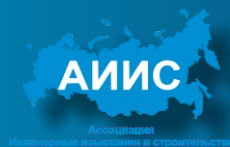


ООО «ГЕОМАРКЕТИНГ»
ООО «Институт геотехники и инженерных изысканий в строительстве»
АССОЦИАЦИЯ «ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ»
НП «СОЮЗ ИЗЫСКАТЕЛЕЙ»



Общероссийская научно-практическая
конференция

«ИЗУЧЕНИЕ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ ПРИ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЯХ»

МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ

19 апреля 2019 г.

г. Москва
2019

ООО «ГЕОМАРКЕТИНГ»
ООО «Институт геотехники и инженерных изысканий в строительстве»
АССОЦИАЦИЯ «ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ»
НП «СОЮЗ ИЗЫСКАТЕЛЕЙ»

Общероссийская научно-практическая конференция
«ИЗУЧЕНИЕ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ
И ЯВЛЕНИЙ ПРИ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЯХ»

МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ

19 апреля 2019 г.

г. Москва
2019

Изучение опасных природных процессов и явлений при инженерных изысканиях
(Материалы докладов Общероссийской научно-практической конференции).

М.: Издательство «Геомаркетинг». 2019. – 179 с.

19 апреля 2019 года в бизнес-отеле «Бородино» (г. Москва) редакцией журнала «Инженерные изыскания» совместно с ООО «Институт геотехники и инженерных изысканий в строительстве» (ООО «ИГИИС»), Ассоциацией «Инженерные изыскания в строительстве» («АИИС») и Союзом изыскателей была проведена Общероссийская научно-практическая конференция **«Изучение опасных природных процессов и явлений при инженерных изысканиях»**.

В конференции приняли участие 90 представителей проектно-изыскательских организаций, научно-исследовательских институтов, крупнейших производственных организаций и вузов из 14 городов РФ: Москва, Санкт-Петербург, Дедовск, Калуга, Кировск, Краснодар, Нальчик, Пермь, Темрюк, Томск, Тюмень, Уфа, Чебоксары, Южно-Сахалинск. Заслушано 25 докладов.

В материалах докладов Общероссийской научно-практической конференции **«Изучение опасных природных процессов и явлений при инженерных изысканиях»** представлены материалы по различным аспектам инженерных изысканий и исследованиям опасных природных процессов.

Сборник предназначен для широкого круга специалистов в области инженерных изысканий, проектирования, строительства, для студентов и аспирантов профильных вузов.

Редакционная группа: Журавлева Н.А., Висхаджиева К.С.

СОДЕРЖАНИЕ

Трофимов В.Т.

МГУ им. М.В. Ломоносова

**О ряде теоретических позиций изучения и оценки опасных
природных процессов при инженерно-экологических изысканиях** 6

Ермолов А.А.

МГУ им. М.В. Ломоносова

АО «Институт экологического проектирования и изысканий»

**Особенности изучения и прогноза развития опасных экзогенных
геологических процессов на этапах обоснования строительства
и эксплуатации инженерных сооружений** 13

Федосеев Ю.Е.

МИИГАиК

**Особенности математической обработки результатов
геодезических измерений, выполняемых в процессе мониторинга
опасных геологических процессов** 20

Викулина М.А.

МГУ им. М.В. Ломоносова

**Динамика лавинного риска в Хибинах в связи с увеличением
туристического потока** 36

Семенова Ю.А., Белов Р.А., Букирев И.А.

АО «НИПИГАЗ»

**Особенности изучения основных характеристик опасных
гидрометеорологических явлений при проектировании** 40

Мальнева И.В.

Высокогорный геофизический институт

Кононова Н.К.

Институт географии РАН

**Прогноз развития опасных геологических процессов на Северном
Кавказе в связи с ожидаемыми изменениями климата** 48

Барыкина О.С.

МГУ им. М.В. Ломоносова

**Закономерности проявления разрывных тектонических
нарушений в различных инженерно-геологических условиях** 56

Ермолов А.А.^{1,2}

¹МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет, научно-исследовательская лаборатория
геоэкологии Севера, г. Москва, alexandr.ermolov@gmail.com

²АО «Институт экологического проектирования и изысканий», г. Москва

ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ И ПРОГНОЗА РАЗВИТИЯ ОПАСНЫХ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ЭТАПАХ ОБОСНОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Проектирование, строительство и эксплуатация современных инженерных объектов требуют достоверной оценки рисков, связанных с развитием экзогенных процессов. Особое значение оценка опасности проявления природных и природно-технических процессов имеет для сооружений, возводимых в сложных инженерно-геологических условиях – горных районах, морских побережьях, криолитозоне и др. При строительстве таких объектов выбор проектных решений основывается на комплексном анализе природных и технических условий с целью минимизации рисков возникновения аварийных ситуаций и нанесения ущерба окружающей среде. Тем не менее, при проектировании не всегда удается избегать районов развития опасных экзогенных процессов – участков со сложным рельефом и специфическими отложениями, водных преград и даже морей. Кроме того, с началом строительства появляется другой важнейший фактор – техногенный. Изменяются условия рельефообразования, нарушается целостность и устойчивость природных систем, происходит активизация геологических и возникновение новых инженерно-геологических процессов и явлений [1].

Как известно, при проектировании зданий и сооружений, их реконструкции и инженерной защите изучение природных опасностей проводится в ходе инженерно-геологических, инженерно-геотехнических, инженерно-геодезических, инженерно-экологических и инженерно-гидрометеорологических (литодинамических) изысканий. На этапах строительства и эксплуатации объектов исследование экзогенных процессов выполняется в ходе производственного экологического и инженерно-геологического мониторинга.

Вне зависимости от вида инженерных работ основной целью изучения экзогенных процессов является получение достоверной информации о состоянии компонентов окружающей среды для своевременного выявления и прогнозирования развития опасных процессов и явлений для нужд проектирования, оценки надежности эксплуатации, влияния сооружений на окружающую среду, разработку и реализацию мер по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. На основе получаемых данных производится выбор участка строительства, тип и конструкция сооружения, мероприятия инженерной защиты. Прогнозная

оценка направлена на предотвращение нежелательных последствий строительства как для самих инженерных сооружений, так и для природной среды, обеспечение экологической безопасности.

К опасным геологическим процессам следует относить изменение состояния геологической среды, обусловленное естественными или техногенными причинами, которое может привести к негативным последствиям для человека, объектов хозяйства и окружающей среды (СП 115.13330.2016 «Геофизика опасных природных воздействий» [5]). В зависимости от масштаба развития процесса, интенсивности проявления и других факторов один и тот же процесс может рассматриваться как опасный, так и неопасный по отношению к инженерным объектам. Кроме того, степень опасности может меняться во времени, в том числе под влиянием строительных и восстановительных (рекультивация) работ [3].

Оценка риска и опасности проявления (СП 116.13330.2012 «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения» [6]) природных процессов, прогноз их развития и рекомендации по защите объектов или территорий являются неотъемлемой частью инженерных работ любого типа. Вместе с тем, существуют различия в подходах к изучению геологических процессов на различных этапах строительства. Так, инженерные изыскания на этапе проектирования направлены, главным образом, на выявление и изучение экзогенных геологических процессов в естественных природных условиях. На этапах строительства и эксплуатации линейных сооружений исследования приобретают непосредственную практическую (инженерную, экономическую и экологическую) значимость.

Стоит заметить, что в естественных условиях при анализе факторов рельефообразования внимание сосредотачивается на оценке таких показателей, как состав отложений, уклоны поверхностей, величина поверхностного стока, мощность сезонноталого слоя, изменение базиса эрозии, штормовая активность для береговых районов и др. В ходе хозяйственного освоения территории важнейшими становятся нарушения почвенно-растительного покрова, нарушения поверхностного и внутригрунтового стока, снегонакопление вдоль линейных сооружений, тепловое воздействие инженерных объектов на многолетнемерзлые породы, влияние сооружений на рельефообразующие процессы или транспорт наносов и пр. При этом особое значение приобретает проблема определения количественных характеристик и причин активизации развития экзогенных процессов, включая максимальные и среднемноголетние показатели, поскольку именно количественные показатели ложатся в основу прогноза.

Несмотря на рассмотренные различия состав работ на всех этапах изучения геологических процессов остается практически неизменным [2]. Результаты исследований должны позволять не только описывать геологический процесс, но и проводить сравнение результатов его деятельности

с другими участками, выделять стадийность его развития, определять интенсивность, частоту проявления, размеры отдельных форм рельефа. На основании этих показателей и с учетом технических особенностей инженерных сооружений и распространения специфических и многолетнемерзлых грунтов производится оценка опасности природного процесса (СП 116.13330.2012 [6]). Объемы исследований и применяемые методы устанавливаются в программе работ в зависимости от стадии проектирования, типа инженерного объекта, природных и техногенных условий, характера самих процессов и явлений.

Результаты оценки опасности природных воздействий должны быть включены в исходные данные для разработки документации на строительство зданий и сооружений и/или инженерной защиты территории с целью установления возможности и целесообразности строительного освоения территории, разработки мероприятий по устранению или ослаблению влияния опасных природных воздействий (защитных сооружений, планировочных мероприятий и др.), выбора соответствующих конструктивных и технологических решений, компенсирующих опасные воздействия (СП 116.13330.2016). При проектировании в первую очередь учитываются наихудшие из возможных на данной территории процессов, относящиеся к категориям весьма опасных и опасных. При наличии чрезвычайно опасных (катастрофических) процессов разрабатывается перечень мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

В рамках инженерных изысканий применяются самые разнообразные геоморфологические, геологические, геофизические, гидрометеорологические, геодезические методы исследований и их производные, а также всевозможные сочетания методов и технологий. Научную основу исследований составляют такие разделы географических и геологических наук, как инженерная геология и гидрогеология, геоморфология и инженерная геодинамика, геофизика, грунтоведение, геология четвертичных отложений, криолитология, геодезия и картография, гидрология, гидрометеорология и другие. Технологическая часть представляет собой, как правило, комплексный научно-производственный процесс получения информации, задачи которого помимо вида изучаемого процесса определяются целевой программой работ, масштабом исследования, стадией проектирования объекта и сложностью природных условий. Различаются и методы выявления, накопления, обработки и представления информации об экзогенных процессах.

Существует немало классификаций, разделяющих методы исследований экзогенных процессов по группам и видам на прямые и косвенные, теоретические и практические, аналитические, экспериментальные и натурные, дистанционные и полевые, инженерно-геологические, геофизические и пр. Не имея целью усложнить или обобщить сложившиеся представления, рассмотрим методы, которые, на взгляд автора, наиболее часто и успешно применяются при решении широкого круга прикладных инженерных задач.

Несмотря на сравнительно редкое использование в инженерных изысканиях традиционных способов решения фундаментальных проблем экзогенной геодинамики, полное исключение аналитических методов исследований из числа применяемых на практике было бы некорректно. При этом одним из самых востребованных остается морфолитогенетический анализ, по мере необходимости обращаются и к другим аналитическим методам – морфоструктурному, неотектоническому, инженерно-геологическому, палеогеографическому, сравнительному, вероятностно-статистическому и другим видам анализов, методам природных аналогов и инженерно-геологических аналогий [1].

Аналитический подход и сравнительные методы позволяют определять ведущие факторы и стадию развития геологического процесса, прогнозировать развитие и предупреждать негативные последствия. В отдельных случаях, как, например, при разработке прогноза развития опасных геологических процессов на берегах вновь создаваемого водохранилища, аналитические и сравнительные методы являются важнейшими при анализе будущих изменений экзогенного рельефообразования [4]. Это обусловлено тем, что процессы, развивающиеся в долине реки во время проведения инженерных изысканий, имеют довольно мало общего с теми явлениями, которые будут происходить на берегах будущего водохранилища, и в основу прогноза ложатся результаты изучения объектов-аналогов и/или их интерпретация.

Лабораторные и натурные экспериментальные и расчетные методы, включая математическое моделирование, также прочно вошли в практику как одни из наиболее точных методик количественной и прогнозной оценки. В число наиболее часто востребованных задач входят расчет устойчивости склонов и откосов, прогноз деформаций при подземных разработках, переработке берегов водохранилищ, моделирование и прогноз снежных лавин, селей, водоснежных потоков и паводков, обвалов, оползней, эрозионных, мерзлотных и ледово-экзарационных процессов и др.

Не останавливаясь подробно на аналитических, экспериментальных и расчетных методах, значение которых сложно переоценить, следует отметить методы получения исходной информации о проявлениях и развитии процессов (во времени), применяемые непосредственно при проведении инженерных работ и режимных наблюдениях. Многообразие таких методов объясняется, с одной стороны, большим числом задач, решаемых с их помощью, и природных условий, а с другой – постоянным совершенствованием оборудования и технологий, применяемых для получения первичных данных и их обработки.

На этапе обоснования инвестиций и проектирования возможность быстрой и недорогой оценки геоморфологических условий дает применение дистанционных методов исследований, таких как дешифрирование и совмещение разновременных аэро- и спутниковых снимков высокого разрешения, геоморфологическое и инженерно-геологическое районирование. В сочетании с анализом картографических, архивных и литературных данных

дистанционные методы позволяют получать предварительные сведения о рельефе и рельефообразующих процессах, намечать программу и объемы полевых работ. Совмещенный анализ снимков разных лет позволяет сравнивать размеры и положение отдельных форм рельефа, выделять участки с различной интенсивностью геологических процессов, намечать перспективные для строительства, или, напротив, неблагоприятные районы. Современные технологии позволяют использовать дистанционные методы и при мониторинге опасных процессов и явлений. Так, спутниковый мониторинг является сегодня одним из самых востребованных методов контроля сезонной динамики морских берегов, текущей ледовой обстановки на акватории и экологического состояния территории. Для многих удаленных и труднодоступных районов Арктики спутниковые данные нередко служат основным, а в отдельных случаях единственным источником информации о состоянии различных компонентов природной среды.

Для получения детальной информации на этапах проектирования, строительства и эксплуатации незаменимыми остаются полевые методы исследований. Они направлены на получение фактических данных о геоморфологическом, геологическом, гидрогеологическом и геокриологическом строении, составе и свойствах отложений, грунтовых водах, динамике рельефа, интенсивности и степени опасности геологических процессов. К основным методам полевых работ относятся маршрутные и стационарные визуально-инструментальные исследования, проводимые в рамках изысканий и мониторинга, инженерно-геологические и геотехнические исследования, геодезические работы, включающие прямые инструментальные измерения (съемки) рельефа на контролируемых площадках и профилях, геофизические, гидрографические и литодинамические работы в прибрежной зоне и на акватории водоемов и многое другое.

В зависимости от типа инженерных изысканий и стадии работ, вида изучаемых процессов и условий их развития применяемые полевые методы позволяют получать сведения различной детальности. Производственные инженерно-геологические методы (инженерно-геологическое бурение, опробование, полевые и лабораторные исследования грунтов) обеспечивают комплексное изучение геологического и гидрогеологического строения района (участка, трассы), позволяют выявлять скрытые факторы развития геологических процессов, получать количественную характеристику последних. Маршрутные и стационарные наблюдения наряду с определениями среднесноголетних характеристик дают возможность фиксации и кратковременных (сезонных, штормовых и пр.) деформаций рельефа короткой сохранности. Это имеет большое значение для установления граничных условий безопасной эксплуатации инженерных сооружений в условиях ярко выраженной сезонности проявления геологических процессов и неудовлетворительной сохранности деформаций в течение года. С другой стороны, определение многолетних деформаций (колебаний) в системе

наблюдаемых объектов и долговременных тенденций развития геологического процесса позволяет выполнять качественную и количественную прогнозную оценку, вырабатывать необходимые рекомендации для строительства и хозяйственной деятельности.

Современная спутниковая геодезическая аппаратура и беспилотные летательные аппараты расширяют возможности традиционных методов исследований, существенно повышают производительность и точность полевых работ. Закономерно улучшается качество получаемых данных, достоверность прогнозной оценки, и, как следствие, повышается безопасность эксплуатации инженерных сооружений. Важными результатами высокотехнологичных работ, к числу которых относится и набирающее популярность воздушное лазерное сканирование, становятся ортофотопланы, цифровые модели рельефа, трехмерные изображения, высокоточные измерения при мониторинге геологических процессов и геотехническом мониторинге.

Организация мониторинга за опасными процессами выполняется на основании целевой программы, обосновывающей структуру, методы, методику, наблюдательную сеть и функционирование всей системы [1]. Мониторинг позволяет выполнять повторные наблюдения за инженерно-геологическими условиями и/или каким-либо процессом или явлением, оценивать состояние природных и природно-технических систем и прогнозировать их развитие под влиянием природных и антропогенных факторов. В зависимости от вида опасного процесса мониторинг может осуществляться различными способами и включать разнообразные виды реперных профилей, площадок, марок и пр.

Результативными являются и геофизические методы исследований, которые применяются как на суше, так и в составе гидрографических работ по изучению и мониторингу дна водоемов и в составе инженерно-геологических исследований. На акватории для получения исходной информации и разработки цифровой модели рельефа дна глубже 1,0–1,5 м, а также при повторных наблюдениях применяется батиметрическая съемка поверхности дна многолучевыми эхолотами. Интенсивность ледовой экзарации в замерзающих морях и другие деформации дна (эрозионные, карстовые, суффозионные, мерзлотные, техногенные) устанавливаются в ходе площадных обследований с использованием гидролокаторов бокового обзора. Наряду с изучением природных условий гидролокация позволяет выполнять геотехнический мониторинг подводных объектов в части выявления участков «оголения», провисания и деформаций трубопроводов, их целостности, осуществлять контроль качества обратной засыпки на этапе строительства и пр.

На суше важнейшими среди геофизических методов остаются сейсморазведка (на базе отраженных, преломленных и рефрагированных волн), магнитная съемка и электроразведочные методы – вертикальное электрическое зондирование и электропрофилирование. Помимо инженерно-геологических задач эти методы позволяют устанавливать специфические особенности строения геологической среды (карстовые полости, трещины, погребенные

эрозионные врезы, озерные котловины, границы распространения многолетнемерзлых отложений, оползневые тела и поверхности скольжения, пластово-жильные льды, криопеги, культурно-исторические и техногенные объекты, погребенные под современными осадками и пр.), связанные с развитием геологических процессов.

Анализ многочисленных методов и подходов к решению задач по изучению природных процессов и явлений позволяет сделать вывод, что какой-то универсальной методики исследований не существует. Ее содержание определяется задачами конкретного исследования, в соответствии с которыми и формируется система применяемых приемов и методов, подбирается оборудование и технология выполнения работ. Именно поэтому изыскательские работы, как одни из наиболее полно финансируемых и обеспеченных в материально-техническом плане видов исследований в наши дни, применяют комплексный подход при оценке риска развития опасных геологических процессов. В рамках такого подхода присутствуют, дополняя друг друга, географические, геологические, физические, химические и математические методы исследований, подчиненные единой цели.

Работа выполнена в рамках проекта ГЗ АААА-А16-116032810055-0 «Геоэкологический анализ и прогноз динамики криолитозоны Российской Арктики».

Список литературы

1. Базовые понятия инженерной геологии и экологической геологии: 280 основных терминов / В.Т. Трофимов, В.А. Королев, М.А. Харьковина, Т.А. Барабошкина, Э.В. Калинин, Е.А. Вознесенский, Т.И. Аверкина, Л.А. Цуканова, А.Д. Жигалин, Е.Н. Самарин, Ю.К. Васильчук, Н.Д. Хачинская, О.В. Буслаева, С.К. Николаева, под ред. В.Т. Трофимова. М.: ООО «Геомаркетинг». 319 с.
2. Ермолов А.А. Исследование опасных экзогенных геологических процессов в рамках комплексных инженерных изысканий и производственного мониторинга на линейных объектах. Инженерные изыскания. 2014. № 12. С. 39–41.
3. Ермолов А.А. Морфолитодинамические исследования в составе инженерных изысканий для строительства. Инженерные изыскания. 2014. № 9–10. С. 86–89.
4. Ермолов А.А. Особенности экзогенного рельефообразования в долине реки Тимптон (Южная Якутия) при гидротехническом строительстве: современное состояние и прогноз развития. Геориск. 2018. Т. XII. № 1. С. 60–74.
5. СП 115.13330.2016 «СНиП 22-01-95 Геофизика опасных природных воздействий».
6. СП 116.13330.2012 «СНиП 22-02-2003 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения».