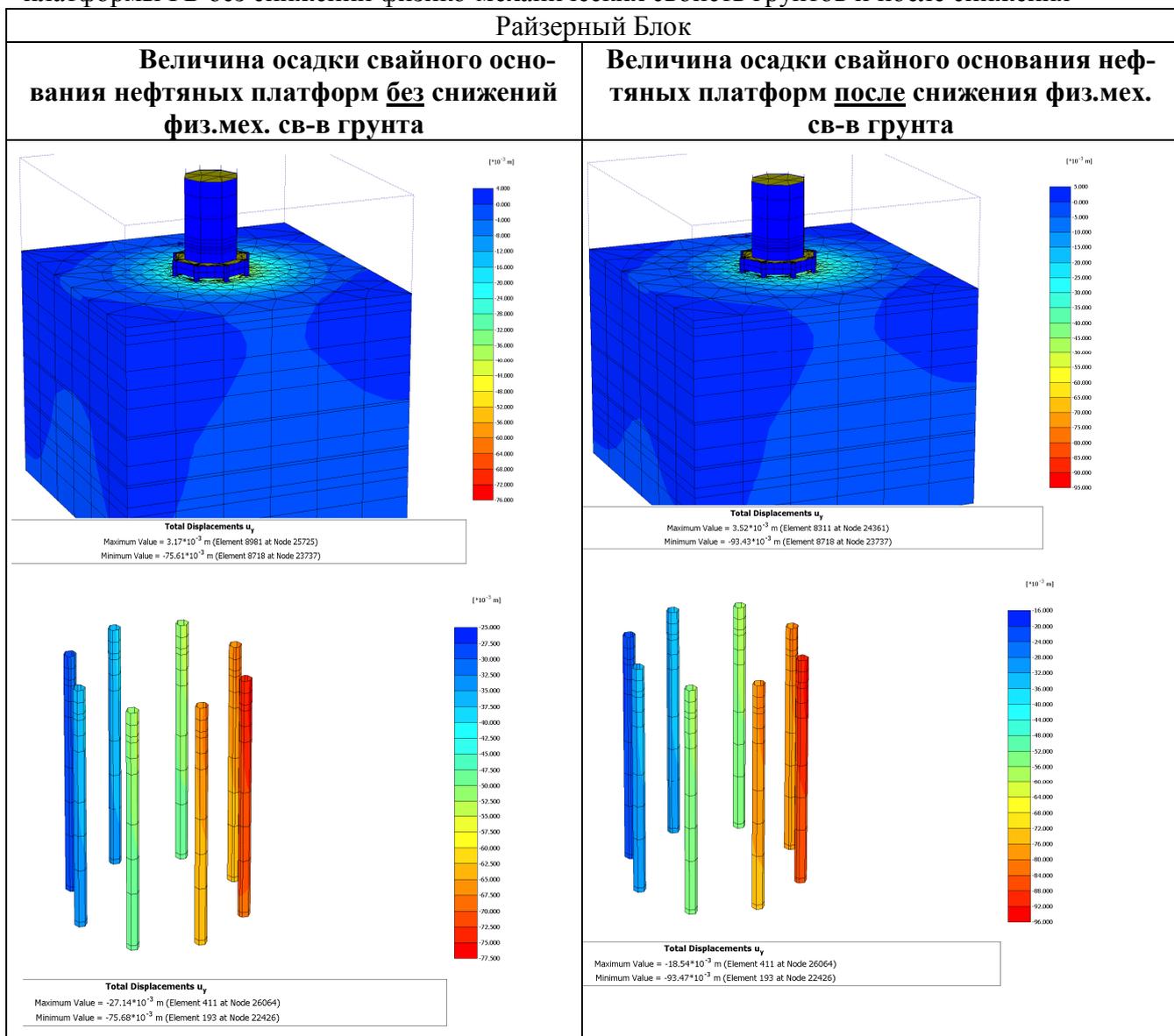


Рис. 3 Результаты значений осадки свайного основания нефтяной платформы РБ без снижений физико-механических свойств грунтов и после снижения

Влияние внешних динамических нагрузок и «опасного газа» на результаты расчетов несущей способности свайного фундамента нефтяных платформ и оценки заглубления опорных колонн СПБУ на шельфе Каспийского моря

В расчетных геотехнических программных комплексах моделировались грунтовые условия площадок (снижались физико-механические параметры грунтов от влияния на них "опасного свободного газа" и "динамических внешних нагрузок", гидротехническое сооружение (в данном случае - СПБУ) и прикладывались внешние нагрузки (ветровые, волновые, сейсмические). Результатом данного исследования являлось получение и анализ величина пенетрации без снижений физико-механических свойств грунтов и после снижения.

Результаты исследования по снижению физико-механических свойств грунтов (СПБУ) представлены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты исследования по снижению физико-механических свойств грунтов (СПБУ).

Площадка постановки СПБУ	Глубина моря (относительно уровня - 28 м БС), м	Величина пенетрации опорных ног СПБУ <u>без</u> снижений физ.мех. св-в грунта, м	Величина пенетрации опорных ног СПБУ <u>после</u> снижений физ.мех. св-в грунта, м	Допускаемая величина пенетрации, м	Разница пенетраций, %
Северный Каспий (СПБУ "Астра")					
"Западно-Сарматская" структура (площадка №1)	10	1,9	2,4		21
"Западно-Сарматская" структура (площадка №2)	11	2,0	2,6	-	23
м/р "Сарматское" (площадка №2)	13	2,0	2,4	-	17
Структура "Ракушечная" (м/р им.В.Филановского) (площадка №5бис)	6	2,3	2,8	-	18
Структура "Ракушечная" (м/р им.В.Филановского) (площадка №7)	7	2,6	3,1	-	16
Структура "Ракушечная" (м/р им.В.Филановского) (площадка №8)	5	2,2	2,6	-	15
Структура "Широтная" (м/р им. Ю.Корчагина) (площадка №5)	12	2,9	3,5	-	17
Центральные Каспий (СПБУ "Нептун")					
Структура "Хазри" (площадка №1)	45	7,2	8,7	9	17

Результаты исследования по снижению физико-механических свойств грунтов (для платформ) представлены в таблице 5

Результаты исследования по снижению физико-механических свойств грунтов (нефтяных платформ).

Площадка постановки нефтяной платформы	Глубина моря (относительно уровня - 28 м БС), м	Величина осадки свайного основания нефтяных платформ <u>без</u> снижений физ.мех. св-в грунта, мм	Величина осадки свайного основания нефтяных платформ <u>после</u> снижения физ.мех. св-в грунта, мм	Допускаемая величина осадки свайного основания нефтяных платформ, мм	Разница осадки свайного основания нефтяных платформ, %
"Райзерный блок" (м/р им.В.Филановского)	7,4	76	94	100	19
"Блок-кондуктор" (м/р им.В.Филановского)	6,9	38	50	100	24
"Центральная технологическая платформа" (м/р им.В.Филановского)	7,2	58	78	100	25

Результаты исследования по снижению физико-механических свойств грунтов:

- для СПБУ разница величин пенетрации опорных ног СПБУ без снижений физико-механических свойств грунтов и после снижений составили (для 10 площадок исследований) от 15% до 23% (таблица 4);

- для платформ разница величин осадок свайного основания нефтяных платформ без снижений свойств грунтов и после снижений составили (для 3 площадок исследований) от 19% до 25% (таблица 5).

Выводы по влиянию "опасного свободного газа" и "динамических внешних нагрузок" на физико-механические свойства грунта.

На рисунке 4 представлены обобщенные результаты исследований по снижению физико-механических свойств грунтов (нефтяных платформ и СПБУ).

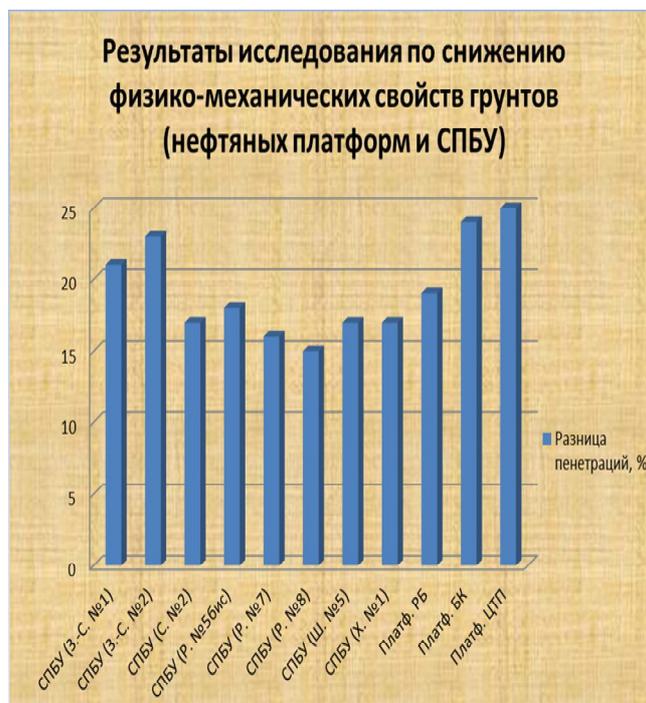


Рис. 4 Результаты исследования по снижению физико-механических свойств грунтов (нефтяных платформ и СПБУ)

Из рисунка 4 видно, что разница пенетраций колонн СПБУ и разница осадки свайного основания нефтяных платформ после снижению физико-механических свойств грунтов варьируется от 15 до 25 %. Следовательно, снижение физико-механических свойств грунтов почти одинаково влияют как на СПБУ так и на нефтяные платформы.

Учет результатов исследований в методике расчетов несущей способности свайных фундаментов

Далее представлена методика расчета свайного фундамента платформ с учетом понижения несущей способности опорных оснований из-за влияния на них "циклических" воздействий.

Несущая способность F_d , кН висячей забивной сваи погружаемой без выемки грунта, работающей на сжимающую нагрузку определяется согласно СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85.

Одиночная свая в составе фундамента и вне его по несущей способности грунта основания рассчитывается исходя из условия:

$$N \leq \frac{F_d}{\gamma_k} \quad (1)$$

где N - расчетная вертикальная нагрузка, передаваемая на сваю;
 F_d – расчетная несущая способность грунта основания одиночной сваи;
 γ_k – коэффициент надежности.

$$F_d = \gamma_c \cdot (\gamma_{cr} \cdot R \cdot A + u \cdot \sum \gamma_{cf} \cdot f_i \cdot h_i) \quad (2)$$

Далее, предлагается согласно данным из таблиц 4 и 5 для расчетов несущей способности грунтов до глубины 30 метров применять понижающий коэффициент в 25% (что конечно же очень консервативно, но в то же время учитывает результаты исследований на стадии концепции проектирования фундамента платформ):

$$F_d = 0.75 \cdot \gamma_c \cdot (\gamma_{cr} \cdot R \cdot A + u \cdot \sum \gamma_{cf} \cdot f_i \cdot h_i) \quad (3)$$

Пример расчета аналогов на Каспийском море

Было произведено исследование (математическим методом). То есть, сравнивались полученные результаты расчетов (по внешним нагрузкам и по несущей способности) с исходным объектом (для СПБУ - выбрана за исходный объект - площадка "Ракушечная" №5бис, а для платформы выбран – Райзерный блок)

Количественные критерии оценки тесноты связи представлены в табл. 6.

Таблица 6.

Количественные критерии оценки тесноты связи (в % и долях)

№ п.п.	Процентное соотношение аналога к исходному объекту	Характер связи
1	до 30% (до 0,3)	Практически отсутствует
2	30 – 50 % (0,3 - 0,5)	Слабая
3	50 – 70 % (0,5 – 0,7)	Умеренная
4	70 – 100 % (0,7 - 1,0)	Сильная

Таблица 7.

Результаты расчета СПБУ по внешним нагрузкам и по несущей способности

№ п.п.	Площадка постановки СПБУ	Расстояние от исходного объекта до объекта-аналога	Процентное соотношение аналога к исходному объекту		Характер связи
			По внешним нагрузкам - особое сочетание нагрузок – (ветер и сейсмические нагрузки) (%)	По несущ. способности грунтов (%)	
-	<u>Ракушечная №5бис</u> ¹⁾	-	100% (1.00)	100% (1.00)	Сильная
1	Ракушечная №7	~35 км	105% (1.05)	94% (0.94)	Сильная
2	Ракушечная №8	~20 км	95% (0.95)	112% (1.12)	Сильная
3	Сарматское №2	~75 км	71% (0.71)	121% (1.21)	Сильная
4	Широтная №5	~55 км	76% (0.76)	59% (0.59)	Сильная (по внешним нагрузкам) Умеренная (по несущ. способности грунтов)

Примечания:

1) - Исходный объект;

Процентное соотношение аналога к исходному объекту

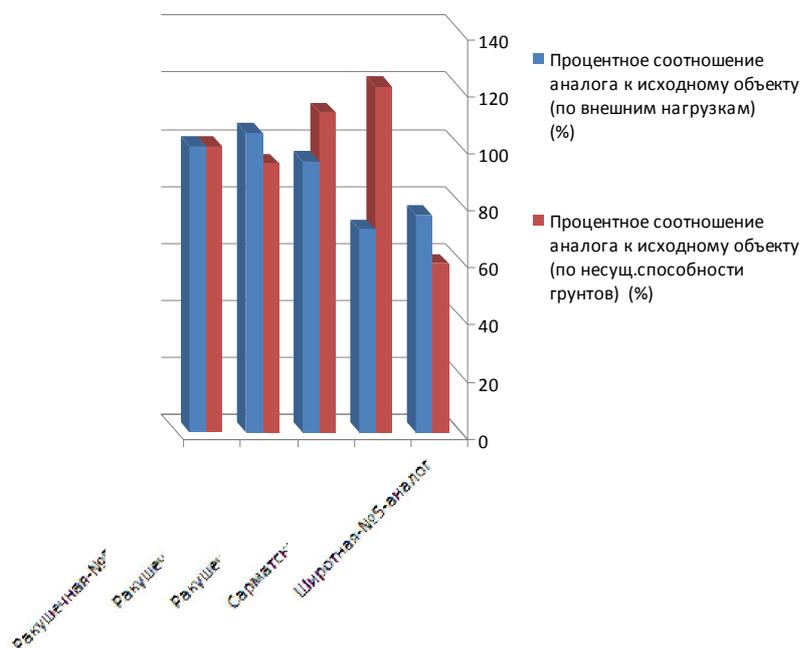


Рис. 5 Результаты расчетов по внешним нагрузкам и по несущей способности (по СПБУ)

Таблица 8

Сводная таблица результатов по расчету площадки-аналога (по платформам).

№ п.п.	Площадка по-становки неф-тяной плат-формы	Рас-стоя-ние от исход-ного объек-та до объек-та-анало-га	Процентное соотношение аналога к исходному объекту					Характер связи
			По внеш-ним на-грузкам - изгибаю-щий мо-мент в свае (%)	По внеш-ним на-грузкам - осевая ре-акция на грунта на сваю (%)	По не-сущ.способно-сти грунтов - на глубине 40 метров (%)	По не-сущ.способ-ности грун-тов - на глубине 50 метров (%)	По не-сущ.способ-ности грун-тов - на глубине 60 метров (%)	
-	Райзерный блок (РБ) – исходный объект	-	100%	100%	100%	100%	100%	Сильная
1	Блок-кондуктор (БК)	~6 км	140%	137%	83%	83%	78%	Умеренная (по внешним нагрузкам - изгибающий момент в свае) Сильная (по всем осталь-ным показателям)
2	Центральная технологич. Платформа (ЦТП)	~0.1 км	117%	118%	98%	98%	115%	Сильная

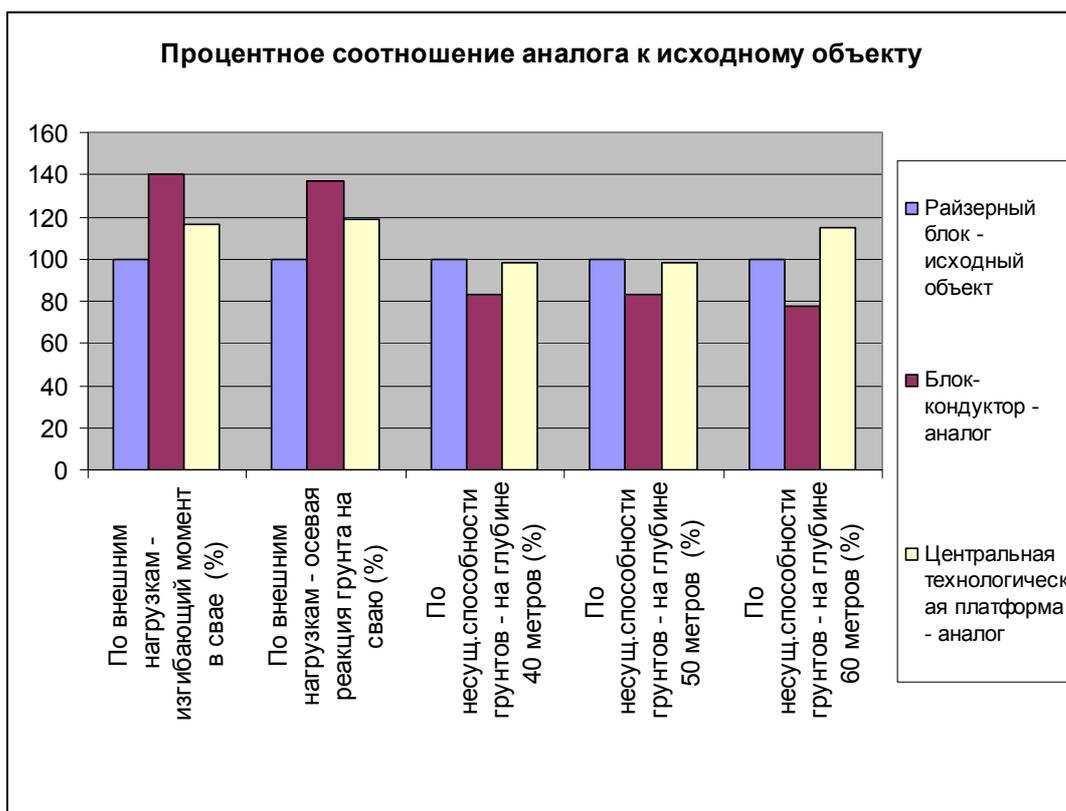


Рис. 6 Результаты расчетов по внешним нагрузкам и по несущей способности (по платформам) (процентное соотношение)

Таблица 9

Характеристики свайного фундамента платформ по результатам расчета

Параметры	Без снижений физико-механических свойств грунта	После снижения физико-механических свойств грунта	Разница, %
Райзерный блок (РБ) – исходный объект			
Материал свай (по правилам РМРС)	сталь РС ЕН36	сталь РС ЕН36	-
Количество свай	8 шт	8 шт	-
Наружный диаметр сваи, мм	1829	1829	-
Толщина стенки, мм	45	50	10
Глубина погружения сваи (от дна моря), м	39	46	15
Блок-кондуктор (БК)			
Материал свай (по правилам РМРС)	сталь РС ЕН40	сталь РС ЕН40	-
Количество свай	8 шт	8 шт	-
Наружный диаметр сваи, мм	2134	2134	-
Толщина стенки, мм	45	50	10
Глубина погружения сваи (от дна моря), м	57	66	14
Центральная технологич. Платформа (ЦТП)			
Материал свай (по правилам РМРС)	сталь РС ЕН40	сталь РС ЕН40	-

Количество свай	16 шт	16 шт	-
Наружный диаметр сваи, мм	2134	2134	-
Толщина стенки, мм	60	70	14
Глубина погружения сваи (от дна моря), м	45	55	18

В пятой главе представлены исследования по **разработке программы мониторинга и наблюдений за движением газа и порового давления в грунтах** для долговременной пригодности к эксплуатации нефтяных платформ в Каспийском море, а также программы мониторинга и наблюдений за перемещениями оснований нефтяных платформ в течение всего времени эксплуатации платформ;

Обеспечение безаварийной эксплуатации объектов обустройства месторождений Северного Каспия является одним из ключевых вопросов, требующих повышенного внимания, поскольку следствием аварии при разработке месторождений может явиться значительный ущерб персоналу и окружающей среде, приостановка добычи и существенные финансовые потери.

Весьма актуальной задачей становится разработка концепции мониторинга технического состояния конструкций МНГС.

Одним из вопросов при разработке концепции системы мониторинга является выбор способов мониторинга – непрерывный автоматизированный (on-line) мониторинг или мониторинг на основе периодических инспекций и обследований. В настоящее время устойчивой общемировой практикой является проведение периодических инспекций и обследований с последующим анализом полученных результатов и, в случае необходимости, выдачей рекомендаций о необходимости осуществления ремонтных или восстановительных мероприятий. Так же по итогам оценки фактического состояния конструкций вносятся корректировки в программу инспекций.

Для решения задач обеспечения геодинамической безопасности реализована система геодинамического мониторинга эксплуатируемого нефтегазоконденсатного месторождения, которая представлена на рис. 7.

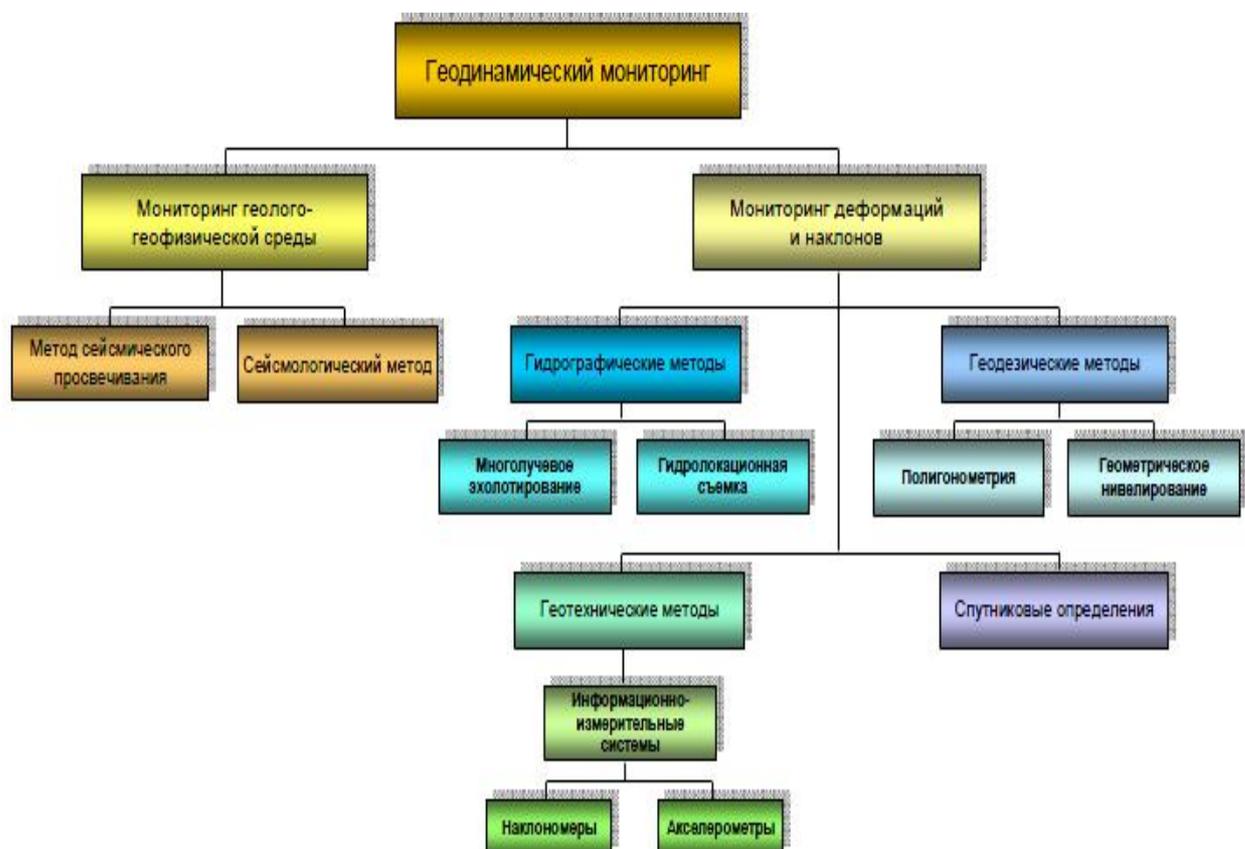


Рис. 7 Схема организации системы геодинамического мониторинга

К потенциально опасным геодинамическим явлениям, сопутствующим морской нефтегазодобыче относятся:

- сильные деформации и просадки приповерхностных осадочных слоев, приводящие к потере устойчивости платформ, как результат изменения напряженного состояния в резервуаре и его окрестности в процессе нефтегазодобычи;
- природная и техногенная сейсмичность, и сеймотектонические подвижки, приводящие к смещениям слоев осадочной толщи и потере устойчивости платформы;
- выделение и накопление значительных объемов газа в областях неустойчивого состояния осадочной толщи с угрозой его прорыва на поверхность и возникновения аварийных ситуаций на платформе;
- явление гидроразрыва пластов при закачке воды, приводящее при определенных геодинамических условиях к наведенной сейсмичности и значительным деформациям.

Мониторинга грунтового основания

Обычно в части мониторинга грунтового основания выделяются следующие задачи:

- получение натуральных данных о физических параметрах и процессах, происходящих в грунтовом основании на протяжении всего периода эксплуатации платформ, первичная обработка данных и хранение информации;

- многоцелевое использование собранных данных с целью предотвращения аварийных ситуаций, связанных с нарушением устойчивости платформы на грунте, а также с целью улучшения условий эксплуатации платформы, прогнозирования ее технического состояния и учета накопленной информации при проектировании последующих сооружений подобного рода.

Номенклатура контролируемых параметров

Для платформы гравитационного типа обычно осуществляется мониторинг следующих параметров, характеризующих состояние грунтового основания:

- давление грунта в подошве кессона
- поровое давление воды в грунтовом основании;
- температура грунта на различных глубинах.

Измерение параметров грунта

Измерение давления грунта (контактных напряжений) позволяет выполнить оценку по результатам натурных наблюдений передаваемой на основание суммарной вертикальной силы. При действии горизонтальных нагрузок измерение контактных напряжений необходимо для оценки суммарного опрокидывающего момента, а также для определения суммарной горизонтальной силы (в совокупности с измерениями горизонтальных смещений).

Измерение порового давления воды выполняется с целью контроля за процессом фильтрационной консолидации глинистых грунтов и для оценки возможного повышения избыточного давления в песчаных грунтах от динамических горизонтальных нагрузок. Последнее используется для определения степени безопасности системы «платформа-грунтовое основание».

Основной характеристикой грунтов оснований, отражающей динамику геокриологических условий, является температура грунта. В связи с этим организуются и проводятся режимные наблюдения за изменением температур грунтов на различной глубине от зоны контакта грунтового основания и сооружения и на различном расстоянии от блоков эксплуатационных тепловыделяющих скважин.

Измерения указанных выше параметров грунта являются необходимыми для платформ гравитационного типа, устойчивость которых на грунтовом основании обеспечивается за счет собственного веса платформы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты выполненной автором диссертации о теоретических и практических исследованиях по проблемам прогнозирования инженерно-геологических условий на ме-

сторождениях нефти, которые представляются к защите, дают возможность сделать следующие выводы:

1. Выявлено, что использование метода инженерно-геологических аналогий позволяет оптимизировать систему размещения платформ, а также давать предварительную оценку их устойчивости. Одной из важнейших задач, решаемых методом инженерно-геологических аналогий является превентивное установление нормативных показателей физико-механических свойств грунтов оснований с целью реализации высоких темпов проведения инженерных изысканий и проектирования, часто осуществляющихся параллельно.

2. Установлено, что опасный "свободный" мелкозалегающий газ существенным образом влияет на физико-механические свойства грунтов оснований платформ. Величины снижения расчетных характеристик грунтов за счет влияния свободного газа могут достигать 20%. Кроме того может произойти прорыв газа к поверхности дна, что негативно скажется на безопасности эксплуатации платформ и СПБУ.

3. Выявлено, что сочетание негативного влияния опасного свободного мелкозалегающего газа и динамических нагрузок необходимо учитывать при расчетах несущей способности свайных фундаментов нефтяных платформ и опорных колонн СПБУ. Автором предложены коэффициенты для расчета устойчивости свайных фундаментов нефтяных платформ и оценки заглубления опорных колонн СПБУ на шельфе Каспийского моря.

4. Установлено, что при организации мониторинга природно-технических систем "Геологическая среда - строительный объект - морская среда" необходимо включать наблюдения за движением газа в грунтах, перемещениями оснований нефтяных платформ при воздействии динамических нагрузок, ледовой и волновой обстановкой, поведением корпусных конструкций платформ. Вся система измерений должна работать в автоматизированном режиме.

Список опубликованных работ по теме диссертации:

В ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК:

1. Анисимов Л.А., Маштаков А.С. Геодинамические риски при эксплуатации нефтяных платформ и самоподъемных буровых установок в Северной части Каспийского моря / Л.А. Анисимов, А.С. Маштаков // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и Архитектура. - Волгоград: ВолгГАСУ, 2012. – Вып. 26 (45). – С. 12-16.

2. Маштаков, А. С. «Оценка комплексного влияния на несущую способность грунтов циклических воздействий и мелкозалегающего свободного газа»/ международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология», №11, 2013. – С. 33-36.

3. Маштаков А.С. «Геологические и геодинамические риски, возникающие при взаимодействии нефтяных платформ с грунтом в Каспийском море» / А.С. Маштаков // Интернет-Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета.- Волгоград : ВолгГАСУ, 2013. – Вып. 3(28). - С. 1-9.

4. Маштаков А.С. «Анализ комплексного влияния геологических процессов и геодинамических воздействий на несущую способность свайных фундаментов нефтяных платформ, устанавливаемых на шельфе Каспийского моря»/ А.С. Маштаков // Журнал «Инженерная геология».- Москва : Изд.-во «Геомаркетинг», №2, 2014. С. 44-53

5. И.Ю. Бардин, Р.А. Гурман, А.С. Маштаков «О необходимости разработки ГОСТ Р в области проектирования объектов обустройства месторождений нефти и газа на континентальном шельфе» / И.Ю. Бардин, Р.А. Гурман, А.С. Маштаков // Журнал «Нефтяное хозяйство». - Москва : ЗАО "Издательство "Нефтяное хозяйство", март, 2014. - С. 11-13

В других научных изданиях:

6. Маштаков, А. С. Современное состояние теории и практики применения метода аналогий в инженерной геологии/ А. С. Маштаков [и др.] // Научный потенциал молодых

ученых для инновационного развития строительного комплекса Нижнего Поволжья : материалы международ. науч.-практ. конф., г. Волгоград, 24 декабря 2010 г. – Волгоград : в 2-х ч. Ч. II [ВолгГАСУ], 2010. – С. 139-141.

7. Маштаков, А. С. Учёт геодинамических рисков нефтяных платформ и СПБУ в северной части каспийского моря для их безопасной эксплуатации / А. С. Маштаков // Надежность и долговечность строительных материалов, конструкций и оснований фундаментов : материалы VI международ. науч.-практ. конф., г. Волгоград, 13-14 октября 2011 г. – Волгоград : [ВолгГАСУ], 2011. – С. 218-221.

8. Маштаков, А. С. Оценка влияния мелкозалегающего газа при расчете геодинамических рисков на нефтяных платформах Северного Каспия / А. С. Маштаков // «М.В. Ломоносов – великий деятель Российской науки», посвященной 300-летию со дня рождения ученого : материалы науч.-практ. конф., г. Волгоград, 2011 г. – Волгоград : [ВолгГАСУ], 2011. – С. 122-124.

9. Маштаков, А. С. Анализ геотехнических и геодинамических рисков, возникающих при взаимодействии нефтяных платформ с грунтом в Северной части Каспийского моря / А. С. Маштаков // VI международной науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли юга России» г. Волгоград, 2012 г. – Волгоград : [ВолгГАСУ], 2012. – С. 390-394.

10. Бардин И.Ю., Гурман Р.А., Маштаков, А. С. Концепция системы мониторинга технического состояния МНГС / Сборник Филиала ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ВолгоградНИПИморнефть» в г. Волгограде". – г.Волгоград. - Вып 72, 2013. – С. 273-280.

11. Маштаков, А. С. Негативное воздействие "свободного газа" на механические свойства грунтов / Сборник Филиала ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ВолгоградНИПИморнефть» в г. Волгограде". – г.Волгоград. - Вып 72, 2013. – С. 281-283.

12. Маштаков, А. С. Оценка влияния "опасного мелкозалегающего свободного газа" на результаты расчетов несущей способности свайных фундаментов нефтяных платформ/ Сборник Филиала ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ВолгоградНИПИморнефть» в г. Волгограде". – г.Волгоград. - Вып 72, 2013. – С. 284-287.

13. Маштаков, А. С. Методики расчета несущей способности свайных фундаментов нефтяных платформ и опорных колонн СПБУ с учетом ухудшения несущей способности опорных оснований из-за влияния на них циклических воздействий опасного свободного газа/ Сборник Филиала ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ВолгоградНИПИморнефть» в г. Волгограде". – г.Волгоград. - Вып 72, 2013. – С. 288-290.