

На правах рукописи



НЕВЕЧЕРЯ ВАДИМ ВАДИМОВИЧ

**КОНЦЕПЦИЯ РАННЕГО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ РАЗВИТИЯ НЕГАТИВНЫХ
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ
ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ
(НА ПРИМЕРЕ КИРИЛЛО-БЕЛОЗЕРСКОГО МУЗЕЯ ЗАПОВЕДНИКА)**

Специальность 25.00.08 — «Инженерная геология, мерзлотоведение
и грунтоведение»

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва 2017

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» МГРИ-РГГРУ на кафедре инженерной геологии гидрогеологического факультета

Научный руководитель: **Пендин Вадим Владимирович** д.г.-м.н., профессор, декан гидрогеологического факультета МГРИ-РГГРУ

Официальные оппоненты: **Фоменко Игорь Константинович** д.г.-м.н., главный специалист по геотехнике Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственный центр по инженерным изысканиям» (ООО «НПЦИЗ»)

Кугушева Инна Викторовна к.г.-м.н., ведущий инженер отдела комплексных инженерных изысканий Акционерного общества «Государственный специализированный проектный институт» (АО «ГСПИ»)

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет" (НИУ МГСУ), кафедра инженерных изысканий и геоэкологии

Защита диссертации состоится **22 июня 2017 г.** в 15.00 час. 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, ауд.4-73.

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

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью организации, просьба направлять 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: +7(495) 433-65-44.

Автореферат разослан _____ 2017г.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 212.121.01, д.г.-м.н., доцент



С.Д. Ганова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Актуальность работы

Обеспечение длительной устойчивости памятников архитектуры, режима их оптимального функционирования – главные задачи реставраторов и хранителей памятников. Задачи эти чрезвычайно сложны и поэтому в Международной хартии по консервации и реставрации исторических памятников и достопримечательностей записано:

«Консервация и реставрация памятников является дисциплиной, где необходима помощь всех отраслей науки и техники, которые могут способствовать изучению и сохранению исторических памятников».

Привлечение специалистов в области инженерной геологии к делу сохранения и реставрации памятников архитектуры, проведение инженерных изысканий, в последние годы стало обязательным требованием при разработке научно-проектной документации. Однако, несмотря на принятые нормативные документы, регламентирующие порядок и последовательность проведения инженерно-геологических изысканий для создания проектной реставрационной документации, проблем, связанных с обеспечением устойчивости и стабильным функционированием памятников, не становится меньше. Одной из главных проблем по словам профессора Е.М. Пашкина является «изучение причинно-следственных связей процессов взаимодействия памятников с геологической средой».

Для разработки превентивной системы предотвращения деформаций памятников архитектуры, а также диагностики причин деформаций, предлагается использовать концепцию раннего предупреждения развития негативных экзогенных геологических процессов профессора В.В. Пендина, которая может стать необходимой частью общей концепции сохранения устойчивости памятников архитектуры.

Цель и задачи работы.

Целью работы является адаптация концепции раннего предупреждения развития негативных экзогенных геологических процессов, далее

«Концепция...», в основании сооружений для сохранения исторических сооружений, входящих в локальные архитектурно-исторические природно-технические системы (ИПТС). Для её достижения были решены следующие задачи:

1. Разработан адаптированный алгоритм «Концепции раннего предупреждения....» для сохранения исторических сооружений локальных архитектурных ИПТС.

2. Проведено структурирование локальных архитектурных ИПТС на основе системного анализа и схемы классификации.

3. На примере локальной ИПТС Кирилло-Белозерского монастыря реализован разработанный автором алгоритм применения «Концепции,» позволивший осветить вопросы:

- структурирования и анализа режима функционирования локальной ИПТС Кирилло-Белозерского монастыря;
- оценки степени изученности подсистемы «сфера взаимодействия (СВ)»;
- обобщения и систематизации материалов изучения инженерно-геологических условий территории Кирилло-Белозерского монастыря с 1987 по 2016 г.г.
- установления строения и структуры подсистемы «сфера взаимодействия», парагенеза процессов, влияющих на устойчивость памятников;
- построения актуализированных картографических моделей строения подсистемы «сфера взаимодействия»;
- проведения качественной оценки вероятности риска развития негативных инженерно-геологических процессов для локальной ИПТС Кирилло-Белозерского монастыря;
- проведения анализа результатов многолетних наблюдений по режимным сетям мониторинга.

Объектом исследования являются локальные архитектурные исторические природно-технические системы и, в частности, локальная архитектурная ИПТС Кирилло-Белозерского монастыря.

Предметом исследования являются взаимодействия между структурными элементами локальной природно-технической системы Кирилло-Белозерского монастыря.

Фактический материал и личный вклад автора

В основу работы положены материалы и результаты многолетних исследований сотрудников и студентов кафедры инженерной геологии на территории Кирилло-Белозерского музея-заповедника, материалы инженерно-геологических изысканий, проводившихся ООО «ИГИТ» в 2015-2016 г.г. для разработки проектов реставрации отдельных памятников, фондовые и архивные материалы. Автор принимал непосредственное участие в работах по проведению режимных наблюдений на территории монастыря, а также в камеральной обработке результатов исследований.

Практическое значение

Результаты работы, предлагаемый автором алгоритм концепции, может быть использован в качестве одной из составляющих общей концепции устойчивости памятников архитектуры историко-архитектурных ансамблей, которые рассматриваются как локальные исторические природно-технические системы. Применение алгоритма «Концепции...» к локальной ИПТС Кирилло-Белозерского монастыря позволило обобщить разновозрастный фактический материал, составить актуализированные модели строения СВ, что дает возможность скорректировать и оптимизировать управляющие мероприятия, а также проектные решения.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Предложена общая структурная схема локальных архитектурных ИПТС.
2. Для классификации локальных архитектурных ИПТС предложено ввести, в общую классификацию локальных ИПТС дополнительные иерархические уровни (по величине занимаемой площади и наличию водных и ландшафтных объектов).

3. Разработанный алгоритм «Концепции...», видоизмененный и адаптированный к локальной ИПТС Кирилло-Белозерского монастыря позволил впервые:

- структурировать локальную ИПТС монастыря, выделив и охарактеризовав подсистемы 53 элементарных ИПТС, элементарные природно-археологические системы (ПАС) «культурного слоя», элементарные природно-трансформированные системы (ПТрС) реки Свияги и Ивановского холма, природно-технические системы (ПТС) современных инженерных коммуникаций и защитных сооружений;
- провести ретроспективный анализ функционирования локальной ИПТС Кирилло-Белозерского монастыря;
- оценить степень изученности локальной ИПТС, в соответствии с предложенными критериями;
- провести качественную оценку риска развития негативных инженерно-геологических процессов, на основе картографических моделей «Сферы взаимодействия исторических объектов Кирилло-Белозерского монастыря с геологической средой» и метода «цветовой идентификации»;
- применить корреляционный анализ к результатам режимных наблюдений за осадочными деформациями исторических ПТС, после проведения управляющих мероприятий.

На защиту выносятся следующие положения:

Разработанный автором алгоритм «Раннего предупреждения развития негативных инженерных геологических процессов в основании исторических сооружений, входящих в локальную ИПТС», позволяет в конечном итоге разработать программу комплексной реставрации локальных исторических ансамблей.

Предлагаемая автором общая структура локальной архитектурной ИПТС, включающая в себя следующие структурные подразделения: элементарные ИПТС, природно-археологические системы (ПАС) культурного слоя, природно-трансформированные системы (ПТрС) водных и ландшафтных объектов,

современные элементарные ПТС, дает возможность оценить протекающие взаимодействия и выйти на комплексную оценку функционирования системы

Предложенная качественная оценка вероятности риска развития негативных инженерно-геологических процессов для локальных ИПТС, проводится с использованием картографических моделей подсистемы «Сфера взаимодействия» и метода «цветовой идентификации».

Апробация работы.

Основные положения работы докладывались и обсуждались на XI, XII, XIII Международных конференциях «Новые достижения в науках о Земле» в МГРИ-РГГРУ (2013, 2015, 2017 г.г.), на VI, VII, VIII международных конференциях «Молодые – наукам о Земле» в МГРИ-РГГРУ (2012, 2014, 2016 г.г.), на XI Всероссийской конференции-конкурсе студентов выпускного курса в Национальном минерально-сырьевом университете «Горный» г. Санкт-Петербург (2014 г.), на XII общероссийской конференции изыскательских организаций «Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации» в г. Санкт-Петербург (2016 г.).

Публикации. По теме работы опубликовано в открытой печати 13 работ, в том числе 3 статьи в рецензируемых журналах из списка, рекомендованного ВАК.

Структура и объем работы.

Диссертация общим объемом 245 страниц, состоит из введения, 4 глав и заключения. Работа содержит 34 таблицы, 50 рисунков, 40 фотографий. Список литературы включает 185 наименований, в том числе 10 зарубежных авторов.

Благодарности.

Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю профессору В.В. Пендину за мудрое руководство, терпение и постоянную помощь при написании диссертации. Автор выражает глубокую признательность и благодарность доценту В.О. Подборской за предоставление материалов многолетних работ, проведенных на территории Кирилло-Белозерского монастыря. Автор благодарен профессору Е.М. Пашкину за

идейное вдохновение, полученное им в качестве студента, а также коллективу кафедры инженерной геологии МГРИ-РГГРУ за советы и поддержку. Автор выражает благодарность кампании ООО «ИГИТ» за предоставление необходимых материалов, а также коллективу Кирилло-Белозерского музея-заповедника, заместителю директора музея по реставрации О.В. Вороничевой за помощь, поддержку и радушный прием. Автор благодарен своей жене Ирине за поддержку в трудные моменты.

Глава 1. Современное состояние вопроса

В первой главе приводится подробное описание «Концепции раннего предупреждения развития негативных экзогенных геологических процессов» (далее «Концепции...»), разработанной профессором В.В. Пендиным для актуальных природно-технических систем (далее – ПТС), которая была успешно реализована на ряде объектов. Общий алгоритм «Концепции...» состоит из шести этапов, представляющих логическую цепочку. Применение «Концепция...» показало, что она эффективно способствует достижению поставленной перед ней цели – обеспечению безопасного функционирования актуальных ПТС, что делает актуальным ее адаптацию для исторических ПТС.

В работе приводится обзор литературы по тематике комплексного изучения и обследования ИПТС. Рассмотрение памятников архитектуры как искусственной подсистемы исторической природно-технической системы в настоящее время широко распространенная практика. В течении длительного времени этими вопросами занимались исследователи из МГРИ-РГГРУ – Пашкин Е.М., Дмитриев В.В., группа Романовой Е.И. (Купцов А.Г., Заботкина Л.В., Белова Г.С.), Пендин В.В., Невечеря В.Л., Подборская В.О., компании ИГИТ – Кувшинников В.М., Пономарев В.В., Демкин И.А., Котов В.Ю., Бондарев М.В., Буфеев Ф.К. и др., МГУ – Королёв В.А., Кузнецова Н.В., МГСУ – Чернышев С.Н., Чернышев Н.С. и др., ПНИИИСа – Дзекцер Е.С. и др.

Глава 2. Локальные архитектурные исторические природно-технические системы

Во второй главе рассмотрена структура и особенности локальных исторических природно-технических систем.

В общей теории природно-технических систем (ПТС), которая разработана Г.К. Бондариком, предлагается рассматривать несколько иерархических уровней ПТС, основными среди которых являются элементарные и локальные ПТС. Для исторических ПТС эти уровни также правомочны. Главное отличительной чертой всех исторических ПТС является представление искусственной подсистемы историческим сооружением, которое имеет сверхдлительный срок эксплуатации, историческую и культурную ценность и подлежит охране.

Определение локальной ИПТС в настоящее время включено в нормативные документы – ГОСТ-Р-55945-2014. Согласно ГОСТу – локальные ИПТС – совокупность элементарных ПТС, сферы взаимодействия которых граничат или пересекаются. Под это определение попадают исторически и композиционно связанные архитектурные ансамбли (храмовые комплексы, монастыри, кремли, усадьбы, фрагменты градостроительной застройки и др.), а также природно-антропогенные ландшафты.

В России в настоящее время реализуется Государственная стратегия формирования системы достопримечательных мест, согласно которой на федеральном уровне действуют 103 музея-заповедника и 41 музей-усадьба. Все они могут и должны рассматриваться как локальные ИПТС. Согласно классификации, локальных ИПТС они подразделяются на три основные группы по соотношению и структуре основных охраняемых элементов – исторического ландшафта и памятников архитектуры. Первая – *ландшафтные*, вторая – *ландшафтно-архитектурные*, третья – *архитектурные* ИПТС. Наиболее многочисленной и значимой среди них являются архитектурные ИПТС.

Автором предлагается к рассмотрению общая структура локальной архитектурной ИПТС, в которой выделяют следующие подразделения: (Рис. 1)



Элементарные ИПТС – главные структурообразующие компоненты локальной архитектурной ИПТС. Подсистемами «сооружения» элементарных ИПТС являются охраняемые исторические объекты разного назначения и возраста. Подсистемы сферы взаимодействия исторических сооружений с геологической средой – «СВ», неодинаковы по формам и размерам, они пересекаются и формируют сложную по структуре и форме сферу взаимодействия локальной ИПТС.

Элементарные природно-археологические системы (ПАС) «культурного слоя», некрополей. Культурный слой является непрямым атрибутом любой исторической территории и рассмотрение его в качестве структурного компонента локальной ИПТС представляется необходимым.

Элементарные «Природно-трансформированные системы (ПТрС) водных и ландшафтных объектов» – понятие, предлагаемое автором. Системы, где в качестве искусственной подсистемы выступают природные объекты, измененные в результате хозяйственной деятельности человека. В структуре архитектурных локальных ИПТС их необходимо выделять в связи с тем, что на исторических монастырских и кремлевских территориях, рассматриваемых как локальные ИПТС, часто присутствуют водоемы и водотоки, имеющие

смешанное происхождение – пруды, ручьи и реки с преобразованными и измененными руслами, а также элементы искусственно измененного природного ландшафта – спланированные склоны холмов, значимые элементы рельефа.

Элементарные современные ИПТС в структуре локальных ИПТС являются функциональными системами. Они формируются разнообразными коммуникационными объектами (линии водопроводных и отопительных сетей и др.), объектами инженерной защиты (дренажные сооружения), объектами, необходимыми для ведения музейной деятельности.

На основе характеристики структурных особенностей локальных архитектурных ИПТС предложено ввести дополнения в их классификацию - ввести дополнительные иерархические уровни: **по занимаемой площади:** большие (больше 9 га), средние (3-9 га), малые (меньше 3 га), и, **по наличию или отсутствию водных и ландшафтных объектов.**

В диссертации приведена схема классификации локальных архитектурных ИПТС и примеры ее применения.

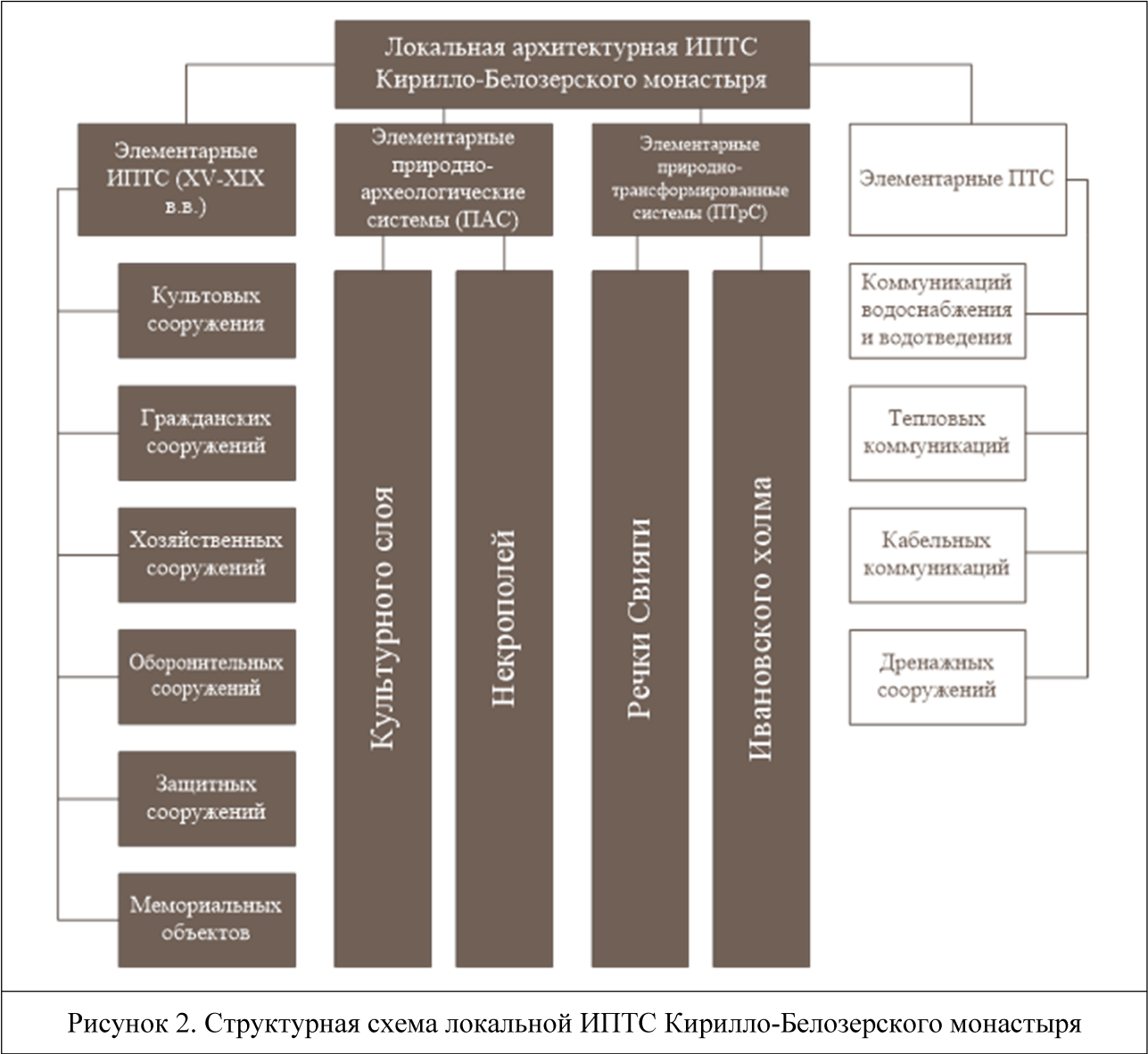
Глава 3. Современная характеристика локальной ИПТС Кирилло-Белозерского монастыря

Глава посвящена непосредственно характеристике локальной ИПТС Кирилло-Белозерского монастыря. Монастырь, находится в городе Кириллов, Вологодской области в 127 км к северо-западу от Вологды. На территории Кирилловского района с поверхности залегает комплекс четвертичных отложений, который сформирован двумя оледенениями Валдайским и Московским. Расположение в краевой зоне Валдайского оледенения, предопределило сложное геологическое строение приповерхностной части разреза. Климатические особенности характеризуются превышением осадков над испарением, и, при плохой дренированности территории, создаются условия для активного развития процессов подтопления, заболачивания, криогенного пучения. Строительство в XIX веке системы каналов, соединяющих бассейн реки Шексны с р. Сухоной – Северо-Двинский водный путь, повысило уровень воды в большинстве количестве озер и рек по трассе канала. В Сиверском озере, на

северном берегу которого располагается Кирилло-Белозерский монастырь, уровень воды в среднем повысился на 1,8м, что стало причиной активизации деформаций памятников, процессов подтопления и заболачивания.

Кирилло-Белозерский монастырь, был основан в 1397 год. Основные этапы функционирования локальной ИПТС Кирилло-Белозерского монастыря рассматриваются по адаптированной автором схеме функционирования современных ПТС Г.К. Бондарика. Для локальной ИПТС Кирилло-Белозерского монастыря выделено 4 этапа функционирования, ограниченные временными и событийными рамками. В настоящее время ИПТС находится на этапе музеефикации, сохранения и охраны.

В соответствии с общей структурной схемой локальных ИПТС, составлена структурная схема локальной ИПТС Кирилло-Белозерского монастыря (рис. 2).



Локальная ИПТС Кирилло-Белозерского монастыря содержит четыре структурных подразделения: главные структурообразующие элементы системы – элементарные ИПТС памятников архитектуры, элементарные ПАС культурного слоя и некрополей на территории монастыря, элементарные ПТрС речки Свияги и Ивановского холма, элементарные ПТС инженерных сетей (водонесущих, тепловых и кабельных коммуникаций) и защитных сооружений.

Элементарные ИПТС являются главным системообразующим охраняемым компонентом в составе локальной ИПТС. Приводится общая характеристика искусственных подсистем элементарных ИПТС, сгруппированных по месторасположению, первоначальному назначению и этапам функционирования локальной ИПТС. Охарактеризованы главные конструктивные особенности и типовые деформации исторических сооружений – искусственных подсистем.

Природно-археологическая система (ПАС) локальной ИПТС Кирилло-Белозерского монастыря состоит из подсистем собственно культурного слоя и захоронений (некрополи). Культурный слой сформирован из толщи техногенных грунтов, различного литологического состава, содержащих артефакты, а также, фрагментов фундаментов несохранившихся зданий, деревянных конструкции. Предлагается авторская схема разновидностей культурного слоя на территории, состоящая из 8 подразделений, дается их характеристика. Построена схема изолиний мощности техногенных грунтов на территории монастыря.

Выделение в структуре локальной ИПТС Кирилло-Белозерского монастыря природно-трансформированных систем связано с наличием на территории измененных ландшафтных объектов – речки Свияги и холмов, Успенского и Ивановского. Анализ построенного профиля дна русла позволил заключить, что в настоящее время речка Свияга представляет собой практически не проточный водоем с несколькими трубными перемычками и сформированными искусственными водоемами.

Подсистемы «сооружения» современных элементарных ПТС представлены разного вида инженерными коммуникациями и дренажными сооружениями вокруг Успенского собора. Построена карта-схема размещения инженерных

сетей из которой видно, что подавляющее большинство коммуникационных объектов приурочено к территории Успенского монастыря, где сосредоточены центральные объекты музейного показа и административные службы.

Характеристика подсистемы «Сфера взаимодействия объектов локальной ИПТС Кирилло-Белозерского монастыря с геологической средой» начинается с рассмотрения изученности геологической среды как подсистемы локальной ИПТС. Выполнен анализ изученности подсистемы «СВ» локальной ИПТС с характеристикой этапов изучения, видов и объемов работ. Установлено, что не смотря на большой объем проведенных работ (только в 1987-2007 г.г. пройдено 85 скважин и 83 шурфа), получена недостаточно детальная инженерно-геологическая информация о строении СВ и подземной части памятников.

Структурное строение локальной ИПТС КБМ, позволяет рассматривать подсистему «сферу взаимодействия (СВ)» без привязки к конкретным сооружениям и объектам. Для наглядного представления информации о компонентах инженерно-геологических условий и создания модели строения сферы взаимодействия была построена актуализированная схематичная карта инженерно-геологических условий территории монастыря и разрезы к ней, актуализированная схематическая карта фактического материала проведенных инженерно-геологических работ на территории монастыря.

В геологическом строении территории на глубину 15-20м участвуют образования девяти стратиграфо-генетических комплексов: СГК техногенных накоплений, болотных, озерно-болотных, озерно-ледниковых, флювиогляциальных, моренных и покровных отложений. Отмечается значительная изменчивость и неоднородность формирований в латеральной плоскости и в разрезе. Сложность геологического строения и идентификации отложений обуславливается наличием на территории двух горизонтов моренных суглинков.

Отмечаются сложные гидрогеологические условия, наличие нескольких водоносных горизонтов, в том числе техногенного водоносного горизонта в

валунных фундаментах исторических сооружений и напорного горизонта вод флювиогляциальных отложений.

На территории зафиксированы проявления процессов подтопления, криогенного пучения грунтов слоя сезонного промерзания, в результате которого происходит сезонное знакопеременное перемещение (пульсация) стен памятников

Из инженерно-геологических процессов наибольшее влияние на конструктивную и эксплуатационную устойчивость памятников в настоящее время оказывают процессы эволюционного характера: процесс деструкции деревянных конструкции в основании фундаментов, процесс неравномерных осадок и процесс влагопереноса из грунтов в наземные конструкции памятника.

Глава 4. Реализация «Концепции....» применительно к локальной ИПТС «Кирилло-Белозерский монастырь»

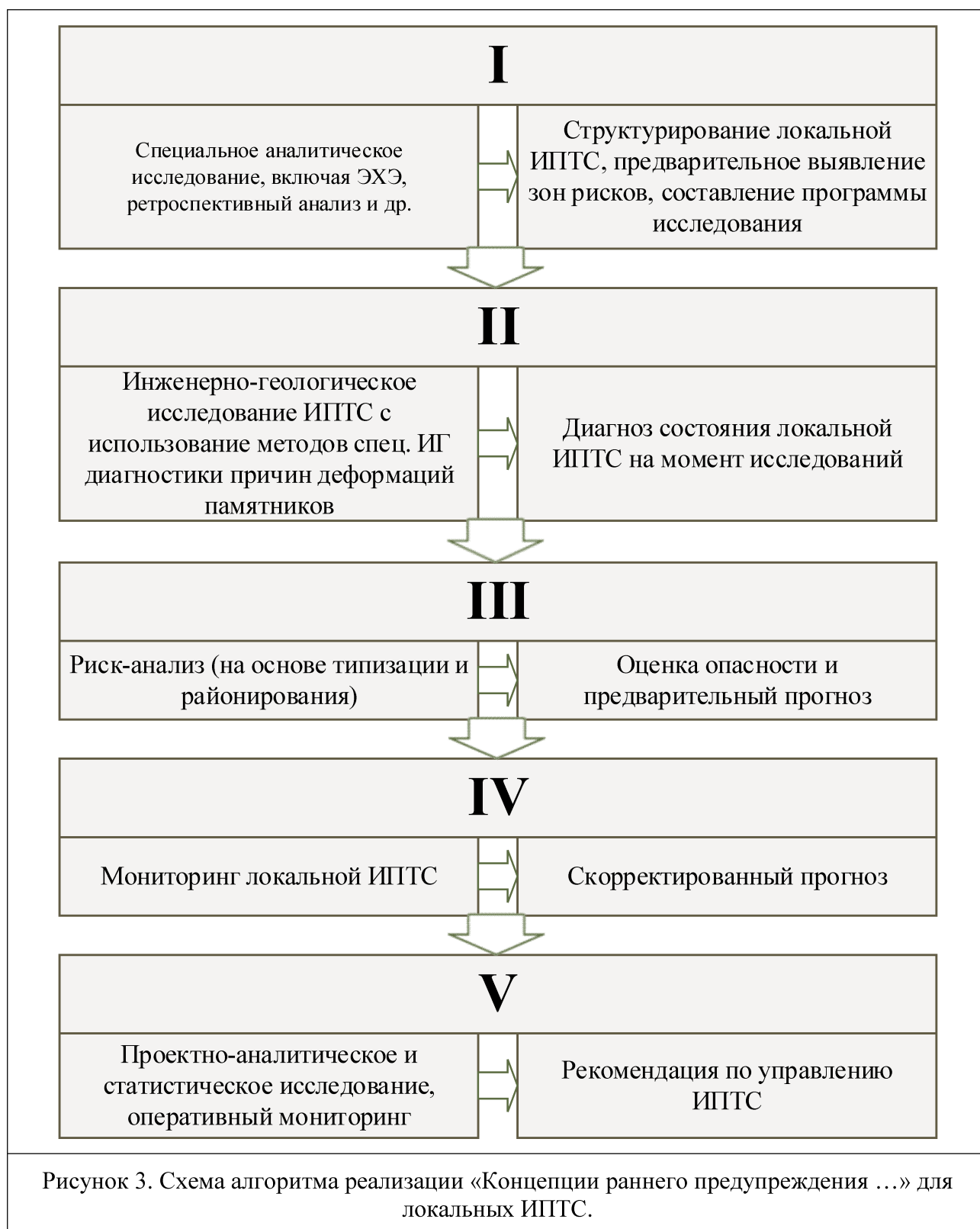
Автором был разработан алгоритм реализации «Концепции...» для локальных ИПТС (Рис.3).

Главная задача предлагаемой концепции – предложить путь решения проблемы длительного обеспечения устойчивости памятников разной степени сохранности и устойчивости.

В первый блок «Концепции...» входит специальное аналитическое исследование, результатом которого должна являться Программа дальнейших исследований, основанная на структурировании локальной ИПТС и

предварительном выявлении зон риска развития негативных инженерно-геологических процессов.

Методика проведения специального аналитического исследования во многом индивидуальна, зависит от типа локальной ИПТС и включает в себя: энергоинформационную холистическую экспертизу (ЭХЭ), оценку изученности локальной ИПТС, в том числе оценку изученности подсистемы «СВ», ретроспективный анализ функционирования локальной ИПТС.



Общая изученность включает в себя изучение всех структурных составляющих локальной ИПТС. Искусственные сооружения ИПТС изучены, как правило, исчерпывающее. Изученность геологической среды как правило недостаточна. Автор предлагает определять изученность подсистемы «СВ» локальной ИПТС по следующим 4 градациям: детальная, недостаточно

детальная, слабая, неизученная. В работе приводится характеристика степени изученности элементарных ИПТС и делается вывод о том, что в настоящее время из 53 выделенных элементарных ИПТС к детально изученным можно отнести 11, недостаточно детально изучены – 17. Таким образом, для половины выделенных элементарных ИПТС Кирилло-Белозерского монастыря строение сферы взаимодействия изучено слабо или не изучено совсем.

Ретроспективный анализ может рассматриваться как один из важнейших элементов специального аналитического исследования «Концепции...». Глубина ретроспективного анализа определяется продолжительностью существования ИПТС. Главными ретроспективными техногенными взаимодействиями для локальной ИПТС Кирилло-Белозерского монастыря явились:

- строительно-хозяйственные мероприятия, проводившиеся в 16 веке во время возведения крепостных стен Старого города, (организация рельефа, использование имеющихся водотоков для хозяйственных целей - сооружение мельниц, плотин);
- мероприятия, проводившиеся в XVII веке во время возведения крепостных стен Нового города (организация рельефа, строительство фортификационных сооружений);
- строительство в начале XIX века Северо-Двинской гидротехнической системы (гидротехнической ИПТС), включивший в состав верхнего бьефа Сиверское озеро, на берегу которого располагается монастырь.

Ретроспективный анализ взаимодействия ИПТС разного вида (архитектурной и гидротехнической) дал возможность установить последовательность осуществления техногенных взаимодействий и оценить относительную устойчивость компонентов геологической среды к произведённым изменениям.

Второй этап реализации «Концепции...» включает инженерно-геологическое обследование. Особенности строения и структуры локальных ИПТС, делают необходимым использование при инженерно-геологическом обследовании специализированной инженерно-геологической съемки, и метода

инженерно-геологической диагностики причин деформаций памятников Е.М.Пашкина. Результатом исследования является диагноз состояния ИПТС на момент исследования, характеристика состояния и оценка режима функционирования ИПТС.

Комплексная оценка состояния ИПТС, предполагает изучение функциональных характеристик и свойств ее подсистем. Кроме этого, необходимо определить устойчивость и результативность функционирования системы в настоящее время, в данном виде, в данных условиях, то есть, дать оценку режиму функционирования, и спрогнозировать его в дальнейшем.

Оценка режима функционирования ПТС дается на основе режимной информации. Однако для ИПТС, как правило, режимной информации нет, поэтому, предварительная оценка режима функционирования может быть дана на основе характеристик состояния подсистем и проявлений развития процессов.

Предварительная оценка режима функционирования элементарных ИПТС Кирилло-Белозерского монастыря по выделенным параметрам показала следующее:

- большинство памятников функционирует в условиях установившегося квазистационарного режима, который не является оптимальным;
- элементарная ИПТС Успенского собора функционирует в установившемся оптимальном режиме;
- несколько ИПТС (прясло крепостных стен между Белозерской и Косой башнями, ц. Сергея Радонежского) в связи с продолжающейся реставрацией находятся в технологически неустановившимся режиме функционирования;
- ИПТС прясла крепостной стены между Свиточной башней и Рыболовецкой палаткой находится в неустановившемся, нестационарном режиме функционирования.

Общий характер режима функционирования локальной ИПТС Кирилло-Белозерского музея-заповедника может быть определен как установившийся, квазистационарный, не оптимальный. Проведенная

оценка режима функционирования ИПТС позволяет определить первоочередность принятия управляющих мероприятий для ИПТС

Третий этап предлагаемой «Концепции...» – это риск – анализ развития негативных инженерно-геологических процессов на основе районирования.

Под понятием риск-анализ понимают процесс идентификации опасностей и оценки риска в качественном и количественном выражении для рассматриваемых локальных ИПТС.

Риск анализ проводился на основе построенной автором схематической карты инженерно-геологического районирования территории монастыря. Разделение территории на таксоны проводилось по схеме И. В. Попова. На территории выделены 2 области, 3 района, 7 подрайонов, для каждого подрайона характерны свои проявления инженерно-геологических процессов (ИГП).

Инженерно-геологические процессы начинают идти одновременно с инженерной деятельностью человека. Области их развития формируют сферу взаимодействия сооружений с геологической средой. Для локальной ИПТС Кирилло-Белозерского монастыря наибольшее влияние на конструктивную и эксплуатационную устойчивость памятников в настоящее время оказывают четыре процесса: процесс криогенного пучения грунтов слоя сезонного промерзания и обратной засыпки, процесс подтопления, процесс неравномерной осадки сооружений, и процесс эволюционного характера – процесс деструкции деревянных конструкции в основании фундаментов в стадии формирования полостей – «стаканов». Вышеназванные ИГП, проявления которых зафиксированы на территории монастыря, пронумерованы, условия их развития, виды проявления и районы и подрайоны развития сведены в таблицу 1.

На основании карты общего инженерно-геологического районирования (рис. 4) был проведен качественный анализ риска развития негативных инженерно-геологических процессов, влияющих на состояние локальной ИПТС и входящих в нее элементарных ИПТС. Качественная оценка вероятности риска была проведена с использованием метода цветовой идентификации.

Таблица 1

Общая характеристика состояния подсистем ИПТС при разных режимах функционирования системы

Режим ИПТС	Вид режима	Характер режима развития ИГП	Подсистема «СВ»:	Подсистема ПА	
			Динамика процессов в основании	Состояние конструкций	Фундаменты, деревянные конструкции в основании
Установившийся	Технологичный	Стационарный	Процессы в стационарном режиме или отсутствуют	Практически полное отсутствие деформаций. Функциональная устойчивость	Реконструированные, или исторические в хорошем состоянии.
		Квазистационарный	Минимальные скорости и градиенты развития процессов незначительный тренд и незначительные изменения в показателях состояния, развитие процессов эволюционного характера.	Локальные деформации в несущих конструкциях.	В основном не реконструированные, исторические, деревянные конструкции в основании разной степени сохранности.
		Периодический	Периодические изменения в показателях состояния.	То же.	То же.
Неустановившийся	Нетехнологичный	Нестационарный	Максимальные: скорости и градиенты развития процессов явный тренд и значительные изменения в показателях состояния, развитие процессов эволюционного характера.	Многочисленные деформации в конструктивных элементах разного генезиса, угрожающие функциональной устойчивости.	Не реконструированные, исторические. Деревянные конструкции в основании (сваи, лежни) плохой степени сохранности.
	Технологичный		То же, кроме эволюционной составляющей.	Усиление конструктивных элементов, ликвидация деформаций.	Реконструкция фундаментов, усиление фундаментов и грунтов основания.

I. Инженерно-геологические районирование

I	Область I	I-1	Район I-1
II	Область II	I-2	Район I-2
		II-1	Район II-1

РАЙОНЫ

II-1-B Инженерно-геологические подрайоны, выделяемые по глубине залегания уровня воды первого от поверхности водоносного горизонта

II. Инженерно-геологические риски развития негативных ИПП

№	Инженерно-геологические процессы
1	Процесс криогенного течения грунтов основания и обратной засыпки
2	Процесс подтопления
3	Процесс неравномерной осадки сооружений
4	Процесс разрушения деревянных конструкций в основании сооружений

Степень риска развития негативных ИПП

Индикатор	Риск
	Наиболее вероятен
	Вероятен
	Нет условий

III.

Прочее	
	Береговые линии, поверхностных водоемов
	Контуры сооружений
	Изолиния глубин залегания первого от поверхности водоносного горизонта, граница подрайонов
	Границы инженерно-геологических районов
	Скважины, оборудованные как наблюдательные
	Скважины, 1987-1988 гг., глубиной более 8 м
	Скважины 1987-2008 гг.
	Точки стат. зонд.
	Скважины 1953 г.
	Скважины ИГИТ

СИВЕРСКОЕ ОЗЕРО

50 40 30 20 10 0 10 20 30 40 50

Составил: Невечера В.В.

2017

Рисунок 4. Схематическая карта инженерно-геологического районирования территории Кирилло-Белозерского монастыря с оценкой вероятности риска развития негативных ИП

Цветовая градация вероятности рисков развития негативных инженерно-геологических процессов нанесена на схему районирования, что позволило для каждого выделенного таксона наглядно определить риск развития негативных процессов. Наиболее опасен по развитию негативных процессов (три процесса имеют свои проявления, наиболее вероятен риск развития процессов) подрайон II-1-В, наиболее безопасны (развитие одного процесса наиболее вероятно) – подрайоны I-1-А, I-2-А, I-2-Б.

Четвертый этап «Концепции...» состоит в разработке и внедрении системы мониторинга локальной ИПТС. Сформулирована цель его организации, которая заключается в обеспечении раннего предупреждения развития негативных инженерно-геологических процессов, при реализации которых существует возможности возникновения «режима с обострением». Приведены основные концептуальные положения мониторинга локальных ИПТС.

В качестве примера рассмотрены обработанные автором результаты многолетних наблюдений по режимным сетям мониторинга локальной ИПТС Кирилло-Белозерского монастыря.

Гидрогеологические наблюдения по скважинам установили основные режимоформирующие факторы, определяющие положение уровня грунтовых вод, изменение режима подземных вод первого от поверхности водоносного горизонта, гидравлически связанного с Сиверским озером, в период 90-х – 2000-х годов относительно периода 80-х годов, оценили эффективность проведения работ по реконструкции крепостных рвов и работе вертикального дренажа.

Наблюдения за параметрами, определяющими условия развития процесса криогенного пучения грунтов позволили установить техногенный характер распределения снежного покрова по территории монастыря с оконтуриванием зон расчисток снега; выявить весьма интенсивный характер криогенного пучения; установить диапазон и изменение по годам глубин реального промерзания грунтов в «холодных» памятниках (до 190 см в коморе стены Нового города, до 120 см в алтаре Успенского собора), доказали возможность существования в холодных сооружениях «перелетков».

Регулярные геодезические наблюдения за комплексом памятников Успенского собора позволили установить динамику сезонных перемещений конструкций, определено, что наиболее подвержены вертикальным перемещениям северная и восточная стороны комплекса, выявлены неравномерные перемещения марок, установленных на одном конструктивном элементе (стена ц. Епифания), что свидетельствует о блоковой структуре конструкций, разделенных трещинами. Наблюдения по режимным сетям подтвердили установившийся квазипериодический неоптимальный режим функционирования исторической природно-технической системы «Памятники Кирилло-Белозерского монастыря – геологическая среда», что делает необходимым продолжение режимных наблюдений.

Заключительным этапом «Концепции...» является подбор управляющих методов для локализации активных процессов, влияющих на устойчивость памятников. Под управлением выявленных рисков понимают применение проектных решений для локализации негативных инженерно-геологических процессов. Подбор методов должен осуществляться на основе проведенного районирования территории для каждой выявленной зоны риска в отдельности. Приводятся примеры управляющих мероприятий, осуществленных для элементарных ИПТС локальной ИПТС Кирилло-Белозерского монастыря. Для комплекса Успенского собора устройство кольцевого дренажа и системы «теплый пол» позволило нейтрализовать процесс криогенного пучения грунтов, процесс влагопереноса из грунтов в стены конструкции. В настоящее время режим функционирования элементарной ИПТС Успенского собора можно считать установившемся, оптимальным.

Мониторинг за эффективностью мероприятий по локализации негативных экзогенных геологических процессов должен быть обязательным при выполнении управляющих мероприятий. Наблюдения за параметрами системы во время проведения реставрационных работ, (оперативный мониторинг), перманентный контроль реакции системы на введение в действие управляющих решений позволяет корректировать проводимые мероприятия.

Результаты проведения оперативного мониторинга, проводимого во время и после реставрационных работ на комплексе ц. Введения с трапезной палатой, были статистически обработаны с помощью корреляционного анализа, который подтвердил качественные выводы, сделанные о закономерной неравномерности перемещений марок разных конструктивных элементов по принципу «качелей» и выявил зоны, где вероятнее всего могут произойти деформации. Установлено, что полученные значения коэффициента корреляции (R) могут служить индикатором напряженности конструкций или конструкции, что дает возможность оконтурить зоны повышенной потенциальной опасности.

Оперативный мониторинг позволил выявить основные этапы адаптации сооружения к происходящим взаимодействиям на основании изменения измеряемых параметров. Игнорирование результатов оперативного мониторинга привело к сохранению неоптимального режима функционирования комплекса Трапезной палаты и продолжению развития деформаций.

Заключение

Проведено структурирование локальных архитектурных ИПТС на основе системного анализа и схемы классификации. Общая структура локальных архитектурных ИПТС включает в себя следующие структурные подразделения: элементарные ИПТС, элементарные природно-археологические системы (ПАС) культурного слоя, элементарные 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.

Автором разработаны основные положения и алгоритм реализации концепции раннего предупреждения развития негативных инженерно-геологических процессов в основании памятников для локальных ИПТС.

Алгоритм «Концепции...», примененный к памятникам локальной ИПТС Кирилло-Белозерского монастыря позволил обобщить разновозрастный фактический материал, составить актуализированные картографические модели

строения СВ, что дало возможность провести качественную оценку риска развития негативных инженерно-геологических процессов с использованием метода цветовой идентификации, и позволит в дальнейшем скорректировать и оптимизировать управляющие мероприятия, а также проектные решения.

Предлагаемый алгоритм концепции, может быть использован в качестве одной из составляющих общей концепции устойчивости памятников архитектуры историко-архитектурных ансамблей, которые рассматриваются как локальные исторические природно-технические системы.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

А. Публикации в журналах из списка рекомендованных ВАК

1. Невечеря, В. В. Обобщение результатов режимных наблюдений за процессом криогенного пучения грунтов на территории Кирилло-Белозерского музея-заповедника / В. В. Невечеря, В. О Подборская // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка – 2015 – № 6 – С. 60-66.

2. Невечеря, В. В. Системы мониторинга локальных исторических природно-технических систем (ИПТС) – как основа мероприятий по долговременному сохранению объектов культуры / В. В. Невечеря, В. В. Пендин, В. О. Подборская, Л. В. Заботкина // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология – 2016 – № 1. – С. 81-93.

3. Невечеря, В. В. Обеспечение устойчивого функционирования локальных исторических природно-технических систем / В. В. Невечеря // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка – 2016 – № 3 – С. 77-79.

Б. Публикации в прочих изданиях

4. Невечеря, В. В. Изучение исторической природно-технической системы «Северо-Двинский водный путь», этапов ее развития и режима функционирования перед началом реконструкции / В.В.Невечеря // Материалы VI международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодые – наукам о Земле» – М., 2012 – С. 157-158.

5. Невечеря, В. В. Исторические гидротехнические ПТС – инженерно-геологические аспекты проблемы сохранения и функционирования (на примере Северо-Двинской гидротехнической системы) / В. В. Невечеря, В. О. Подборская // Сергиевские чтения. Устойчивое развитие: задачи геоэкологии. Молодежная конференция. Выпуск 15. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии – М., 2013 – С. 287-290.

6. Невечеря, В. В. Ретроспективный анализ изменения инженерно-геологических условий территории Кирилло-Белозерского монастыря / В. В. Невечеря, В. С. Муленков / К 80-летию кафедры инженерной геологии: Сборник трудов – Сергиев Пасад, 2013, – С.187-188.

7. Невечеря, В. В. Изучение современного состояния природно-технической системы «Северо-Двинский водный путь» в рамках студенческой научно-исследовательской экспедиции / В. В. Невечеря // Материалы VII международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодые – наукам о Земле». – М., 2014, – С.349-351.

8. Невечеря, В. В. Мониторинг исторической природно-технической системы Северо-Двинский водный путь в связи с её реконструкцией / В. В. Невечеря // Сергеевские чтения. Инженерно-геологические и геоэкологические проблемы городских агломераций. Выпуск 17. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии – М., 2015. – С. 508-512.

9. Невечеря, В. В. Аспекты применения ретроспективного анализа при изучении элементарных и локальных исторических природно-технических систем / В. В. Невечеря, В. О Подборская // В сборнике «Новые идеи в науках о Земле, X Международная научно-практическая конференция. – М., 2015 – С.349-351.

10. Невечеря, В. В. Анализ опыта изучения влияния процесса криогенного пучения грунтов на устойчивость элементарных ИПТС Кирилло-Белозерского монастыря / В. В. Невечеря, В. О Подборская // Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Евразии» с элементами научной школы – Т., 2015 – С.357-361.

11. Невечеря В. В. Исследование влияния процесса подтопления на устойчивость памятников Кирилло-Белозерского музея-заповедника / В. В. Невечеря // Материалы VII международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодые – наукам о Земле». М., 2016, – С.351-354.

12. Невечеря, В. В. Структура локальных исторических природно-технических систем / В. В. Невечеря, В. В. Пендин // Материалы XII общероссийской конференции изыскательских организаций «Перспективы развития инженерных изысканий В строительстве в Российской Федерации» – М., 2016 – С. 532-537.

13. Невечеря, В. В. Специализированная инженерно-геологическая съемка – необходимый метод изучения локальных исторических природно-технических систем Сборник докладов XII Международной научно-практической конференции «Новые идеи в науках о Земле» – М., 2017 – С. 196-197.