



ИГЭС

Институт
гидротехнического
и энергетического
строительства

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕХНОГЕННОГО ЭТАПА
ИСТОРИИ ЗЕМЛИ — 2022**

Сборник материалов Всероссийской (национальной)
научно-практической конференции
(г. Москва, 14 октября 2022 г.)

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2022

ISBN 978-5-7264-3158-1

Москва
Издательство МИСИ – МГСУ
2022

УДК 504+624+528
ББК 20.1++38+26.1
Г35

Г35 **Геоэкологические проблемы техногенного этапа истории Земли — 2022** [Электронный ресурс] : сборник материалов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции (г. Москва, 14 октября 2022 г.) / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, институт гидротехнического и энергетического строительства, кафедра инженерных изысканий и геоэкологии. — Электрон. дан. и прогр. (6 Мб). — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2022. — URL: <https://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/> — Загл. с титул. экрана.
ISBN 978-5-7264-3158-1

В данном сборнике содержатся тезисы докладов участников Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, которая состоялась в НИУ МГСУ 14 октября 2022 г. на базе кафедры инженерных изысканий и геоэкологии.

В работе конференции приняли участие более 75 человек: научно-педагогических работников, аспирантов, научно-образовательных учреждений, специалистов проектной, строительной отрасли. 19 докладов были рекомендованы для опубликования в журналах «Геоэкология», «Вестник МГСУ» входящих в перечень ВАК в 2022 году.

Для научных работников в области инженерных изысканий, геоэкологии и техносферной безопасности, аспирантов и обучающихся всех форм обучения.

Научное электронное издание

*Материалы публикуются в авторской редакции.
Авторы опубликованных материалов несут ответственность
за достоверность приведенных в них сведений.*

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2022

Ответственные за выпуск:

А.Л. Суздалева, С.С. Родионов, И.Ю. Яковлева

Институт гидротехнического и энергетического строительства (ИГЭС НИУ МГСУ)

Сайт: www.mgsu.ru

<http://iges.mgsu.ru/universityabout/Struktura/Instituti/IGES/>

Тел. +7 499 183 43 83

Е-mail: iges@mgsu.ru

Кафедра инженерных изысканий и геоэкологии

Тел.: +7 (495) 287-49-14 (доб. 2380)

Е-mail: LavrusevichAA@mgsu.ru

Для создания электронного издания использовано:

Microsoft Word 2010, ПО Adobe Acrobat

Подписано к использованию 30.11.2022. Объем данных 6 Мб.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский

Московский государственный строительный университет».

129337, Москва, Ярославское ш., 26.

Издательство МИСИ – МГСУ.

Тел.: (495) 287-49-14, вн. 14-23, (499) 183-91-90, (499) 183-97-95.

Е-mail: ric@mgsu.ru, rio@mgsu.ru.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Аканов А.В., Макеева Т.Г. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА И СТАНДАРТИЗАЦИИ В ЧАСТИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ | 6 |
| Баландина О.А. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАТАЛИТИЧЕСКОГО МЕТОДА ОЧИСТКИ | 11 |
| Беляева Е.Л., Кашперюк П.И., Могинов Б.Г. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БЛАГОУСТРОЙСТВА ИСТОРИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДОВ | 15 |
| Галай Б.Ф., Сербин В.В., Галай О.Б. ОПОЛЗНЕВАЯ УГРОЗА ВОДОСНАБЖЕНИЮ СТАВРОПОЛЯ | 26 |
| Голякова У.А. ESG-ПРИНЦИПЫ В СТРОЙИНДУСТРИИ | 32 |
| Научный руководитель: Озерова Н.В. Горьков Р. Д. АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ОТ ГРАДООБРАЗУЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ | 36 |
| Научный руководитель: Озерова Н. В. Гравис М.В. Харьковина М.А. МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ НЕФТЕГАЗОВЫХ РАЙОНОВ (НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОГО СТАЦИОНАРА НАДЫМ) | 40 |
| Держаев Д.В., Озерова Н.В. ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТА НА ВЫБРОСЫ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА | 50 |
| Долгушев Т.В. ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И УСЛОВИЯ РАБОТЫ ПОРТОВЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ | 57 |
| Научный руководитель: Кантаржи И.Г. Жигалин А.Д. НАУЧНЫЙ ПОИСК: ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ УРБЭКОЛОГИЯ | 61 |
| Жук П.М. ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРРИТОРИЙ С ОБЪЕКТАМИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ | 65 |
| Заиканов В. Г., Булдакова Е. В., Минакова Т. Б. ГОРОДА РОССИИ И ИНДЕКС ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ | 71 |
| Карлович И.А. К ВОПРОСУ И ТЕХНОГЕННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ КСЕНОМОРФНОЙ ФАЗЫ РАЗВИТИЯ ЗЕМЛИ | 76 |
| Кашперюк П.И., Москалев Д.С. ПРИЧИНЫ РАЗВИТИЯ СУФФОЗИОННОГО ПРОЦЕССА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ФУНДАМЕНТОВ ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ | 80 |
| Колчин И.М., Фуникова В.В., Ермолинский А.Б. ЭКЗОГЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ТРУБОПРОВОДА НА ТЕРРИТОРИИ ГЫДАНСКОГО ПОЛУОСТРОВА | 85 |
| Макеева Т.Г., Трофимов В.А. ДЕФОРМИРОВАНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД ВБЛИЗИ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА ПРИ СОЗДАНИИ ПОЛОСТИ ДЛЯ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА БОЛЬШОЙ ГЛУБИНЕ | 90 |

| | |
|--|-----|
| Миронюк С.Г., Маркарьян В.В. ОЦЕНКА СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТИ В БАССЕЙНЕ Р. ШАХЕ (КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ) И ВОЗМОЖНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ МУТЬЕВЫХ ПОТОКОВ В ПРЕДЕЛАХ ЕЕ АВАНДЕЛЬТЫ | 96 |
| Рукавицын В.В., Экзарьян В.Н. МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ КАРТ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИ ПОМОЩИ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ | 107 |
| Симонян В.В., Волков В.И. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОЦЕНКИ ОПОЛЗНЕВОЙ ОПАСНОСТИ | 113 |
| Терешин Н.А., Озерова Н.В., Мамина Д.Х. ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ | 124 |
| Федосеев О.Н., Хурнова Л.М., Мамина Д.Х. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПРОЕКТИВНОГО ПОКРЫТИЯ ЛИШАЙНИКАМИ ФОРОФИТА ОТ КЛЮЧЕВЫХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ | 129 |
| Чернов А.Ю. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЗАСТРОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЗА СЧЁТ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ | 134 |
| Усупаев Ш.Э. ОСНОВЫ НООСФЕРНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОНОМИИ В ОХРАНЕ КОМПОНЕНТОВ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ СРЕДЫ ИСТОРИИ ЗЕМЛИ (АСПЕКТЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ) | 142 |
| Усупаев Ш.Э., Едигенов М.Б. ИНЖЕНЕРНО-РУДНИЧНАЯ ГЕОЛОГИЯ В РАЗВИТИИ ГЕОЭКОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ СТРАН АЗИИ И МИРА | 156 |
| Усупаев Ш.Э., Едигенов М.Б., Молдобеков Б.Д., Орунбаев С.Ж. КАРТА ИНЖЕНЕРНОЙ СЕЙСМОГЕОНОМИИ И ТЕХНОЛОГИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРЕДУПРЕЖДЕНИИ ОТ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НАСЕЛЕНИЯ В КЫРГЫЗСТАНЕ | 174 |
| Прасолов А.А., Орлова Н.А. ПСЕВДОСТРУКТУРНАЯ ПРОЧНОСТЬ ГРУНТОВ КАК КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ КРИТЕРИЙ РАЗГРАНИЧЕНИЯ МЕХАНИЗМОВ ОПОЛЗНЕВОГО ПРОЦЕССА | 186 |
| Крыжановская Г.В., Шарова И.С., Безуглова М.С., Бузякова И.В. ВЛИЯНИЯ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ВНУТРИГОРОДСКИЕ ВОДОЕМЫ Г. АСТРАХАНИ | 194 |
| Козлякова И.В., Ерёмина О.Н., ОЦЕНКА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ НА ТЕРРИТОРИИ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ | 201 |

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА И СТАНДАРТИЗАЦИИ В ЧАСТИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Аканов А.В.

- старший научный сотрудник, АО «НТЦ «Промышленная безопасность», 109147, г. Москва, 147, а/я 224.

Макеева Т.Г.

- доцент, кандидат геолого-минералогических наук, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

АННОТАЦИЯ

В настоящее время остро стоит вопрос обеспечения охраны окружающей среды. С целью выполнения стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года АО «НТЦ «Промышленная безопасность» ведет разработку проекта национального стандарта Российской Федерации «Охрана окружающей среды. Обеспечение экологической безопасности промышленного оборудования и сооружений. Основные правила проведения технического диагностирования» с целью снижения риска аварий, связанных с воздействием на окружающую среду. Разрабатываемый стандарт необходим для осуществления деятельности по техническому диагностированию промышленного оборудования и сооружений при охране окружающей среды, а также повышения уровня промышленной и экологической безопасности. При разработке стандарта применялся принцип безопасной эксплуатации промышленного оборудования и сооружений по техническому состоянию. Стандарт предусматривает несколько форм проведения работ по техническому диагностированию промышленного оборудования и сооружений. Внедрение работ по техническому диагностированию промышленного оборудования и сооружений предоставит для организаций, на которых эксплуатируется промышленное оборудование и сооружения, инструмент, который может быть эффективно внедрен в уже функционирующую или создаваемую систему экологического менеджмента предприятия. Это позволит повысить уровень экологической и промышленной безопасности, а также наиболее полным образом использовать остаточный ресурс промышленного оборудования и сооружений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: экологическая безопасность, производственные объекты, промышленное оборудование, неразрушающий контроль, техническое диагностирование.

Вероятность возникновения техногенных катастроф и аварий, а также масштабы их последствий напрямую зависят от роста производства, увеличение энергетической мощности производственных объектов, технического состояния и своевременности обновления оборудования.

В соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 19 апреля 2017 года № 176 «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» решение основных задач в области обеспечения экологической безопасности должно осуществляться путем минимизации или снижения до установленных нормативов рисков

возникновения аварий на опасных производственных объектах и иных чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

Для современного этапа развития промышленности характерно внедрение документов по стандартизации. Промышленная безопасность опасных производственных объектов (ОПО) регулируется Федеральным законом № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Идентификация ОПО (то есть присвоение статуса ОПО) проводится, согласно признакам, опасности, которые были сформированы, исходя из техногенных опасностей, при наступлении которых наносится прямой вред жизни и здоровью человеку. Таким образом, некоторые производственные объекты, которые не являются опасными производственными объектами, но представляют потенциальную экологическую опасность техногенного характера, выпадают из области правового регулирования. К таким объектам можно отнести:

1. АЗС с розничной торговлей жидким топливом;
2. Оборудование электроэнергетики включая трансформаторы;
3. Хранилища нефти до 1000 т.;
4. Различные технологические линии;
5. И другие объекты, которые представляют потенциальную экологическую опасность.

Оценка технического состояния сооружений и основного технологического оборудования в сочетании с системами планово-предупредительных ремонтов позволяет определить возможности и условия дальнейшей безопасной эксплуатации сооружений и оборудования на объектах, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, и в конечном итоге предотвратить возможный ущерб окружающей среде.

С целью выполнения стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года АО «НТЦ «Промышленная безопасность» ведет разработку проекта национального стандарта Российской Федерации «Охрана окружающей среды. Обеспечение экологической безопасности промышленного оборудования и сооружений. Основные правила проведения технического диагностирования с целью снижения риска аварий, связанных с воздействием на окружающую среду» в рамках технического комитета по стандартизации ТК 413 «Методология и метрологическое обеспечение систем экологического управления, мониторинга и контроля».

В настоящее время подготовлена первая редакция стандарта и ведется его публичное обсуждение. Разрабатываемый стандарт устанавливает требования к организации, порядку проведения и оформлению результатов технического диагностирования промышленного оборудования и сооружений с целью обеспечения их экологической безопасности при

эксплуатации, в том числе, на объектах, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

Разрабатываемый стандарт применим для осуществления деятельности по техническому диагностированию промышленного оборудования и сооружений с целью охраны окружающей среды, а также повышения уровня промышленной и экологической безопасности.

При разработке стандарта применяется принцип безопасной эксплуатации промышленного оборудования и сооружений по техническому состоянию, который предусматривает:

- переход к развитию работ по техническому диагностированию для принятия решения о продлении срока безопасного применения (эксплуатации) промышленного оборудования и сооружений;

- переход к экономическим условиям хозяйственной деятельности, когда остро ставятся вопросы экономической эффективности производства, что стимулирует более полно использовать потенциальный резерв работоспособности (несущей способности), заложенный при проектировании, реализованный в процессе производства и монтажа и сохраненный при применении (эксплуатации) промышленного оборудования и сооружений;

- увеличение доли промышленного оборудования и сооружений, которые применяются (эксплуатируются) после выработки проектных сроков эксплуатации;

- интенсивное развитие теоретических исследований и практических разработок по оценке технического состояния промышленного оборудования и сооружений. В части глубокого анализа работ по техническому диагностированию, которые показали техническую возможность применения (эксплуатации) промышленного оборудования и сооружений после выработки проектных сроков эксплуатации и развития методов и средств неразрушающего контроля, которые позволяют с высокой достоверностью оценивать широкий спектр параметров технического состояния промышленного оборудования и сооружений.

Стандарт предусматривает несколько форм проведения работ по техническому диагностированию промышленного оборудования и сооружений, а именно:

- мониторинг технического состояния (постоянный или проводимый через определенные промежутки времени контроль технического состояния на основе оперативного сбора информации);

- контроль технического состояния (плановый или внеплановый) при обслуживании, ремонте, после отказа, повреждений;

- контроль и прогнозирование технического состояния по истечении назначенных показателей: срока службы, ресурса или при превышении количества циклов нагрузки промышленного оборудования, установленных его производителем или специализированной организацией.

При мониторинге и контроле технического состояния определяются и оцениваются диагностические параметры, характеризующие техническое состояние промышленного оборудования и сооружений или их составных частей.

При прогнозировании технического состояния определяются и оцениваются диагностические параметры, характеризующие степень достижения промышленного оборудования и сооружений или их составными частями критериев предельных состояний.

Комплекс работ, выполняемых при техническом диагностировании, в основном включает:

- установление необходимости проведения работ по техническому диагностированию;
- подачу и рассмотрение заявки на проведение работ по техническому диагностированию и прилагаемых к ней документов;
- согласование и (или) утверждение программы работ;
- проведение работ, предусмотренных программой, анализ полученной информации и результатов, выработку технического решения о возможности продолжения применения (эксплуатации);
- оформление результатов технического диагностирования;
- подготовку решений и, в случае необходимости, плана корректирующих мероприятий по обеспечению экологической безопасности;
- проведение эксплуатирующей организацией корректирующих мероприятий, предусмотренных решением о возможности дальнейшего применения (эксплуатации);
- контроль за выполнением корректирующих мероприятий.

Работы по техническому диагностированию промышленного оборудования и сооружений устанавливаются программой диагностирования и могут предусматривать:

- 1) разработку программы работ по техническому диагностированию;
- 2) анализ эксплуатационной, проектной (конструкторской), монтажной и ремонтной документации;
- 3) функциональное диагностирование, в том числе с определением диагностических параметров, характеризующих степень приближения к предельному состоянию;

4) разборку (демонтаж) промышленного оборудования и сооружений на составные части и комплектующие изделия (при необходимости) и контроль их технического состояния, а также поиск мест и причин отказов (неисправностей, повреждений);

5) неразрушающий контроль, определение механических характеристик, металлографические исследования, определение химических составов материалов, испытания на прочность и другие виды испытаний, определение фактических геометрических форм, геодезических измерений;

6) оценку коррозии, износа и других дефектов (повреждений, отклонений);

7) расчетно-аналитические процедуры оценки и прогнозирования технического состояния, включающие:

- определение (установление) новых эксплуатационных режимов работы и/или ограничений отдельных параметров;

- оценку отказов и критериев предельного состояния;

- исследование напряженно-деформированного состояния;

- определение ресурса (срока службы) до прогнозируемого наступления предельного состояния.

Статья посвящена первой редакции проекта национального стандарта «Охрана окружающей среды. Обеспечение экологической безопасности промышленного оборудования и сооружений. Основные правила проведения технического диагностирования с целью снижения риска аварий, связанных с воздействием на окружающую среду» производственных объекты, которые могут представлять потенциальную экологическую опасность техногенного характера.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАТАЛИТИЧЕСКОГО МЕТОДА ОЧИСТКИ

Баландина О.А.

-ассистент кафедры «Теплогазоснабжения и вентиляции», Самарский государственный технический университет, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

АННОТАЦИЯ

Рассмотрено влияние нагрузки котельного агрегата на область протекания гетерогенных окислительных реакций и время контактирования реагентов на поверхности катализатора. Расчеты выполнены с применением метода регрессионного анализа для условий действующего энергетического оборудования, установленного на территории ТЭЦ Волжского автозавода г. Тольятти [1]. Полученные в результате исследования данные применимы для определения эколого-экономической эффективности предлагаемого способа очистки выбросов и могут использоваться для расчетного обоснования конструктивных решений промышленных нейтрализаторов токсичных компонентов дымовых газов без введения внешнего реагента.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: оксиды азота, оксиды углерода, кинетика, катализатор.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из способов повышения экологической безопасности теплообеспечивающих предприятий городского хозяйства является сокращение содержания токсичных компонентов в атмосферных выбросах. В процессе сжигания природного газа основными загрязнителями, выбрасываемыми в атмосферу, являются оксиды азота и углерода [2,3]. Одновременную очистку по данным компонентам позволяют проводить методы глубокого каталитического окисления [4].

Значительное влияние на эффективность нейтрализации оказывает температура дымовых газов в толщине каталитического слоя. В зависимости от температурного режима каталитического окисления в газовой среде изменяются требования к физическим свойствам применяемых катализаторов.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Исследование проводилось с применением метода регрессионного анализа и аппроксимацией полученных данных для условий действующего оборудования. Данные для расчета принимались на основании режимных карт однобарабанного котла типа ТГМЕ-464, предназначенного для получения пара высокого давления (К.А. №12), установленного на территории ТЭЦ Волжского автозавода г. Тольятти [1]. При выборе объекта исследования применялся метод сравнительного анализа по критерию наименьшей концентрации оксидов

азота и углерода в атмосферных выбросах из шести стационарных котлов, входящих в состав ТЭЦ [5,6].

Участок газозвушного тракта, расположенный на территории котельного зала, включает в себя дымосос Гд–20–500У, регенеративный воздухоподогреватель РВП–88 и вентилятор ВДН–25х2–1. В зоне тракта после регенеративного воздухоподогревателя, в зависимости от паропроизводительности агрегата, скорость потока дымовых газов варьируется в диапазоне от 5,68 до 10,64 м/с, а температура повышается от 275 до 333 °С. Данные параметры влияют на время контакта потока выбросов с катализатором[5,6].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

С учетом ограничения температурного режима термостойкостью углеродистых сталей (до 400÷500 °С), из которых изготовлены газоходы, в качестве активатора каталитических реакций целесообразно применять металлы благородной группы [7]. Принимая во внимание смещение химического равновесия реакции окисления CO на поверхности катализатора в прямом направлении, при значениях температуры среды до 1500 °С, выбор активатора катализа определяется его активностью в отношении азотистых соединений [2]. Наибольшая селективность нейтрализации NO_x , обусловленная переходом окислительных реакций к первому порядку в интервале температур от 250 до 450 °С, наблюдается при использовании носителя катализатора, содержащего 0,5 % активной платины [2].

Область протекания реакций глубокого каталитического окисления зависит от соотношения скорости химического преобразования и скорости подвода потока выбросов к поверхности катализатора. Соответственно при определении изменения концентрации токсичных компонентов по длине катализатора необходимо учитывать не только интенсивность молекулярного превращения, но и внешние параметры [2].

При объемной скорости потока дымовых газов до 15000 ч⁻¹ определяющим фактором, лимитирующим процесс катализа, является внешнедиффузионное торможение и режим превращения обуславливает время пребывания потока газов в слое монолита блока-реактора:

$$\tau = \frac{3600 \cdot V_{\text{кат}} \cdot \varepsilon}{Q_{\text{д.г.}}} \cdot 10^{-3}, \text{ с} \quad (1)$$

где $V_{\text{кат}}$ – объем монолита блока-реактора, м³; ε – доля свободного объема монолита блока-реактора; $Q_{\text{д.г.}}$ – расход дымовых газов, м³/ч [2,8].

При увеличении объемной скорости и значении температуры выбросов до 500 °С происходит переход окислительных процессов в кинетическую область и общую скорость катализа лимитирует самая медленная химическая реакция из всех стадий процесса нейтрализации [9,10]. Для окислительных процессов на Pt -катализаторе, лимитирующей

скоростью обладает реакция поверхностного связывания монооксида азота с атомарной платиной:



Основываясь на выше представленных данных и с учетом ранее проведенных исследований [3], с помощью метода линеаризации функции $k = f(T)$, была определена константа скорости реакции (2):

$$k = 2,1 \cdot 10^{12} \cdot T_k \cdot e^{\left(\frac{-80,7}{RT_k}\right)} \quad (3)$$

Расчеты проводились методом регрессионного анализа, с использованием эксплуатационных показателей работы котельного агрегата К.А.№12 при сжигании природного газа с $Q_c^H = 8074 \div 8145 \text{ ккал/нм}^3$ [1,6]. Дальнейшая обработка полученных данных позволила определить степень влияния нагрузки котельного агрегата на эффективность очистки потока дымовых газов на Pt-содержащем катализаторе. Графические зависимости, полученные по результатам расчета, представлены на рисунках 1,2.

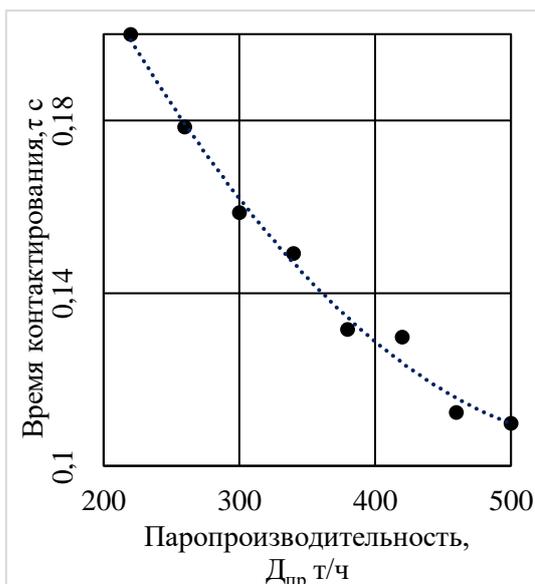


Рисунок 1. График зависимости времени контактирования выбросов на монолите катализатора от нагрузки котельного агрегата.

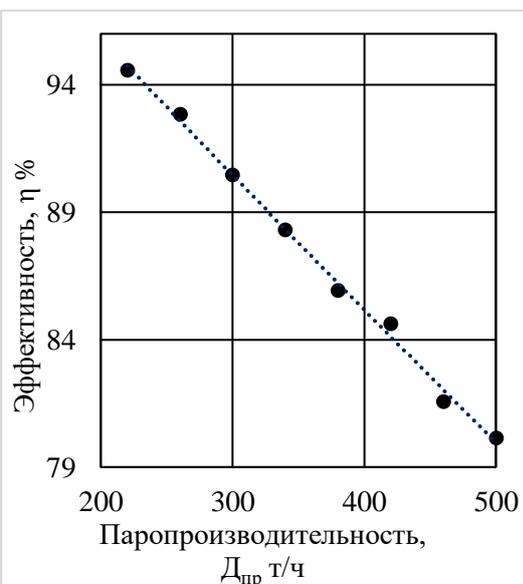


Рисунок 2. График зависимости степени эффективности каталитической очистки выбросов от нагрузки котельного агрегата.

ВЫВОДЫ

По данным полученных графиков можно сделать вывод, что максимальная степень очистки потока выбросов достигается при низких значениях паропроизводительности агрегата, что связано с увеличением времени контактирования уходящих газов с поверхностью катализатора. При этом метод глубокого каталитического окисления даже при

максимальной нагрузке позволяет снизить массовую концентрацию NO_x в дымовых газах до значений, не превышающих нормативы удельных выбросов оксидов азота в атмосферу.

Результаты исследования могут применяться для определения экономической эффективности предлагаемого способа очистки выбросов, а также могут быть использованы для расчетного обоснования конструктивных решений промышленных нейтрализаторов токсичных компонентов дымовых газов без введения внешнего реагента.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Balandina O. A. et al.* On the question of increasing the purification efficiency of flue gases from the boiler unit of NEPS Volzhsky automobile plant // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2021. Т. 1083. №. 1. С. 012078.
2. *Семенова Т. А., Лейтес И. Л. (ред.).* Очистка технологических газов. Химия, 1977.
3. *Баландина О. А., Филатова Е. Б., Пуринг С. М.* К вопросу о методах определения кинетических параметров окислительных реакций на поверхности Pt катализатора // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. №. 7 (97) Часть 1. С. 39-44.
4. *Крылов О. В.* Гетерогенный катализ / О. В. Крылов. Минск: Академкнига, 2004. 680 с.
5. Отчет 2 ТП-Воздух производственного предприятия ТЭЦ ВАЗа филиала Самарский ПАО «Т Плюс» за 2019 год исполн.: Гобунова Г. В. [и др.]. 2019.
6. Паспорт котла ПО ТКЗ «Красный котельщик» ТГМЕ-464 (Е-500/140ГМ). Регистрационный номер №8882 производственного предприятия ТЭЦ ВАЗа филиала Самарский ПАО «Т Плюс».
7. *Мухленов И.П.* Технология катализаторов. Рипол Классик, 1979.
8. *Векшин В.А. и др.* Разработка блочного катализатора сотовой структуры и реактора очистки выхлопных газов от оксидов азота // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. ВГ Шухова. 2015. №. 5. С. 223-227.
9. *Лазарев М. Ю., Махоткин И. А., Шарафисламов Ф. Ш.* Исследование кинетики реакции восстановления оксидов азота аммиаком на различных катализаторах // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. №. 7. С. 11-14.
10. *Моисеев М.М., Леонов В.Т.* Исследование кинетики восстановления оксидов азота на никелевых катализаторах в процессе высокотемпературной очистки отходящих газов / М. М. Моисеев, В. Т. Леонов. // Современные направления теоретических и прикладных исследований: Тез. докл. Междунар. науч.-практ. Интернет-конф. 2011. С. 218–220.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БЛАГОУСТРОЙСТВА ИСТОРИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДОВ

Беляева Е.Л.

- советник РААСН, к.т.н. директор ООО «ИГБИ», Москва, Анненский проезд, 12. Эл. почта: *igbi@yandex.ru*.

Кашперюк П.И.

- доцент, кандидат геолого-минералогических наук, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

Могинев Р.Г.

- заслуженный архитектор РФ, доктор архитектуры МАААК ЮНЕСКО, архитектор-реставратор высшей категории, Центральные научно-реставрационные проектные мастерские Минкультуры России, 109544, г. Москва, ул. Школьная, 24

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена проблематика возможных геоэкологических процессов на исторических территориях под влиянием неудовлетворительного благоустройства. Показана связь процессов разрушения памятников архитектуры с состоянием качеством покрытий, водоотведения, рассмотрены примеры, подтверждающие формирование подтопления, карстово-суффозионных процессов, «замокания» и деформации конструкций зданий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: техногенез геологической среды, исторические территории, сохранность культурного наследия, влияние благоустройства, водоотведение, подтопление, разрушение памятников архитектуры.

ВВЕДЕНИЕ

Работы по благоустройству исторических городов, планируемые по национальным проектам и муниципальным программам, требуют научно-обоснованных подходов, учитывающих особые требования связанные с обеспечением сохранности культурного наследия – памятников архитектуры, ценной исторической застройки и градостроительной среды. Выполненный анализ практики благоустройства при реставрации памятников архитектуры и практики благоустройства, как самостоятельного вида градостроительной деятельности рубежа XX–XXI веков и в течение последнего десятилетия, свидетельствует о существенных недостатках в методологии и методике проектирования и о необходимости разработки специализированной методики инженерных изысканий, как обязательной составной части предпроектной подготовки.

Инициативное исследование, проведенное междисциплинарной группой авторов показало то, что для решения поставленной актуальной задачи по обеспечению сохранности культурного наследия необходимы совместные усилия специалистов нескольких научных дисциплин – градостроительства, геологии и геоэкологии, геотехники, научной реставрации памятников архитектуры.

Исследование базируется на результатах натуральных наблюдений, опыта проектирования благоустройства на исторических территориях Москвы в ООО «ИГБИ» с 2014 года по настоящее время, опыта инженерных изысканий в НИУ «МГСУ», опыта реставрационных работ ЦНРПИМ МИНКУЛЬТУРЫ РОССИИ,

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Актуальность исследований в целях совершенствования методики предпроектных исследований и проектирования благоустройства с учетом особенностей исторических городов и в целях сохранения градостроительного наследия и памятников архитектуры обоснована с учетом авторского опыта в работах Е.Л. Беляевой [1–3]. Показано, что особое внимание должно уделяться проблематике реального влияния недостатков благоустройства на состояние геологической среды и подземных вод исторических территорий, что на практике сопровождается ускоренным техногенезом и разрушением ценной исторической застройки и памятников архитектуры. Процессы техногенеза геологической среды и подземных вод под влиянием благоустройства, примеры и механизмы их влияния на деформации памятников архитектуры подробно описаны в исследованиях Е.М. Пашкина [4, 5]. В этих работах также описаны механизмы геотехнического взаимодействия в системе геологическая среда – градостроительное наследие, включая вопросы инженерной диагностики деформаций памятников архитектуры.

Проводимое исследование выполнено на основе анализа результатов благоустройства разных лет с позиций сохранности историко-градостроительного наследия на примере объектов, расположенных в Москве. Исходя из практического опыта, полученного нами при инженерных изысканиях объектов культурного наследия и на исторических территориях столицы, из опыта, реставрации памятников архитектуры и проектирования благоустройства, мы твердо убеждены в необходимости максимального включения в процесс принятия решений по благоустройству геологических, гидрогеологических, геотехнических факторов с обязательной разработкой превентивных и защитных мер по обеспечению сохранности культурного наследия и ведению последующего геоэкологического мониторинга. Собственно, на этом положении основана рабочая гипотеза, поставлены цель и задачи исследования.

Анализ литературных источников и маршрутные натурные исследования выполненные в 2021–2022 годах в Замоскворечье, на Арбате, Б. Дмитровке, М. Никитской, на Садово-Кудринской и на других исторических территориях Москвы, подтвержденные приведенной ниже фотофиксацией и анализ причин формирования проблемных ситуаций, связанных с благоустройством показал, что частыми и наиболее значимыми по воздействию на

геологическую среду и соответственно на сохранность памятников архитектуры являются недостатки вертикальной планировки и водоотведения (рис. 1–4).



Рисунок 1. Фотофиксация организации рельефа при реставрации Палат 17 века и восстановлении исторических отметок главного фасада. Водостоки, замокание стен, трещины на фасаде. Москва, Пятницкая ул. 17, ОКН



Рисунок 2. Фотофиксация проблемных ситуаций, связанных с благоустройством прилегающих территорий отреставрированной Городской усадьбы конца 18 начала 19 века. Водостоки, Трещины на фасадах, Пятницкая 18, ОКН



Рисунок 3. Фотофиксация разрушений и трещин на главном фасаде «Дома Протковой» нач. 19 века и оштукатуренного исторического ограждения Филатовской больницы, Садово-Кудринская, 15, ОКН

В условиях плотной исторической застройки они наряду с утечками водонесущих коммуникаций определяют процессы подтопления территорий, которые могут стимулировать процессы суффозии и карста, влиять на физико-химический техногенез грунтов оснований и фундаментов зданий, утрату ими несущей способности оснований. При обследованиях памятников архитектуры и исторических зданий часто наблюдались подтопление подвалов, «замокание» стен, образование трещин на фасадах.

В результате выполненных в разные годы инженерно-геологических, гидрогеологических и геоэкологических изысканий для проектирования реставрации и реконструкции объектов было установлено на исторических территориях в границах Бульварного кольца (улицы Арбат, Б. Никитская, Б. Знаменский переулок, Б. Дмитровка), в Замоскворечье (Балчуг, Софийская и Бережковская набережные), а также в районе Садового кольца следует отметить факты (или предпосылки) формирования в почво-грунтах вследствие недостатков водоотведения специфичной геологической среды с низкими прочностными свойствами грунтов оснований. Наряду с этим были отмечены активные процессы разрушения оснований и фундаментов непосредственно зданий, подтопление подвалов и технических подполий, «замокание» стен, разрушение цоколей трещины цоколей (особенно из натурального камня) трещины оштукатуренных фасадов и ограждений.

Ниже приводятся материалы фотофиксации, выполнявшейся при маршрутных натурных исследованиях в 2022 году на объектах культурного наследия Москвы (рис. 1–4) подтверждающие формирование под влиянием благоустройства вышеперечисленных проблемных ситуаций.

В настоящее время при планировании и проектировании работ по благоустройству в Москве для выявления предпосылок и потенциальных условий для формирования проблемных ситуаций есть возможность использования специального информационного обеспечения, разработанного Москомархитектурой (Мосгоргеотрестом) и Институтом геоэкологии РАН в виде мелкомасштабных электронных карт – М 1:10000, а для общей характеристики и учета ценности культурного наследия – материалов электронного историко-градостроительного опорного плана Москвы, ведение которого осуществляется Мосгорнаследием в М 1:2000. Однако обзорный характер данных упомянутых геоинформационных систем говорит об их недостаточности для целей конкретного объектного проектирования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исходя из состава и содержания нормативных документов по проектированию комплексного благоустройства Москвы и опыта разработки проектной документации на благоустройство исторических территорий в Москве, и можно утверждать, что требованиям, связанным с сохранностью культурного наследия достаточного внимания, не уделяется. В составе предпроектных работ при проектировании благоустройства, специальные инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания не проводятся, а геоэкологические касаются исключительно состояния почв.

Вышеупомянутые натурные обследования по историческому центру Москвы, показали, что памятники архитектуры и объекты историко-градостроительной среды в основном имеют наружный водосток и водосброс «на рельеф», что в условиях плотной застройки значительно осложняет проблемы водоотведения. Внутриквартальные сети водоотведения либо отсутствуют, либо в неудовлетворительном состоянии, уклоны недостаточны, а направления стока поверхностных вод часто ведут к дворовым фасадам. Зданий с закрытой системой водоотведения немного, и они практически отсутствуют на объектах культурного наследия. В исторической застройке многих городов и даже в центре Москвы, внутриквартальная ливневая канализация может отсутствовать, а отведение поверхностного стока с жилых территорий по нормативам не является обязательным.

Из-за недостатков внутриквартальной вертикальной планировки, ливневой канализации и дренажа поверхностный сток через фильтрующие поверхности и разрушения водоотводящих систем попадает в грунты и подземные воды. При отсутствии водоотведения сточные воды попадают в грунты даже при полной асфальтировке дворов через повсеместные трещины в покрытиях, а отсутствие газонов и незамощенных поверхностей затрудняет испарение грунтовых вод. В результате формируется систематическое подтопление. На дорожных одеждах наблюдаются деформации локальные трещины и провалы. На прилегающих зданиях заметны многочисленные трещины на фасадах, цоколях, в конструкциях колонн, на декоративных элементах могут быть отделки, на лестничных спусках, на исторических ограждениях. Местами наблюдаются выщелачивания известняка, проявления грибка. Межремонтные сроки зданий заметно сокращаются, причем неблагоприятные процессы могут проявиться практически сразу после реставрации. Примером является Храм Св. Татианы и Софии на территории детской Филатовской больницы (рис. 4).



Рисунок 4. Подтопление храма Софии и Татианы на территории Филатовской больницы, ОКН, кон. XIX века (после реставрации храма и очередного благоустройства, фото 2022г.

По практике изыскательских и проектно-реставрационных работ наблюдательным специалистам по благоустройству исторических территорий хорошо известны примеры, когда непродуманное благоустройство становилось фактором «запускающим» серьезные и даже опасные процессы разрушения исторического и культурного наследия, примеры и фотографии конкретных проявлений есть и в вышеупомянутой работе Е.М. Пашкина [5]. В этой работе в качестве мер по инженерной защите памятников архитектуры предлагаются мероприятия по укреплению грунтов оснований и фундаментов с учетом происходящих в них исторических эволюционных изменений, в том числе достаточно сложные меры по усилению фундаментов и оснований, стабилизации осадок обжатию грунтов, усилению фундаментов и оснований буроинъекционными и буровдавливаемыми сваями, предлагается подъем памятников архитектуры и другие методы.

Все вышеперечисленные методы в основном выполняются исключительно на объектах культурного наследия и в зоне локализации оснований их фундаментов. Нужно сказать, что они не только сложны, но требуют специальных обследований и обоснований реставрационных работ, согласований и историко-культурной экспертизы. Эффективность такой деятельности при работе с отдельными объектами может быть ограничена, особенно, когда исторические здания расположены близко или примыкают друг к другу. Поэтому задача оптимизации водоотведения и защиты застройки методами комплексного благоустройства

значительно более оправдана и в рамках комплексного благоустройства при регенерации исторических кварталов можно добиться существенных результатов. Тем более, что в квартале может быть несколько зданий, принадлежащих различным собственникам, ценная застройка, не имеющая статуса ОКН, градостроительной среды, но также требующая обеспечения сохранности.

С нашей точки зрения реально обеспечить геоэкологический подход к регенерации исторических территорий и формирования предлагаемых в [5] «глубинных охранных зон», можно именно средствами комплексного благоустройства, используя его как универсальный градостроительный метод регенерации исторических территорий. Для работ таких работ возможны применить более простые и экономичные решения способные снимать проблемы на стадии их формирования. Прежде всего оптимизация условий формирования поверхностного стока, водоотведения и водосброса. В настоящее время на подтопленных территориях стало возможно снижение инфильтрации поверхностного стока с поверхности с помощью специальных геосинтетических материалов.

В работах А.А. Лаврусевича [6, 7] П.И. Кашперюка [8, 9] в свое время было показано, что неудовлетворительное благоустройство, включающее водоотведение поверхностного стока, водопонижение и утечки из водонесущих коммуникаций, вызывает подтопление территории и последующее развитие карстово-суффозионных процессов. Все это влияет на геоэкологическое состояние городских территорий и соответственно на жизненный цикл зданий и сооружений, особенно объектов культурного наследия. То, что достаточно распространённым неблагоприятным геологическим процессом, связанным с водоотведением является суффозия подтверждается исследованиями В.П. Хоменко [10], который показал, что суффозия может проявляться в двух формах – в виде открытой (минеральное вещество выносится из толщи горных пород на поверхность), или закрытой (переносимые частицы грунта накапливаются в другой части толщи горных пород). Последствия таких процессов на исторических территориях часто проявляются в виде понижений земной поверхности, а иногда вести к провальным явлениям (на рис.5).



Рисунок 5. Разрушение здания, вызванное провалом, образовавшимся в результате выноса водонасыщенных несвязных пород в подземную горную выработку (Москва, 1998). Фото В.П. Хоменко [14]

Считаем, что для разработки проектов благоустройства в исторических городах (в том числе Москвы) необходима специальная методика, учитывающая инженерно-геологические, гидрогеологические, геоэкологические особенности исторических территорий, а также геотехнические особенности грунтов, прилегающих к памятникам архитектуры, историческим зданиям и сооружениям при этом должны учитываться исторические условия формирования рельефа и геологической среды различного генезиса, определившие современные свойства грунтов, обусловленные взаимодействием факторов в геотехнической системе здание-геологическая среда.

При разработке методики проектирования благоустройства исторических территорий следует максимально учитывать многофакторную и многокритериальную совокупность инженерно-геологических, гидрогеологических, геоэкологических, геотехнических факторов и условий в целях комплексного обоснования мероприятий по обеспечению сохранности культурного наследия в составе таких проектов [2, 3]. При проектировании рекомендуется применять научно-обоснованные решения вертикальной планировки и водоотведения, дренажа, применять геосинтетические материалы, на внутриквартальных территориях по возможности использовать фильтрующие покрытия и озелененные поверхности, что позволит добиться экологически ориентированной регенерации исторических территорий и повышения сохранности памятников.

На фоне многочисленных неудач современного благоустройства существуют отдельные положительные примеры, когда в условиях подтопления памятников архитектуры и

прилегающих территорий (например, в условиях фильтрации вод р. Москвы на Софийской или Берсеневской набережной) применялся дренаж с водосбросом в реку.

При благоустройстве территории, прилегающей к памятнику архитектуры на М. Никитской, 29 при восстановлении исторических отметок фасада низкая терраса вдоль него была запроектирована достаточно широкой и условия водостока за счет нормативных уклонов оказались достаточно благоприятными. Для оптимизации водоотведения использовался закрытый дренаж, прилегающий газон сформировал благоприятные условия для испарения влаги. С нашей точки зрения весьма перспективными для применения при благоустройстве исторических территорий могут быть новые инженерные решения дорожных одежд, выполненные с использованием геосинтетических материалов, разработанных компаний МИАКОМ,

Положительным примером проведенной реставрации памятника архитектуры как известно разрушавшегося под влиянием техногенных факторов (прежде всего подтопления) может быть известный дом архитектора Мельникова в Кривоарбатском переулке (нач. XX века). При реставрации памятника с благоустройством территории твердые покрытия не применялись, в основном использованы фильтрующие – гравий, гранитные высевки. Авторы сделали много газонов и цветников, которые буквально примыкают к зданию. Доля газонов и цветников в балансе территории составила более половины площади участка. На территории установили скважину с оборудованием для гидрогеологического мониторинга. Фотофиксация 2022 года, рис. 6.



Рисунок 6. Фотофиксация дома архитектора Мельникова. Современное благоустройство. Кривоарбатский переулок, д.10

ВЫВОДЫ

1) Под влиянием техногенеза геологической среды и подземных вод исторических городов ускоряется деградация и происходит разрушение памятников архитектуры и ценной исторической застройки, что подтверждают выполненные натурные исследования. Установлено, что существенная часть этих процессов является следствием неудовлетворительного благоустройства и водоотведения.

2) Натурные обследования исторических территорий Москвы и многочисленных реализованных объектов благоустройства свидетельствуют об отсутствии должного внимания к геоэкологическим проблемам при проектировании благоустройства, что влияет на его результаты в отношении сохранности памятников архитектуры и исторической застройки.

3) Анализ практики и теоретические исследования доказали, что негативное влияние современного благоустройства зачастую связано с неудовлетворительными решениями вертикальной планировки и недостаточными уклонами для отведения поверхностного стока, с увеличением доли замощенных и отсутствием фильтрующих поверхностей.

4) Доказана обязательность проведения инженерно-геологических, инженерно-экологических, геотехнических изысканий для обоснования геоэкологических требований к проектам благоустройства и обязательность разработки необходимых мер по обеспечению сохранности памятников и ценной градостроительной среды.

5). Обоснована необходимость разработки и утверждения специализированных нормативных документов по инженерным изысканиям для проектирования благоустройства исторических территорий городов, специального состава и содержания предпроектных работ, которые должны обеспечить геоэкологические требования к сохранности культурного наследия.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Беляева Е.Л.* Особенности благоустройства и озеленения исторических городов. Подходы и методические рекомендации. Монография // ООО «ИГБИ»-«ЦНИИП Минстроя». М.: «Экон-Информ». 2021. 270 с.
2. *Беляева Е.Л.* Методология и методика проектирования благоустройства и озеленения исторических городов. Часть 1. Научное содержание информационно-аналитической модели проектирования благоустройства и озеленения исторических городов // *Academia*. Архитектура и строительство. 2022. № 2. С. 59–68.
3. *Беляева, Е.Л.* Методология и методика проектирования благоустройства и озеленения исторических городов. Часть 2. Использование картографических методов и разработка информационно-аналитических моделей // *Academia*. Архитектура и строительство. 2022. № 3. С. 77–87.
4. *Пашкин Е.М.* Инженерная геология (для реставраторов): Учебное пособие / М.: Архитектура-С. 2005. 264 с.
5. *Пашкин Е.М.* Инженерно-геологическая диагностика деформаций памятников архитектуры / М.: Традиция. 2022. 352 с.

6. *Lavrusevich A.A.* Geological aspects of the suffusion processes development within the city agglomerations. / MATEC Web of Conferences 2018 г. P. 79-85.
7. *Лаврусевич А.А.* Фитогенный псевдокарст и условия его формирования / Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология № 1. 2021 г. С. 33-37.
8. *Кашиперюк П.И., Юлин А.Н.* Качество инженерных изысканий как фактор формирования устойчивых природно-техногенных систем // Вестник МГСУ. 2014. № 1. С. 83–89.
9. *Кашиперюк, П.И., Никитина К.В.* К вопросу о карстово-суффозионных проявлениях в карстующихся толщах города Москвы // Опасные для строительства геологические процессы. Сборник материалов Международного семинара, посвященного 70-летию доктора геолого-минералогических наук, профессора Виктора Петровича Хоменко. 2019. С. 40–42.
10. *Хоменко, В.П.* Закономерности и прогноз суффозионных процессов // М.: ГЕОС. 2003. 216 с.
11. Москва. Геология и город / под ред. В.И. Осипова, О.И. Медведева // М.: Московские учебники и картография, 1997. 350 с.

ОПОЛЗНЕВАЯ УГРОЗА ВОДОСНАБЖЕНИЮ СТАВРОПОЛЯ

Галай Б.Ф.

- профессор, доктор геолого-минералогических наук, Северо-Кавказский федеральный университет, 355017, Ставропольский край, г. Ставрополь, Пушкина, д. 1

Сербин В.В.

- доцент, кандидат технических наук, Северо-Кавказский федеральный университет, 355017, Ставропольский край, г. Ставрополь, Пушкина, д. 1

Галай О.Б.

- доцент кафедры «Строительство», Северо-Кавказский федеральный университет, 355017, Ставропольский край, г. Ставрополь, Пушкина, д. 1

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена многолетняя проблема проектирования, строительства и эксплуатации единственного источника водоснабжения 800 тысяч жителей г. Ставрополя и соседних районов, для решения которой требуется помощь научной общественности и Правительства РФ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: город, водоснабжение, оползень, авария.

ВВЕДЕНИЕ

С момента основания г. Ставрополя (1777 г.) и до 1957 г. водоснабжение осуществлялось из родников и скважин в ограниченном объеме. В довоенное и послевоенное время жители Ставрополя часто получали три литра воды в сутки.

В 1957 г. построили первый водопровод, который стал подавать воду р. Кубань в Сенгилеевскую котловину, из которой по оползневому склону на высоту 430 метров вода поступала в г. Ставрополь, расположенный в 15 км с абс. отм. до 660 м.

Проектирование и строительство магистрального водопровода осложнили оползни, которые разрушили первые насосные станции и угрожают действующей системе водоснабжения в объеме 260 тыс. м³/сутки.

Для решения проблемы требуется критически проанализировать отчеты по инженерным изысканиям, проекты противооползневых мероприятий, заключения Главгосэкспертизы РФ, решения Правительства РФ и состояние этого уникального сооружения жизнеобеспечения г. Ставрополя.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение и обобщение имеющихся материалов было сопряжено с большими трудностями. В процессе проектирования и строительства этого ответственного объекта менялись изыскательские, проектные и подрядные организации, источники финансирования

и заказчики. Многие организации после перестройки были ликвидированы, а их архивы утрачены. Авторам удалось сохранить и проанализировать некоторые важные документы, отражающие масштаб обсуждаемой проблемы и пути ее решения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ имеющихся материалов позволил установить следующее.

По мере заполнения Сенгилеевского водохранилища из-за развития оползневых процессов *первая* очередь водоснабжения г. Ставрополя была выведена из эксплуатации.

В 1960 г. вступила в эксплуатацию *вторая*, т.н. «Озерная» линия. В 1962 г. оползни разрушили насосную станцию НС-2 этой линии.

В 1971 г. была введена *третья* очередь магистрального водопровода в г. Ставрополь. Но к 1974 г. почти все здания в районе насосной станции НС-5 и прилегающие участки автодороги получили деформации за счет оползневых подвижек.

В 1980 г. по проекту Южгипрокоммунстроя (г. Сочи) выполнили забивные сваи длиной 12 м и сечением 0,3×0,3 м с мощным ростверком, на котором возвели подпорную стенку. Несмотря на большие затраты, сваи не удержали оползневые массы, давление которых превысило расчётное сопротивление свайных рядов, ростверка и подпорной стенки.

В мае 1990 г. на Сенгилеевском склоне начались катастрофические оползневые смещения, которые вызвали деформации трубопроводов, зданий и других сооружений. Произошло полное разрушение насосной станции, подававшей в Ставрополь 50 тыс. м³ воды в сутки. Вся старая система водоподачи в г. Ставрополь была полностью разрушена. Осталась одна действующая линия, введенная в эксплуатацию в 1971 г.

В 1990 г. Совет Министров РСФСР генеральным проектировщиком водоснабжения г. Ставрополя назначил Севкавгипроводхоз, которому Главгосэкспертиза РФ рекомендовала *«уделить особое внимание выполнению первоочередных работ по поддержанию работоспособности существующих трубопроводов и насосной станции № 5»*. В качестве противооползневых мероприятий запроектировали:

- тоннель длиной 2750 м с вертикальной шахтой глубиной 415 м, против которого выступили специалисты СевКавГТУ и Главгосэкспертиза РФ;

- буронабивные сваи длиной 30 м, которые отклонила Главгосэкспертиза в связи с их недостаточным инженерно-геологическим обоснованием;

- лучевой дренаж для осушения склона.

По проекту Севкавгипроводхоза приступили к большим работам на участке насосной станции НС-5, которую назвали «сердцем» всей магистральной системы водоподачи в г. Ставрополь:

- выше НС-5, в языковой части оползня-потока, был устроен траншейный дренаж;
- между траншеей и НС-5 соорудили подпорную стенку;
- ниже НС-5 для удержания оползней выполнили две подпорные стенки на буронабивных железобетонных сваях диаметром от 700 до 1000 мм;
- под площадкой НС-5 устроили горизонтальный лучевой дренаж длиной 70 м;
- в верхней части склона пробурили 10 дренажных скважин глубиной по 60 м;
- новую водопроводную линию диаметром 1400 мм установили на буронабивные сваи длиной 14 м, которые должны воспринять оползневое давление грунта неизвестного объема. Этот вариант водопровода в настоящее время считается наиболее надежным.

На оползневом склоне помимо Севкавгипроводхоза проводили исследования ВИОГЕМ (г. Белгород), Спецфундаментстрой (г. Нальчик), Украинский институт минеральных ресурсов (г. Симферополь), Ставропольская и Кольцовская гидрогеологические партии. Анализ их отчетов показал, что исследования носили характер информационных заключений и не дали достоверного прогноза динамики оползневых процессов. После пяти лет проектно-исследовательских и строительных работ, в 1995 г. Севкавгипроводхоз пришел к выводу, что *«нет технических решений, которые могли бы обеспечить устойчивость площадки насосной станции № 5»*.

До 1989 г., в течение 30-ти лет, наблюдения за оползневыми процессами в Сенгилеевской котловине вели геологи ПГО «Севкавгеология», которые в программу исследований не включили устройство глубинных реперов.

Этот недостаток попытался исправить Севкавгипроводхоз, по заданию которого ВИОГЕМ (г. Белгород) на Сенгилеевском склоне пробурил скважины до 50 м и установил в них стальные трубы, которые должны были фиксировать оползневое давление по глубине разреза. ВИОГЕМ по намагниченности обсадных труб зафиксировал незакономерное изменение напряжений в трубах по глубине разреза. Но этот косвенный геофизический метод не определил положение поверхности скольжения. Изменение напряжений в трубах специалисты ПНИИС Госстроя РФ (И.О. Тихвинский и Б.Ф. Галай) объяснили не оползневыми смещениями в массиве грунта, а давлением набухания коренных глин в затрубном пространстве скважин. Этот процесс хорошо известен геологам и буровикам нефтегазовых скважин.

Вопрос о глубине оползневых смещений остается открытым. Севкавгипроводхоз считает, что поверхность оползневых масс в районе НС-5 находится на глубине 50-60 м, *площадка НС-5 очень медленно смещается по неустановленной глубинной зоне, закрепить расчетный блок около 10 млн. м³ грунта противооползневыми мерами невозможно.*

В 1999 году Комиссия, созданная приказом Госстроя РФ, составила *«Заключение по оценке оползневой опасности г. Ставрополя в связи с аварийным состоянием существующей системы водоснабжения»*, в котором состояние системы оценили крайне опасным и с возможными катастрофическими и социальными последствиями для краевого центра. Для ликвидации критической ситуации комиссия предложила ускорить строительство новой аварийной системы и расширить комплексные инженерно-геологические наблюдения на оползневом склоне.

Существенным недостатком противооползневых проектов Гипрокоммунпроекта, Южгипрокоммунстроя и Севкавгипроводхоза является неизученность поверхности смещения (подшвы скольжения) оползневых масс.

Без достаточного инженерно-геологического обоснования оказались ошибочными проекты буронабивных свай Спецфундаментстроя и лучевого дренажа ВИОГЕМа. Комиссия Госстроя РФ в своем заключении отметила: *«Эти работы были прекращены из-за того, что построенные лучевые дренажи оказались неэффективными»*.

Главный эксперт Госстроя РФ по оползневым проблемам, д.г.-м.н., профессор И.О. Тихвинский при анализе материалов изысканий Севкавгипроводхоза в 1992 г. обратил внимание на ошибки в изысканиях и исследовании оползневого склона на участке насосной станции НС-5. Выполненные по материалам Севкавгипроводхоза расчёты для предполагаемых поверхностей смещения дали слишком высокие коэффициенты устойчивости Сенгилеевского склона, равные $K_{уст}=1,195 \dots 1,350$. При таких коэффициентах запаса на склоне не должно быть никаких оползней.

Другой эксперт Главгосэкспертизы РФ, член-корреспондент РАН, д.т.н., профессор А.М. Гальперин обратил внимание, что *«анализ расчетов в основании НС-5 свидетельствует об их недостоверности. Расчеты выполнены некорректно и нуждаются в уточнении. Дорогостоящая противооползневая конструкция для НС-5 представляется инженерно необоснованной»*.

Критические замечания и позитивные предложения авторитетных экспертов И.О. Тихвинского и А.М. Гальперина были проигнорированы. Фактическая причина и механизм деформаций наиболее ответственного сооружения Сенгилеевского водопровода (насосной

станции № 5) не установлены, а борьба с деформациями была направлена на устранение последствий, а не самой причины деформаций.

По нашей оценке, кроме оползневых процессов, деформации НС-5 могут быть вызваны суффозионным разрушением структурно-неустойчивых грунтов непосредственно под фундаментами здания за счет потока грунтовых вод, направленных вниз по склону, а также набуханием и усадкой глинистых грунтов при сезонных колебаниях влажности, изменениями химии воды и уровня грунтовых вод.

Правительству края рекомендовано провести дополнительные инженерно-геологические исследования в связи с недостаточной изученностью реальных процессов, угрожающих этому объекту.

Наиболее опасные деформации обнаружены в районе здания насосной № 5 (рис. 1).



Рисунок 1. Общий вид оползневого склона Сенгилеевского водопровода, насосная №5, правительственная комиссия с участием министра В.В. Якушева

ВЫВОДЫ

Наши рекомендации по укреплению оползневого склона состоят в следующем:

- создать рабочую группу для анализа ранее выполненных работ и для разработки рекомендаций по мониторингу оползневых процессов и объектов водопровода;
- приступить к опытно-производственному опробованию новых технологий закрепления оползневых грунтов, разработанных в СКФУ. Закрепление оползневых глин предлагается произвести при помощи буронабивных грунтовых свай глубиной до 40 м и диаметром до 1,0 м, изготовленных шнековым способом с использованием негашеной извести или сульфатостойкого цемента [1]. Шнековым способом можно создать в верхней части оползневого склона вертикальную противофильтрационную завесу из плотного ряда глиняных буронабивных свай диаметром до 1 м и более (по типу «стена в грунте»), которая будет препятствовать поступлению грунтовых вод с верхней части склона;
- эффективной может быть правильная агролесомелиорация склона (с учетом засоленности грунтовых вод) при сравнительно небольшой стоимости работ, которая предотвратит образование глубоких усадочных трещин в верхнем слое глинистой толщи в летний период.

Опытно-производственное опробование новых технологий не требует значительных средств. Их проверка с участием всех заинтересованных организаций при поддержке краевых органов поможет распространить новые технологии борьбы с оползнями в другие районы Ставропольского края.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Галай Б.Ф., Сербин В.В., Галай О.Б.* Рекомендации по проектированию и устройству буронабивных грунтовых свай, изготовленных шнековым способом в просадочных и слабых грунтах. – 3-е изд, доп. // Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет. 2016. 96 с.

ESG-ПРИНЦИПЫ В СТРОЙИНДУСТРИИ

Голякова У.А.

2 курс магистратуры, ЭЛ-18м-21, НИУ «МЭИ», 111250, г. Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Лефортово, ул. Красноказарменная, д.14, стр. 1.

Научный руководитель: Озерова Н.В.

доцент, кандидат технических наук Национальный исследовательский университет МЭИ, 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д.14, стр. 1.

АННОТАЦИЯ

Снижение углеродного следа является глобальным трендом вне зависимости от сложившихся экономических условий. Для перехода предприятий на более экологичный технологический процесс изготовления продукции необходимы инвестиции. Востребованное и современное ESG-направление позволит привлечь желаемых инвесторов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: строительная индустрия, устойчивое строительство, биоцемент, выбросы углекислого газа.

ESG-повестка в 2022 году из-за изменившихся геополитических и макроэкономических условий претерпевает значительные изменения, но сложившаяся непростая ситуация не снижает актуальность темы. В настоящее время меняются акценты, раскрывая новые грани устойчивого развития.

ESG-принципы, которые базируются на трёх основных составляющих: социальная ответственность, качественное корпоративное управление и забота об экологии могут повысить эффективность работы компании и конкурентоспособность на международном рынке. К экологическим ESG-факторам относятся: изменение климата, концепция парниковых газов в атмосфере, истощение природных ресурсов, накопление отходов и загрязнение окружающей среды, ухудшение воздушной среды из-за сокращения площади лесов [1].

Россия за год выделяет около 5% парниковых газов от мировых выбросов, что приводит к повышенному вниманию к её климатической политике и целям на международной арене. В долгосрочном периоде Россия существенно сократила выбросы парниковых газов: в 2018 году выбросы составили 2,2 млрд т эквивалента углекислого газа, что на 30,3% меньше их величины в 1990 году (3,2 млрд т CO₂-экв). Но при этом в последние год выбросы парниковых газов в стране растут [2].

В целях реализации Российской Федерации Парижского соглашения президент подписал указ от 04.11.2020 г. №666 «О сокращении выбросов парниковых газов». Согласно документу необходимо к 2030 году обеспечить сокращение выбросов парниковых газов до 70%

относительно уровня 1990 года, разработать стратегию социально-экономического развития с низким уровнем выбросов парниковых газов с учётом особенностей отраслей экономики и обеспечить создание условий для реализации мер по сокращению и предотвращению выбросов парниковых газов [3].

Одной из наиболее материалоемких и энергоёмких отраслей промышленности является строительная индустрия. Около 60% материальных ресурсов и 50% потребления вырабатываемой энергии приходится на долю стройиндустрии, что в глобальных масштабах оказывает существенное влияние на окружающую среду [4].

Производство минеральных строительных материалов связано с многостадийной механической и высокотемпературной переработкой сырья, характеризуется высоким потреблением электроэнергии и значительными выбросами углекислого газа (CO_2).

Для выполнения целей устойчивого развития в стройиндустрии необходимо осуществлять выбор строительных материалов в соответствии со стратегией 4R [5]:

- Reuse (повторное использование),
- Reduce (уменьшение расхода и отходов),
- Recovery (восстановление),
- Recycle (переработка).

Источниками выброса CO_2 являются производственные процессы при изготовлении строительных материалов, таких как:

- Производство цемента,
- Производство извести,
- Производство керамики,
- Производства стекла.

Наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха CO_2 производство цемента. При его производстве в атмосферу выделяется около 8% мирового объёма выбросов углекислого газа.

При производстве цемента CO_2 образуется в процессе получения клинкера – промежуточного продукта. В процессе производства клинкера известняк, который преимущественно состоит из карбоната кальция (CaCO_3), нагревают (процесс декарбонизации) и получают известь (CaO) и побочный продукт CO_2 .

Устойчивое строительство подразумевает правильное управление строительными процессами, с учётом рационального пользования природными ресурсами, экономической и энергетической эффективности, и возможностью обеспечения экологического баланса [6].

В России растёт интерес к «зелёному» финансированию: рассматривается разработка национальных программ устойчивого финансирования и запуск системы «низкоуглеродных» сертификатов.

При снижении выбросов парниковых газов в атмосферу предприятие становится более экологичным, то есть использует принципы ESG. Для более экологичного технологического процесса изготовления цемента необходимы инвестиции. В 2022 году лучшие практики ESG, позволяющие улучшить окружающий мир, вызывают интерес со стороны бизнеса. На примере отечественных компаний можно увидеть результаты влияния ESG в девелопменте.

Одной из самых актуальных разработок в строительной отрасли можно назвать технологию по «выращиванию» биоцемента с помощью бактерий. Биоцемент является альтернативой обычного цемента и полностью изготовлен из распространённых отходов: гашёной извести (карбидного ила) и мочевины, полученной из мочи млекопитающих. Гашеную известь обрабатывают кислотой до получения растворимого кальция, далее добавляют мочевины. В образовавшийся цементирующий раствор добавляют бактериальную культуру, которая расщепляет мочевины с образованием карбонат-ионов. При реакции карбонат-ионов и растворимых ионов-калия получается карбонат кальция [7, 8]. Образование биоцемента происходит без затрат энергии в отличие от традиционного метода производства, так как процесс твердения происходит самопроизвольно при температуре до 35 °С.

Биоцемент может применяться для укрепления грунта в строительстве, использоваться вдоль береговой линии для борьбы с эрозией и для восстановления элементов архитектуры и памятников [8].

Реализация ESG-факторов при использовании биоцемента может быть достигнута на локальном уровне. В России сосредоточено большое количество месторождений известняка – в центральной части, в Крыму, Дагестане, Забайкалье и на Дальнем Востоке [9]. Молочное и мясное скотоводство также развито в данных регионах, что необходимо для получения мочевины из отходов животноводства [10]. С транспортно-логистической точки зрения целесообразно было бы разместить производство биоцемента именно на этих территориях.

Так как цемент является вторым в мире материалом после воды по объёму потребления, частичный переход на строительство с использованием биоцемента улучшит экологичность процесса. С помощью новых технологий долю выделения CO₂ от производства цемента удастся свести к нулю, что позволит достичь углеродной нейтральности.

Проведённый анализ показывает необходимость внедрения новых технологий при производстве минеральных строительных материалов на примере цементного производства. Спрос на цемент продолжает расти, но традиционное производство является дорогим и

энергозатратным. Частичный переход на биоцемент позволит сократить выбросы CO₂ в атмосферу.

ЛИТЕРАТУРА

1. ESG-принципы: что это такое и зачем компаниям их соблюдать [Электронный ресурс] / URL: <https://trends.rbc.ru/trends/green/614b224f9a7947699655a435/> (дата обращения 05.09.2022)
2. Климатическая повестка России: реагируя на международные вызовы // Центр стратегических разработок, Аналитический центр ТЭК РЭА Минэнерго России, Ситуационный центр (ГК Селдон), январь 2021. 95 с.
3. Указ Президента Российской Федерации от 4 ноября 2020 г. № 666 "О сокращении выбросов парниковых газов".
4. Воздействие строительной индустрии на окружающую среду [Электронный ресурс] / URL: https://vuzlit.ru/1228252/vozdeystvie_stroitelnoy_industrii_okruzhayuschuyu_sredu/ (дата обращения 20.09.2022).
5. Устойчивое строительство [Электронный ресурс] / URL: <https://www.sgs.ru/ru-ru/news/2022/02/ustoychivoe-stroitelstvo-aktualno-li-dlya-rossii/> (дата обращения 10.09.2022).
6. Байрамуков С.Х., Долаева З.Н., Салтагарова А.У. Концепция устойчивого строительства // Инженерный вестник Дона. 2020. №10. С. 330-336.
7. Четыре ESG-тренда девелопмента [Электронный ресурс] / URL: <https://lenta.ru/articles/2022/01/26/trends/> (дата обращения 15.09.2022).
8. Биоцемент из отходов строительства и жизнедеятельности [Электронный ресурс] / URL: <https://newizv.ru/turbopages.org/newizv.ru/s/news/tech/16-05-2022/biotsement-iz-othodov-stroitelstva-i-zhiznedeyatelnosti-sozdali-v-singapore> (дата обращения 18.09.2022).
9. Добыча известняка: месторождения и карьеры [Электронный ресурс] / URL: <https://lab-stone.ru/blog/mestorozhdenija-i-dobycha-izvestnjaka/> (дата обращения 18.09.2022).
10. Животноводство в России [Электронный ресурс] / URL: <https://clck.ru/32JHf2/> (дата обращения 18.09.2022).

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ОТ ГРАДООБРАЗУЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ.

Горьков Р. Д.

- 2 курс магистратуры, ЭЛ-18м-21, НИУ «МЭИ», 111250, г. Москва, вн. Тер. Г. муниципальный округ Лефортово, ул. Красноказарменная, д.14, стр. 1.

Научный руководитель: Озерова Н. В.²

- доцент, кандидат технических наук Национальный исследовательский университет МЭИ, 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д.14, стр. 1.

АННОТАЦИЯ

Эффективное и качественное функционирование градообразующего предприятия является определяющим фактором социально-экономического развития монопрофильного города. Правильный и удобный алгоритм оценки риска для здоровья населения от загрязнения атмосферного воздуха от градообразующего предприятия даст возможность проработать и внедрить наиболее эффективные и экономически выгодные мероприятия по снижению рисков и поддержанию их на минимальном уровне.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: оценка риска, градообразующее предприятие, алгоритм оценки

В Российской Федерации 12,7 млн. чел. проживает в городах, в которых расположены и осуществляют свою деятельность градообразующие предприятия [1]. Отличительная особенность монопрофильных городов, в которых осуществляет хозяйственную деятельность градообразующее предприятие – их зависимость от состояния и развития градообразующего предприятия.

Данная зависимость выражается в следующих характеристиках:

1. На данном предприятии работает до 25 процентов населения от общего числа, занятого в экономике города;
2. Предприятие производит более 50 процентов общегородского объема продукции;
3. Оно имеет на своем балансе объекты социально-коммунальной сферы и инженерной инфраструктуры, обслуживающей не менее 30 процентов населения города;
4. Доля доходов, поступающих от предприятия в бюджет города, составляет свыше 20 процентов его доходной части [2].

Эффективное функционирование градообразующих предприятий является важным фактором социально-экономического развития территории, на которой они расположены части [3].

При этом необходимо учитывать, что проблема загрязнения атмосферного воздуха является одной из ключевых детерминант здоровья населения. Многочисленные эпидемиологические исследования установили корреляцию между уровнем загрязнения

атмосферного воздуха и широким спектром болезней и неблагоприятных последствий для здоровья населения [4].

Решение данной проблемы напрямую влияет на эффективное функционирование градообразующего предприятия.

Также в настоящее время увеличивается процент вовлеченности городов и моногородов в ESG-повестку. Это обусловлено не только высокой степенью социальной ответственности предпринимателей, но и вводом ряда нормативных документов, в которых закреплена привлекательность сторонних инвесторов в «зеленые проекты», а также получение дополнительных льгот и компенсаций. На 2022 год 60 процентов городов с наивысшим ESG-рейтингом характеризуются, в основном, сильными социальными аспектами. А экологическое направление, наоборот, является самым слабым.

Как показывают проведенные исследования, молодое население при выборе места жительства и своего дальнейшего развития все чаще обращается к ESG-рейтингу городов. Поэтому для решения демографических проблем Российской Федерации и привлечения молодого поколения в города России необходимо популяризировать ESG направление среди руководителей промышленных предприятий, а также обращать их внимание на важность экологического аспекта [5].

Существующие методики анализа риска для здоровья населения в основном затрагивают только этапы оценки риска. При этом анализ риска не затрагивает вопросы управления риском, внедрение эффективных и экономически целесообразных мероприятий для снижения и поддержания выявленных рисков на минимальном уровне.

Для устойчивого развития монопрофильных городов и расположенных в них градообразующих предприятий необходим единый алгоритм оценки риска для здоровья населения от загрязнения атмосферного воздуха от градообразующего предприятия, который будет учитывать эффективность разработанных и внедренных мероприятий, и экономическую выгоду данных мероприятий.

Алгоритм, представленный на рисунке 1, содержит в себя:

1. Обоснование необходимости исследований.

На данном этапе выявляется необходимость проведения исследований, например жалобы населения, распоряжение правительства и другие.

2. Идентификация опасностей, оценка зависимости «доза-ответ», оценка экспозиции, характеристика здоровья населения.

3. Разработка мероприятий по снижению риска.

При этом учитываются технические, экономические и экологические решения.

4. Сравнительная оценка риска до внедрения мероприятий по снижению риска и после.
5. Ранжирование рисков с учетом экономических, технологических и экологических последствий.

6. Предоставление результатов анализа лицам, ответственным за принятие решений по внедрению мероприятий

6.1. При одобрении и внедрении мероприятий - дальнейший мониторинг рисков для здоровья населения и эффективности мероприятий для последующей корректировки.

6.2. При отклонении мероприятий - возвращение на этап «Разработка мероприятий по снижению риска».



Рисунок 1. Алгоритм оценки риска для здоровья населения от загрязнения атмосферного воздуха от градообразующего предприятия.

ВЫВОДЫ

Благодаря данному алгоритму появляется возможность достичь оптимального соотношения между количеством затрат градообразующего предприятия на оценку риска здоровья населения и эффективностью данных мероприятий.

При этом благодаря введению данных мероприятий качество здоровья населения монопрофильного города возрастет, и, как следствие, повысится эффективность работы градообразующего предприятия.

Также повысится ESG-рейтинг города по экологическому направлению, что поспособствует притоку нового молодого работоспособного населения в монопрофильный город.

ЛИТЕРАТУРА

1. Риски 2022: градообразующие организации и моногорода [Электронный ресурс] стр. 4 (дата обращения 20.09.2022).
2. *Неклюдова Т.А.* Город – градообразующее предприятие: социально-экономическое взаимодействие // Челябинск: Челяб. гос. уни-т, 2005. С. 8 (дата обращения 20.09.2022).
3. Алушкин Ю.А. Градообразующее предприятие как фактор социально-экономического развития территории Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук / СПб.: Институт проблем региональной экономики РАН. 2011 С. 3 (дата обращения 20.09.2022).
4. Оценка риска для здоровья населения от загрязнения воздуха «Общие принципы» [Электронный ресурс] стр. 1 /<https://www.euro.who.int/>(дата обращения 20.09.2022).
5. ESG-оценка развития российских городов: новые условия – новые задачи для территорий [Электронный ресурс] / https://raexpert.ru/researches/sus_dev/esg_city_development_2022/ (дата обращения 20.09.2022).

МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ НЕФТЕГАЗОВЫХ РАЙОНОВ (НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОГО СТАЦИОНАРА НАДЫМ)

Гравис М.В.

- аспирант Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 119991, г. Москва, ул. Ленинские горы, д. 1

Харькина М.А.

- кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник кафедры - инженерной и экологической геологии Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 119991, г. Москва, ул. Ленинские горы, д. 1

АННОТАЦИЯ

В условиях возрастающих темпов добычи углеводородов, освоения и строительства актуальным становится вопрос прогнозирования реакции эколого-геологической системы на техногенные воздействия. Основными техногенными нарушениями в пределах территории стационара «Надым» являются: вырубки лесных массивов при прокладке/ремонте газопровода и линий электропередач; проезд транспортных средств вне обустроенных дорог; пожары. Нарушение состояния эколого-геологических систем прослежены на трех ключевых участках вблизи стационара «Надым». Дана характеристика компонент эколого-геологических систем до и после техногенных воздействий. Построены картограммы изображений в комбинации красного, ближнего инфракрасного и синего каналов съемки, что позволило установить закономерную смену растительных сообществ в результате техногенной нагрузки. В целях оценки изменения количества фотосинтетически активной биомассы участков дополнительно использовался метод программного расчета значений индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) [2]. При суммировании мониторинговых исследований состояния многолетнемерзлых пород (ММП) на территории геокриологического стационара Надым, проведенных дистанционных и натурных исследований, установлены общие закономерности изменения в состоянии эколого-геологических систем данной территории в результате техногенеза в условиях потепления климата.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: эколого-геологическая система, техногенная нагрузка, аэрокосмические методы исследования; многолетнемерзлые породы; сезонно талый слой; растительность.

ВВЕДЕНИЕ

Большую практическую ценность в условиях активного освоения северных равнин криолитозоны представляет анализ результатов многолетнего комплексного мониторинга развития природных и природно-техногенных эколого-геологических систем¹. Другими словами, эколого-геологическая система состоит из двух частей: абиотической, представляющей собой компоненты литосферы, и биотической (фитоценозы, зооценозы, социум), на которые воздействуют природные и техногенные факторы. В пределах

¹ Эколого-геологическая система представляет собой определенный объем литосферы с функционирующей в нем и на его поверхности биотой, включая человека и социум [Трофимов В. Т., 2010].

исследуемой области основными техногенными нарушениями являются: вырубки лесных массивов при прокладке/ремонте газопровода и линий электропередач; проезд транспортных средств вне обустроенных дорог; пожары.

В результате исследований, проводившихся на стационаре «Надым», был накоплен ценнейший массив данных по изменению абиотических компонент эколого-геологических систем (температуре почв и пород [4], мощности сезонно-талого слоя [3] (СТС) природного и техногенного генезиса). Изучению биоты уделялось меньшее внимание, немногочисленные исследования посвящались составу и фитомассе растительности, высоте, встречаемости и покрытию доминантных видов растений [3, 5]. Актуальность работ по доизучению биотической составляющей эколого-геологических систем несомненна в условиях возрастающих темпов освоения исследуемой территории. Цель исследований - охарактеризовать изменения, произошедшие в эколого-геологических системах в пределах Надымского района Ямало-Ненецкого автономного округа (Западная Сибирь), в результате потепления климата и проявления техногенной нагрузки на примере исследуемых участков; установить смену растительных сообществ при активном техногенном воздействии при использовании методики дешифрирования космических снимков разных лет.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Методы исследования абиотической части эколого-геологических систем основаны на анализе фондовых и литературных данных по изменению объемной льдистости, мощности СТС, температуре пород на глубине до и после техногенных воздействий [1,3,4,5].

Методы исследования биотической части эколого-геологических систем основаны на программном анализе разновременных космоснимков со спутников Landsat-5 и Landsat-8 за период с 1985 по 2020 гг. Данные спутниковой съемки доступны на сайте Геологической службы США (USGS). Отбор космоснимков производился в сервисе Global Visualization Viewer (Glovis). Процедуры коррекции и сравнения изображений производились в демонстрационной версии программного комплекса Scanex Image Processor (версия 5.1.).

Полученные снимки подвергаются обработке в комбинации красного, ближнего инфракрасного и синего каналов съемки, что позволяет детектировать качественные изменения растительного покрова (восстановление растительности на участках, зарастание гарей и тд.). Последующая обработка снимков с использованием вегетационного индекса NDVI позволяет оценить количественные изменения в растительном покрове, сделать вывод о скорости восстановления растительности на нарушенных участках [2]. Сочетание информации мониторинговых исследований состояния ММП, дистанционных и натурных

наблюдений позволит сделать выводы о трансформации природных эколого-геологических систем за охваченный временной период.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изменения в природных температурных полях территории геокриологического стационара Надым связаны, в первую очередь, с изменением климатических и метеорологических условий. Потепление климата способствует повышению температур ММП, приводит к увеличению мощностей сезонно-талого слоя (СТС). За период 1997-2020 гг. максимальная мощность СТС в 158 см зафиксирована в 2020 г., наименьшая в 73,2 см – в 1997 г.; средняя – составила 114,5 см (рис. 1).

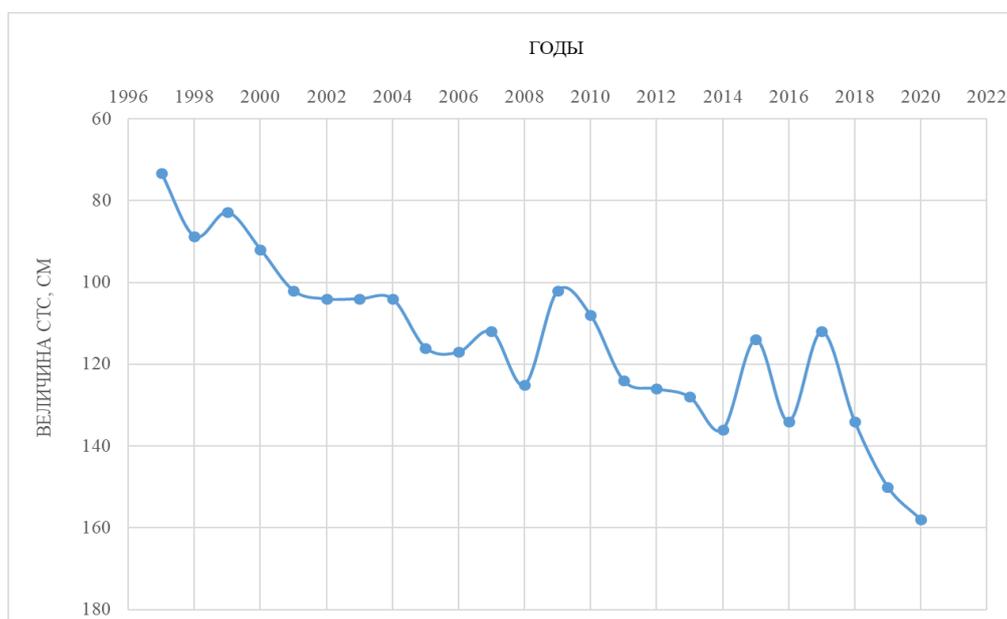


Рисунок 1. Изменение средних значений мощности СТС в пределах геокриологического стационара Надым по годам (по архивным данным мониторинговых наблюдений на геокриологическом стационаре «Надым»)

Для программного детектирования изменений в биотической части эколого-геологических систем исследуемой области было выбрано три типовых участка (рис.2).

Участок 1 (в красных границах на рис. 2) – безлесные мерзлотные торфяники с многочисленными термокарстовыми озерами и болотами к юго-востоку от г. Надым [6]. В пределах данной эколого-геологической системы располагается геокриологический стационар, ветки газопровода и сопутствующие насыпные дорожные покрытия.

Участок 2 (в оранжевых границах на рис. 2) – сочетание елово-лиственничных моховых и мохово-лишайниковых лесов с редкими массивами торфяников и болот [6]. В пределах данной эколого-геологической системы отмечаются наибольшие техногенные преобразования. Помимо многочисленных газопроводных веток и дорог на данном участке находится Надымское линейно-производственное управление магистральных газопроводов

(ЛПУ).

Участок 3 (в желтых границах на рис. 2) – гари с вторичными березовыми лесами и ерниковые тундры с лишайниковым покровом [6]. В пределах данной эколого-геологической системы в 1982 году был основан поселок Правохеттинский, приуроченный к компрессорной станции №3 на 198 километре газопровода Уренгой — Ужгород.

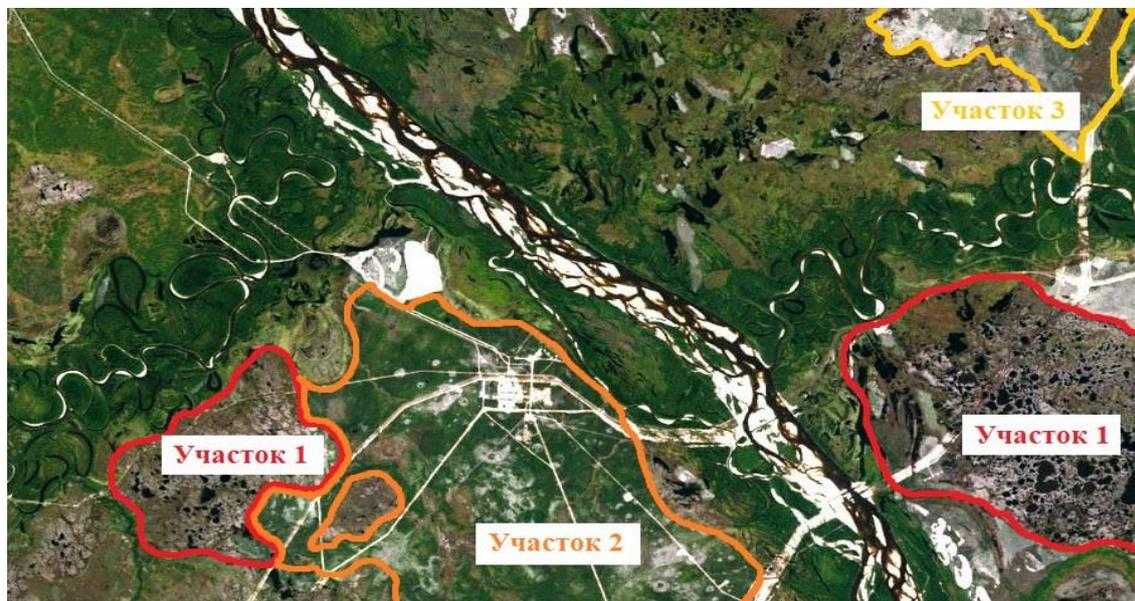


Рисунок 2. Территория исследований в окрестностях стационара Надым на фрагменте снимка Landsat-5

В пределах трех исследуемых участков использовался метод построения картограмм изображений в комбинации красного, ближнего инфракрасного и синего каналов съемки, что дало возможность фиксации смены растительных сообществ. В данной комбинации каналов здоровая растительность отображается в оттенках красного и оранжевого цвета, урбанизированные территории – серых и зелено-голубых тонах. Ярко голубой цвет может детектировать нарушенный растительный покров, а красноватые тона – восстановление растительности [7]. Использование инфракрасных каналов в данном случае также позволяет добиться хорошей различимости возраста растительности. Согласно полученным снимкам в комбинации каналов съемки Landsat была установлена закономерная смена растительных сообществ в результате техногенной нагрузки на исследуемые участки: на насыпях веток газопровода отмечается нетипичная растительность; между дорогами и ветками газопровода отмечается большое количество полей ягеля и иных лишайниковых и др.

В целях оценки изменения количества фотосинтетически активной биомассы исследуемых участков использовался метод программного расчета значений индекса $NDVI^2$

² NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) - нормализованный относительный индекс растительности - количественный показатель количества фотосинтетически активной биомассы. Вычисляется по следующей

(нормализованный относительный индекс растительности), впервые описанный В. J. Rouse [8]. Итогом построения стали синтезированные изображения NDVI по годам и соответствующая им таблица изменений значений индекса NDVI (табл. 1).

Построенные картограммы позволяют визуально детектировать изменения в растительном покрове исследуемых эколого-геологических систем. Анализ показывает, что основное техногенное преобразование территории произошло в период с 1972 (когда, согласно архивным данным, были проложены первые ветки газопровода) по 1985 года. Начиная с 1985 года значения индексов NDVI постепенно возрастают до средних значений, что говорит о постепенном восстановлении территории и смене нарушенных растительных сообществ на вторичные (табл.1).

По материалам анализа программного расчета установлено, что исследуемые участки 1 и 2 к 2018–2020 годам пришли в состояние равновесия с окружающей средой, так как значения индекса здесь перестали видоизменяться. При этом падение значений индекса в данных областях в 2006 году обусловлены нарушением растительного покрова в связи с проведением на данной территории за год до этого капитального ремонта, связанного с заменой некоторых фрагментов газовых труб. Помимо прочего, сопоставление данных картограмм NDVI с исходными ландшафтными единицами Западной Сибири позволяет установить, что запасы биомассы вторичных лесов исследуемых участков значительно ниже (NDVI в среднем около 0,35–0,40) чем первичных ненарушенных сообществ (NDVI в среднем около 0,63) [9].

Территория участка 3 характеризуется весьма малым приростом значений индекса NDVI. Падение значений в 1997 напрямую связано с усилившимся техногенным воздействием на данную область и, как следствие, со значительно увеличившимися площадями гарей. В последующие года значительных возгораний более не наблюдалось, что также подтверждается постепенным приростом значений индекса. Несмотря на это, запасы биомассы вторичных растительных сообществ также значительно ниже, чем первичных ненарушенных. Для восстановления растительного покрова на техногенно-преобразованных территориях Надымского района Западной Сибири требуется не менее 35 лет.

Таблица 1. Изменение фотосинтетически активной биомассы по индексу NDVI по годам

| Год исследований | Значение индекса NDVI | | |
|------------------|-----------------------|-----------|-----------|
| | Участок 1 | Участок 2 | Участок 3 |
| 1985 | 0,24 | 0,28 | 0,17 |

формуле: $NDVI = (NIR - RED)/(NIR + RED)$, где: NIR - отражение в ближней инфракрасной области спектра; RED - отражение в красной области спектра.

| | | | |
|------|------|------|------|
| 1989 | 0,27 | 0,29 | 0,21 |
| 1993 | 0,31 | 0,30 | 0,22 |
| 1997 | 0,32 | 0,31 | 0,05 |
| 2001 | 0,33 | 0,32 | 0,10 |
| 2006 | 0,29 | 0,27 | 0,11 |
| 2010 | 0,34 | 0,30 | 0,12 |
| 2014 | 0,37 | 0,34 | 0,15 |
| 2018 | 0,40 | 0,34 | 0,18 |
| 2020 | 0,40 | 0,35 | 0,20 |

Примечание: желтым цветом указаны аномальные падения значений индекса NDVI, связанные с нарушением растительного покрова в связи с проведением на данной территории капитального ремонта (замена фрагментов газовых труб). Оранжевый цвет отражает падение значений индекса NDVI в связи с усилившимся техногенным воздействием и ростом площадей гарей на данной территории.

При суммировании мониторинговых исследований состояния ММП на территории геокриологического стационара Надым и проведенных дистанционных и натурных исследований, для исследуемых участков 1-3 были выявлены общие закономерности изменения в состоянии эколого-геологических систем (табл. 2).

В пределах первого участка объемная льдистость пород уменьшилась на $\approx 45\%$, мощность деятельного слоя увеличилась с 73,5 до 160,0 см. Температура пород на глубине 10 м изменилась с $-1,7^\circ\text{C}$ (1975 г.) на $-0,15^\circ\text{C}$ (2020 г.). В первичных морошково-багульниково-сфагново-лишайниковых сообществах стали преобладать багульник болотный (*Ledum palustre*), кладония оленья (*Cladonia rangiferina*), береза пушистая (*Betula alba*) и др.

В пределах второго участка объемная льдистость пород уменьшилась на $\approx 10\%$, кровля ММП опустилась ниже 15 м. Температура пород на глубине 10 м изменилась с $+0,3^\circ\text{C}$ (1975 г.) на $+0,8^\circ\text{C}$ (2020 г.). В первичных березово-сосново-бруснично-зеленомошно-лишайниковых сообществах стали преобладать сосна сибирская (*Pinus sibirica*), береза

Таблица 2. Характеристики компонент эколого-геологических систем (ЭГС) до и после техногенных воздействий на участках 1-3 вблизи стационара «Надым» (по данным архивных мониторинговых наблюдений [1,3] с добавлениями авторов)

| Характеристики компонентов ЭГС | | Участок 1 | Участок 2 | Участок 3 |
|--|-----------------------------------|--|--|--|
| Природные характеристики абиотической компоненты эколого-геологических систем | объемная льдистость, % | 30-100%* | Льдистость 20-40%* | 20-40%* |
| | мощность деятельного слоя, м | 73,5 см (1997 г.) | кровля ММП на глубине более 15 м, преобладает СМС** | Преобладает СМС |
| | температура пород на глубине 10 м | -1,7 (1975 г.) | +0,3 (1975 г.) +2..-0,5 (1991 г.)* | +2..-0,5 (+0,75) (1991 г.)* |
| Природные характеристики биотической компоненты эколого-геологических систем | преобладающие виды растений | Багульник болотный (<i>Ledum palustre</i>), кладония оленья (<i>Cladonia rangiferina</i>), кладония звездчатая (<i>Cladonia stellaris</i>) и др. | Сосна сибирская (<i>Pinus sibirica</i>), береза извилистая (<i>Betula tortuosa</i>), лиственница сибирская (<i>Larix sibirica</i>) и др. | Сосна сибирская (<i>Pinus sibirica</i>), лиственница сибирская (<i>Larix sibirica</i>), береза карликовая (<i>Betula nana</i>) и др. |
| Техногенные воздействия | вырубки | + | + | - |
| | дороги насыпные | + | + | - |
| | прокладка ниток газопровода | + | + | - |
| | ремонтные работы | + | - | - |
| | пожары | - | - | + |
| Характеристики техногенно-измененной абиотической части эколого-геологических систем | объемная льдистость, % | менее 20% | менее 20% | менее 20% |
| | мощность деятельного слоя, м | 160 см (2020 г.) | кровля ММП ниже 15 м, преобладает СМС | преобладает СМС |
| | температура пород на глубине 10 м | -0,15 (2020 г.) | +0,8 (2020 г.) | +0,78 (2020 г.) |

| | | | | |
|--|------------------------------------|--|---|---|
| <p>Характеристики техногенно-измененной биотической части эколого-геологических систем</p> | <p>преобладающие виды растений</p> | <p>Багульник болотный (<i>Ledum palustre</i>), кладония оленья (<i>Cladonia rangiferina</i>), береза пушистая (<i>Betula alba</i>) и др.</p> | <p>Сосна сибирская (<i>Pinus sibirica</i>), береза извилистл сибирская (<i>Larix sibirica</i>), кладония оленья (<i>Cladonia rangiferina</i>) и др.</p> | <p>Сосна сибирская (<i>Pinus sibirica</i>), береза карликовая (<i>Betula nana</i>), осока кругловатая (<i>Carex rotundata</i>)и др.</p> |
|--|------------------------------------|--|---|---|

Примечание: * – по данным Геокриологической карты СССР, 1991 г., ** – сезонно-мерзлый слой (СМС).

извилистая (*Betula tortuosa*), лиственница сибирская (*Larix sibirica*), кладония оленья (*Cladonia rangiferina*) и др.

В пределах третьего участка объемная льдистость пород уменьшилась на $\approx 10\%$, кровля ММП опустилась ниже 15 м. Температура пород на глубине 10 м изменилась с $+0,75^{\circ}\text{C}$ (1991 г.) на $+0,78^{\circ}\text{C}$ (2020 г.). В первичных березово-сосново-бруснично-зеленомошно-лишайниковых сообществах стали преобладать сосна сибирская (*Pinus sibirica*), береза карликовая (*Betula nana*), осока кругловатая (*Carex rotundata*), сфагнум Линдберга (*Sphagnum lindbergii*) и др.

ВЫВОДЫ

Изменения в эколого-геологических системах геокриологического стационара Надым при техногенезе в охваченный временной период происходит на фоне роста температур воздуха и увеличения количества выпадающих атмосферных осадков.

Собранные данные подтверждают изменения, произошедшие в состоянии абиотической части эколого-геологических систем. За период 1975-2020 гг. в пределах первого участка объемная льдистость пород уменьшилась на $\approx 45\%$, мощность деятельного слоя увеличилась с 73,5 до 160,0 см. Температура пород на глубине 10 м изменилась с $-1,7^{\circ}\text{C}$ (1975 г.) на $-0,15^{\circ}\text{C}$ (2020 г.). В пределах второго участка объемная льдистость пород уменьшилась на $\approx 10\%$, кровля ММП опустилась ниже 15 м. Температура пород на глубине 10 м изменилась с $+0,3^{\circ}\text{C}$ (1975 г.) на $+0,8^{\circ}\text{C}$ (2020 г.). В пределах третьего участка исследований в период 1991-2020 гг. объемная льдистость пород уменьшилась на $\approx 10\%$, кровля ММП опустилась ниже 15 м. Температура пород на глубине 10 м изменилась с $+0,75^{\circ}\text{C}$ (1991 г.) на $+0,78^{\circ}\text{C}$ (2020 г.).

Исследование фитоценозов, как компонента биотической части эколого-геологических систем, с использованием программного анализа разновременных космоснимков со спутников Landsat-5 и Landsat-8 за период с 1985 по 2020 гг., позволило установить закономерную смену растительных сообществ в результате техногенной нагрузки на исследуемые участки: на насыпях веток газопровода отмечаются пионерные виды растительности; между дорогами и ветками газопровода фиксируется большое количество полей эпигейных лишайниковых; в пределах пос. Правохеттинский наблюдаются очаги возгораний и последующее их зарастание вторичной растительностью.

С использованием индекса NDVI установлено изменение фотосинтетически активной биомассы и пестрое разделение исследуемой области Западной Сибири на техногенно-нарушенные эколого-геологические системы после активного освоения территории. Для восстановления растительного покрова на техногенно-преобразованных территориях

Надымского района Западной Сибири требуется не менее 35 лет. При этом запасы биомассы вторичных лесов исследуемых участков будут значительно ниже, чем первичных ненарушенных сообществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антропогенные изменения экосистем Западно-Сибирской газоносной провинции / Отв. ред. Н.Г. Москаленко. Коллектив авторов // Институт криосферы Земли, 2006. 357 с.
2. Официальный сайт ГИС-Лаб, 2002. NDVI - теория и практика. URL: <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html> (дата обращения: 16.05.2022).
3. Москаленко Н.Г., Бляхарчук Т.А., Пономарева О.Е., Устинова Е.В., Матышаков Г.В., Емельянова Л.Г., Сорокина Н.В., Гончарова О.Ю., Розанова М.С., Орехов П.Т., Казанцева Л.А., Никитин А.Ю., Гамеев И.А., Бердников Н.М., Гравис А.Г. Комплексный мониторинг северо-таежных геосистем Западной Сибири. ГЕО. Новосибирск. 2012.
4. Васильев А.А., Гравис А.Г., Губарьков А.А., Дроздов Д.С., Коростелев Ю.В., Малкова Г.В., Облогов Г.Е., Пономарева О.Е., Садуртдинов М.Р., Стрелецкая И.Д., Стрелецкий Д.А., Устинова Е.В., Широков Р.С., Деградация мерзлоты: результаты многолетнего геофизиологического мониторинга в западном секторе Российской Арктики. Криосфера Земли. Том XXIV. № 2. 2020. с. 15-30. [https://doi.org/10.21782/KZ1560-7496-2020-2\(15-30\)](https://doi.org/10.21782/KZ1560-7496-2020-2(15-30)).
5. Гашев С.Н., Москаленко Н.Г., Васильев А.А., Емельянова Л.Г., Сорокина Н.В. Антропогенные изменения экосистем Западно-Сибирской газоносной провинции // Изд-во Института криосферы Земли СО РАН. Москва. 2006.
6. Мельников Е.С., Тагунова Л.Н., Лазарева Н.А. и др. Ландшафты криолитозоны Западно-Сибирской газоносной провинции / Отв. ред. Е. С. Мельников // Новосибирск: Издательство «Наука». Сибирское отделение. 1983. 165 с.
7. Интерпретация комбинаций каналов данных Landsat TM / ETM+ / ГИС-Лаб - <https://gis-lab.info/qa/landsat-bandcomb.html>
8. Rouse B.J., Birnbaum M.H. Impression formation: datability as a function of face, figure, and personality. WPA, Anaheim, CA, USA. 1973.
9. NDVI, теория и практика / ГИС-Лаб - <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html>

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТА НА ВЫБРОСЫ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

Держаев Д.В.

-студент 4 курс, Национальный исследовательский университет МЭИ, 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д.14, стр. 1.

Озерова Н.В.

- доцент, кандидат технических наук, Национальный исследовательский университет МЭИ, 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д.14, стр. 1.

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассматриваются различные способы производства цемента и их влияние на экологичность производства

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: цемент, углекислый газ, декарбонизация

ВВЕДЕНИЕ

Российская Федерация по данным на 2020 год находится на 4 месте по загрязнению окружающей среды углекислым газом CO₂, уступая лишь Китаю, США и Индии [1]. Высокий уровень выбросов CO₂ является ключевым фактором глобального изменения климата.

Глобально выбросы углекислого газа (CO₂) тесно связаны с промышленной деятельностью развивающихся стран. Так на производство цемента приходится около 8% мирового выброса углекислого газа. В условиях растущей урбанизации невозможно представить себе сокращение использования цемента – его производство будет только увеличиваться, так как на сегодняшний день у этого строительного материала из-за его дешевизны и прочностных характеристик попросту не имеется альтернатив. Это означает то, что для достижения целей Парижского соглашения, необходимо пересмотреть способы производства цемента и реализовать их. На одну тонну произведенного цемента в среднем приходится 0,75-0,85 тонны выброшенного в атмосферу углекислого газа. Выделяются два основных источника образования двуокси углерода. Во-первых, при высокотемпературном разложении карбонатного сырья (кальцинации), которое происходит в процессе получения клинкера. Например, образование из известняка оксида кальция с выделением углекислого газа, а также при использовании другого углеродсодержащего сырья:



Во-вторых, при сушке природного сырья, а также в процессе сжигания топлива в цементной печи вместе с сырьевой смесью.

Помимо этого, на суммарный выброс углекислого газа влияют выбросы от транспорта, который используется при перевозке сырья и готовой продукции, а также вторичное

электротехническое оборудование (электродвигатели, используемые для приведения в движение цементных печей; оборудование, используемое для обеспечения водоснабжения, вентиляции и т.д.). Тем не менее вклад такого оборудования в образование парникового газа весьма мал.

1. Традиционные способы производства цемента

В этом году предусмотрено обновление информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям производства цемента (ИТС 6-2015), т.к. наряду с традиционными появляются новые способы изготовления цемента.

1.1 Мокрый способ

На сегодняшний день данную технологию можно считать устаревшей, тем не менее она до сих пор используется на многих отечественных заводах. Природное сырье при таком способе подвергается измельчению до тонкости помола шлама. Измельчение производится при использовании гидрофола (мельницы самоизмельчения), а также сырьевых мельниц. В полученной гомогенизированной смеси содержатся до 85 – 90 % частиц, дисперсность которых не превышает 80 мкм. Именно на стадии помола используется вода для обеспечения достаточной однородности компонентов, а также для улучшения их реологических свойств (структурной прочности, вязкости, тиксотропии). Далее гомогенизированная смесь в виде измельченного шлама поступает в вертикальные, а после – в горизонтальные шламовые бассейны, где происходит ее корректировка до требуемого состава с применением соответствующих корректирующих добавок. Усреднение смеси в бассейнах происходит за счет перемешивания, в процессе которого также применяется сжатый воздух.

Готовая сырьевая смесь с влажностью 35 – 40 % поступает во вращающуюся цементную печь, где последовательно проходит стадии сушки, декарбонизации, спекания, а также подвергается высокотемпературной обработке (прямому обжигу) для получения клинкера необходимого состава. Конечной ступенью технологического процесса получения клинкера является его охлаждение.

На сегодняшний день самым распространенным топливным компонентом является природный газ – его используют на подавляющем количестве цементных заводов. Температура факелов в зоне спекания печи достигает 1800 – 2000 °С. Продукты сгорания, которые образуются в данной зоне движутся в противоположном направлении относительно обрабатываемого в печи материала. В целях экономии энергии может также применяться комбинированный способ производства цемента, при котором сушка сырьевой смеси перед обжигом происходит с применением обезвоживающих пресс-фильтров.

1.2 Сухой способ

Главным преимуществом данной технологии является заметная экономическая эффективность в сравнении с мокрым способом. При сухом способе не образуется большое количество влаги после мокрого помола, соответственно, отсутствует необходимость ее выпаривать, что приводит к экономии большого количества электроэнергии. Затраты тепла на выпаривание воды из шлама могут достигать практически 50% от общего количества затрат на обжиг клинкера. При сухом способе данные затраты составляют 10%-25%, даже с учетом естественной влажности сырья 6%-25%.

К недостаткам сухого способа можно отнести повышенное пылеобразование в процессе производства. Но на сегодняшний день разработаны и внедрены различные технологии, ограничивающие излишнее пылевыведение, а также технологии, учитывающие физико-химические свойства сырья (в том числе повышенную влажность сырья), которые позволяют обеспечить гораздо большую производительность, чем при мокром способе, где мощность технологической линии ограничивается значением в 650 тыс. тонн клинкера в год. При сухом же способе данный показатель может достигать 4 млн. тонн в год. В основном данный подход к получению клинкера не претерпел изменений с середины 20-го века.

Как и в случае с мокрым способом, при сухом производстве дробленые сырьевые материалы высушиваются и тонко измельчаются. Полученная сырьевая мука корректируется и усредняется до заданного химического состава, а затем подвергается обжигу во вращающихся или шахтных печах. Отличием является то, что все операции осуществляются без применения воды. То есть измельчение, перемешивание, усреднение и корректирование смеси производятся с сухими сырьевыми компонентами.

Смесь глины и известняка, вышедшая из дробилки, направляется на сушку, где доводится до влажности порядка 1%, а затем – измельчается в сырьевую муку. Как правило, процессы помола и сушки осуществляются одним аппаратом – сепараторной мельницей, который сегодня используется на большинстве современных заводов по производству портландцемента. Заданные свойства муки достигаются применением дозирующих устройств в сырьевой мельнице. После перемешивания сырьевая шихта усредняется в смесительных силосах.

Далее подготовленная смесь направляется во вращающуюся печь – в первую очередь, в циклонные теплообменники, система которых состоит из нескольких ступеней. В теплообменниках наиболее совершенных конструкций степень декарбонизации достигает 35—40%. Здесь сырье находится не более 30 секунд, после чего подается в печь на обжиг, а затем – в холодильник для остывания под воздействием холодного воздуха. Охлажденный

клинкер отправляется на склад для последующего помола и отгрузки конечному потребителю. Следует отметить, что процессы подготовки гипса и добавок, помола цемента, а также условия хранения и способы доставки потребителям не отличаются от способов и технологий, которые применяются при мокром способе производства.

2. Инновационные способы производства цемента

2.1 Проект CarbonBuilt

Исследователи из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе разработали новую формулу цемента, вдохновившись ракушками, которые сделаны из карбоната кальция – оригинального природного цементирующего агента. Цель проекта заключалась в том, чтобы использовать выбросы углекислого газа непосредственно от угольных электростанций и других промышленных объектов, которые в противном случае попали бы в атмосферу, и добавить их в новый тип бетона. По мнению группы, по мере того как бетон со специальной формулой затвердевает и набирает прочность, он надолго поглощает и задерживает парниковые газы. При этом бетон, полученный по такой технологии, не только не уступает по прочности обычному бетону, но и даже превосходит его. Однако технология Reversa компании CarbonBuilt позволяет не только поглотить углекислый газ, но и сократить объем обычного портландцемента, необходимого для производства бетона [2]. Компания CarbonBuilt на своем сайте утверждает, что их технология сокращает выбросы углекислого газа на 70% за счет двух факторов: непосредственного введения CO₂ в бетон и сокращения выбросов при производстве портландцемента за счет уменьшения необходимого количества последнего. А в перспективе данный показатель может превысить 100%.

2.2 Технология LC3

Некоторыми заводами по производству цемента уже внедрена альтернативная технология, получившая название LC3. Ее суть заключается в том, что в процессе производства цемента используется глина. Глина, в отличие от известняка, содержит очень мало углерода, поэтому при ее нагревании практически не выделяется углекислый газ. Кроме того, такой подход позволяет экономить топливо, так как глину можно сжигать при более низких температурах (800°C).

По словам Карен Скривнер – химика-материаловеда, в мире существует большое количество запасов глины, значительная часть которой уже добыта и признана непригодной для керамической и бумажной промышленности. У многих производителей бетона в карьерах с песком и гравием есть и глины, которые можно использовать в технологии LC3.

Завод Argos, находящийся в Колумбии, прошел модернизацию до новой технологии LC3, что позволило ему сократить потребление электроэнергии до 30% и уменьшить выброс

углекислого газа практически наполовину. Помимо этого, предприятие использует глину, которая добывается примерно в десяти милях от него, что также позволяет сократить выбросы CO₂ при транспортировке сырья. Глава компании Томас Рестрепо отмечает, что экономический фактор создает хороший стимул к переходу на более «зеленое» производство.

Завод Argos не является единственным примером предприятия, работающего по технологии LC3. Она также тестируется на заводе в Кот-Д'Ивуаре португальским производителем Cimpor, а крупнейший производитель цемента в Европе Lafarge-Holcim планирует добавить глиняные печи на предприятиях во Франции и Швейцарии в следующем году. Кроме того, на Кубе строятся более 20 небольших производств, которые будут давать глинистую смесь для перемешивания ее на стройках с обычным цементом.

Тем не менее технология LC3 имеет свои недостатки. «Бетон, изготовленный с использованием LC3, в первые семь дней часто демонстрирует меньшую прочность, чем традиционные формулы», – отмечает Вандерли Джон, профессор строительных материалов из Университета Сан-Паулу в Бразилии. Прочность можно повысить с помощью добавок или более качественной глины, либо она может быть восстановлена позже, так как для полного схватывания бетону требуется около месяца. Однако такие задержки могут довольно дорого обходиться застройщику, так как увеличивает срок строительства [3].

2.3 Электролиз

Еще одну технологию, способную помочь с проблемой углеродных выбросов, разработала группа ученых из Массачусетского технологического института (MIT) в 2019 году. В ее основе лежит использование электролиза. Измельченный известняк растворяют в кислоте, из раствора на одном электроде выделяется углекислый газ, а на другом — выпадает в осадок гидроксид кальция (гашеная известь). На следующей стадии вещество перерабатывают в цемент. По словам одного из изобретателей, профессора MIT Йет-Мин Чанга, данный способ является экологичным и очень дешевым, а строительный материал не теряет в качестве [4].

2.4 Использование альтернативного топлива

Отечественные производители цемента также стремятся «озеленить» свое производство. По словам Виталия Богаченко – директора по корпоративным отношениям и устойчивому развитию компании «Холсим Россия» – цементные заводы могут осуществлять утилизацию широкого спектра отходов, включая ТКО, используя их в качестве альтернативного топлива. При этом зольный остаток в печи в процессе реакции становится частью клинкера, поэтому данную технологию можно назвать безотходной.

Также существует еще один способ декарбонизации, который реализуется в рамках промышленного симбиоза – когда отходы одного производства становятся сырьем для другого. Металлургические шлаки, золы уноса ТЭЦ и ряд других отходов металлургической промышленности и энергетики являются уже обожженными, декарбонизированными компонентами. Это дает возможность цементным заводам могут использовать их в качестве альтернативного сырья для производства клинкера и минеральных добавок в цементе. Тем самым осуществляется замещение природного натурального сырья, а значит снижается объем выбросов углекислого газа и вместе с этим решается задача развития экономики замкнутого цикла [5].

Таблица 1. Сравнение технологий производства цемента

| Технология производства цемента | Приблизительные выбросы CO ₂ , кг/т клинкера |
|---------------------------------------|--|
| Мокрый способ | 850 |
| Сухой способ | 710 |
| CarbonBuilt | < 250 |
| LC3 | 510 [6] |
| Использование альтернативного топлива | 500 (при замещении 30% традиционного топлива альтернативным) [7] |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Существуют разные способы сократить углеродный след от производства цемента. Основная проблема для предприятий заключается в том, что для этого требуется переделывать технологическую схему производства, что требует существенных затрат. Чтобы компании, производящие цемент, были заинтересованы в осуществлении такого шага, либо последующая экономия топлива при производстве должна оправдывать затраты, либо «озеленение» производства должно быть субсидировано государством. Учитывая Стратегию Российской Федерации, направленную на достижение углеродной нейтральности, можно предположить, что такие субсидии могут быть выделены [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. BP. Statistical Review of world energy 2021. URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf> (дата обращения 18.06.2022).
2. Storrow B. X-Prize Winners Use CO₂ Emissions to Make Concrete. URL: <https://www.scientificamerican.com/article/x-prize-winners-use-co2-emissions-to-make-concrete/> (дата обращения 13.09.2022).
3. Производители цемента сокращают выбросы CO₂ и «озеленяют» бетон. URL: <https://sdpl.ru/1051-proizvoditeli-cementa-sokraschayut-vybrosy-so2-i-ozelenyayut-beton.html> (дата обращения 13.09.2022).
4. Leah D. Elles, Andres F. Badel, Miki L. Chiang, Richard J.-Y. Park, Yet-Ming Chiang. Toward electrochemical synthesis of cement—An electrolyzer-based process for decarbonating CaCO₃ while producing useful gas streams. URL: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1821673116> (дата обращения 13.09.2022).
5. Декарбонизируй это: пути снижения углеродного следа российской промышленности // XIII международный форум «Экология», 2022. URL: <https://ekogradmoscow.ru/novosti/novosti-press-sluzhb/dlya-dekarbonizatsii-tsementnoj-otrasli-neobkhodima-podderzhka-gosudarstva> (дата обращения 14.09.2022).

6. Performance of Limestone Calcined Clay Cement (LC3). Дата публикации: 20.09.2018. [Электронный ресурс] / URL: <https://link.springer.com/article/10.1617/s11527-018-1255-3>
7. Potential Utilization of RDF as an Alternative Fuel to be Used in Cement Industry in Jordan. Дата публикации: 20.10.2019. [Электронный ресурс] / URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/20/5819/htm>
8. Распоряжение Правительства РФ от 29.10.2021 № 3052 «О стратегии социально-экономического развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года.

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И УСЛОВИЯ РАБОТЫ ПОРТОВЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Долгушев Т.В.

- аспирант 4 курс, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

Научный руководитель: Кантаржи И.Г.

- профессор, доктор технических наук, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены основные факторы, влияющие на эксплуатационную надёжность портовых гидротехнических сооружений при прогнозных изменениях уровня моря. Статья посвящена изменению уровня режима акватории портов Арктической зоны РФ вследствие повышения глобального среднего уровня моря. Рост среднего уровня моря один из факторов, повышающих эксплуатационные риски ограждающих и причальных ПГТС. По результатам анализа климатических данных по Арктическому региону определено, что в данном регионе изменение климата происходит интенсивнее относительно глобального процесса, что увеличивает влияние на хозяйственную деятельность человека в данном регионе.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: портовые гидротехнические сооружения, изменения климата, повышение уровня моря, надёжность.

ВВЕДЕНИЕ

Хозяйственная деятельность человека, напрямую связанная с использованием ископаемого сырья в качестве топлива, привела к образованию выбросов парниковых газов, которые, аккумулируясь в атмосфере земли, привели к нарушению углеродного, метанового и других циклов атмосферы. Результатом нарушения обозначенных циклов является повышение содержания различных газов из группы парниковых в атмосфере планеты, что в свою очередь приводит к аккумуляции тепла в приповерхностных слоях планеты и, как следствие, росту глобальной температуры атмосферы Земли [1].

Повышение температуры приповерхностных слоёв атмосферы приводит к таянию континентальных льдов, а также к прогреву океанических вод, приводящему к росту теплосодержания океана [2]. Таяния ледникового покрова Гренландии, Антарктики и ледников, а также стеродинамические изменения уровня моря, вызванные изменениями циркуляции океана (течений) и его климата (температуры и солёности), приводят к увеличению среднего глобального уровня моря [3, 4].

В связи с тем, что Арктическая территория РФ имеет большую протяжённость и непосредственный выход к Северному ледовитому океану, вопрос изучения влияния повышения уровня моря на хозяйственную деятельность человека, а в частности на

эксплуатационную надёжность портовых гидротехнических сооружений (ПГТС), является актуальным и значимым в рамках обеспечения реализации программы правительства РФ по развитию Арктического региона [5].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Оценка влияния климатических изменений на среду хозяйственной деятельности человека представляет собой комплексную многофакторную задачу, для которой необходим междисциплинарный подход. Для проведения оценки влияния изменения того или иного фактора на портовые объекты требуется получить данные математического моделирования климатических параметров прямо или косвенно влияющих на интересующие исследователя параметры.

Так, для целей климатического моделирования, результаты которого рассматриваются в данной работе, были использованы климатические модели MPI-ESM-MR, HadGEM2-ES, CCSM4 [6], а для сопоставления полученных с использованием данных моделей результатов рассматривались данные ансамбля климатических моделей SMIP6 [7]. Для сравнения полученных, в результате моделирования, данных о изменении глобального уровня моря с натурными наблюдениями рассматриваются данные NASA, полученные с помощью спутниковых наблюдений проектов TOPEX/Poseidon, Jason-1, Jason-2, Jason-3 [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По данным наблюдений рост температуры приземного воздуха в Арктической зоне РФ в среднем в 2.5 раза превышает среднепланетарный уровень [9]. В связи с тем, что теплоёмкость мирового океана в десятки раз превышает теплоёмкость атмосферы, то региональные особенности не выражены так ярко, как при оценке изменения температуры воздуха. Однако, для обеспечения безопасного проектирования ПГТС, на период эксплуатации от 50 до 100 лет, учёт региональных особенностей является обязательным.

В результате климатического моделирования были получены данные об изменении уровня Баренцева моря. В Баренцевом море, в настоящее время, эксплуатируются гидротехнические сооружения таких портов, как Мурманск, Североморск, Нарьян-Мар, Индига и др. Данный регион является одним из самых активно эксплуатируемых с точки зрения развития портового гидротехнического строительства, а порты Мурманск и Индига в ближайшую декаду будут иметь наибольший грузооборот среди Арктических портов РФ [10].

Данные регионального моделирования показывают, что повышение уровня в районе Баренцева моря неоднородны и выражены наиболее ярко в южном районе, т.е. в береговой

зоне, а, следовательно, непосредственно в местах расположения портовой инфраструктуры. Максимальные значения роста уровня Баренцева моря по данным модельных расчётов опубликованных в [7] наибольший рост уровня моря наблюдается в районе Чешской губы, в которой располагается порт Индига. Рост уровня моря в этом регионе различен и для сценария SSP8.5 изменяется от 68 см до 112 см для Мурманска и Индиги соответственно.

Влияние данного процесса на ПГТС выражается в увеличении гидродинамической нагрузки, изменении высоты заплеска для оградительных сооружений, необходимости повышения отметок верха причальных сооружений с целью обеспечения нормального режима обслуживания судов. Данные явления негативные по отношению к надёжности ПГТС и потенциально могут привести к удорожанию строительства новых и необходимости реконструкции существующих конструкций, что связано со значительными капитальными затратами.

ВЫВОДЫ

В настоящее время в Арктической зоне РФ наблюдаются климатические изменения более интенсивные, по сравнению со среднепланетарным уровнем, в связи с чем оценка влияния прогнозных изменений на хозяйственную деятельность человека в данном регионе, а конкретно на ПГТС является актуальной проблемой требующего комплексного исследования. Учёт прогнозного повышения уровня моря связан с необходимостью реконструкции существующих ПГТС для учёта роста уровня моря, который к концу века для крупных портов региона Баренцева моря будет составлять при сценарии SSP8.5 от 68 до 112 см. При проектировании новых ПГТС имеет смысл рассмотреть возможность учёта прогнозного повышения уровня моря с целью повышения надёжности проектируемых конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. IPCC AR5, 2013: AR5, Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. SPM, резюме на русском языке, стр. 16.
2. Ocean Heat Content // climate.nasa.gov: [сайт]. — URL: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/ocean-heat/> (дата обращения: 10.10.2022).
3. Долгушев Т. В. Физические основы изменений климата и их влияние на условия работы портовых гидротехнических сооружений / Т. В. Долгушев, И. Г. Кантаржи // Гидротехническое строительство. 2022. № 7. С. 30-36.
4. МГЭИК.: Резюме для политиков. Содержится в: Специальный доклад МГЭИК об океане и криосфере в условиях изменяющегося климата [Х.-О. Пёртнер, Д.К. Робертс, В. Массон-Дельмонтт, П. Чжай, М. Тигнор, Э. Положанска, К. Минтенбек, М. Николаи, Э. Окем, Я. Петцольд, Б. Рама, Н.М. Вейер (ред.)]. Кембридж Юниверсити Пресс, Кембридж, Соединенное Королевство, и Нью-Йорк, США. 2019 г.
5. Долгушев Т. В. Перспективы реализации строительных проектов морских сооружений в Арктической зоне РФ / Т. В. Долгушев, А. В. Меньшикова // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова: Материалы конференции, Белгород, 30 апреля 2021 года. // Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2021. С. 1107-1110.

6. Вереземская П.С., Гулев С.К., Селиванова Ю.В., Тилинина Н.Д., Маркина М.Ю., Криницкий М.А., Шармар В.Д. Прогноз и анализ изменений климата в Российской части Баренцева моря. // М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2019. 611 с.
7. IPCC 6th Assessment Report Sea Level Projections // climate.nasa.gov: [сайт]. — URL: <https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool/> (дата обращения: 10.10.2022).
8. Data Analysis Tool // climate.nasa.gov: [сайт]. — URL: <https://sealevel.nasa.gov/data-analysis-tool> (дата обращения: 10.10.2022).
9. Рабинович, М. В. Надежная и безаварийная эксплуатация зданий и сооружений на многолетнемерзлых грунтах в условиях изменения климатических параметров территорий Крайнего Севера Российской Федерации / М. В. Рабинович // Экономика строительства. 2022. № 2(74). С. 83-89.
10. Киселенко, А. Н. Оценка соответствия провозных и пропускных способностей транспортных путей Европейского и Приуралья Севера России потребностям Арктической транспортной системы / А. Н. Киселенко, П. А. Малащук, Е. Ю. Сундуков // Проблемы развития территории. 2019. № 3(101). С. 33-48.

НАУЧНЫЙ ПОИСК: ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ УРБОЭКОЛОГИЯ

Жигалин А.Д.

- кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова; Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, 123242 Москва, Большая Грузинская улица, 10, стр. 1

АННОТАЦИЯ

Глобальная урбанизация приводит к появлению новых задач, которые приходится решать большим коллективам разной специализации: инженерам-геологам, инженерам-геофизикам, эколого-геологам и др. Вовлечение в эту работу геофизических методов и экологических проблем побудило к формированию нового прикладного направления – инженерной и экологической геофизики как метода изучения геолого-геофизической среды городских поселений.

Города и промышленно-городские агломерации представляют собой геологические и эколого-геофизические аномалии, играющие большую роль в качестве критерия при оценке комфортности и безопасности жизнедеятельности городского населения. Проблемы развития городских территорий целесообразно рассматривать на платформе геофизической урбоэкологии с целью консолидации усилий специалистов инженерной и геофизической экологии, архитекторов и градостроителей.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: инженерная геофизика, экологическая геофизика, геофизическая среда, городские поселения, геофизическая урбоэкология

СОДЕРЖАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ УРБОЭКОЛОГИИ

В наши дни более половины населения Земли являются городскими жителями. Для России это 74,2% населения, для Европы – 74%. Есть страны, где 100% населения живет в городах, сохранились и города-государства. Согласно прогнозам, в 2050 г. в больших и малых городах устойчиво будут жить уже 70 процентов населения нашей планеты.

Общепринятого определения города не существует. С точки зрения наук о Земле, социальной и градостроительной политики города представляют собой сложные природно-технические (или техногенные) экосистемы со множеством прямых и обратных связей, возникающих в процессе симбиоза антропогенной деятельности и остатков биоконпонента.. Развитие городов, приводит к существенным изменениям природной среды, когда все ее компоненты подвергаются прогрессирующему химическому, биологическому и физическому воздействию. Тем не менее, города, большие и малые, крупные промышленные центры и мегаполисы, привлекают людей предоставлением различных возможностей, наряду с чем зачастую снижается уровень комфорта проживания населения, возможна деградация экосистем и другие негативным последствия атропогенеза. Создавшаяся ситуация послужила отправной точкой для появления нового научно-практического направления – геофизической

урбоэкологии, что может стать удобным инструментом для изучения проблем геофизических экологических функций городской техносферы-геофизической среды.

Современные города характеризуются высоким уровнем производства и потребления энергии, электрической и тепловой, что приводит к формированию в качестве неизбежного придатка существенного физического (энергетического) загрязнения. Свою долю физического воздействия вносят транспорт, элементы инфраструктуры, строительная деятельность. В пределах городских территорий природно-технические экосистемы не могут осуществлять естественный круговорот энергии, вещества и информации, что способствует формированию устойчивого физического загрязнения. Таков по сути драматизм антропогенного влияния, в наибольшей степени проявленного в городах, где на ограниченном пространстве концентрируется значительное по численности население и имеет место большое разнообразие источников воздействия, размещенных в разных городских функциональных зонах (рис. 1).

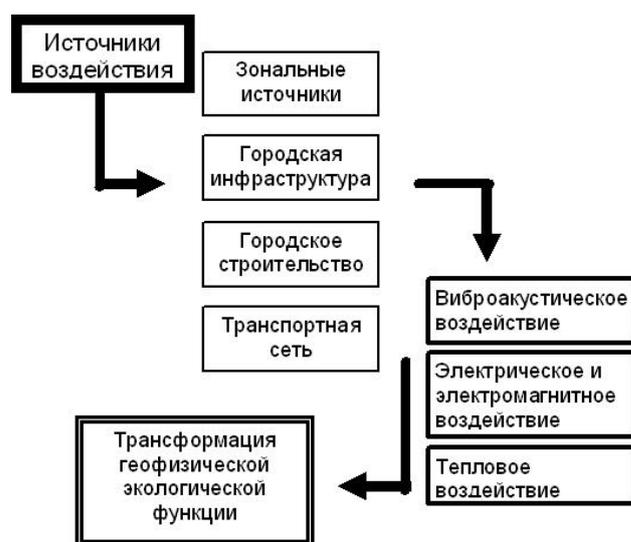


Рисунок 1. Источники и виды техногенного физического воздействия на территории городов

В процессе развития городов происходят глубокие изменения городской природной среды, превращающие ее в среду природно-техническую, а в апогее – техногенную. В результате таких превращений повышается фоновый уровень электрических полей, возрастает шум в слышимом и инфразвуковом диапазонах, формируются аномалии радиационного и температурного полей, изменяется общая эколого-геофизическая обстановка. Сейчас можно считать доказанным влияние искусственных геофизических полей на здоровье городского населения, на безопасность и комфортность его жизнедеятельности.

Эколого-геофизическая безопасность определяется как обоснованный допустимый уровень негативного воздействия природных и антропогенных геофизических факторов на

окружающую среду и человека, превышение которого может изменять благоприятную экологическую обстановку городской территории, понижая ее качество вплоть до дискомфортной, проявляясь в медицинском, биологическом и геологическом аспектах. Опыт изучения феномена влияния на живые организмы природных и техногенных физических полей показывает, что эффект воздействия наблюдается как у растений и животных, так и в человеческом организме. Вполне обоснованно можно говорить о медицинских (человек), биологических (растительный и животный мир) и геологических (геолого-геофизическая среда, грунтовая толща) последствиях трансформирующего природную среду техногенного физического воздействия. (рис. 2).



Рисунок 2. Последствия техногенного физического воздействия на человека, живые организмы и геологическую среду

В 2016 г. в журнале Вестник Московского университета. Серия Геология была опубликована статья Трофимова В.Т., Жигалина А.Д., Богословского В.А., Архиповой Е.В. «Место эколого-геофизических исследований в системе урбэкологии» [1], которую авторы рассматривали как своего рода манифест и заявку на открытие нового эколого-геофизического направления в науках о Земле. Появление статьи в журнале, пользующимся большим авторитетом, и не только в нашей стране, следует считать приглашением к сотрудничеству людей науки и практики: геофизиков, специалистов в области инженерной и экологической геологии, урбанистики и др.

К настоящему времени накоплен богатый опыт фрагментарно проводимых наблюдений компонентов геофизической среды на территории городов разного ранга (по численности населения). Результаты наблюдений позволили сделать вывод о возможности (и необходимости) организации перманентного контроля состояния геолого-геофизической среды в городских поселениях.

Широкая линейка категорий городских поселений от малых «музейных» и моногородов до «миллионников» и промышленно-городских агломераций требует не только «грамотных» градостроительных решений, многие из которых должны быть пересмотрены и направлены на исправление предыдущих строительных «недоразумений», но также организации эффективного перманентного мониторинга изменяющейся эколого-геофизической обстановки. Для этой цели могут быть использованы уже имеющиеся геофизические методики и разработки, новые перспективные методики, отвечающие современным задачам. Именно поэтому нами предлагается сформировать открытую платформу для широкого обсуждения комплексных проблем градостроительства, сегодняшних и возможных в ближайшей и отдаленной перспективе, определив целью обеспечение комфортности и безопасности жизнедеятельности городского населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трофимов В.Т., Жигалин А.Д., Богословский В.А., Архипова Е.В. Место эколого-геофизических исследований в системе урбоэкологии. // Вестник Московского университета. Серия 4. Геология. 2016. № 6. С. 3-9

ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРРИТОРИЙ С ОБЪЕКТАМИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Жук П.М.

- доцент, доктор технических наук, декан Вечернего факультета, Московский архитектурный институт (государственная академия), 107031, г. Москва, ул. Рождественка, д. 11/4, корп. 1, стр. 4, Россия

АННОТАЦИЯ

Исследование инженерно-экологических характеристик территорий является важным направлением с точки зрения характеристики состояния окружающей среды. В настоящем исследовании рассматриваются важные вопросы определения масштабов и зон рассмотрения при определении экологической ёмкости на примере территорий, на которых расположены объекты промышленности строительных материалов. Внимание уделяется также методической базе подсчета экологической ёмкости с учетом экологической специфики рассматриваемых территорий. Предлагаемый подход имеет перспективы для оценки эффективности внедрения наилучших доступных технологий на предприятиях промышленности строительных материалов и позволяет осуществлять их размещение таких объектов с учётом условий окружающей среды в конкретной местности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: инженерно-экологические характеристики территорий, экологическая ёмкость территории, промышленность строительных материалов

ВВЕДЕНИЕ

В Стратегии развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 10 мая 2016 г. № 868-р, отмечена тенденция снижения негативного влияния отрасли на окружающую среду на мировом уровне, а также справедливо подчеркнута взаимосвязь охраны окружающей среды и модернизационных мероприятий (в частности, разделы II.4 и IV.4). Среди ключевых показателей особую роль занимают критерии энергетической эффективности производств, которые в преобладающей степени реализуются через законодательство о наилучших доступных технологиях. В то же время показатели международных стандартов о системе управления качеством окружающей среды и экологической оценке продукции (серия ИСО 14000, в частности введенные в действие на территории Российской Федерации в статусе идентичных международным) предусматривают критерии по жизненному циклу, связанные как с затратами энергии, так и с конкретными воздействиями глобального и локального уровней – выбросы парниковых газов, потенциалы фотохимического смога, разрушения озонового слоя, увеличения почв, а также эвтрофикации водоемов. Также в оценке строительной продукции появляются требования по критериям анализа биоразнообразия и подобных важных составляющих оценки воздействий на окружающую среду на локальном уровне. В связи с этим становится актуальной взаимосвязь

стандартизированных критериев с показателями экологического состояния территорий, в качестве которых могут выступать инженерно-экологические характеристики. В настоящем исследовании рассматриваются лишь экологическая емкость и репродуктивная способность территории (причем в качестве критерия для определения репродуктивной способности рассматривался атмосферный кислород). Остальные характеристики также имеют важную специфику на градостроительном уровне, но она отличается от поставленных задач по характеристике воздействий объектов рассматриваемой отрасли на локальном уровне. Если изначально инженерно-экологические характеристики были рекомендованы для охраны окружающей среды в районной планировке и при градостроительном проектировании в целом (ЦНИИП градостроительства, 1986 год), то в настоящее время области их применения расширяются, в частности, их рассчитывают для описания состояния окружающей среды в регионе (крупный город, область или край, административные районы и т.п.), его эколого-экономической оценки и т.п. [1 – 3].

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

С методологической точки зрения важнейшим вопросом для расчета инженерно-экологических характеристик (в первую очередь речь идет об экологической емкости и репродуктивной способности) является определение границ исследования. Здесь важно понимание как масштаба (площади в гектарах), так и конкретных границ на местности (в частности, включение тех или иных участков природно-техногенных систем в расчет). Важным для определения границ является масштаб хозяйственной деятельности на рассматриваемой территории. В настоящем исследовании рассматривались промышленные зоны, на территории которых располагались преимущественно предприятия промышленности строительных материалов.

Еще одним принципиальным методологическим вопросом является выбор методики подсчета и единиц измерения инженерно-экологических характеристик. В работе рассматривается классическое понимание экологической емкости, предусматривающее расчет биологической продуктивности биогеоценозов. Особенное внимание при этом уделялось вопросам фитоценотической составляющей, представленной как древесно-кустарниковой, так и травянистой растительностью. Расчет экологической емкости для травянистой растительности проводилось суммирование частных максимальных для каждого вида показателей биопродуктивности с учетом особенностей вида растений (в частности, их вегетативного периода). Сложность в том числе состояла в том, что расчет ведется для древесно-кустарниковой растительности в кубических метрах на гектар, а для травянистой –

в граммах по выборкам. При этом пересчет через плотность дает серьезные погрешности даже на малых участках. В связи с этим было принято решение проводить оценку в баллах аналогично предложенной Л.П. Баранником [4]. Эта система оценки предполагает уровень индекса экологической емкости до 3 баллов с десятыми долями, где значения ближе к 3 баллам показывают близкие к природным системам территории, а менее 2 – как правило, территории, претерпевшие серьезные техногенные воздействия.

Репродуктивная способность может определяться через индекс репродукции основного компонента окружающей среды (в нашем случае кислорода) и представлять собой соотношение величины воспроизводимого кислорода в единицу времени и величины потребляемого ресурса, а может рассчитываться как произведение продукции органики растительным сообществом за определенный промежуток времени (в единицах массы с установленной площади) и территории, занимаемой рассматриваемым фитоценозом (в единицах площади). Так как отклонение индекса репродукции от единицы является косвенным параметром, то в работе был выбран второй вариант расчет через произведение без вычисления индекса репродукции.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установление границ исследования экологической емкости и репродуктивной способности территорий для административных районов успешно апробировано в ряде работ [4]. Хотя сами по себе методики расчета и даже суть показателей в работах отличаются, следует констатировать эффективность предлагаемых подходов для решения поставленных научных задач. Также стоит считать обоснованным рассмотрение экологической емкости и репродуктивной способности территорий не только в масштабах административных районов, но и в рамках природно-техногенных систем (иногда их стоит рассматривать как геоэкологические системы) в местах локации производственных зон, в том числе связанных с этапами жизненного цикла строительных материалов. Исследования показали в целом корреляцию результатов, причем в большом количестве случаев для промышленных районов индекс экологической емкости был несколько ниже в рамках геоэкологических систем по жизненному циклу предприятий, что следует связывать с насыщенностью территорий иными отраслями промышленности, а также развитой транспортной инфраструктурой [5, 6].

С точки зрения изучения экологической емкости и репродуктивной способности территорий с объектами промышленности строительных материалов представляет определенный интерес характеристика мероприятий по внедрению наилучших доступных технологий на предприятиях. Одновременно с этим интересна корреляция этих показателей с

иными параметрами из международных стандартов (например, с выбросами парниковых газов). Выбросы CO₂ на этапе производства строительных материалов являются характерным показателем совершенствования его экологических критериев и эффективности внедрения наилучших доступных технологий [7]. На рисунке 1 представлена динамика изменений индекса экологической емкости и репродуктивной способности по кислороду для производств керамического кирпича и изделий из стекла и на территориях их расположения.

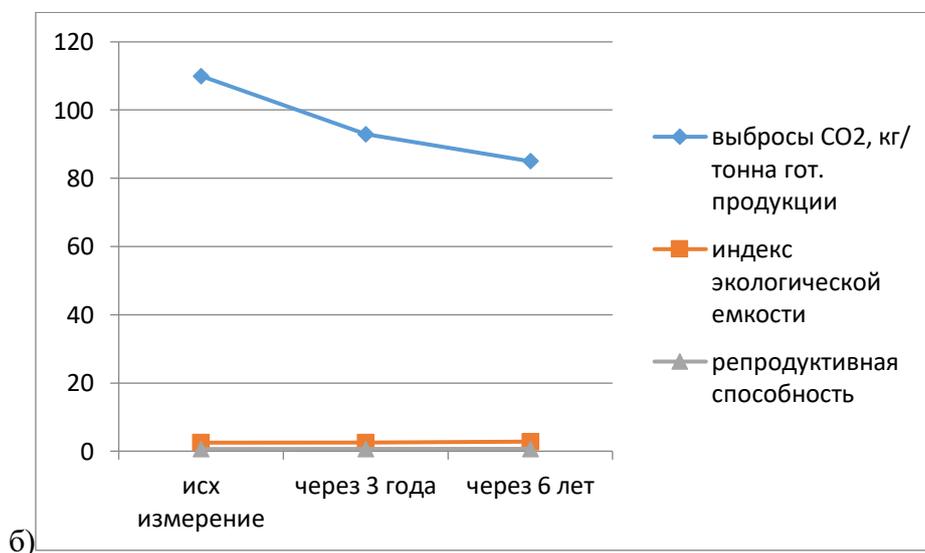
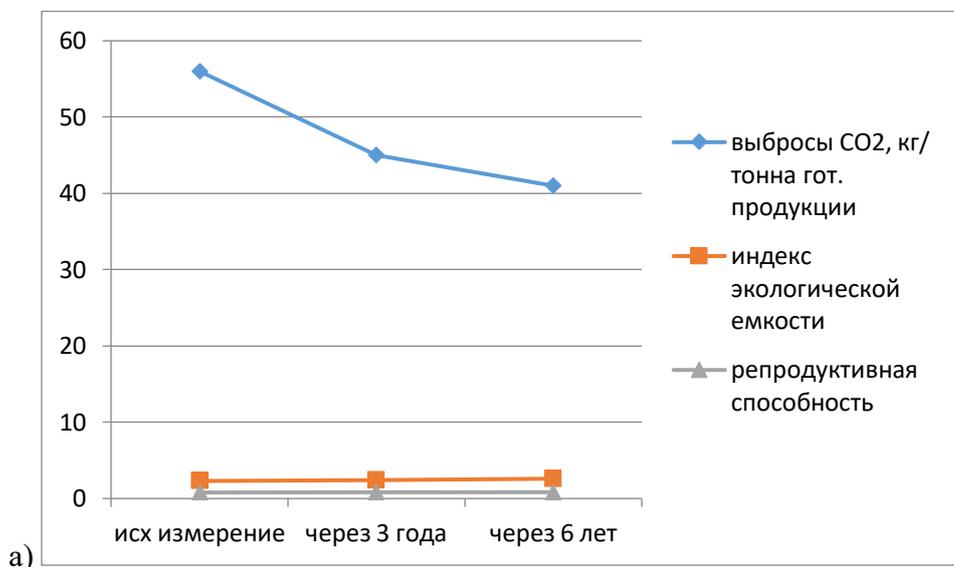


Рисунок 1. Сравнение снижения нагрузок на окружающую среду в результате внедрения наилучших доступных технологий по параметру удельных выбросов CO₂ и изменению экологической емкости и репродуктивной способности территорий: а) результаты для предприятия по выпуску керамического кирпича; б) результаты для предприятия по производству изделий из стекла.

Из данных рисунка 1 видно, что инженерно-экологические характеристики являются более инерционными показателями в сравнении с натуральными показателями выбросов от

конкретных производств, что не является удивительным, так как позитивные изменения в природной среде требуют определенного времени.

Сравнение территорий с объектами промышленности разных строительных материалов часто затруднительно ввиду смешанных производств в рамках промзон, где не представляется возможным выделение вклада каждого из типов производств в изменение инженерно-экологических характеристик. Тем не менее были рассмотрены экологическая емкость и репродуктивная способность территорий с объектами разных производств строительных материалов, которые позволяют сравнивать воздействия на окружающую среду.

Таблица 1. Сравнительные показатели экологической емкости и репродуктивной способности на территориях с производствами разных строительных материалов

| Наименование материалов, производство которых рассматривалось | Индекс экологической емкости территории | Репродуктивная способность территории по кислороду |
|---|---|--|
| Теплоизоляционные плиты из пенополиуретана | 1,9 | 0,72 |
| Керамический кирпич | 2,6 | 0,83 |
| Теплоизоляционные плиты из льна с армированием | 2,9 | 0,89 |

Из таблицы 1 можно сделать вывод о том, что предприятия с использованием токсичных для окружающей среды компонентов из синтетических полимерных материалов представляют большую опасность для окружающей среды, чем производства минеральных материалов, а производства строительных материалов из природных компонентов имеют наименьшие нагрузки на окружающую среду.

ВЫВОДЫ

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- инженерно-экологические характеристики территорий (в частности, экологическая емкость и репродуктивная способность) могут использоваться для оценки состояния зон, где расположены предприятия промышленности строительных материалов;
- эти параметры в перспективе могут использоваться как для эколого-экономической оценки на региональном уровне, так и для обоснования отнесения предприятий отнесения к классам экологической опасности;
- формирование карт с данными об экологической емкости территорий и их репродуктивной способности позволит пополнять геоинформационные данные для дальнейшего их применения в целях оценки воздействий на окружающую среду;

- изменение экологической емкости и репродуктивной способности территорий при внедрении на предприятиях строительных материалов наилучших доступных технологий происходит несколько медленнее, чем улучшение параметров выделения парниковых газов в окружающую среду;
- экологическая емкость и репродуктивная способность территорий не позволяют в достаточной степени характеризовать параметры биоразнообразия, для чего стоит применять дополнительные показатели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мусихина Е.А., Айзенберг И.И., Михайлова О.С. Пространственно-временной метод оценки экологической емкости территорий // Системы. Методы. Технологии. 2014. №2(22). С. 175-178
2. Булаева Н.М., Мусихина Е.А., Михайлова О.С. Информационная система мониторинга и комплексной экологической оценки природной среды регионов (на примере Иркутской области) // Геоинформатика. 2015. №1. С. 9-14
3. Zhang Y., Fan J., Wang S. Assessment of Ecological Carrying Capacity and Ecological Security in China's Typical Eco-Engineering Areas // Sustainability. 2020. 12. 3923
4. Баранник Л.П. Экологическая емкость территории (на примере муниципального образования «Новокузнецкий сельский район») // ЭКО-бюллетень ИнЭКА. 2008. №4(129)
5. Жук П.М., Лаврусевич А.А. Современные подходы к определению экологической емкости территорий для оценки строительной продукции // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2020. №1. С. 47-51
6. Жук П.М., Лаврусевич А.А. Геоэкологические аспекты анализа жизненного цикла строительных материалов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2020. №3(39). С. 99-111
7. Озерова Н.В., Мамина Д.Х., Рукавишников М.М. Парниковые газы и стройиндустрия // Сборник материалов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Геоэкологические проблемы техногенного этапа истории Земли. 2021. С. 108-111

ГОРОДА РОССИИ И ИНДЕКС ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Заиканов В. Г.

- кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, Институт геоэкологии им Е.М. Сергеева РАН (ИГЭ РАН), 101000 Москва, Уланский пер., 13, стр. 2

Булдакова Е. В.

- кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, Институт геоэкологии им Е.М. Сергеева РАН (ИГЭ РАН), 101000 Москва, Уланский пер., 13, стр. 2

Минакова Т. Б.

- кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, Институт геоэкологии им Е.М. Сергеева РАН (ИГЭ РАН), 101000 Москва, Уланский пер., 13, стр. 2

АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты расчета *Индекса геоэкологической безопасности* (ИГБ), реализованный на представительной выборке российских городов. На основе разработанной авторами методического подхода к определению ИГБ для 100 модельных городов России были обоснованы показатели и рассчитаны индикаторы, отражающие их современное геоэкологическое состояние. Получены индивидуальные количественные значения ИГБ для каждого города и представлена пространственное распределение полученных значений индекса. Результаты расчета ИГБ показали, что только каждый пятый город выборки по состоянию в настоящее время можно отнести к геоэкологически безопасным. Полученные данные ИГБ в дальнейшем возможно интегрировать в существующие информационно-аналитические системы по оценке экологического состояния городов России в целях решения задач повышения эффективности планирования урбанизированных территорий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геоэкологическая опасность/безопасность, индекс геоэкологической безопасности, индикатор геоэкологической безопасности, города России

ВВЕДЕНИЕ

Один из глобальных трендов развития городов в XXI в. – стремительная урбанизация в условиях меняющейся окружающей среды. Как отмечают эксперты ООН, урбанизация является мощным инструментом устойчивого развития, только в том случае, если ее процессы хорошо спланированы³. В настоящее время в городах России, так же, как и в мире, наметилась устойчивая тенденция роста населения. Сегодня почти 75% населения нашей страны проживает в городах, из них $\frac{3}{4}$ сосредоточены в городах с населением более 100 тыс. человек. Поэтому сегодня одной из актуальных задач становится обеспечение комфортной и безопасной городской среды, как основы дальнейшего устойчивого развития городов [1, 2, 13]. В России экологическая безопасность входит в число приоритетных направлений обеспечения национальной безопасности. Однако при оценке экологической безопасности городских территорий на практике рассматриваются только: загрязнение природных компонентов,

³<https://news.un.org/ru/story/2022/04/1422882>

обеспеченность водными ресурсами и сохранение биоразнообразия [4, 5, 6, 7, 1, 2, 8]. При планировании городской территории, проектировании и строительстве геоэкологические особенности территории учитываются недостаточно. Отмечается неудовлетворительное состояние геологической среды во многих городах. Увеличение частоты проявления опасных геоэкологических процессов требует дальнейшего развития системы показателей и индикаторов для их объективной оценки и дальнейшего учета при планировании городского пространства.

В настоящее время часто используемыми инструментами определения качества городской среды являются разнообразные индексы, представляющие собой комплексные количественные показатели. Индексы позволяют сравнивать города между собой на глобальном, национальном и региональном уровнях и разрабатывать рекомендации по улучшению и управлению городским пространством.

В работе представлен методический подход к определению количественных значений *Индекса геоэкологической безопасности* (ИГБ) на примере модельных городов с численностью населения более 100 тыс. человек. Основная задача исследований направлена на обоснование необходимости учета геоэкологических особенностей города при комплексной оценке его территории, которая представлялась бы индивидуальным индексом.

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ИНДЕКСА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Авторами предлагается рассматривать геоэкологическую безопасность городов как обратную величину геоэкологической опасности [9, 10]. Геоэкологические опасности подразделяются на два блока: природный и техногенный. Однако из-за тесного взаимодействия их составляющих в городах чаще всего выделяются природно-техногенные или геоэкологические процессы (опасности) [11]. При этом основными исходными показателями для оценки геоэкологической безопасности являются площади поражения природными процессами, аварийными разливами и т.п.

Согласно принятому критерию оценки геоэкологической опасности – минимальный вероятный ущерб от последствий проявления негативных природно-техногенных процессов, степень геоэкологической опасности города определяется величиной потенциального ущерба. Переход к оценке ущербов на начальном уровне позволяет избежать несопоставимости измерения учитываемых геоэкологических факторов в различных физических единицах.

Под индикатором понимается *показатель, отражающий ожидаемые негативные изменения состояния городской среды при проявлении геоэкологических процессов,*

измеряемые величиной потенциального ущерба. По своей сути индикатор – обоснованный количественный показатель – мера для сопоставления фактического состояния городской территории с планируемым уровнем безопасности (допустимый уровень ущерба/затраты на соответствующие природоохранные мероприятия).

Значения частных индикаторов рассчитываются на основе первичных данных о современном состоянии или возможном изменении геоэкологических условий на территории города. В итоге частные индикаторы позволяют судить об опасности отдельных геоэкологических процессов. Из их числа выбираются ведущие индикаторы, набор которых должен обеспечить достаточность определения индекса.

Сумма значений ведущих индикаторов – интегральный индикатор, является основой для определения ИГБ. Отнесенное к площади города интегральное значение геоэкологического индикатора позволяет сопоставлять города между собой по уровню геоэкологической опасности, а частные индикаторы – определять их геоэкологические проблемы.

Для многофакторной и объективной оценки ИГБ необходима достоверная информация, но в настоящее время существующая открытая статистическая база явно недостаточна. Основными источниками информации для формирования БД по городам и последующей оценки ИГБ служат данные государственной статистики (Росстат, Росреестр) и сведения, размещенные на сайтах администраций муниципальных образований.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Объектами настоящего исследования являлись территории городов. Выборка представлена 100 городами РФ с населением свыше 100 тыс. человек, расположенных в 71 субъекте в 8 федеральных округах. Общая численность населения городов выборки составляет 43% от городского населения страны. Выбранные города находятся в неодинаковых природно-климатических условиях, характеризуются различными социально-экономическими и экологическими, в том числе и геоэкологическими особенностями.

Определение ИГБ для городов осуществлялась на основе полученных значений интегрального индикатора, представляющего собой сумму ведущих индикаторов по четырем группам опасных геоэкологических процессов (ОГП).

Полученные в результате расчетов индивидуальные значения ИГБ для городов приводятся к 10 балльной шкале. Среднее значение ИГБ для всей выборки оценивается в 3.3 балла, чуть более 49 % городов получили оценку ниже 5 баллов. На следующем этапе было проведено ранжирование индивидуальных показателей ИГБ городов в баллах по 5 уровням

геоэкологической безопасности: < 0.75 — максимально опасный, 0.76-1.50 – опасный, 1.51-3.00 – минимально опасный, 3.01-6.00 – минимально безопасный, более 6.01 – безопасный.

На рис. 1. представлено пространственное распределение значений ИГБ. По результатам расчетов каждый пятый из выборки город может быть отнесен к группе геоэкологических безопасных. Половина городов выборки находится в переходной стадии от категории минимально опасных к категории минимально безопасных городов, среди них более 60% попадает в категорию минимально безопасных.



Рисунок 1. Результаты оценки геоэкологической безопасности модельных городов России

ВЫВОДЫ

Результаты расчета ИГБ показали, что только каждый пятый город выборки по состоянию в настоящее время можно отнести к геоэкологически безопасным. В тоже время, учитывая преобладание в выборке городов с максимальной техногенной нагрузкой (города-субъекты РФ не рассматривались), а также учитывая, что, около 50% городов находятся в переходной стадии от категории минимально опасных к категории минимально безопасных, можно сделать вывод о преобладании в России безопасных городов с геоэкологической точки зрения.

Использование ИГБ на уровне администраций отдельных городов потребует расширить и узаконить доступный перечень статистических показателей, что в свою очередь будет

способствовать стимулированию получения и анализа более полной информации о состоянии городской среды.

Интеграция ИГБ этапе в существующие информационно-аналитические системы позволит расширить доступный перечень статистических показателей на уровне отдельных городов, это в свою очередь приведет к повышению эффективности решения экологических проблем при планировании и проектировании городов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рейтинг устойчивого развития городов России, 2020. Вып. 8. <https://www.agencysgm.com/upload/iblock/513/51385c0f0ec17be0a989b7f371e928ca.pdf>
2. Рожков М.М. Индексы и индикаторы устойчивого развития как элемент качества жизни населения Российской Федерации // Экономика, статистика и информатика. 2015. №2. С. 113-117.
3. Michalina D., Mederly P., Diefenbacher H., Held B. Sustainable Urban Development: A Review of Urban Sustainability Indicator Frameworks. Sustainability. 2021; 13(16):9348. <https://doi.org/10.3390/su13169348>.
4. Арустамов Э.А. Рейтинги и критерии оценки экологического состояния городов и регионов России // Наукоедение. 2017. Т. 9. № 4. <http://naukovedenie.ru/PDF/41EVN417.pdf> (дата обращения: 21.07.2022).
5. Бобылев Н.Г., Гадаль С., Коновалова М.О., Сергунин А.А. и др. Ранжирование регионов арктической зоны Российской Федерации по индексу экологической безопасности // Север и Рынок: формирование экономического порядка. 2020. № 3(69). С. 17-40. DOI: 10.37614/2220-802X.2.2020.69.002.
6. Минакова Т.Б., Заиканов В.Г., Булдакова Е.В. Геоэкологический след в городах России: подходы, оценки, результаты // Геоэкология. 2020. № 6. С. 83-94. DOI: 10.31857/S0869780920060065.
7. Павликова О.В., Ферару Г.С. Методология определения экологических возможностей устойчивого развития региона // Экономика. Информатика. 2012. №1(120). С. 42-50.
8. Тронин А.А. Ранжирование регионов России по уровню экологической безопасности // Региональная экология. 2019. № 1 (55). С. 5-12. DOI:10.30694/1026-5600- 2019-1-5-12.
9. Минакова Т.Б., Заиканов В.Г., Булдакова Е.В. Подход к оценке загрязнения почвенного компонента природно-техногенных систем для геоэкологической безопасности города // Геоэкология. 2021. № 6. С. 89-96. DOI: 10.31857/S0869780921060060.
10. Тронин А.А. Ранжирование регионов России по уровню экологической безопасности // Региональная экология. 2019. № 1 (55). С. 5-12. DOI:10.30694/1026-5600- 2019-1-5-12.
11. Заиканов В.Г., Минакова Т.Б., Булдакова Е.В. Природно-техногенные геоэкологические опасности в городе: формирование, динамика, воздействие // Геоэкология. 2021. № 5. С. 45-59. DOI: 10.31857/S086978092105009X.

К ВОПРОСУ И ТЕХНОГЕННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ КСЕНОМОРФНОЙ ФАЗЫ РАЗВИТИЯ ЗЕМЛИ

Карлович И.А.

- доктор географических наук, профессор, Владимирский государственный университет, 600000, г. Владимир, ул. Горького, д. 68

АННОТАЦИЯ

В работе приведены общие сведения о техногенном загрязнении окружающей среды, по природе, объёму и площади, которая соизмерима с ксеноморфной фазой развития Земли.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: техногенез, поллютанты, антропогенез, ксеноморфизм

Согласно геологическому словарю, термин «ксеноморфный» применяется к минералам, которые не имеют свойственных им кристаллографических очертаний в силу того, что кристаллизуются позже других минералов (геол. Словарь, 1978, т.1, с.278). Обилие новых минералов и соединений, чуждых природе (поллютанты), открываемых ежегодно до 5 тыс. наименований, особенно органических, дало возможность Н.С. Волкову предложить феноменологическую модель развития города как геотехнической системы и смены состояния химических элементов в нём, в процессе развития общества (Волков, 2003, с.15).

Правомочность такого подхода к истории развития общества (1-я, 2-я технические революции и научно-технический прогресс), через город, городские агломерации и государства (развитые и развивающиеся) вполне актуально по следующим обстоятельствам: в настоящее время (2020 г.) в городах проживает около 80% всего населения Земли (от 7 млрд.); в них сосредоточено основное количество техники, транспорта и информационных систем (Карлович, 2020, с.56); население планеты (поглощает O₂ и выдыхает CO₂ -1,5 млрд. т. в год); техника и технологии (формируют глобальные техногенные процессы, вещества и энергии). Так, общая масса вещества, задействованного в антропогенном круговороте на Земле превысила в 2002 г. 4 трлн.т. Жилищно-коммунальные отходы в объемах стали превышать объемы производственных отходов. В водоемы выбрасывается до 3,9 млрд. т. жидких и до 0,7 млрд.т. твердых отходов в год. В атмосферу вместе с техногенной пылью и газом стало поступать до 530 кДж теплоты в год, что может являться одной из причин потепления климата. Есть предположение, что избыточное поступление техногенного CO₂ в атмосферу привело к региональным пожарам в Евразии. Почти во всех государствах территории испытали антропогенную нагрузку и лишь у некоторых имеются ненарушенные земли: в России (69%), в Китае (20%) и в Финляндии (9%). Остался в мире резерв ненарушенных земель (39%), но там нет никакого производства: Антарктида, Арктика и высокогорные регионы.

Загрязнения государств (территорий) приняли специфическую-геохимическую нагрузку (тяжелые металлы), органогенную (углеводороды, синтетики, пластмассы и пр.) и электронную (информационная среда (sinergonet)).

Антропогенная нагрузка на окружающую среду определяется развитостью государства (табл.1).

Таблица 1. Причины деградации земель в Мире (данные ООН, по состоянию на 2015 г.)

| Регион | Обезлесение, % | Сверх эксплуатация, % | Перевыпас, % | С/х деятельность, % | Индустриализация, % |
|----------------|----------------|-----------------------|--------------|---------------------|---------------------|
| Весь Мир | 30 | 7 | 35 | 28 | 1 |
| Европа | 38 | 11 | 23 | 29 | 9 |
| Африка | 14 | 13 | 49 | 24 | 0 |
| Азия | 40 | 6 | 26 | 27 | 1 |
| Океания | - | 12 | 80 | 8 | 0 |
| Сев. Америка | - | 4 | 30 | 66 | 4 |
| Южн. Америка | 41 | 5 | 28 | 26 | 0 |
| Центр. Америка | 22 | 18 | 15 | 45 | 0 |

Причем, на некоторых территориях, испытавших техногенную и антропогенную трансформацию, почти не осталось природных экосистем: в тундре их осталось 30%, в тайге – 20%, в широколиственных лесах и степях - 0%, в пустынях и во влажных тропических лесах - 30-40%, в манграх – 5%, в саваннах – 10% (Исаков и др. 1980, с.16).

Показательны соотношения площадей естественных и антропогенных пустынь в Мире. Сильно пострадали от антропогенного влияния Евразия и Африка (табл.2).

Таблица 2. Соотношение площадей естественных и антропогенных пустынь в Мире, млн.км.кв. (данные ООН, 2015г.)

| | Африка | Азия + Европа | Австралия | Сев.Америка | Южн.Америка |
|-----------------------|--------|---------------|-----------|-------------|-------------|
| Естественные пустыни | 11,7 | 9,1 | 3 | 0,8 | 0,7 |
| Антропогенные пустыни | 7,9 | 13,4 | 3,6 | 6,5 | 4,7 |

Пагубность лесных пожаров, вырубка лесных массивов: Бразилия, Центр.Америка, Россия, привели к уменьшению биопродуктивности планеты на $\frac{1}{3}$ (данные ООН, 2022). К чертам глобального экологического кризиса следует отнести 1-ю и 2-ю Мировые войны; военные конфликты в Югославии, Арабских странах, на Украине, в Чернобыле, Челябинске (1958 г.), авария на нефтяной скв. в Мексиканском заливе, подрыв газопровода в Белом море (вышло наружу 800 млн.куб.м. газа (сентябрь 2022г), сброс на Хиросиму и Нагасаки (1945г)

атомных бомб (погибло 80 и 60 тыс. человек). Эти трагедии носят глобальный характер, приводят к деградации окружающей среды и режиму дезадаптации биокосных объектов.

Экологический кризис охватил практически все страны. Его проявление в разной степени отразилось почти на всех сферах географической области, задействованной в антропогенной деятельности общества. Это загрязнение экосфер поллютантами, в первую очередь тяжелыми металлами, газами и кислотами. Процесс поставил в окружающую среду обществом техногенных веществ (поллютантов), стал соизмеряться с объемом продуцирования органического углерода от жизнедеятельности растительности (фотосинтез), поверхности океана (фотодиссоциация лучистой энергии Солнца). Неконтролируемое поступление в окружающую среду техногенных веществ теоретически может вызвать проявление климатического фактора, отделение вспышки которого известны во многих регионах Земли. Речь идет о пожарах, охватывающих в 2020-2022 гг. Америку Северную и Южную, Европу: Франция, Испания, Италия, Германия, Греция, Англия; Азию: Кавказ, Россия, Индонезия и Австралия. Кстати, пожары в России в 2022 году на северо-востоке, дошли до Южной Якутии вплоть до Хабаровского края (данные 1-го канала).

Основу техногенного загрязнения окружающей природной среды представляет добыча и использование минерального сырья. В год добывают в среднем до 120 Гт сырья, из которых 100 Гт – рудные и 20 Гт – углеводороды. Каждый 10-15 лет объем добычи удваивается. Так, например, в 1900 г в Мире было извлечено из недр Земли 12 млрд.т сырья, в 1950 г – 60 млрд.т., в 1980 г – 120 млрд.т., в 2000 г- 280 млрд.т. (Карлович, 2003,с.26).

В.В. Добровольский отмечал, что почвы Мира повсеместно испытали лимонизацию (Добровольский,1998, с.106), а работы В.А. Алексеенко и Глазовской М.А., подтверждают значительное загрязнение почв России тяжелыми металлами (Алексеенко, 2000, с.86; Глазовская, 1988, с.160).

Напрашиваются два вывода: первый вывод определяет антропогенный процесс в качестве геологической силы, который превышает значения геологического преса, т.к. он происходит в сжатые сроки, в отличие от природного геологического процесса. «Например, в Курильских островах протяженностью 1200м находятся 32 вулкана; с 1930 по 1963 г. извергнуто 2,6 км³ вулканического материала, в среднем составляет 0,08 км³ в год или 6,7 * 10⁻⁵ км³ в год на 1 км² острова; на территории Кривого рога протяженностью 75 км действуют 7 карьеров и 8 подземных рудников; с 1953г по 1991 извлечено не менее 2,2 км³ горных пород; в среднем это составляет 0,06 км³ в год или 8,0 * 10⁻⁴ км³ в год на 1 км протяженности территории.» (Наумов, с.239).

Второй вывод определяет антропогенную деятельность общества в качестве техногенной составляющей ксеноморфной фазы развития окружающей среды в планетарном масштабе.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев В.А.* Экологическая геохимия. Учебник // М.: Логос. 2000. 127 с.
2. *Волков Н.С.* Геохимическая эволюция кадмия в естественном и природном циклах миграции // Техногенез и геохимическая эволюция таксонов биосферы. М.:Наука. 2003. С.113-140.
3. *Глазовская М.А.* Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. // М.: Высшая школа, 1988.
4. *Исаков Ю.А., Н. С. Казанская, Д. В. Панфилов* Классификация, география и антропогенная трансформация экосистем. // М.: Наука, 1980. 226 с.
5. *Карлович И.А.* Основы техногенеза. Кн.2. Факторы загрязнения окружающей среды // Владимир: ВГПУ. 2003. 544с. ISBN 5-87846-401-2.
6. *Карлович И.А.* Современный техногенез. учебн. Пособие // Владимир: ВлГУ им.Столетовых, 2015. 165с. ISBN 978-5-9984-0614-0.
7. *Карлович И.А.* Основы региональной геоэкологии: учебное пособие/ И.А.Карлович: ВлГУ им.Столетовых. Владимир: изд-во ВлГУ. 2020. 160 с. ISBN 978-5-9984-1164-9.
8. *Наумов Г.Б.* Геохимия биосферы. Учебное пособие // М.: Издательский центр «Академия». 2010. 384 с.

ПРИЧИНЫ РАЗВИТИЯ СУФФОЗИОННОГО ПРОЦЕССА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ФУНДАМЕНТОВ ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ

Кашперюк П.И.,

- доцент, кандидат геолого-минералогических наук, Национальный исследовательский университет Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26

Москалев Д.С

- инженер-геолог ООО научно-производственная фирма «Специальные изыскания для высотного строительства», 117393, Москва, ул. Архитектора Власова дом 45А

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены основные техногенные факторы приводящие к развитию механической суффозии в процессе строительства и эксплуатации зданий и сооружений с глубоким заложением фундаментов. На конкретном объекте исследована динамика развития восходящего суффозионного процесса «вулканического» характера («псевдовулканической суффозии»), вызванной систематическим водопонижением и нарушением сплошности толщи верхнего водоупора при производстве строительных работ. Результаты исследований позволили впервые оценить возможности применения двух методов определения развития процесса восходящей суффозии во времени; методом измерения скважностей каверномером и методом заполнения скважностей песком средней крупности до полного заполнения сформировавшегося объема.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: механическая суффозия, псевдовулканическая суффозия, связный и несвязный грунты, градиент напора, скорость фильтрационного потока, размываемость связных грунтов, водопонижение, вертикальный противофильтрационный экран.

ВВЕДЕНИЕ

Современное строительство заглубленных подземных сооружений, как правило, основывается на необходимости осуществления водопонижения приповерхностных подземных вод в период производства строительных работ. Основным конструктивным решением для защиты разрабатываемых котлованов от водопритоков в них подземных вод является возведение «стены в грунте». Реализация проектного решения по строительству вертикального противофильтрационного экрана предполагает исключение естественного повышения уровня подземных вод в пределах площади котлована. Однако, практика строительства вертикальных противофильтрационных экранов свидетельствует, что «стены в грунте» во многих случаях не обеспечивают надежной гидроизоляции.

УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ СУФФОЗИОННОГО ПРОЦЕССА

В качестве наглядного примера рассмотрим инженерно-геологические условия строительства на участке вблизи со станцией метро «Юго-Западная». Работы нового владельца

здания по возобновлению строительства были начаты во второй половине 2021г. с откачки воды из подземной части здания, уровень которой находился на отметке 170.0 м, то есть на 0.35 м выше пола третьего подземного этажа. С того времени уровень подземных вод в пределах контура здания поддерживается на отметках 162.7-161.7 м, хотя в водозаборном зумпфе он понижается до отметки 159.7 м.

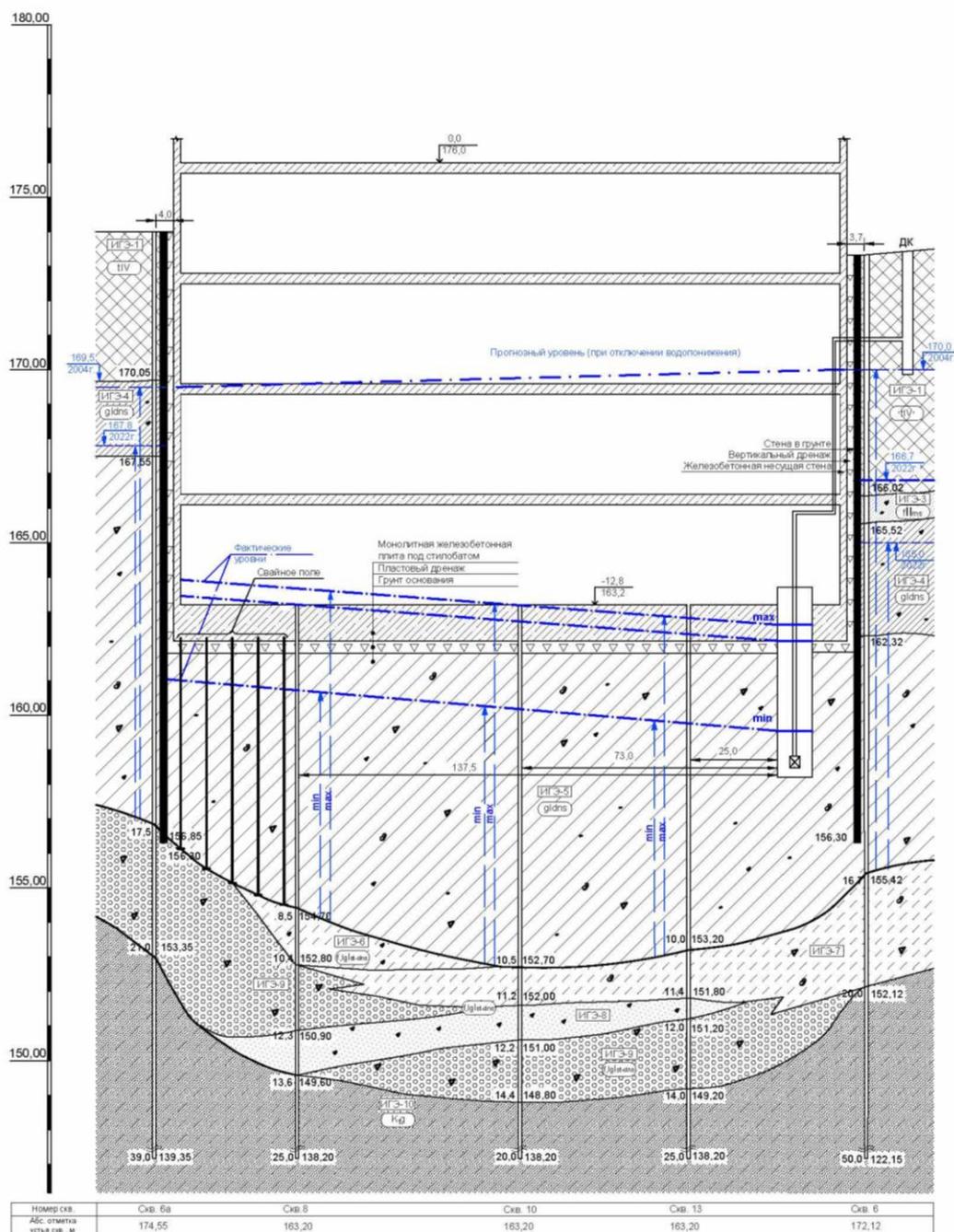


Рисунок 1. Схематические инженерно-геологический и гидрогеологический разрез строящегося здания

Анализ сформировавшегося в пределах участка гидрогеологического режима второго от поверхности надюрского межпластового напорного водоносного горизонта свидетельствует о

том, что осуществляющаяся откачка воды из оборудованного зумпфа в пределах подземной части строящегося здания из пластового дренажа понижает уровень воды не первого от поверхности водоносного горизонта грунтовых вод, попадающих в пластовый дренаж через “стену в грунте” и вертикальный дренаж, для чего собственным проектом и была предусмотрена дренажная система, а второго основного надюрского межпластового напорного водоносного горизонта. Очевидно, что при существующем геологическом строении грунтовой толщи поступление напорных межпластовых вод в пластовый дренаж возможно только в результате нарушения сплошности толщи моренных суглинков, являющихся непосредственными грунтами основания и верхним водоупором межпластовых вод, в процессе производства строительных работ нулевого цикла.

О поступлении в толщу пластового дренажа напорных вод свидетельствует:

– значительный объем откачиваемой из дренажной системы воды – не менее 218 м^3 за 16 часов работы насоса производительностью $34 \text{ м}^3/\text{час}$ – что более чем в 3 раза превышает возможный водоприток в котлован первого от поверхности грунтовых вод ($72.0 \text{ м}^3/\text{сут}$) при условии отсутствия вообще вертикального экрана;

– более низкие значения абсолютных отметок пьезометрических уровней напорных вод в скважинах за пределами “стены в грунте” в настоящее время при постоянных откачках из дренажей, чем они были в 2004 году во время первых изысканий на площадке, например, скважина б – 170.4 м (2004 г.) – 165.0 м (2022 г.); скважина ба – 169.5 м (2004 г.) – 167.8 м (2022 г.). В первом случае уровень опустился на 5.4 м , а во втором на 1.7 м ;

– в скважинах, расположенных за пределами “стены в грунте”, наблюдается значительная разница абсолютных отметок пьезометрических уровней воды (до 2.8 м , в то время как в 2004 году она не превышала 0.5 м), при этом минимальные значения высоты напора отмечаются в скважинах, расположенных вблизи зумпфа.

Таким образом, сформировавшиеся в процессе строительства геологические и гидрогеологические условия, обусловленные конструктивными особенностями подземной части сооружения и систематическим водопонижением в пределах контура здания, вызваны в первую очередь нарушением сплошности толщи верхнего водоупора межпластовых напорных вод и указывают на безусловное развитие здесь вертикальной суффозии водовмещающих неоднородных песчаных и дресвяно-щебнистых грунтов основания. Однако, процесс вертикальной суффозии протекает не только в несвязных грунтах основания, но и как нами было выявлено в процессе изысканий, еще и в моренных суглинках, являющихся верхним водоупором напорных вод, и вызван интенсивным размыванием вертикальных стенок скважностей, сформировавшихся в местах достижения подземными конструкциями кровли

водоносного горизонта [2]. Согласно определению В. П. Хоменко, 2003(3) такой тип внешней суффозии можно относить к восходящей суффозии “вулканического” характера или к “псевдовулканической суффозии”

РАЗМЫВАНИЕ СТенок СКВАЖНОСТЕЙ ВЕРТИКАЛЬНЫМ ВОДНЫМ ПОТОКОМ

Процесс интенсивного размывания стенок скважностей, образовавшихся в верхней водоупорной толще суглинков был установлен при производстве буровых и зондировочных работ, осуществляемых с поверхности фундаментной плиты. В ряде намеченных скважин (в трех из шести) испытание грунтов статическим зондированием было проведено до бурения. Во всех трех точках при достижении кровли гравийно-галечниковых грунтов на глубинах 9.5-12.0 м от условного нуля был получен отказ в проникновении зонда диаметром 38 мм при нагрузке 10 т. Через три дня в местах проведения испытания глинистых грунтов было осуществлено бурение скважин диаметром 108 мм. Однако во всех скважинах до глубин 9.5-12.0 м имел место провал бурового снаряда, что свидетельствовало о расширении полостей диаметром 38 мм до размеров превышающих 108 мм.

Измерения каверномером показали, что через 5 суток диаметр скважностей на глубине 3.0 м (на 1.5 м ниже проектной отметки дна котлована) составил ≈ 140 мм, а на глубине 8.5 м не менее 310 мм. Следует отметить, что форма скважностей в сечении довольно изометричная. Результаты замеров позволили оценить интенсивность размыва суглинистых стенок сквозных вертикальных полостей, которая на глубинах 3.0 и 8.5 м составила за 5 суток от 0.042 см/час до 0.11 см/час, соответственно.

Таким образом размывание суглинистых стенок сквозных вертикальных скважностей в толще водонепроницаемых моренных суглинков может являться дополнительным фактором суффозионного привноса дисперсных (песчаных, пылеватых и глинистых) частиц в толщу пластового дренажа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Присутствие подземных вод непосредственно под фундаментами глубокого заложения (плитой) внутри “стены в грунте”, приводящее к нарушению проектных отметок и всплытию сооружения, связано исключительно с геологическим строением и гидрогеологическими условиями территории строительства. Наиболее типичными являются условия, когда подземные (грунтовые или межпластовые напорные) воды находятся в сжимаемой толще грунтов основания, а их уровни, включая пьезометрический, находятся вблизи поверхности земли.

Глубокое заложение фундаментов в сочетании с систематическим водопонижением внутри “стены в грунте” и конструктивными особенностями фундаментов и сопутствующих им дренажных систем способствуют развитию суффозионного процесса в водовмещающих несвязных грунтах как внутри “стены в грунте”, так и снаружи. В рассмотренном нами случае, при нарушении сплошности водонепроницаемой толщи и возникновения вертикальных потоков напорных вод, имеет место не только интенсивное развитие восходящей суффозии “вулканического” характера («псевдовулканической суффозии») в водовмещающих несвязных грунтах, которая приводит к их разуплотнению и снижению несущей способности, но и к развитию крупных полостей в толще глинистых грунтов основания за счет размывания стенок скважностей, возникших в процессе строительства фундаментов или производства инженерных изысканий, способных привести к провальным явлениям в грунтах непосредственного основания сооружения.

В подобных случаях процесс размывания стенок скважностей в глинистых грунтах осуществляется не только за счет высоких скоростей (силы потока) восходящего водного потока, но и шлифования и истирания стенок твердыми частицами (коррозии), составляющими массу суффозионного переноса.

При производстве инженерно-геологических изысканий в приведенных выше условиях особое внимание изыскатели должны обращать на гидрогеологические особенности участка, определять основные гидрогеологические параметры встреченных водоносных горизонтов и вмещающих их грунтов только методом кустовых откачек.

Важнейшим условием производства инженерных изысканий, при выявлении в грунтах основания высоконапорных межпластовых водоносных горизонтов, должно являться обязательное тампонирующее разведочных скважин высокомарочным бетонным раствором в интервале глубин залегания подошвы верхнего водоупора и, как минимум, проектной отметкой дна котлована, сразу после окончания бурения скважины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инженерная геология России: [монография]/ под общей редакцией В.Т. Трофимова – М: Издательский дом «КДУ», 2011. Том 2. Инженерная геодинамика территории России: [монография]/ под редакцией В.Т. Трофимова и Э.В. Калинина – М: Издательский дом «КДУ», 2013. – 816 с.
2. Основные экзогенные процессы/ В.И. Осипов, В.М. Кутепов, В.П. Зверев и др.; по ред. В.И. Осипова. М.: ГЕОС, 1999 – 271 с.
3. Хоменко В.П. Закономерности и прогноз суффозионных процессов // М.: ГЕОС, 2003 – 216 с.
4. Щербаков С.В. Прогнозирование устойчивости сооружений в зависимости от суффозионности грунтов // Трофимуковские чтения. – Новосибирск: Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, 2013. – С. 584–586.

УДК: 55.550

ЭКЗОГЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ТРУБОПРОВОДА НА ТЕРРИТОРИИ ГЫДАНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Колчин И.М.

– магистрант кафедры Инженерной и экологической геологии МГУ имени М.В. Ломоносова, 119234, г. Москва, ГСП 1, Ленинские горы

Фуникова В.В.

- кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник кафедры Инженерной и экологической геологии МГУ имени М.В. Ломоносова, 119234, г. Москва, ГСП 1, Ленинские горы

Ермолинский А.Б.

– аспирант кафедры Инженерной и экологической геологии МГУ имени М.В. Ломоносова, 119234, г. Москва, ГСП 1, Ленинские горы

АННОТАЦИЯ

Освоение углеводородных месторождений Северных территорий России является одной из актуальных задач современности. Все большие территории оказываются вовлеченными в инженерно-хозяйственную деятельность человека. В данной работе приведено исследование опасных инженерно-геологических процессов, приуроченных к участку наземного трубопровода на территории Салмановского месторождения в северной части Гыданского полуострова и выявление основных закономерностей их развития. На основе анализа результатов специальных геотехнических исследований и наблюдений дается общая характеристика формирования процессов. Приводится связь между принадлежностью отложений к литолого-генетическим комплексам, геоморфологическим строением территории и проявлениям экзогенных геологических процессов в зоне влияния трубопровода.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: территория криолитозоны, инженерно-геологические процессы, наземный трубопровод, геоморфологический элемент

ВВЕДЕНИЕ

Целью настоящей работы является изучение опасных инженерно-геологических процессов, приуроченных к участку трубопровода на территории Салмановского месторождения, выявление закономерностей их развития.

Своевременное обнаружение проявления данных процессов и предотвращение их развития представляется чрезвычайно важной задачей ввиду стратегической значимости инфраструктурных объектов, приуроченных к Салмановскому месторождению Гыданского полуострова, и для обеспечения энергетической безопасности [1].

Ямало-Ненецкий автономный округ занимает одно из ведущих мест в России по запасам углеводородов, особенно природного газа и нефти. На территории Ямало-Ненецкого автономного округа расположены 12 крупнейших месторождений: Уренгойское газовое, Южно-Русское нефтегазовое, Южно-Тамбейское газовое, Утреннее и др. Большая часть крупных и уникальных месторождений нефти и газа Западной Сибири, находящихся в

эксплуатации многие десятилетия, в значительной мере истощены, и центры нефтегазодобычи постепенно смещаются далее на север, на полуострова Ямал и Гыданский [2].

Развитие экономики автономного округа связано с реализацией крупнейших инвестиционных проектов, которые направлены на комплексное освоение углеводородных месторождений, что подразумевает прокладку трубопроводов, развитие транспортной сети и требует проведения специальных геотехнических исследований и наблюдений.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Обследование территории участка трубопровода проводилось с целью выявления проявлений геологических и инженерно-геологических процессов, регистрации их распространения и визуальное описание, также полевые работы включали в себя инструментальные наблюдения за вертикальными перемещениями опор трубопровода, которые авторами принимались как косвенные свидетельства развития различных инженерно-геологических процессов на участке газопровода.

Методика исследования включает в себя проведение геотехнического мониторинга участка газопровода [3, 4]. При проведении мониторинга проводились наблюдения за следующими параметрами: температурой грунтов; деформациями грунтов (вертикальные перемещения грунтовой поверхности – поднятие, осадка); грунтовыми водами и за параметрами, характеризующими развитие негативных процессов и явлений (заболачивание и подтопление территории, эрозия и термоэрозия, термокарст, криогенное растрескивание грунтов, криогенное пучение и т.п. (размеры и площадь проявлений, высота или глубина и т.д.). Проводился анализ и обобщение данных геотехнического мониторинга методом экспертной оценки. Сеть геотехнического мониторинга состоит из деформационных марок (ДМ) – 81 шт.; глубинных реперов (РП) – 1 шт.; термометрических скважин (ТС) – 5 шт. и гидрогеологических скважин (ГС) – 1 шт.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Салмановское месторождение расположено на территории Тазовского района Ямало-Ненецкого автономного округа в северной части Гыданского полуострова и частично в акватории Обской губы, в зоне распространения многолетнемерзлых пород, состояние которых во многом определяется условиями формирования грунтов - морские засоленные отложения. В результате активной разработки данного месторождения на его территории происходит изменение инженерно-геокриологических условий, соответственно образуются и активизируются инженерно-геологические процессы, которые могут представлять значительную опасность для существующих инженерных сооружений [5].

В ходе маршрутного обследования было выявлено распространение проявлений процессов вдоль трубопровода, которые приурочены в свою очередь приурочены к различным геоморфологическим элементам территории.

По данным маршрутных наблюдений и анализа космических снимков было проведено районирование территории по геоморфологическим элементам. Исследуемый участок газопровода приурочен к следующим геоморфологическим элементам: поверхность поймы и надпойменной террасы (сложенные аллювиальными песками мелкими, льдистыми, незасолёнными), наклонная поверхность, приуроченная к водоразделу (сложенная лагунно-морской глиной легкой пылеватой, мерзлой, льдистой, средnezасолённой), непосредственно поверхность водораздела, местами частично эродированная (сложенная флювиогляциальными песками мелкими, пылеватыми мерзлыми, льдистыми, незасолёнными).

Замеры по деформационным маркам методом проложения нивелирного хода II класса при режимном замере по сети геотехнического мониторинга выполнено по глубинным реперам. В ходе работ было осмотрено и отnivelировано 81 деформационная марка. По данным нивелирования выделяются участки с наибольшей амплитудой пучения, которые характерны для наклонной поверхности водораздела лагунно-морских отложений.

По данным термометрических наблюдений на участке газопровода мощность сезонно-талого слоя изменяется от 1,1 до 1,8 м. Анализ температур показал, что мощность сезонно-талого слоя во всех скважинах увеличилась в среднем на 15 -25 см за 2 года в неэксплуатационном режиме газопровода. Причиной увеличения мощности сезонно-талого слоя на участке газопровода можно считать изменение естественных условий (а именно – инженерной подготовкой к строительству, возведение свайных полей).

Результат маршрутных наблюдений может быть представлен в виде схемы (см. ниже) распространения проявлений геологических процессов с расчлененными геоморфологическими элементами. Экзогенные геологические процессы приурочены преимущественно к склону водораздельной поверхности с углом наклона не более 7°.

ВЫВОДЫ

Основные выводы можно сформулировать следующим образом:

– анализ данных деформационных марок и термометрических скважин показал, что в неэксплуатационном режиме газопровода за 2 года глубина сезонно-талого слоя в среднем увеличилась на 20 см. Высокая активность перемещения свай отмечена исключительно для

участков с углом наклона более 7°, для которых и характерно активное проявление эрозионных процессов;

– даже столь незначительное увеличение мощности сезонно-талого слоя влияет на возникновение и активизацию инженерно-геологических процессов в пределах эрозионного склона и слабонаклонной водораздельной поверхности, которые являются уязвимыми зонами по трассе газопровода с точки зрения устойчивости опор;

– техногенное воздействие – главный фактор изменения инженерно-геологических условий территории распространения многолетнемерзлых пород, поэтому на участках с наклонным рельефом требуется проведение профилактических мероприятий по стабилизации развития неблагоприятных геологических процессов.

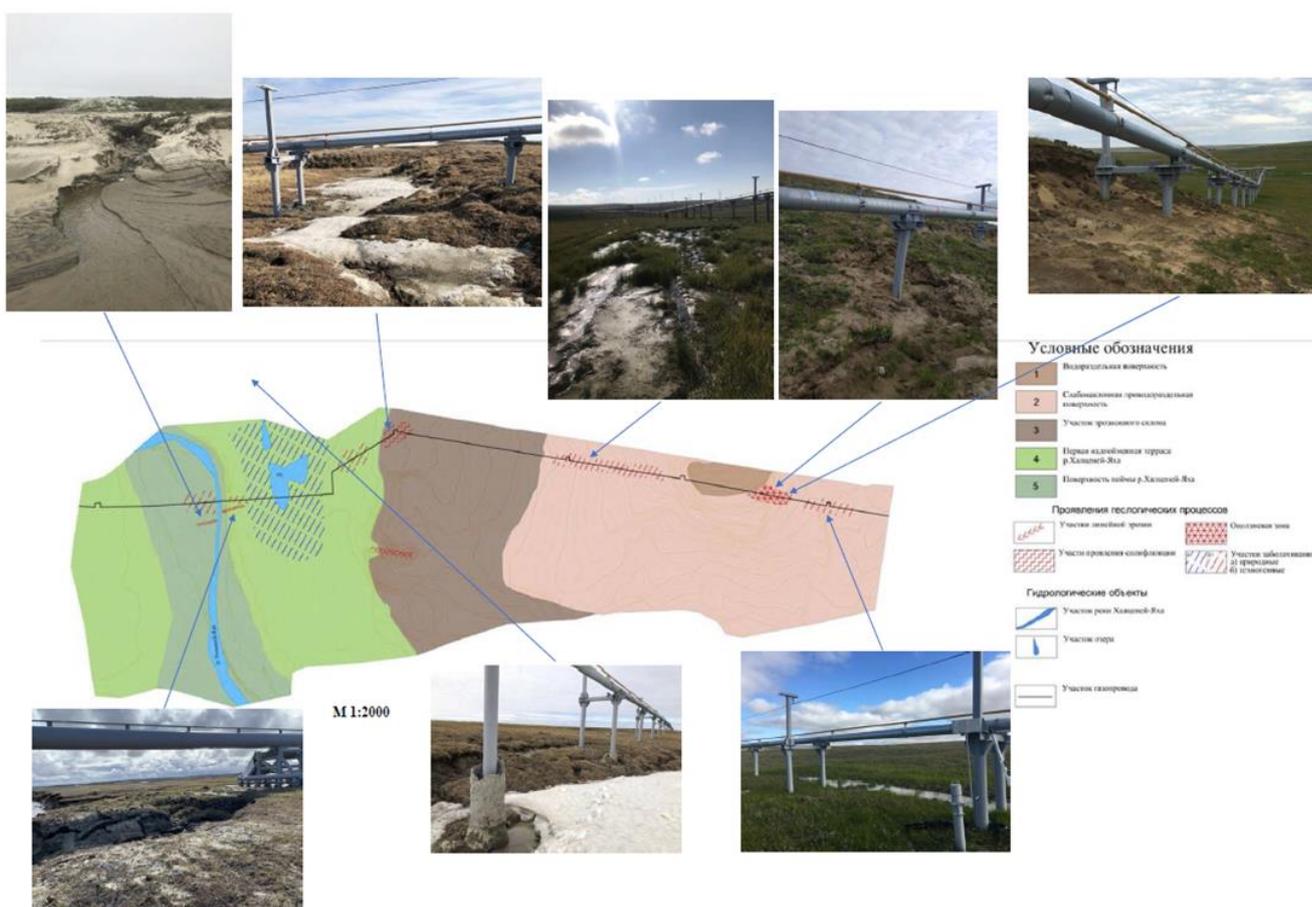


Рисунок 1. Схема районирования территории по геоморфологическим элементам и проявлению геологических процессов

ЛИТЕРАТУРА

1. *Шполянская Н. А.* Климат и его динамика в плейстоцене-голоцене как основа для возникновения разнообразных рисков при освоении районов криолитозоны // Геориск. 2019. Т. XIII. № 1. С. 5–24.
2. Вечная мерзлота и освоение нефтегазоносных районов. Под редакцией Е.С. Мельникова (части I, III) и С.Е. Гречищева (части II, III, IV). М.: ГЕОС, 2002. 402 с.
3. *Болдырев Г.Г., Живаев А.А.* Геотехнический мониторинг // Инженерные изыскания. 2013. № 10-11. С. 22-27.
4. *Гаврилов А. Н., Грязнова Е. М., Борчев К. С.* Мониторинг деформационного поведения зданий, попадающих в зону влияния нового строительства // Промышленное и гражданское строительство. 2007. № 4. С. 61-63.
5. *Инженерно-геологические условия Гыданского полуострова* : [Метод. пособие] / МГУ им. М. В. Ломоносова, Геол. фак.; Под ред. В. Т. Трофимова. - М.: Изд-во МГУ, 1986. 211 с.

ДЕФОРМИРОВАНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД ВБЛИЗИ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА ПРИ СОЗДАНИИ ПОЛОСТИ ДЛЯ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА БОЛЬШОЙ ГЛУБИНЕ

Макеева Т.Г.

- доцент, кандидат геолого-минералогических наук, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

Трофимов В.А.

- доктор технических наук, главный научный сотрудник, Институт проблем комплексного освоения недр им. Н.В. Мельникова РАН, 111020, г. Москва, Крюковский тупик, д. 4

АННОТАЦИЯ

Формирование подземных полостей с открытым выработанным пространством является в настоящее время одним из актуальных направлений в гражданском и специальном строительстве. Подобного рода сооружения должны иметь достаточное геомеханическое обоснование своей надежности, обеспечивающей длительную эксплуатацию. В статье рассматриваются закономерности напряженно-деформированного состояния и разрушения массива горных пород вблизи полости, сформированной на большой глубине. Глубина считается большой, когда при оценке состояния массива можно пренебречь взаимным влиянием земной поверхности и образующейся полости. Рассмотрены варианты, когда высота полости незначительна в сравнении с ее протяженностью, что позволяет использовать аналитическое решение в рамках теории функций комплексного переменного. Помимо этого, рассмотрена ситуация, когда высота полости и ее протяженность сопоставимы, и решение строится в рамках численной процедуры.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: выработанное пространство, пластообразная залежь, подземные сооружения, аналитическое и численное моделирование, критерий разрушения, огибающая кругов Кулона-Мора

Подземные сооружения гражданского, военного и специального назначения широко используются в настоящее время. Очевидно, что во многих случаях они обладают рядом существенных преимуществ в сравнении с наземными. Они не привязаны к ландшафту и могут располагаться практически в любом месте, в том числе независимо от наземной инфраструктуры. При этом они надежно защищены от различных неблагоприятных воздействий, в

частности таких, как погодные и климатические факторы. Немаловажным является защита от взрывного воздействия и проникающей радиации, что обеспечивает их повышенную устойчивость к действию средств массового поражения, что является неотъемлемым условием обеспечения обороноспособности страны.

Что касается использования подземного строительства в гражданской сфере, нужно отметить, что высокий уровень урбанизации, рост городов и ряд других факторов обуславливают высокую степень освоения подземного пространства в городах. Это позволяет в значительной мере высвободить дефицитные территории, а также улучшить состояние городской среды. В этой связи необходимо широко использовать и развивать существующий опыт реализации данного вида ресурсов и возможности его применения при создании новых гражданских городских объектов в подземном пространстве. Последнее часто рассматривается как совокупность естественных или искусственно созданных полостей в недрах земли, используемых для хозяйственных или иных целей.

Такого рода полости могут располагаться как в непосредственной близости от земной поверхности (на глубинах 5-50 метров), так и на значительных глубинах (более 100 метров). При этом критерием отнесения полости к глубоко расположенным является отсутствие взаимного влияния полости и земной поверхности. При теоретических расчетах состояния такой полости и окружающего ее массива можно исходить из допущения о неограниченной сплошной среде, что существенно упрощает проведение исследований без потери точности. Тем не менее, учет влияния поверхности не представляет собой непреодолимую преграду и рамках численного моделирования могут быть получены приемлемые результаты.

Подземные сооружения располагаются в подземных полостях, как правило техногенного происхождения. При этом вмещающий массив горных пород может обладать широким спектром свойств, в том числе

деформационно-прочностных, что предопределяет различные технологии создания полостей и различные условия эксплуатации сооружений. В малопрочных породах, как правило, необходимо наличие прочной оболочки, препятствующей обрушению кровли и стенок выработанного пространства (как в тоннелях). В противном случае будут происходить большие деформации и, как следствие, разрушения пород массива, в некоторых случаях распространяющиеся вплоть до дневной поверхности. В прочных скальных породах такое развитие процессов маловероятно, и выработанные пространства даже большой протяжённости остаются устойчивыми без какой-либо крепи (в частности, машинные залы подземных электростанций, станции метрополитена (в странах Скандинавии) и др.). Тем не менее, ввиду того, что и скальные породы имеют вполне конкретные прочностные свойства, должна быть выполнена оценка предельных допустимых размеров обнажений, превышение которых недопустимо. Такого рода исследования выполнялись на протяжении многих лет, и особенно интенсифицировались с появлением современных вычислительных возможностей. При этом важная роль отводилась изучению свойств пород массива, характера их деформирования и разрушения, а также формированию расчетных моделей, описывающих рассматриваемые процессы. Множество работ относилось к решению достаточно сложной задачи взаимодействия подземного сооружения и вмещающих пород (скажем, тоннелей). В меньшей степени рассматривались полости со свободной поверхностью, это в основном было связано с горнодобывающей промышленностью.

Далее ограничимся рассмотрением подземных сооружений именно такого типа. Вмещающий массив будем считать скальным (полускальным), для описания которого применима упругая модель. Соответствующие решения будем строить в рамках аналитического подхода с использованием условий плоской деформации.

Будем рассматривать напряженно-деформированное состояние краевой части выработанного пространства вблизи забоя протяженной горизонтальной полости длиной $2L$, расположенной на глубине H . Это фактически вертикальная стенка создаваемой полости. Известно, что в этом случае решение может быть построено с использованием теории функций комплексного переменного.

Для простоты изложения будем полагать, что выработка образуется путем извлечения части пластообразной залежи. При этом мощность залежи, т.е. высота выработанного пространства практически не играет существенной роли.

В угловой точке имеется особенность, т.е. в её окрестности напряжения становятся сколь угодно большими. Поскольку породы обладают вполне определенными, возможно и большими, прочностными свойствами, эти напряжения должны вызвать разрушение в некоторой зоне, примыкающей к забою.

Во-первых, будем считать, что породы в этой зоне, подлежащие выемке, деформируются только в вертикальном направлении и деформируются одномерно. Т.е. массив состоит как бы из отдельных, не связанных между собой столбиков некоторого малого в направлении залежи размера Δx . Такое представление вполне правомерно в зоне малых касательных напряжений. В связи с этим размер зоны разрушения определяется максимальным сжимающим напряжением, которое может выдержать порода в условиях одноосного сжатия при соответствующем боковом поджатии. Во-вторых, в зоне разрушения распределение вертикальных напряжений будем считать линейным. В-третьих, будем считать, что после разрушения породы в указанной зоне, вертикальные напряжения будут описываться по-прежнему функцией, характерной для упругого решения.

Сделанные допущения позволяют построить решение, описывающее зону разрушения вблизи вертикальной стенки полости при относительно небольшой ее высоте.

Полученные соотношения построены в рамках достаточно простого аналитического подхода, который позволил выявить распределение напряжений и параметры зоны разрушения по кровле залежи. Переходя к рассмотрению более сложной задачи об оценке разрушений во всей вертикальной стенке полости рассмотрим постановку той же задачи с учетом высоты образующейся полости. Общие закономерности формирования напряженно-деформированного состояния краевой части горизонтальной пластообразной залежи при зависающей кровле в условиях плоской деформации были рассмотрены ранее в рамках численного моделирования. Отметим, что используемая постановка задачи предусматривает рассмотрение возможных сдвигов по контакту пласта и вмещающих пород. Следует ожидать, что подобного рода деформирование массива может привести к исчезновению особенности в напряжениях, о которой шла речь выше. Результаты такого решения, описывающего состояние массива в случае учета сдвига по контакту, приведены далее.

Статья посвящена теоретической оценке устойчивости стенок заглубленной полости, расположенной в массиве скальных вмещающих пород. Построен алгоритм оценки размеров возможных разрушений под действием горного давления с учетом прочностных свойств пород массива. При этом разработан комбинированный критерий разрушения, который основан на двухзвенной аппроксимации огибающей кругов Кулона-Мора. Сопоставление расположения кривых, отображающих состояние массива в пространстве напряжений, с кривой критерия прочности, позволило выявить расположение и размеры зон разрушения, в частности, в точках кровли пластообразной залежи и в ее центральной части. Сравнение двух решений со сдвигом по контакту пластообразной залежи и вмещающего массива горных пород и без

такого, показывает, что слабый контакт в массиве способен кардинальным образом изменить состояние всего нагруженности массива. Принимая во внимание, что прочностные показатели трещин меньше таковых для нетронутой породы, можно констатировать, что в трещиноватом массиве не могут существовать большие напряжения, поскольку они погашаются сдвигами и разрушениями по существующим трещинам.

УДК 551.311.8

ОЦЕНКА СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТИ В БАССЕЙНЕ Р. ШАХЕ (КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ) И ВОЗМОЖНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ МУТЬЕВЫХ ПОТОКОВ В ПРЕДЕЛАХ ЕЕ АВАНДЕЛЬТЫ

Миронюк С. Г.

*- кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник
Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, 119991,
г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1*

Маркарьян В.В.

*- кандидат геолого-минералогических наук, начальник отдела экзогенных
геологических процессов, ФГУГП «Гидроспецгеология», 123060, г. Москва, ул.
Маршала Рыбалко, д. 4*

АННОТАЦИЯ.

Рассматриваются факторы селеформирования в бассейне р. Шахе (Западный Кавказ). Селевые потоки, в случае их трансформации в приустьевом взморье рек в мутьевые потоки повышенной плотности представляю опасность для сооружений, расположенных на шельфе. Анализ геолого-геоморфологических факторов, гидрологического режима р. Шахе показал, что предпосылки формирования крупных селей, по основному руслу р. Шахе, которые могут трансформироваться в мутьевые потоки высокой плотности в рассмотренном районе отсутствуют. Показано, что при катастрофических паводках возможные опасные деформации дна на участке развития устьевого бара авандельты.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сель, селевая опасность, мутьевые потоки, катастрофические паводки, Черноморское побережье Кавказа, долина р. Шахе

ВВЕДЕНИЕ

В ходе инженерных изысканий для строительства подводных трубопроводов, в части изучения опасных экзогенных геологических процессов основное внимание, что закономерно, уделяется оценке опасных морских природных воздействий на различных этапах градостроительной деятельности и жизненного цикла сооружений согласно СП 504.1325800.2021. Инженерные изыскания для строительства на континентальном шельфе. Общие требования. Между тем ряд процессов, периодически возникающих в

сухопутной части береговой зоны и в бассейнах рек (крупные оползни, обвалы, сели) могут также представлять угрозу для целостности трубопроводов [1].

Особую категорию опасных процессов составляют мутьевые потоки высокой плотности, возникающие в устьях крупных рек и на внутреннем шельфе. Воздействие этих потоков на трубопровод может привести к изменению напряженного состояния трубы и нарушению ее устойчивости, к истиранию наносами изоляционного покрытия (коррозии) и эрозии морского дна [2].

В случае узких шельфов (от нескольких сот метров до километров) эти потоки могут выйти за его пределы. Наиболее опасны потоки, связанные с катастрофическими паводками, которые выносят в море крупнообломочный материал. Мутьевые потоки – это разжиженные, состоящие из минеральных частиц, гравитационные, турбулентные придонные потоки, в которых частицы приходят во взвешенное состояние из-за турбулентности жидкости [3]. Два наиболее распространенных процесса, являющихся причиной образования таких потоков, это:

- разжижение и трансформация подводных оползней;
- продолжение в море речного стока; речная вода с высоким содержанием взвеси и растворенной органики (речной плюм) может трансформироваться в поток взвешенных наносов (гиперпикнальный поток), когда плотность смеси воды и частиц в устье реки больше плотности водного бассейна, в который она впадает [4,5].

На начальном этапе проектирования газопровода «Джубга-Лазаревское-Сочи» (ДЛС) (рис.1) рассматривался сценарий, согласно которому эти потоки на ряде участков намеченной трассы ДЛС на шельфе способны достигать без разрыва сплошности верховьев ряда каньонов, перемещаясь далее к подножию континентального склона по их днищам, тем самым создавая угрозу целостности сооружения.

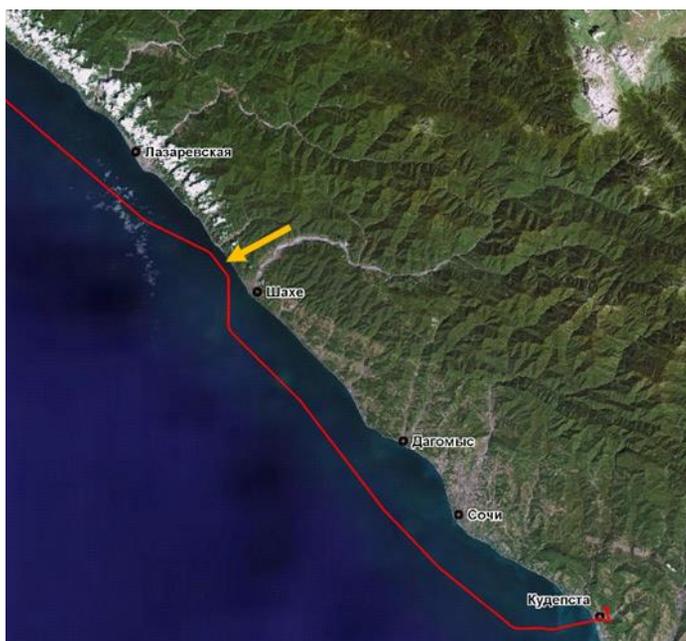


Рисунок 1. Участок обхода трассы газопровода ДЛС верховьев каньона р. Шахе (показан стрелкой).

Наиболее опасны потоки, связанные с катастрофическими паводками [6]. При этом мощные высокоэнергетические потоки могут формироваться даже в маловодных и пересыхающих водотоках. Существенным фактором к образованию в них селевых потоков являются морские смерчи, способные приносить огромное количество осадков с моря на сушу и «разгружать» их за короткий отрезок времени, вызывая обильные и экстремально интенсивные осадки (2 мм/мин.) [7]. В этом случае на шельф выносятся весь накопившийся за «сухой» период материал (валуны, галька, гравий, остатки древесной растительности, часто довольно крупные). Такие процессы довольно трудно прогнозировать, так как их развитие связано с рядом различных факторов: метеоусловия; уровень воды, предшествующий повышению; количество накопившегося материала в руслах водотоков и т. п. Следы развития мутьевых потоков на шельфе установлены по данным сонарной съёмки на траверзе рек Аше, Пезуапсе (рис. 2) и на траверзе р. Дагомыс.

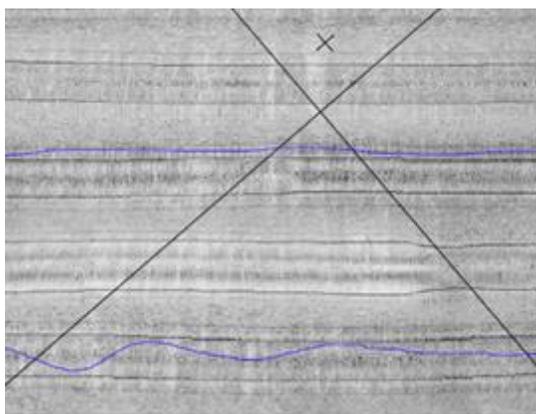


Рисунок 2. Полосчатая структура изображения дна (светлые полосы, ориентированные перпендикулярно трассе газопровода) - проявления перемещений донного материала мутьевыми потоками на траверзе устья р. Пезуапсе (сонограмма)

Очевидно, что большие объёмы твёрдого стока рек пересекают трассу трубопровода и на участке между устьем р. Шахе и верховьем одноименного каньона (рис. 1). Оценка селевой опасности и возможности трансформации селевых потоков, зарождающихся в бассейне упомянутой реки, в придонные мутьевые (суспензионные) потоки и является целью настоящей работы.

Вопросу селеопасности Черноморского побережья Кавказа посвящено значительное число работ [8-14]. В большинстве процитированных работ, а также согласно «Карте распространения селевых явлений на территории Российской Федерации. Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова. Автор д. г. н. В.Ф. Перов. Приложение Б (рекомендуемое). СП 115.13330.2016. Геофизика опасных природных воздействий. Актуализированная редакция СНиП 22-01-95 изученная нами территория приморья относится к району низкой степени селевой активности (опасности).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основу статьи положены материалы инженерно-геологических изысканий, выполненных за период с 2002 по 2012 гг. различными организациями (ООО «Питер Газ», ООО «Сварог», ООО

«ГлобалОффшорСервей», ООО «Деко-геофизика», ФГУП «Южморгеология», ГУП «ЧерноморТИСИЗ» и др.) по трассе газопровода «Джубга-Лазаревское-Сочи», которые авторы настоящей работы проанализировали и обобщили с целью оценки опасности селевых потоков для газопровода на участке его обхода верховьев каньона р. Шахе (рис.1). Материал, характеризующий инженерно-геологические условия участка, был получен в ходе инженерно-геофизических исследований и отбора образцов грунтов пробоотборниками для последующего изучения их состава и свойств. Геофизические исследования включали промеры глубин эхолотом, многолучевое эхолотирование, обследование морского дна гидролокатором бокового обзора (ГЛБО). Осмотр морского дна осуществлялся также с помощью водолазов и телеуправляемыми необитаемыми подводными аппаратами (ТНПА). Для изучения дна и верхней части грунтового массива, геологических процессов применялись также акустическое и непрерывное сейсмоакустическое профилирование (АПр, НСП).

Батиметрические измерения выполнялись с помощью однолучевых промерных эхолотов ПЭЛ-Д, Odom Echo Track МК III, а также двухчастотного эхолота «ST60 Depth». Многолучевое эхолотирование осуществлялось посредством аппаратов Kongsberg EM3002, «Reson Sea Bat 7125», а ГЛБО – «Гидра-2», Klein 3000, «Катран-Д», «Benthos SIS 1624», «С-Мах». Видео-и фотосъемка морского дна проводилась ТНПА «SUB-fighter 7500», «SUB-fighter 15K», «Falcon». АПр для изучения верхней части разреза на глубину (по грунту) до 20 м и НСП проведены соответственно профилографом АП-4 разработки НИПИОкеангеофизика, параметрическим профилографом SES 2000 Medium и одновременным профилированием двумя системами - «Benthos Chirp II» и электроискровым излучателем тип «Спаркер» (ООО «Питер Газ»).

Пробоотбор до глубины 21 м выполнялся с помощью заборной гидроударной установки УГВП-130/4 с НИС «Диорит» и ударной прямоточной

трубкой. На участках развития песчаных (и более грубозернистых) грунтов использовался дночерпатель «Океан-0,25».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для оценки потенциальной селевой опасности приустьевой зоны р. Шахе были собраны и проанализированы соответствующие материалы по малым рекам Черноморского побережья Кавказа, впадающим в Черное море. Сели и селеподобные паводки при интенсивных дождях, завершающихся ливнями, могут формироваться по следующим водотокам: р. Псебе, р. Аше, р. Туапсе и др. Анализ отдельных случаев появления селей на Северо-Западном Кавказе позволяет отметить, что наиболее селеопасными были влажные годы с обеспеченностью годового количества осадков 10 % и менее [15]. В эти годы наблюдалось максимальное число дней с обильными осадками. Установленная закономерность характерна как для среднегорных и высокогорных районов, так и для низкогорных районов приморья.

Для всей исследуемой территории с малыми площадями водосборов селевых водотоков, при условии преобладания в селевых очагах мел-палеогенового флиша и продуктов его выветривания, из всех прочих условий формирования селей наибольшее значение имеют экстремальные суточные осадки. Селевая опасность возникает при суточных осадках 100мм и более [16]. Подобная ситуация отмечалась в селеопасных 1942, 1949, 1960, 1964 гг. Столь высокая интенсивность осадков бывает достаточно редко. Например, за 11-летний период (1991-2001г.г.) по метеорологической станции Туапсе отмечено всего 4 таких случая: в один из дней июня 1996г. выпало 118мм осадков; 1 марта 1996г. –147мм; 10 января 1998г. – 123,6мм; 10 ноября 2000г.- 153,8мм. *Условия развития и проявления селевого процесса в бассейне р. Шахе.* Долина р. Шахе широко разработана русловыми процессами (рис. 3).



Рисунок 3. Долина р. Шахе

Склоны покрыты густой лесной растительностью, что весьма ограничивает возможности накопления обломочного материала в потенциальных селевых очагах верховий притоков реки. Случаев прохождения селевых потоков по основному руслу р. Шахе, а также перекрытия и подпора русла реки селевыми отложениями за исторический период не зафиксировано.

Таким образом, объективно отсутствуют геолого-геоморфологические предпосылки формирования крупных грязе-водо-каменных селей, по основному руслу р. Шахе с выходом в акваторию Черного моря. По нашей оценке, вероятность формирования таких селей в период эксплуатации газопровода (40-50 лет) низкая. Небольшие селевые потоки (микросели) проходили по боковым селеопасным оврагам на левом приустьевом склоне долины, где уклоны тальвегов водотоков достигают 15-25°. Селевые явления отмечались в июле 1949г., августе 1960г., июне 1965г., июне 1966г., августе 1969г., декабре 1971г., сентябре 1972г. Так, например, 4 августа 1969 г. микросель повредил сады и огороды в п. Малый Кичман в 6 км от моря. Исследования Ю. В. Ефремова в 2011 г. непосредственно в долине р. Шахе [17] показали, что в бассейне р. Шахе в ее притоках преобладают дождевые селевые потоки: грязевые сели (около 40%), грязекаменные (60%)». Объёмы единовременных выносов твёрдой составляющей колеблется от сотен до

нескольких тысяч м³ (мелкие селевые потоки). Повторяемость прохождения селевых потоков также колеблется в широком диапазоне (от 1 раза в год до 1 раза в 10 лет). Средняя длина селевых русел составляет 0,5-1,5 км, средняя площадь селевых бассейнов 0,2-10 км².

Приведенные выше данные показывают, что для основного русла р. Шахе селевые процессы не характерны, поэтому в качестве основных возможных источников геологической опасности для газопровода в пределах авандельты (приустьевого взморья) можно рассматривать стоковые течения в периоды паводков, штормовое воздействие волн на дно и оползневые процессы.

Проведенные расчеты, а также обобщения результатов гидрологических исследований в устьях Кавказских рек показывают, что речная струя на выходе в море локализуется в узком приповерхностном слое (1-2м). Это исключает размыв дна речной струей мористее устьевого бара. Изменения рельефа дна на приустьевом взморье ограничиваются изобатой 5-7м (400-500м от береговой черты). Совмещение участков батиметрической съемки, выполненной с помощью многолучевого эхолотирования полигона Шахе в 2008 и 2011 гг. показало, что в пределах ее авандельты в приблизительно указанном интервале глубин моря имел место размыв дна, о чем свидетельствует понижение отметок дна моря на некоторых площадях по сравнению с 2008 годом на 0,4-0,6 м. Зафиксировано также в отдельных местах приустьевого взморья реки повышение отметок дна за счет аккумуляции речных наносов. Относительные превышения по сравнению с 2008г. составляет 0,5 - 0,8м. По данным исследований рельефа р. Шахе выполненных ранее [18], после прохождения крупного паводка на приустьевом взморье отмечалось понижение отметок дна в устьевом створе до 2,6 м (в среднем 1,5 м). Мористый склон устьевого бара выдвинулся на глубину около 7 м. Мощность отложившегося в период паводка слоя наносов на баре составила 3,5м при средней в 2,3 м; объем - 140 тыс. м³.

Для цели настоящей статьи особый интерес представляет дальность выноса материала песчано-алевритовой фракции. Проведенные приближенные

оценки показали, что для диапазона высоких значений скоростей речной струи, характерных для паводковых ситуаций ($v_0 > 1,5$ м/сек), песчано-алевритовый материал, обогащенный автохтонным раковинным материалом может выноситься на расстояния до 1,5-2,0 км от устьевых створа до глубины 15–20 м. С глубин около 20 м в составе современных осадков постепенно повышается роль пелитового материала [19].

Взаимодействие вод реки и моря при их непосредственном контакте приводит к замедлению струйного речного течения и, как следствие, к отложению в первую очередь крупнообломочной составляющей речных наносов, формированию специфических устьевых форм рельефа дна. Несмотря на исключительную важность этих явлений в комплексе устьевых процессов, а также в определении дальности выноса осадочного речного материала в сторону открытого водоема, исследованы они еще недостаточно [20].

ВЫВОДЫ

Рассмотренный сценарий возможной аварийной ситуации на траверзе Шахе обусловленной воздействием на сооружение мутьевого потока высокой плотности экспертно оценивается как имеющий крайне низкую вероятность. По данным выполненных изысканий, выносимый рекой крупнообломочный материал почти полностью задерживается в пляжевой зоне или в верхней части подводного склона. В верхней части разреза в пределах коридора трассы газопровода (глубина моря 15 м и более) развиты илы с ракушечным детритом, супеси, реже пески мелкие и пылеватые. Отсутствуют также здесь и характерные формы гравитационного переноса осадков, которые уверенно идентифицируются на сонограммах. Они проявляются появлением дендровидных, полосчатых структур - протягивающихся в крест направления изобат полос, с низкоамплитудной записью, приуроченных к локальным понижениям рельефа морского дна и сливающихся в направлении к бровке

шельфа. Ввиду слабой изученности механизмов трансформации селевых потоков в мутьевые, потенциально опасные области современного шельфа требуют особого внимания при проектировании и строительстве подводных сооружений в этой зоне.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Мирунок С. Г.* Анализ геологических опасностей и рисков при строительстве морских трубопроводов и подводных добычных комплексов // Инженерная защита. 2015. № 11. С. 30–39.
2. *Piper D. J. W., Cochonat P., Morrison M. L.* The sequence of events around the epicentre of the 1929 Grand Banks earthquake: initiation of debris flows and turbidity current inferred from sidescan sonar // *Sedimentology*. 1999. Vol. 46. №. 1. P. 79-97.
3. *Middleton, G. V., and M. A. Hampton* Sediment gravity flows: mechanics of flow and deposition, in G. V. Middleton and A. H. Bouma, eds., *Turbidites and deep-water sedimentation*: Los Angeles, Pacific Section SEPM. P. 1973. С.1–38.
4. *Dott R.H.* Dynamics of subaqueous gravity depositional processes// *Bull. Amer. Petrol. Geologists*. 1963. Vol.47. № 1. P. 105-128.
5. *Piper D. J. W., Normark W. R.* Processes that initiate turbidity currents and their influence on turbidites: a marine geology perspective // *Journal of Sedimentary Research*. 2009. Vol. 79. №. 6. P. 347-362.
6. *Чалая К. А., Погорелов А. В., Перов Е. А.* Опасные гидрологические явления на территории Краснодарского края (краткий обзор) // *ИнтерКарто. ИнтерГИС*. 2019. Т. 25. №. 2. С. 232-246.
7. *Баринов А. Ю., Аш Е. В., Чистов С. В.* Геолого-геоморфологические и климатические условия формирования селевых потоков на прибрежных территориях России // *Геориск*. 2011. № 4. С. 28–32.
8. Современные геологические процессы на Черноморском побережье СССР. По ред. А.И. Шеко // М.: Недра, 1976. 184 с.
9. *Хворостов В.В.* Районирование селевых процессов на реках бассейнов Черного и Азовского морей (в пределах России) // *Сборник работ гидрометцентра СК УГМС*. 1987. Вып. 2 (20). С. 59–62.
10. *Хворостов В.В.* Некоторые особенности селевых процессов в бассейнах рек Черноморского побережья Краснодарского края // *География Краснодарского края: антропогенные воздействия на окружающую среду*. Краснодар. 1996. С. 26 –33.
11. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций Российской Федерации. Южный федеральный округ // М.: Дизайн, Информация, Картография, 2007. 382 с.
12. *Баринов А.Ю.* Геоморфологическая оценка ливневой селеопасности Черноморского побережья России: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. // М.: Географический факультет МГУ. 2009. 24 с.
13. *Чернявский А.С., Ефремов Ю.В.* Закономерности распространения селевых процессов на Черноморском побережье Кавказа // *Геоморфология*. 2010. № 2. С. 60–69.
14. *Шныпарков А. Л., Колтерманн П. К., Селиверстов Ю. Г., Сократов С. А., Перов В.Ф.* Селевой риск на Черноморском побережье Кавказа // *Геориск*. 2012. №. 4. С. 20-25.
15. *Кононова Н.К., Мальнева И.В.* Вероятность повторения на Северном Кавказе природных катастроф 2002 г. Устойчивое развитие горных территорий: проблемы и перспективы интеграции науки и образования. 21-23 сентября 2004 г. // *Владикавказ*. 2004. С. 214-219.
16. *Природные опасности России. Том 3. Экзогенные геологические опасности*. Под ред. В.М. Кутепова, А. И. Шеко // *КРУК*. Москва. 2002. 345 с.

17. *Ефремов Ю. В.* Селевые процессы и явления в бассейне р. Шахе (Северо-Западный Кавказ) // Двадцать седьмое пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. 2012. С. 114-116.
18. *Пешков В.М.* Галечные пляжи неприливных морей. Краснодар, 2005. 444 с.
19. *Глазырин Е. А., Мараев В. Л.* Подводные каньоны Мзымты и Шахе: морфология, литодинамические процессы // Система Черного моря. 2018. С. 84-105.
20. *Айбулатов Н.А.* Динамика твердого вещества в шельфовой зоне // Л.: Гидрометеиздат, 1990. 266 с.

МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ КАРТ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИ ПОМОЩИ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ

Рукавицын В.В.

- доцент, кандидат геолого-минералогических наук, Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, дом 23

Экзарьян В.Н.

- профессор, доктор геолого-минералогических наук, Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, дом 23

АННОТАЦИЯ

Вследствие развития туризма в Российской Федерации в различных регионах становится крайне актуальной оценка рекреационной нагрузки крупных территорий для планирования развития туристической инфраструктуры. В качестве решения этой проблемы статье представлена разработанная методика оценки рекреационной нагрузки территорий масштаба региона или городского округа. Описаны все этапы применения методики, а также представлен вариант ее применения, на примере территории в окрестности г. Жуков. Построены карты распределения рекреационной нагрузки на изучаемой территории и описаны соотношения площадей с различной нагрузкой. Данная методика позволяет оценить территории с точки зрения приоритетности дальнейшего изучения при планировании их развития, а также позволят создавать первоначальные концепции развития территорий без полевых исследований, основываясь на данных дистанционного зондирования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: рекреационная нагрузка, урбоэкология, методика

ВВЕДЕНИЕ

Часто при планировании развития больших территорий в масштабе региона или даже нескольких регионов возникает необходимость оценки их рекреационной нагрузки, как текущей, так и предельной, а также возможностей по привлечению туристов на эти территории без существенных изменений инфраструктуры.

К сожалению, такие задачи представляют большую сложность именно масштабом исследований, и возникает потребность в общей оценке таких

территорий, желательно, без использования полевых исследований и с минимальным набором открытых или легкодоступных данных. Для решения таких задач решением могут являться дистанционные методы.

Целью данной работы является разработка методики оценки рекреационной нагрузки наземных территорий в среднем и мелком масштабе при помощи дистанционных методов.

На данный момент методик оценки территорий такого масштаба нет, однако с учетом все более возрастающей потребности в благоустройстве регионов и развитии внутреннего туризма на ранних этапах планирования необходимо оценить рекреационную нагрузку на территорию в текущий момент, а также установить места, где вероятнее всего наступает дигрессия и на которых нужно сосредоточить свое внимание в первую очередь, перед тем, как заниматься привлечением новых туристов.

Разрабатываемая методика позволяет оценить рекреационную нагрузку на различные территории, включая ООПТ, исключая нагрузку на урбанизированные территории, прогалины, пустыри и территории, покрытые водой.

На урбанизированные территории и территории покрытые водой оценка не производилась, так как урбанизированные территории, прогалины и пустыри уже сильно нарушены и дополнительная нагрузка на них скорее должна оцениваться, исходя из санитарно-гигиенических характеристик или характеристик городской инфраструктуры, а не параметров состояния биогеоценоза; на территории водоемов рекреационная нагрузка должна оцениваться отдельно и она в данной методике не рассматривается.

МЕТОДОЛОГИЯ

Структура методологии

Разрабатываемая методика состоит из следующих этапов:

1. Сбор доступных исходных данных.

2. Подготовка исходных данных для дальнейшей оценки.
3. Классификация территории по типам растительности и категориям земель.
4. Определение предельно-допустимой рекреационной нагрузки для каждого выделенного типа территории.
5. Определение текущей рекреационной нагрузки на территорию. Она определяется на все виды территорий сразу в зависимости от распределения населения.
6. Выделение зон с превышенной предельно-допустимой рекреационной нагрузки и расчет их площади. Т.е. выделяются части каждого вида территорий, на которых дигрессия пошла выше 3 стадии.
7. Выделение зон, где рекреационная нагрузка выше предельной нагрузки на территорию, зон, на которые рекреационная нагрузка есть, но она ниже предельной и зон, где рекреационная нагрузка стремится к нулю. Эти территории выделяются в зависимости от распределения людей.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Разработанная методика была применена для оценки рекреационной нагрузки на окрестности г. Жуков. От г. Жуков отступалась территория 20-минутной доступности на автомобиле. При определении границ изучаемой территории учитывалось удаление от г. Жуков и дорожная сеть. Площадь изучаемой территории составила 36290,3 га.

Для определения количества людей, которое будет создавать рекреационную нагрузку, учитывалось население г. Жуков, а также ближайших крупных населенных пунктов, в которые вошли Белоусово, Балабаново и Обнинск. Обнинск и Балабаново находятся за изучаемой территорией, но их жители могут приехать на нее для дозагрузки, так как населенные пункты находятся крайне близко к ней.

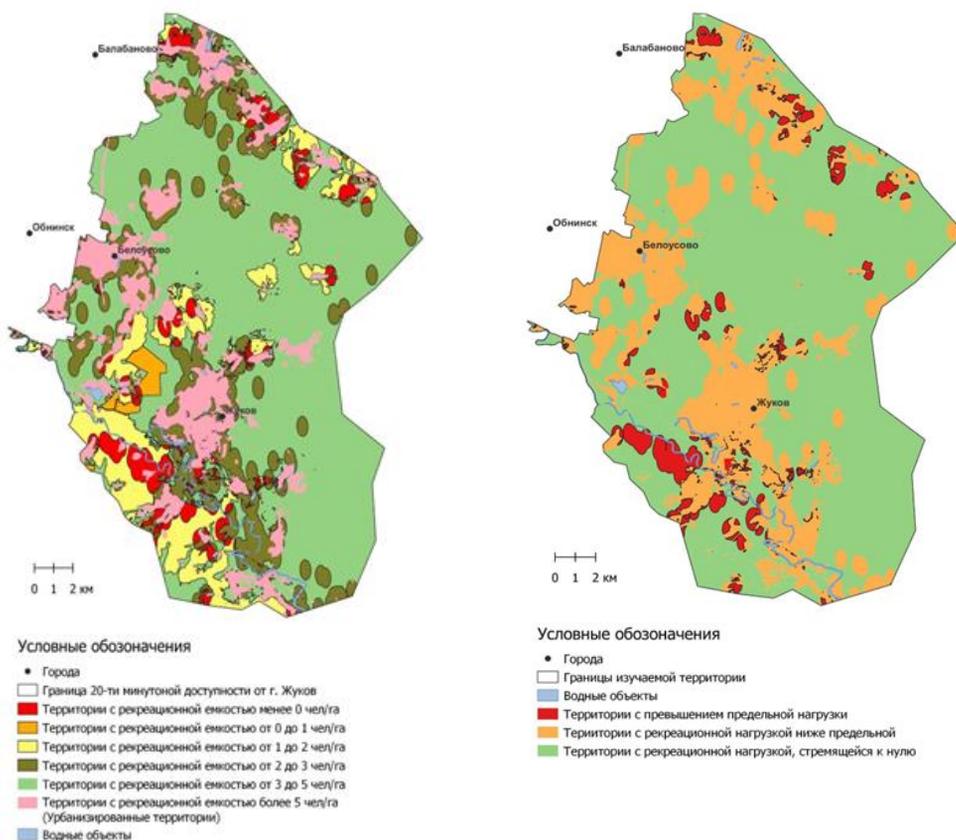
На изучаемой территории присутствовали урбанизированные территории, водные объекты, ООПТ, леса, луга и травянистая растительность, поля, а также урбанизированные территории и пустыри, что позволило выделить территории с различной предельной рекреационной нагрузкой.

Используя фотографии, выложенные в открытый доступ с геопривязкой, были выделены территории, которые посещаются людьми, что позволило рассчитать текущую рекреационную нагрузку на изучаемую территорию, которая равнялась 2,33 чел./га.

Далее была определена рекреационная емкость территории, распределение которой можно видеть на рис. 1-а. После чего с учетом оцененной рекреационной емкости были выделены зоны с различной рекреационной нагрузкой, результаты чего можно видеть на рис. 1-б.

Таким образом площадь территорий с повышенной рекреационной составляла 1722,13 га или 4,7% от изучаемой территории, территорий с нагрузкой ниже предельной - 10535,2 га или 29% от изучаемой территории, территорий с рекреационной нагрузкой близкой к нулю - 23784,26 га или 65,5% от изучаемой территории. Остальные территории составляли водные объекты.

Территории с повышенной рекреационной нагрузкой требуют натурных исследований в первую очередь для установления реальной масштаба дигрессии территории. Что касается территорий с рекреационной нагрузкой, стремящейся к нулю, то их можно использовать для рекреационного развития территории с минимальным ущербом для окружающей среды.



а)

б)

Рисунок 1. а - рекреационная емкость окрестностей г. Жуков, б - территории с различной рекреационной нагрузкой в окрестностях г. Жуков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье была описана методика оценки рекреационной нагрузки наземных территорий в среднем и мелком масштабе при помощи дистанционных методов. Она позволяет сделать общий анализ обширных территорий без проведения натурных исследований и сделать предварительные выводы, чтобы спланировать проведение полевых работ именно там, где это наиболее необходимо. Методика была апробирована на территории в окрестностях г. Жуков, результаты чего представлены в статье.

Естественно, полученные в ходе вычислений значения имеют значительную погрешность, однако методика не подразумевает полноценной и

детальной оценки рекреационной нагрузки. Она дает возможность понять, какие территории уже сейчас требуют особого внимания, а какие можно проанализировать детально в последнюю очередь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственный комитет СССР по лесному хозяйству, (1987). Временная методика определения рекреационных нагрузок на природные комплексы при организации туризма, экскурсий, массового повседневного отдыха и временные нормы этих нагрузок. Москва.
2. *Казанская Н.С.* Методика изучения влияния рекреационных нагрузок на древесные насаждения лесопаркового пояса г. Москвы в связи с вопросом организации территорий массового отдыха и туризма. / Н.С. Казанская, В.В. Ланина. // М. 1975. 68 с
3. ОСТ 56-84-85 "Методы и единицы измерения рекреационных нагрузок на лесные природные комплексы" (утв. приказом Рослесхоза от 20 июля 1995 г. N 114)
4. *Преловский В.И.* К вопросу о методах оценки ресурсов и расчета емкости рекреационных территорий // Исследование и конструирование ландшафтов Дальнего Востока и Сибири. Сб. научных работ. Вып. 3. // Владивосток: ТИГ ДВО РАН. 1998. С. 217-224
5. Приказ Минрегиона России от 27.12.2011 N 613 "Об утверждении Методических рекомендаций по разработке норм и правил по благоустройству территорий муниципальных образований".
6. *Чижова В.П.* Рекреационные ландшафты: устойчивость, нормирование, управление // Смоленск: Ойкумена. 2011. 176 с

УДК 528.481

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОЦЕНКИ ОПОЛЗНЕВОЙ ОПАСНОСТИ

Симонян В.В.,

- профессор, доктор технических наук, Национальный исследовательский московский государственный строительный университет, 129337, Россия, Москва, Ярославское ш., д. 26

Волков В.И.

- профессор, доктор технических наук, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 190005, Россия, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена методика создания математической модели оценки оползневой опасности на основе данных геодезического мониторинга, обеспечивающих получение обоснованных комплексных оценок оползневых опасностей. Такая математическая модель может быть использована для подробного изучения оползневой ситуации на различных склоновых территориях при проектировании и строительстве зданий и сооружений, а также при разработке оптимальной стратегии инженерной защиты для обеспечения безопасности возведенных зданий и сооружений на оползнеопасных территориях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: склон; оползень; опасность; весовой коэффициент оползневой опасности; оценка.

ВВЕДЕНИЕ

Размер ущерба от проявления опасных оползневых процессов, причиняемого населению, промышленным предприятиям, жилым массивам, весьма значителен. На масштаб катастроф влияет степень застроенности склоновых территорий. Следовательно, вопросы о своевременном геодезическом обеспечении деформационных процессов оползневых склонов, количественной оценке их динамики требуют серьезного изучения. Без знания природы и структуры объекта исследования трудно правильно ориентироваться в характере проявления причинно-следственных связей. Только в результате анализа таких связей можно обоснованно выбрать формы

и методы математического описания, выработать методику оценки оползневой опасности [8].

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Геодезическое обеспечение мониторинга оползневых склонов заключается в получении пространственных координат точек на поверхности склона и их изменения во времени и в пространстве, которые позволяют получить геометрические параметры смещений оползней. Для этого на оползневом склоне создается деформационная сеть, которая наблюдается с определенной периодичностью.

В зависимости от конкретных условий оползневого склона, разработано и применяется на практике достаточно много методов определения оползневых смещений, большинство из которых основано на применении геодезических методов. Преимущество геодезических методов заключается в возможности получения величины абсолютных смещений оползней.

В настоящее время важнейшими средствами геодезических наблюдений являются электронные тахеометры, лазерные сканеры и глобальные навигационные спутниковые системы. Для обработки результатов наблюдений используются разнообразные программные продукты, например, AutoCAD, Microstation, Credo и др.

Геодезические методы дают глобальную информацию о поведении деформируемого оползня путем определения абсолютных смещений деформационных точек на поверхности оползня относительно некоторых опорных точек, находящихся вне зоны оползня и считающиеся устойчивыми. При медленных скоростях смещений необходима высокая точность наблюдений, следовательно, это условие является обязательным требованием, предъявляемым к используемым методам [1, 5, 8, 9].

Применительно к опасным оползневым процессам используют такое понятие как «риск» - предполагаемый негативный результат или одна из

реализуемых негативных возможностей взаимодействия природной, техногенной или антропогенной среды с природным или природно-техногенным объектом, а также группой таких объектов [4]. Специфическим и весьма важным фактором оползневой опасности на различных склоновых территориях является оползневая опасность [1, 2, 3, 10]. Под *оползневой опасностью* понимают негативную для нее вероятностную возможность реализации оползневых процессов геодинамического происхождения, протекающих в природной, техногенной и антропогенной составляющих среды склоновой территории.

Степень оползневой опасности вычисляют по формуле (1):

$$P(H) = k_{\text{норм}} \sum_1^n \delta_i W_i, \quad (1)$$

где $P(H)$ - интегральный критерий уровня оползневой опасности (безразмерный коэффициент), который представляет собой долю (вероятность) от наиболее неблагоприятной ситуации (сочетания показателей опасности) на склоновой территории. Он должен занимать место между «идеальным» вариантом ($P(H)_{\text{ид}} = 0$) и «негативно-идеальным» вариантом ($P(H)_{\text{нег-ид}} = 1$); δ_i – коэффициент значимости i -го показателя опасности; W_i – значение весового коэффициента i -го показателя опасности; $k_{\text{норм}}$ – нормирующий множитель, приводящий к $0 \leq P(H) \leq 1$.

Из формулы следует, что оценка уровня оползневой опасности сводится к задаче определения степени оползневой опасности склоновых территорий. Такая задача должна решаться исключительно на основании комплексного анализа всех возможных негативных воздействий на данную склоновую территорию со стороны природных, техногенных и антропогенных процессов.

Следовательно, оценка ключевой определяемой величины – степени оползневой опасности – сводится к задаче определения коэффициента значимости оползневых опасностей и их весовых коэффициентов [6].

Коэффициент значимости i -го оползневой риска δ_i представляет собой вероятность реализации i -й опасности оползневого процесса, при этом интенсивность проявлений свойств соответствующего ему категории оползневой опасности относится к определенному диапазону величин $[a, b]$, значения которых являются «рисковыми». Тогда коэффициент значимости i -го риска оползневой опасности определяется на основании соотношения (2):

$$\delta_i = \int_a^b f(B_i) dB_i, \quad (2)$$

где B_i – интенсивность проявления свойств оползневой опасности в зависимости от их потенциальной разрушительной силы, соответствующего i -му показателю оползневой опасности; $f(B_i)$ – закон распределения (плотность вероятностей) интенсивности проявления свойств i -го показателя опасности оползневого процесса.

Закон распределения $f(B_i)$ строят стандартным образом в виде гистограммы, используя границы интервалов группировки значений интенсивности проявления свойств показателей опасности оползневого процесса. По горизонтальной оси откладывают интервалы, соответствующие выбранным диапазонам значений, а по вертикальной оси – величины, соответствующие плотности частоты попадания значений интенсивностей в каждый диапазон. Строится кривая (линия тренда), аппроксимированная в виде полиномиальной зависимости для каждого i -го показателя опасности оползневого процесса. И эта зависимость далее характеризует искомый закон распределения $f(B_i)$.

Некоторые значения проявления характеристик интенсивности опасности оползневых процессов взяты из фрагмента общей шкалы опасности оползневых процессов [4] (табл. 1).

Таблица 1. Фрагмент общей шкалы опасности оползневых процессов

| Показатель оползневых процессов | Категория опасности оползневых процессов | | | |
|---|--|----------------|-------------|------------------|
| | Чрезвычайно опасные | Весьма опасные | Опасные | Умеренно опасные |
| Подверженность территории оползневому процессу, % | > 30 | 30 - 10 | 10 - 1 | < 1 |
| Объем смещающихся пород, млн. м ³ | 20 - 10 | 10 - 5 | 5 - 0,001 | < 0,001 |
| Повторяемость, случаев/год | < 0,1 | 0,1 – 0,25 | 0,25 – 0,75 | > 0,75 |

Определим оползневую опасность следующими показателями, в соответствии с геодезической терминологией: а) крутизна θ склона; б) высота H склона; в) объем V смещающихся пород оползня; г) скорость смещения v оползня.

Для скоростей смещения оползней применена следующая градация: - умеренно опасные: 0 – 1,5 м/год; - опасные: 1,5 – 3 м/год; - весьма опасные: 3 – 4,5 м/год; - чрезвычайно опасные: 4,5 – 6 м/год.

Для высот склонов применена следующая градация: - умеренно опасные: < 40 м; - опасные: 40 – 250 м; - весьма опасные: 250 – 400 м; - чрезвычайно опасные: > 400 м.

Для крутизны склонов применена следующая градация: - умеренно опасные: 4° – 8°; - опасные: 8° – 20°; - весьма опасные: 20° – 35°; - чрезвычайно опасные: > 35°.

Распределение вероятностей проявления показателей интенсивности свойств оползневого процесса, принадлежащих к «рисковым» интервалам разбиения диапазона оползневой опасности, показана на рис. 1, а – г.

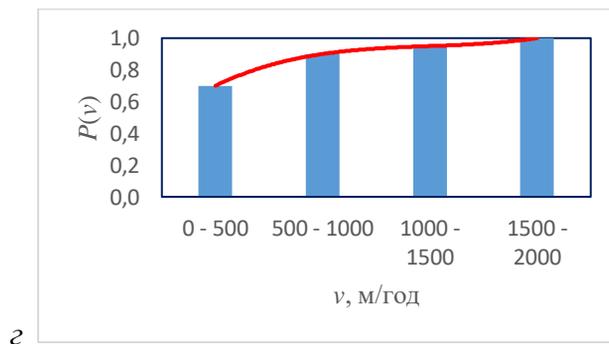
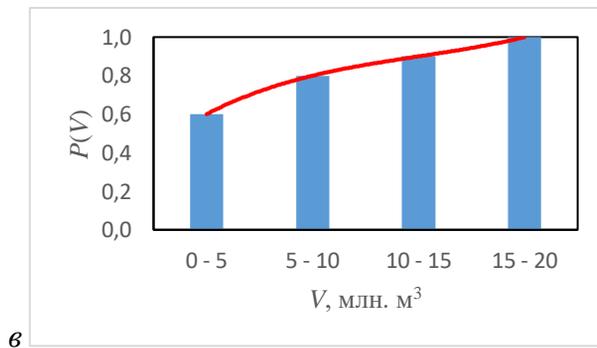
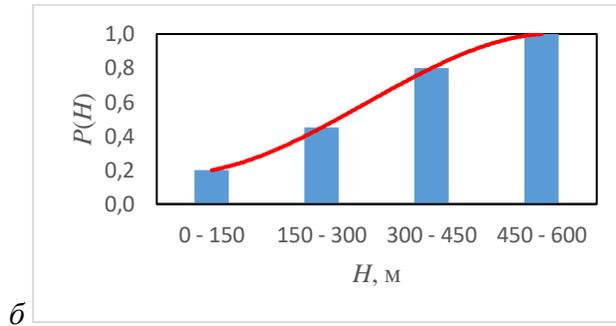
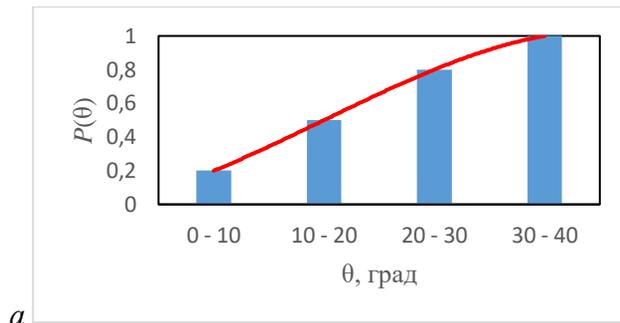


Рисунок 1. Функция распределения вероятностей проявления интенсивности: а - крутизны $P(\theta)$, б - высоты $P(H)$, в - объема смещающихся пород $P(V)$, г - скорости смещения $P(v)$ оползневого склона.

Запишем соотношения полиномиальных зависимостей для следующих функций распределения вероятностей интенсивности проявления:

- крутизны склона

$$f(\theta) = -0,0167\theta^3 + 0,1\theta^2 + 0,1167\theta - 1 \cdot 10^{-12},$$

- высоты склона

$$f(H) = -0,0417H^3 + 0,3H^2 - 0,358H + 0,3,$$

- объемов смещающихся пород оползней

$$f(V) = 0,0167V^3 - 0,15V^2 + 0,5333V + 0,2,$$

- скорости смещения оползня

$$f(v) = 0,025v^3 - 0,225v^2 + 0,7v + 0,2.$$

Коэффициенты значимости оползневых опасностей на основании соотношения (2) для данных показателей опасностей имеют вид

$$\delta_{\theta} \cong 0,20; \quad \delta_H \cong 0,20; \quad \delta_V \cong 0,60; \quad \delta_v \cong 0,70.$$

Для определения весовых коэффициентов рассмотренных ранее оползневых опасностей для всех категорий опасностей, воспользуемся табл. 1. При расчете необходимо учитывать такой показатель, как подверженность территории оползневому процессу, % (табл. 2).

Таблица 2. Структура комплексной подверженности территории оползневым процессам

| Категории опасности оползневых процессов | Подверженность территории оползневым процессам, % |
|--|---|
| Умеренно опасные | 1,0 |
| Опасные | 5,5 |
| Весьма опасные | 20,0 |
| Чрезвычайно опасные | 40,0 |

Весовые коэффициенты оползневой опасности W_i рассчитываем по следующей формуле

$$W_i = \frac{Z_i}{\sum_{i=1}^n Z_i}, \quad (3)$$

где Z_i – значимость весового коэффициента i -й категории оползневой опасности.

Сами величины Z_i определим на основании соотношения

$$Z_i = \frac{S_i}{S}, \quad (4)$$

где S_i – площадь территории, %, подверженной i -й категории оползневой опасности;

S – общая площадь подверженности территории оползневым процессам.

Значения величин W_i и Z_i приведены в табл. 3.

Таблица 3. Значения величин W_i и Z_i

| Категория опасности оползневых процессов | Значимость Z_i | Весовой коэффициент оползневой опасности W_i |
|--|------------------|--|
| Умеренно опасные | 0,010 | 0,02 |
| Опасные | 0,055 | 0,08 |
| Весьма опасные | 0,200 | 0,30 |
| Чрезвычайно опасные | 0,400 | 0,60 |
| Сумма | 0,665 | 1,00 |

Анализ результатов исследований показателей оползневой опасности на возможность реализации оползневых процессов на склоновых территориях, позволяет рекомендовать следующие ранжированные по степени значимости δ_i и оцененные по соответствующей шкале весов W_i количественные оценки оползневой опасности, в которой каждой категории опасности присвоен соответствующий код (табл. 4):

Таблица 4. Количественные оценки оползневой опасности

| Показатели оползневой опасности | Категории опасности | Код | Весовой Коэффициент W_i | Коэффициент значимости δ_i |
|---------------------------------|---------------------|-----|---------------------------|-----------------------------------|
| Крутизна склона | Умеренно опасные | 0 | 0,02 | 0,20 |

| | | | | |
|----------------------------------|---------------------|---|------|------|
| | Опасные | 1 | 0,08 | |
| | Весьма опасные | 2 | 0,30 | |
| | Чрезвычайно опасные | 3 | 0,60 | |
| Высота склона | Умеренно опасные | 0 | 0,02 | 0,20 |
| | Опасные | 1 | 0,08 | |
| | Весьма опасные | 2 | 0,30 | |
| | Чрезвычайно опасные | 3 | 0,60 | |
| Объемы смещающихся пород оползня | Умеренно опасные | 0 | 0,02 | 0,60 |
| | Опасные | 1 | 0,08 | |
| | Весьма опасные | 2 | 0,30 | |
| | Чрезвычайно опасные | 3 | 0,60 | |
| Скорость смещения оползня | Умеренно опасные | 0 | 0,02 | 0,70 |
| | Опасные | 1 | 0,08 | |
| | Весьма опасные | 2 | 0,30 | |
| | Чрезвычайно опасные | 3 | 0,60 | |

Таким образом, уровень оползневой опасности склоновых территорий зависит от четырехмерного вектора ранжировок (табл. 5 (фрагмент)).

Таблица 5. Оценка критерия уровня оползневой опасности $P(H)$

($k_{\text{норм}} = 0,9804$)

| Код | $P(H)$ | Код | $P(H)$ | Код | $P(H)$ | Код | $P(H)$ |
|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|
| 0000 | 0,0333 | 1122 | 0,4137 | 2222 | 0,5000 | 3330 | 0,6020 |
| 0001 | 0,0745 | 1123 | 0,6196 | 2223 | 0,7059 | 3331 | 0,6431 |
| 0002 | 0,2255 | 1130 | 0,3980 | 2230 | 0,4843 | 3332 | 0,7941 |
| 0003 | 0,4314 | 1131 | 0,4392 | 2231 | 0,5255 | 3333 | 1,0000 |

По результатам оценки рисков склоновых территорий можно составить карты рисков локального, районного и регионального масштабов.

Заметим, что если геодезический мониторинг проводится на склоне, который потенциально может быть застроен, то формула (2) будет представлять собой экологический риск (5):

$$R_{\text{эк}} = k_{\text{норм}} \sum_1^n \delta_i W_i . \quad (5)$$

Таким образом, для оценки рисков склоновых систем наиболее важным является изучение процессов, связанных с деформацией оползневых склонов по геодезическим данным. Следовательно, крайне важно проведение геодезического мониторинга. Оценка влияния опасных оползневых процессов

наиболее значима для решения проблемы обеспечения безопасности сооружений в склоновых системах.

ВЫВОДЫ

Показана методика обработки результатов геодезических определений деформационных процессов оползневых склонов, включающий построение математических моделей, основанных на совокупности процедур системного анализа геодезической информации и обеспечивающих получение обоснованных оценок оползневых опасностей. По результатам оценок оползневых опасностей можно прогнозировать развитие оползневой ситуации на исследуемой склоновой территории на заданный момент времени и, при необходимости, приступить к созданию стратегии обеспечения оползневой безопасности на склоновых территориях, а также уточнения оценки оползневых опасностей отдельных участков склоновых территорий для выбора площадки под строительство сооружений с учетом возможных проявлений оползневых смещений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Баборыкин М.Ю., Жидиляева Е.В.* Мониторинг оползней с использованием лазерного сканирования и геодезических наблюдений // Журнал «Инженерные изыскания», № 3/2014, С. 16-27.
2. *Кузин А.А., Санникова А.П.* Методика оценки оползневой опасности при освоении территорий на основе геоинформационных систем по геодезическим данным // Геодезия и картография, № 4, 2016. С 43 - 50.
3. *Пендин В.В., Фоменко И.К.* Методология оценки и прогноза оползневой опасности. М.: ЛЕНАНД, 2015. 320 с.
4. *Рагозин А.Л.* Общие закономерности формирования и количественная оценка природных рисков на территории России // Вопросы анализа риска. 1999. Т. 1. № 2 – 4. С. 28 – 47.
5. *Симомян В.В.* Изучение оползневых процессов геодезическими методами: Монография / Моск. гос. строит. ун-т. М.: МГСУ, 2011. 172 с.
6. *Симомян В.В. Волков В.И.* Оценка риска застроенных склоновых систем по данным геодезического мониторинга // Геодезия и картография. 2021. -№ 10. С. 42-51.
7. *Симомян В.В.* Методология геодезического обеспечения мониторинга деформационных процессов застроенных склоновых систем.: специальность 25.00.32 «Геодезия»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / М.: 2021. 340 с.
8. *Фоменко И.К.* Методология оценки и прогноза оползневой опасности // Дисс. на соискание уч. ст. докт. г-м наук. М.: 2014. 320 с.

9. *Hasanuddin Z. Abidin, Mai Gamal, Heri Andreas* Studying landslide Displacements in Megamendung (Indonesia) using GPS survey method. *ITB Journal of Engineering Science*. Vol. 36, No. 2. 2004. pp. 109-123, <https://doi.org/10.5614/itbj.eng.sci.2004.36.2.2>.
10. *Peidou AC, Fotopoulos G*. An overview of landslide detection and monitoring using geodetic satellite observations. International Conference '*Science in Technology*' SCinTE 2015.

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Терешин Н.А.

- магистрант, Национальный исследовательский университет МЭИ, 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д.14, стр. 1.

Озерова Н.В.

- доцент, кандидат технических наук Национальный исследовательский университет МЭИ, 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д.14, стр. 1.

Мамина Д.Х.

- доцент, кандидат технических наук Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

АННОТАЦИЯ

В данной работе рассмотрена проблема размещения осадков сточных вод на иловых площадках горводоканалов субъектов РФ. В качестве решения были рассмотрены методы утилизации осадков сточных вод, на основе эколого-экономического анализа были предложены рекомендации по использованию предложенных методов

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: осадки сточных вод, утилизация, CAPEX.

На территории РФ средний объём образования осадков сточных вод (далее ОСВ) за 2021 год составил 49,8 млн м³ по данным ЕМИСС [1], где 86% этого осадка размещается и остаётся на иловых площадках, которые занимают огромные территории и имеют негативное влияние на окружающую среду. В результате различных физико-химических и биологических процессов на иловых площадках происходит постоянное выделение газов. Образование газов не контролируется. Они постоянно поступают в атмосферу. Самыми опасными газами являются сернистые (SO₂), вызывающие кислотные дожди, и парниковые (углекислый газ - CO₂, метан - CH₄), вызывающие парниковый эффект.

Утилизация ОСВ нейтрализует негативное воздействие на окружающую среду и даст возможность предприятию повысить свой ESG-рейтинг, и привлечь больше инвесторов. Влияние ESG-фактора на рынок было выявлено компанией ЕУ в 2020 году [2]. Также результатом утилизации ОСВ может быть какой-либо продукт, который можно использовать для продажи.

В справочнике ИТС 10-2019 “Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов” [3] представлен список НДТ для утилизации осадков иловых площадок, из которых можно выделить 5 основных методов переработки осадков сточных вод.

1. Анаэробное сбраживание - биологический процесс, направленный на сокращение органического вещества осадка с помощью микроорганизмов в отсутствие кислорода воздуха. Этот процесс является очень старым, но при этом очень эффективным средством для переработки концентрированных органических отходов. Зачастую метод анаэробного сбраживания предлагается для переработки высококонцентрированных промышленных отходов или осадков бытовых сточных вод. Это связано с тем, что в ходе процесса анаэробного сбраживания образуется метан, который является ценным побочным продуктом [4].

2. Пиролиз (сухая перегонка) - процесс термической утилизации ОСВ с отсутствием кислорода, путем высокотемпературного нагрева до 700°C, который способствует разложению органических компонентов. Результатом переработки осадка сточных вод является шлак, который можно применять в строительной отрасли или при ремонте дорог.

3. Компостирование

Суть метода заключается в добавлении к обезвоженному осадку щелочных добавок для образования смеси с такими органическими наполнителями как торф, опилки, солома и т.д.; после этого осадок со смесью проходят сушку в течении 4-5 месяцев, из которых 1-2 месяца приходится на

теплый период года, при этом во всех частях компоста температура должна быть не менее +60 °С.

ОСВ являются основой для компоста, который может служить ценным органическим удобрением, а также способствует повышению плодородия почв и, соответственно, увеличивает продуктивность выращиваемых культур.

4. Метод сжигания осадка (термический метод)

Термический метод утилизации ОСВ является самым радикальным методом решения проблемы утилизации осадка, сопровождающийся получением тепловой энергии.

Экологические преимущества технологии сжигания осадка достигаются за счет термической переработки тепла при сжигании осадка с содержанием сухого вещества более 20-25 %. В этом технологическом процессе присутствует один дымовой воздушный теплообменник, который забирает энергию из паров и повторно вводит ее в печь, из-за чего предприятие может экономить газ или топливо, не допуская охлаждения печи, и один испаритель для водяного теплообменника, обеспечивающий простое подключение к тепловой районной станции или для других процессов.

Использование в печах различных неорганических сорбентов и специальных минеральных присадок гарантирует эффективную очистку отходящих газов.

5. Метод остеклования осадка

Остеклование осадка – это процесс, включающий в себя предварительную сушку осадка, окисление его органической фракции и плавление в печи с образованием гранулированного остеклованного материала. На выходе образуется гранулят остеклованного шлама, который можно применить в строительной индустрии.

Таблица 1. Сравнительная таблица методов утилизации осадков сточных вод на основе экологических и экономических аспектов.

| Название | Достоинства | Недостатки |
|------------------------|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Анаэробное сбраживание | 1) твёрдые отходы используются как удобрения 2) выработка электроэнергии | 1) высокая чувствительность к внезапным изменениям температуры |
| Пиролиз | 1) получение шлака. | 1) экологические риски. |
| Компостирование | 1) получение органического удобрения | 1) невозможность работы с тяжёлыми металлами 2) необходимость больших площадей |
| Термический метод | 1) получение энергии. | 1) дорогостоящее оборудование. |
| Метод остеклования | 1) получение гранулята 2) выработка электроэнергии | 1) относительное большое время окупаемости |

На основе этих методов SBS Consulting провели исследование, в котором рассчитали себестоимость (тыс. руб./ т. ОСВ) использования технологий, реализующих методы утилизации ОСВ из ИТС 10-2019. Также был рассчитан индекс капитальных затрат предприятия на приобретение внеоборотных активов (со сроком действия более 1 года), с учётом дальнейшей модернизации и амортизации – CAPEX, данные приведены на рисунке 1 [5].

Эколого-экономический анализ методов утилизации ОСВ показал, что выбор метода основывается на масштабе очистных сооружений, наличии тяжёлых металлов в иловом осадке, экономическом факторе (сумма себестоимости и индекса CAPEX), количестве осадка (заполненность иловых площадок) и от определённого региона. Из рассмотренного перечня методов стоит выбрать 1 из 3 методов в зависимости от перечисленных ранее условий:

| | Технологии | Применение | Себестоимость, тыс. руб./ тн осадка СВ | CAPEX, тыс. руб./ тн осадка СВ |
|---|------------------------|----------------------|---|-----------------------------------|
| 1 | Анаэробное сбраживание | Крупные ОС | 10,6 | 7,7 |
| 2 | Компостирование | Крупные ОС | 5,6 | 32,7 |
| 3 | Сжигание | Крупные и средние ОС | 8,8 | 83,2 |
| 4 | Пиролиз | Крупные и средние ОС | 9,9 | 31,3 |
| 5 | Остеклование осадка | Крупные ОС | 5,4 | 32,9 |

Рисунок 1. Данные исследования SBS Cosnsulting.

- 1) Анаэробное сбраживание - 18,3 тыс. руб./ т. ОСВ (для крупных очистных сооружений, находящихся в регионах с положительной температурой)
- 2) Пиролиз – 41,2 тыс. руб./ т. ОСВ (для средних очистных сооружений)
- 3) Метод остеклования – 38,3 тыс. руб./ т. ОСВ (для крупных очистных сооружений)

ЛИТЕРАТУРА

1. ЭМИСС. Объем сброса сточных вод // ЭМИСС URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/34559> (дата обращения: 20.09.22).
2. ESG-принципы: что это такое и зачем компаниям их соблюдать. // РБК URL: <https://trends.rbc.ru/trends/green/614b224f9a7947699655a435> (дата обращения: 20.09.22).
3. ИТС 10-2019
4. Хисамеева Л.Р., Селюгин А.С., Абитов Р.Н., Бусарев А.В., Урмитова Н.С. Обработка осадков городских сточных вод: учебное пособие // Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2016. 105 с.
5. SBS Consulting. Решения по обработке иловых осадков водоканалов // SBS, сентябрь 2021

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПРОЕКТИВНОГО ПОКРЫТИЯ ЛИШАЙНИКАМИ ФОРОФИТА ОТ КЛЮЧЕВЫХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ

Федосеев О.Н.

- доцент, кандидат биологических наук, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28, корп. 1

Хурнова Л.М.

- доцент, кандидат биологических наук, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28, корп. 1

Мамина Д.Х.

- доцент, кандидат технических наук Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

АННОТАЦИЯ

Для получения объективной картины загрязнения биоценоза необходимы исследования в двух направлениях. Должны совершенствоваться как методы инструментального химического анализа, так и целесообразно более широкое использование биоиндикаторов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: лишайники, биоиндикация, климатические факторы среды, загрязнение атмосферы, математическая модель

ВВЕДЕНИЕ

Применение организмов, реагирующих на загрязнение среды обитания изменением визуальных признаков, имеет ряд преимуществ. Оно позволяет существенно сократить или даже исключить применение дорогостоящих и трудоемких физико-химических методов анализа. Биоиндикаторы позволяют определять не только скорость происходящих изменений, но и пути, места скопления в экосистемах различных токсикантов, делать выводы о степени опасности для человека и полезной биоты конкретных веществ или их сочетаний [1,2,3,4].

Наиболее часто лишеноиндикация используется для определения степени изменения газового состава атмосферы типичными поллютантами [5].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения исследований были выбраны площадки, расположенные рядом с интенсивной транспортно-дорожной сетью в ЦПКиО им. Белинского, и в скверах, расположенных рядом с библиотекой им. Лермонтова города Пензы. Исследования проводились в 2019-2021 гг. в три этапа. Измерение загрязненности атмосферы производилось газоанализатором УГ-2, аспиратор НП-3М, зонд пробоотборный ЗП-ГХК-ПВ, индикаторные трубки серии ТИ, тестированные в лаборатории экологического мониторинга ЦГСЭН №59. Определение видов лишайников проводились согласно справочнику-определителю [6].

Для определения степени комфортности условий среды произрастанию лишенофлоры использовали методикой измерения проективного покрытия А.В. Пчёлкина и А.С. Боголюбова [7]. Для статистической обработки и системного анализа результатов исследования использовались алгоритмы Н.А. Плохинского [8] и программы Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследований было выявлено наличие криволинейных зависимостей площади обрастания форофита от уровней загрязнения оксидами азота и серы, показателей освещенности и относительной влажности атмосферного воздуха [7].

В качестве тест-объектов были использованы, в основном, листоватые и накипные морфологические типы лишайников на форофите, в качестве которого был выбран клен платанолистный и американский (р. Acer), как наиболее часто встречающиеся в городской парковой зоне и обладающих неплохой «адгезией» к наиболее распространенной лишенофлоре. Для создания

обобщенной модели исследуемой зависимости была произведена выборка точек, обладающих градиентом освещенности, относительной влажности и концентрации окислов азота и серы.

Для анализа обнаруженной зависимости был организован двухфакторный дисперсионный комплекс. В качестве первого фактора (А) выбрано суммарное загрязнение атмосферного воздуха оксидами азота и серы. В качестве второго фактора (В) был выбран коэффициент условий среды (отношение освещенности в люксах к относительной влажности атмосферного воздуха в %).

Результаты расчета двухфакторного дисперсионного комплекса зависимости показывают, что в общей сумме влияний различных факторов на результативный признак влияние загрязненности воздуха оксидами азота и серы составляет примерно 20 %, а факторов освещенности и относительной влажности – 14 %. Оба полученных результата достоверны для нижнего порога вероятности безошибочных прогнозов. При этом общее влияние организованных в дисперсионном комплексе факторов составило 45 %, оказалось достоверным для порога вероятности 0,99 и может составлять для всех объектов данного типа от 19 до 71% от влияния всей суммы факторов окружающей среды.

Совместное влияние градаций А и В оказалось недостоверным и слабым. Организацию математической модели производим методом Бокса-Уилсона. Целевая функция принимает вид:

$$П = \frac{0,42}{C_{SO_2} + C_{NO_x}} + \frac{29,8\phi}{L} - 17,1(C_{SO_2} + C_{NO_x}) - 0,16\frac{L}{\phi},$$

где: C_{SO_2} – концентрация диоксида серы, мг/м³;

C_{NO_x} – концентрация оксидов азота, мг/м³;

ϕ – относительная влажность атмосферного воздуха, %;

L – освещенность, Лк.

Данные по проверке адекватности полученной математической модели (рис. 1) показали, что разность эмпирического и теоретического рядов регрессий оказалась недостоверной.

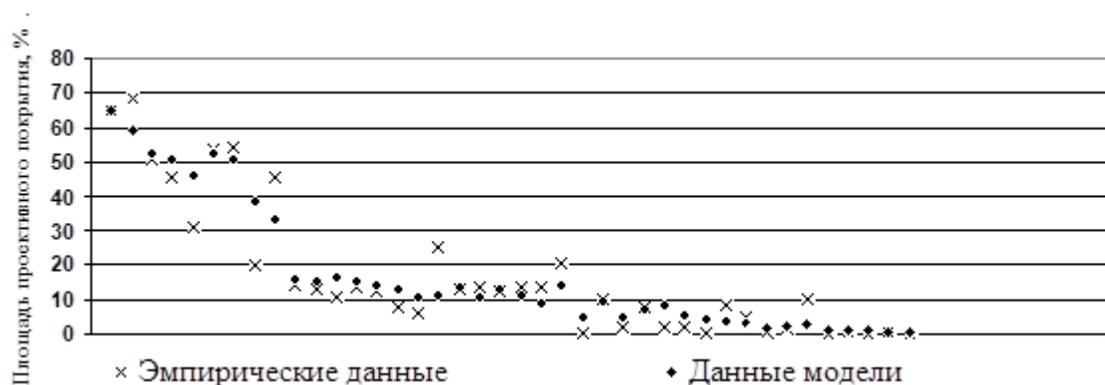


Рисунок 1. Сравнение эмпирических данных площади проективного покрытия и данных, полученных с помощью математической модели.

Модель адекватна для высшего порога вероятности безошибочных прогнозов. Погрешность математической модели составляет $1,6 \pm 5,4$ % от среднего значения площади покрытия и может варьировать для порога вероятности $\beta=0,95$ от 0 до 12,5 %.

ВЫВОДЫ

1. В общей сумме влияний различных факторов на результирующий признак влияние загрязненности воздуха окислами азота и серы составляет примерно 20 %, а факторов освещенности и относительной влажности – 14 %. Оба полученных результата достоверны для нижнего порога вероятности безошибочных прогнозов.

2. Общее влияние факторов, организованных в дисперсионном комплексе, составило 45 % и оказалось достоверным для порога вероятности 0,99.

3. Совместное влияние загрязнения атмосферного воздуха и условий среды оказалось недостоверным и при организации математической модели не учитывалось.

4. Разработанная математическая модель оценки загрязнения воздуха методом лишеноиндикации адекватна для высшего порога вероятности безошибочных прогнозов и позволяет существенно сократить применение дорогостоящих и трудоемких физико-химических методов анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Меденец Е.Ю. Засоба В.В.* Эпифитные лишайники - индикаторы загрязнения воздуха в г. Новочеркасске // Лесное образование и лесная наука в XXI веке: Материалы региональной научно-практической конференции, посвященной 85-летию высшего лесного образования в г. Воронеже и ЦЧР (г. Воронеж 12-13 февраля 2004 г.). ВГЛТА. 2004 г. С. 109-110.
2. *Меденец Е.Ю.* Лишеноиндикация атмосферного загрязнения городов Новочеркасска и Ростова-на-Дону: дис. канд. биол. наук: 03.00.16. – Южный Федеральный университет, Ростов-на-Дону. 2010. 165 с.
3. *Суздалева А.Л.* Современный характер урбанизации и необходимость комплексного решения проблем экологической безопасности, безопасности жизнедеятельности и охраны труда // Экология урбанизированных территорий. 2014. № 2. С. 12-16.
4. *Суздалева А.Л.* Системная техноэкология и управляемые природно-технические системы // Безопасность в техносфере. 2016. Т. 5. № 3. С. 6-14.
5. *Козинцев С.Н.* Модели и методика биоиндикационной оценки геоэкологического состояния атмосферы техногенно нарушенных территорий: дис. канд. геогр. наук: 25.00.36.- ФГБОУ ВПО Воронежский государственный университет. Воронеж. 2013. 137 с.
6. Справочник-определитель: Режим доступа: <http://www.fadr.msu.ru/opred/>
7. *Пчелкин А.В., Боголюбов А.С* Методы лишеноиндикации загрязнений окружающей среды // М., Экосистема.1997. 27 с.
8. *Плохинский Н.А.* Математические методы в биологии // М.: Изд-во МГУ. 1978. 185 с.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЗАСТРОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЗА СЧЁТ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Чернов А.Ю.

- доцент, кандидат технических наук Северо-Кавказский федеральный университет, 355009, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1

АННОТАЦИЯ

Юг России и прилегающие районы относятся к сейсмически активным. Обеспечение безопасности территории является комплексной задачей и требует анализа инженерных, экологических, экономических и социальных вопросов. Геоэкологическая оценка обеспечения безопасности застроенной территории представляется наиболее полной и достоверной в настоящее время. Оценка фактической сейсмостойкости зданий и сооружений через производство технического обследования позволят повысить надежность и безопасность объектов строительства в условиях сейсмически активной территории. Данная масштабная задача требует привлечения внимания органов власти и соответствующих ведомств.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: безопасность, геоэкология, сейсмическая опасность, техническое обследование зданий и сооружений, оценка технического состояния

ВВЕДЕНИЕ

Некоторое время назад были утверждены «Основы государственной политики в области экологического развития РФ на период до 2030 года» [1]. Этот документ формализует глобальные экологические проблемы, связанные с возрастанием экологического ущерба от стихийных бедствий и техногенных катастроф, затрагивающие интересы страны и её граждан.

Личность, общество и государство в целом, осуществляя свои функции, способствуют обеспечению комплексной безопасности как на территории всей нашей страны, так и в рамках конкретной территории. К основным принципам обеспечения безопасности можно отнести:

- 1) соблюдение и защита прав и свобод человека и гражданина;

- 2) законность;
- 3) системность и комплексность применения органами власти политических, организационных, социально-экономических, информационных, правовых и иных мер обеспечения безопасности;
- 4) приоритет предупредительных мер в целях обеспечения безопасности;
- 5) взаимодействие органов власти с общественными объединениями, международными организациями и гражданами в целях обеспечения безопасности.

Юг России и прилегающие районы относятся к сейсмически активным. Согласно СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах, здесь вероятны землетрясения различной интенсивности с отличающейся вероятностью превышения в границах анализируемого периода времени. С другой стороны, регион характеризуется высокой плотностью населения и развитой инфраструктурой. Это существенно повышает потенциальную тяжесть последствий от возможных на данной территории сильных землетрясений [2].

Основным поражающим фактором землетрясений в пределах суши являются, механические воздействия колебаний земной поверхности. Причинами травм и жертв среди людей являются факторы, сопровождающие землетрясения – разрушения зданий и сооружений, затопления, осыпание битых стекол, контакты с разорванными электропроводами, взрывы и пожары, вызванные короткими замыканиями в электропроводке и утечкой газа из поврежденных труб, а также действия, вызванные испугом населения и паникой [3].

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

ГОСТ Р 57546-2017 Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности содержит в себе перечень классов сейсмостойкости категории-сенсора «Здания и сооружения» от С6 до С9. К примеру, класс С6 означает, что при

интенсивности землетрясения в 6 баллов объект этого класса получит слабые повреждения и будет иметь ограниченно работоспособное техническое состояние по ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. Отнесение к тому или иному классу выполняется исходя из вида объекта (кирпичный, блочный, панельный, бетонный, деревянный, щитовой и др.), а также наличия или отсутствия антисейсмических мероприятий для различной расчетной сейсмичности. Отмечается, что при сочетании в одном объекте признаков двух или трех классов, в целом его следует относить к слабейшему классу.

Процесс исследования объектов строительства с точки зрения их сейсмостойкости может быть представлен в виде совокупности нескольких этапов:

1 этап: анализ изначальной сейсмостойкости, т.е. первоначально предусмотренной проектом степени защищенности объекта строительства. Изначальная сейсмостойкость зданий и сооружений, запроектированных и построенных более 25 лет назад, может существенно отличаться от проектной сейсмостойкости вновь проектируемых для данной территории объектов. Это связано с изменением требований нормативных документов в анализируемой области.

2 этап: анализ фактической сейсмостойкости, т.е. реальной сейсмозащищенности объекта сейчас. На данную характеристику эксплуатируемой застройки влияет не только изначальная сейсмостойкость, но и накопленный за время эксплуатации износ, а также изменения инженерно-геологических свойств грунта основания. Под накопленным износом подразумевается, прежде всего, физический износ, т.е. ухудшение технических и связанных с ними эксплуатационных показателей объекта, вызванное объективными причинами. Под изменением свойств грунта основания подразумевается изменение его физико-механических характеристик и степени агрессивности.

Одним из способов оценки фактической сейсмостойкости застройки является техническое обследование. Техническое обследование зданий и сооружений регламентируется рядом нормативных документов, таких как ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния, ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения, СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений и пр.

Согласно данным стандартам, сейсмичность района 7 баллов и более предопределяет необходимость более тщательного контроля технического состояния застройки в виде двукратного сокращения промежутка времени между плановыми обследованиями в сравнении со стандартными требованиями. Обследование объектов строительства должно проводиться не реже 1 раза в 5 лет.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Накопленный опыт практической деятельности свидетельствует о том, что фактически требования по контролю технического состояния зданий и сооружений не выполняются в полном объеме. Имеется значительное количество объектов строительства, категория технического состояние которых фактически является ограниченно-работоспособной или даже аварийной. Дальнейшая эксплуатация объектов, находящихся в указанном техническом состоянии небезопасна и должна быть приостановлена до принятия решения о дальнейшей судьбе подобного объекта (снос, восстановление, усиление и т.д.).

Пример выявленных повреждений и дефектов у фактически эксплуатируемого объекта строительства представлен на рис. 1. Работы по предварительному обследованию и оценке технического состояния выполнялись силами кафедры строительства инженерного института ФГАОУ ВО «СКФУ».



Рисунок 1. Сквозные трещины в несущих стенах. Результаты технического обследования жилого здания, оконченного строительством менее 3-х лет назад до момента настоящего обследования. Объект расположен на территории Ставропольского края

Наиболее вероятной причиной деформаций, представленных на рис. 1, являются ошибки при проектировании и устройстве основания и фундамента. Общеизвестно, что корректная работа основания и фундамента объекта является необходимым критерием надежности и безопасности объекта в целом. При этом комплекс мероприятий по устранению выявленных повреждений и дефектов как следствия нарушений в работе основания и фундаментов может сильно отличаться в случае выявления или невыявления изменений основных инженерно-геологических параметров. К примеру, рост влажности основания может являться основанием для пересмотра категории грунта основания по сейсмическим свойствам в сторону понижения категории со 2 до 3 согласно СП 14.13330.2018 и, как следствие, повышению требуемой сейсмостойкости объекта строительства на 1 балл. Данное дополнительное увеличение сейсмостойкости в совокупности с фактическим техническим состоянием объекта, его конструкций и элементов, способно ещё больше увеличить разрыв между фактической и необходимой сейсмостойкостью здания для целей обеспечения безопасности застроенных территорий.

ВЫВОДЫ

Основные нормативы в области оценки сейсмической опасности и сейсмостойкого строительства имеют федеральный уровень, поэтому они не в полной мере учитывают локальную специфику конкретной территории. Для целей повышения надежности оценок расчетной сейсмичности площадки строительства, повторяемости и спектрального состава сейсмического воздействия представляется крайне актуальными детальное сейсмическое районирование и сейсмическое микрорайонирование конкретных территорий с уточнением категории грунтов по сейсмическим свойствам. Выполнение данных исследований позволит получить более достоверные оценки ожидаемых сейсмических событий и сопоставить их с фактической сейсмостойкостью застройки района исследования [4].

В настоящее время существует геоинформационная система «Экстремум», применяемая в Национальном центре по управлению кризисными ситуациями МЧС РФ для оперативной оценки возможных потерь от сильных землетрясений [5]. Интересной представляется практика применения Системы в условиях г. Ангарска Иркутской области [6].

Особо следует обозначить проблему зданий и сооружений, относящихся к категории «самострой», не имеющих четкого правового статуса и учета. Данная проблема представляется особенно актуальной для юга России, где к таким объектам, в том числе, относятся фактически заселенные многоквартирные жилые дома. Указанные объекты зачастую построены с грубейшими нарушениями строительных норм и правил. Процесс эксплуатации подобных объектов не соответствует требованиям технических регламентов. Оценка их технического состояния производится, как правило, только в исключительных случаях.

Однако, излишне радикальные меры в отношении таких объектов строительства приведут к росту социальной напряженности (потеря жилища, места работы и т.п.), а также дополнительной экологической нагрузки на

регион. К примеру, решение о демонтаже здания потребует решения вопроса размещения демонтированных конструкций и элементов такого объекта.

Сопоставление фактической сейсмостойкости застройки и уточненных оценок вероятных сейсмических воздействий района расположения объекта строительства, т.е. оценка фактической сейсмоуязвимости объектов, может быть использована как эффективный инструмент обеспечения безопасности урбанизированных территорий юга России. Качественные оценки сейсмической опасности должны быть использованы в практике количественной оценки сейсмического риска и управления им.

Геоэкология, являясь междисциплинарной наукой, представляет собой синергию различных наук. Опираясь на геологические и технические науки, геоэкология способствует сохранению и улучшению среды обитания человека, в т.ч. застроенных территорий. Именно поэтому геоэкологическая оценка обеспечения безопасности застроенной территории представляется наиболее достоверной и всесторонней в настоящее время [7].

Геоэкологическая оценка сейсмического риска имеет широкий потенциал применения и может быть использована не только для решения чисто инженерных задач, но и в социальной, экономической и экологической плоскости. Это позволит повысить надежность и безопасность объектов строительства, а также общую устойчивость урбанизированных территорий в условиях сейсмически активной территории юга России.

Вместе с тем, данная масштабная задача не может быть решена исключительно силами научного сообщества и строительной отрасли. Проблема носит комплексный характер и требует привлечения внимания органов власти и соответствующих ведомств. Активизация совместной работы, добросовестное осуществление своих функций на основе изложенных выше общих принципов безопасности будет способствовать обеспечению комплексной безопасности как на территории всей нашей страны, так и в рамках конкретной территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года». М.: Правительство Российской Федерации. 2012. 8 с.
2. *Галай Б.Ф., Чернов Ю.К., Чернов А.Ю.* Сейсмостойкое строительство как геоэкологический фактор // Вестник МГСУ. Выпуск 8. Безопасность строительных систем. Экологические проблемы в строительстве. Геоэкология. М.: ФГБОУ ВПО «МГСУ». 2012. С. 154–168.
3. *Потапов А.Д., Ревелис И.Л., Чернышев С.Н.* Землетрясения. Причины, последствия и обеспечение безопасности: учеб. пособие // М.: ИНФРА-М. 2016. 343 с.
4. *Chernov A. Yu., Zaalishvili V. B., Chernov A. Yu.* Strong Ground Motion Simulation for Forecasting the Probable Seismic Impacts in the Territory of the Republic of North Ossetia–Alania // *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*. 2020. Vol. 56. No. 5. pp. 644–655.
5. *Фролова Н.И., Габсатарова И.П., Суцев С.П. и др.* Калибровка модели геоинформационной системы «Экстремум» для оценки потерь от землетрясений восточной зоны Северного Кавказа // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2022. № 4., С. 34–55.
6. Фролова Н.И. Оценка социальных и экономических показателей сейсмического риска на примере г. Ангарск / Н.И. Фролова, Н.С. Малаева, В.В. Ружич и др. // Геофизические процессы и биосфера. 2022. Т. 21, № 2. С. 86–113.
7. *Чернов А.Ю.* Геоэкологическая оценка сейсмической опасности и риска на примере застраиваемых территорий центрального Предкавказья: дисс. на соискание ученой степени канд. тех. наук: 25.00.36 – «Геоэкология (строительство и ЖКХ)» // ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет». 2016. 163 с.

ОСНОВЫ НООСФЕРНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОНОМИИ В ОХРАНЕ КОМПОНЕНТОВ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ СРЕДЫ ИСТОРИИ ЗЕМЛИ (АСПЕКТЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ)

Усупаев Ш.Э.

- доктор геолого-минералогических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Центральном Азиатском институте прикладных исследований Земли (ЦАИИЗ.) 720027, г. Бишкек, ул. Тимура Фрунзе, 73/2, Кыргызская Республика

АННОТАЦИЯ

В статье представлены основы ноосферной инженерной геонии, играющие важную роль в охране природно-техногенной среды истории Земли. Теоретические основы базируются на концепции ранее не изученного явления формирования поля палеопрочности Материи. Прикладные аспекты, тесно связаны, с процессами ударных столкновений Земли и небесных тел, приводящих в поле палеопрочности, к трансформации и изменениям деформационных и прочностных свойств полигрантов, в сосуществующих планетарных системах, галактиках и их составных групп цивилизаций. Впервые составлена для трансформируемой разбеганием галактик поля палеопрочности Вселенной интегрированная карта, где установлено вращение Мироздания по часовой стрелке. Млечный путь, расположен на экваторе Вселенной и находится на ноосферной инженерно-геономической карте между горячей в северо-восточной части Сферы и холодной на юго-западной части Мироздания, т.е в благоприятных для Жизни, и существования воды комфортных условиях. Разработаны геонм-модели механизма ударного 4-х кратного столкновения в образовании Солнца, столкновения планет с подобными телами при резонансном их орбитальном объединении (Земли -5, Венеры- 7, Марса -3, Юпитера3, Сатурна -3, Урана -2, Меркурия- 1). Приведены геонм-модели глубинного объединения энергетических полей различных элементарных частиц амеров, электронов, протонов, ядер атомов и химических элементов объединением 4-х, 3-х, и 2-х физических полей на основе использования предлагаемой концепции Единого поля палеопрочности материи Мироздания и его субчастей.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ноосферная, инженерная геония, катастрофа, большой взрыв, амера, эфир, корпускула, протон, электрон, глюон, Вселенная, Млечный путь, глубина частицы, классификация, таблица, химические, элементы, Мироздание.

ВВЕДЕНИЕ

Земля и Солнечная система систематически получают из галактического пространства материальные тела. Геолог часто забывает, что имеет дело не просто с Землёй, а с одной из планет Солнечной системы, писал Вернадский В.И. Профессор Мартыянова Н.Е. определил, «астрономия – это геология в пространстве, а геология – астрономия во времени». По Круть И.В. Единая наука о Земле 1904 г. предложил Грот Н.Я.-геономию, центральную науку в естествознании с ее Общей Теорией Земли [1-14].

Академик Сергеев Е.М и Дряян В.А. в 1986 г верхние горизонты литосферы охарактеризовали как основание, часть сферы разума, а инженерную геологию окружающей среды, геологией ноосферы – сферы разума [1-14].

Ноосферная инженерная геономия (далее-НИГ) изучает закономерности формирования, трансформации и круговорота георисков, особенности геодинамических, гравиинертных и конвективных движений полигрантов в планетосферах, сопряженных с образованием полезных ископаемых, для обеспечения необходимыми ресурсами и безопасного сосуществования цивилизации с окружающей Вселенной и ее субчастей в Млечном пути, Солнечной системе, и изначально гидридной и гибридной Земле [1-14].

МЕТОДИКА И МЕТОДОЛОГИЯ

В работе использованы классические методы астрологии, науковедения, катастрофоведения, методологии ноосферной инженерной геономии, наук о Земле, геэкологии, естествознания и разработанные методы Единой теории поля палеопрочности материи [1-10].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Мироздание состоит из взаимоувязанных между собой в поле палеопрочности (далее $P_{\text{пн}}$), по иерархии корпускул барионной материи амеры

в эфирном поле, 12 элементарных частиц, бозонами Хиггса, протонами, электронами и позитронами, нейтронами, химическими элементами, молекулами, надатомно-блочными структурами, 32 классами кристаллов (218 гомологичные классы кристаллов минералов), около 3000 минералов горными породами, формациями, 12 литосферными плиты, слоистыми планетосферами, небесными телами, звездами, галактиками, Вселенными. До БВ-большого взрыва, по концепции $R_{пп}$ в Мироздании 19-20 млрд. лет тому назад происходило встороннего сжатия материи в суперплотное, меньшее по размерам, и сверх-взрывоопасное состояние [1, 3, 6-10]. С позиций $R_{пп}$ Большой взрыв произошел 18,4 млрд. лет тому назад. Сгустки эфира проявляют свойства поля палеопрочности материи $R_{пп}$. После 0,01 сек от БВ температура Вселенной в миллиарды градусов по Цельсию, нет условий для жизни ядра атома, образовались корпускулы амеры на 74 % зародыши Вселенной. Амеры из сжатого вихревым кольцом элемента эфира имеют радиус 10^{-19} м., массу 10^{-39} кг, плотность протона $2,63 \cdot 10^{17}$ кг/м³. Поле палеопрочности $R_{пп}$ создат силу тяготения в градиенте плотности эфира. При температуре ниже 3000°C, через миллионы лет от БВ, появляются ядра атомов, протоны и электроны и впервые образуют химические элементы. Из корпускул, химических элементов через миллиарды лет от БВ, в Едином поле палеопрочности материи, образуются галактики, звезды и стабильные вещества.

Составлена карта Вселенной с ее координатами, полушариями, экватором и полюсами обладающей палеопрочностью, как и ее все составные неба тела. На карте Вселенной впервые получены рукава вращения по часовой стрелке. Показано место расположения Млечного пути и Солнечной системы на карте Вселенной. На рисунке 1 представлена впервые составленная ноосферная инженерно-геономическая (далее НИГ) карта Мироздания и местоположение на ней галактики Млечный путь с доказательством по часового направления вращения Вселенной в поле палеопрочности материи. НИГ карта-модель строения Вселенной состоит из 2-ух рукавов и центрального овального круга:

ЦМП – центр галактики Млечный путь, P_A ось соединяющая центры рукавов А и В Вселенной; TP^+ и TP^- ось температурных полюсов Вселенной; оранжевым цветом на экваторе карты-модели выделен Млечный путь [9-10]. Центр Млечного пути расположен на карте восточнее центра Вселенной, на которой находится другой центр сферического образования. Солнечная система находится в теплой части Вселенной благоприятной для зарождения жизни. Центры соединения двойных рукавов Вселенной расположены над овальным перпендикулярно сталкивающимся ядром сферического образования, которая направляется для столкновения к черной дыре (ядру) галактики млечный путь. Солнечная система находится в умеренном не холодном и не горячем температурном поле Вселенной благоприятной для зарождения жизни. Холодное южное пространство Вселенной в юго-западном центре имеет горячее овальное пространство, а часть холодной Вселенной в виде рукава ограничивает восточное окончание Млечного пути. Южная часть галактики млечный путь характеризуется умеренными температурами. Возникновение условий формирования поля палеопрочности материи, связана с Большим взрывом, ударными катастрофами и эволюцией галактики и Мироздания в целом.

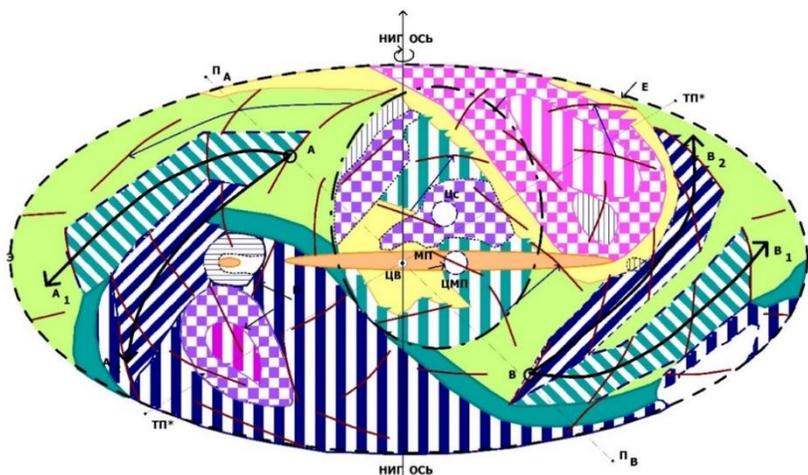


Рисунок 1. НИГ карта местоположения галактики Млечный путь и доказательства по часового направления вращения Вселенной в поле палеопрочности материи

На рис.2 дана модель глубины микромира элементарных частиц слагающих химические элементы с позиций Единой физической теории поля, и поля паопрочности материи, где 1 - глубина объединения всех 4-х полей 10^{-36} м; 2- глубина объединения 3-х сил 10^{-30} м; 3- глубина объединения 2-х сил 10^{-19} м; 4 – радиус амеры 10^{-28} м; 5-квантовый радиус электрона 10^{-11} м; 6-радиус ядра электрона 10^{-14} м; 7- радиус электрона 10^{-16} м; 8 - глубина материи с максимально возможной и допустимой массой вещества (поле палеопрочности); 9- глубина радиус протона; 10 – радиус водорода; 11- глубина ядра химических элементов; 12 – глубина размеров атомов химических элементов [9-10].

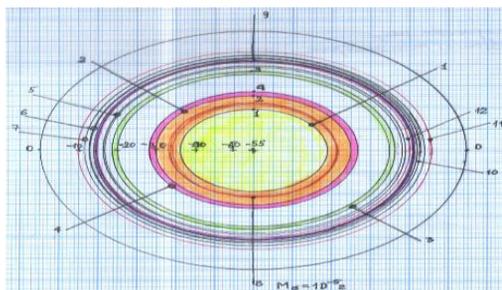


Рисунок 2. НИГ модель глубин проникновения материи и рубежи палеопрочности в Единой физической теории поля

В $P_{пп}$, в галактике Млечный путь имеет место иерархия соподчиненных «центров цивилизации», где Солнце относится к V-ой а Земля к VI-ой их категориям. Магнитные и грави-инертные силы позволяют нашу галактику вращаться в поле $P_{п-п}$ вокруг центра и оси как единое целое не распадаясь [1, 3, 5, 10]. На рисунке 3 приведены обоснования истории образования после Большого взрыва, Солнца вследствие 4 ударных столкновений с подобными звездными телами.

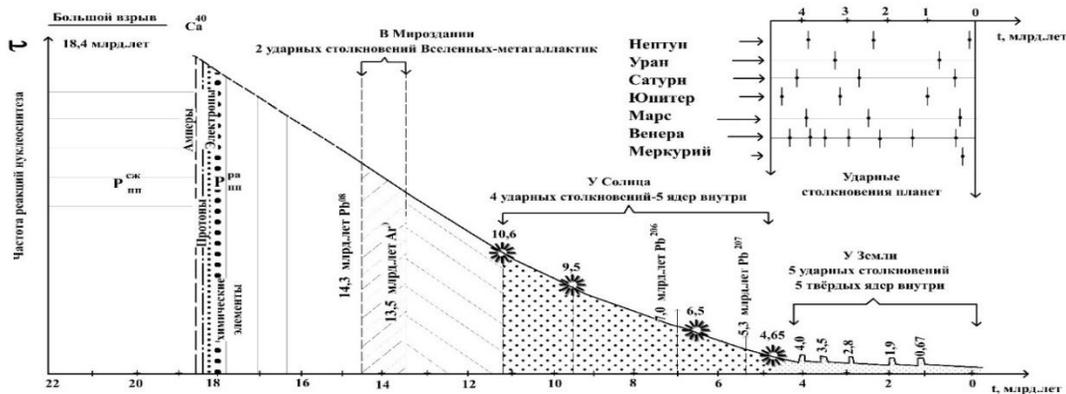


Рисунок 3. График зависимости частоты реакций нуклеосинтеза с рубежами времени от Большого взрыва и ударных столкновений метagalлактик, звезд, планет Солнечной системы, небесных тел и Земли в Мироздании

На рисунке 4 показана модель и механизм образования Земли в поле палеопрочности материи вследствие 5-ти ударных столкновений с подобными небесными телами. Земля гибридная и состоит из 6 планетоблем и десятков астероидоблем. Времена ударных столкновений древних Геоидов и образования Земли: Бразильской–4 млрд. лет, Канадской–3,5 млрд. лет, Арктической (Северно-Ледовитой) –2,8 млрд. лет, Тетис–1,9 млрд. лет и Тихоокеанской–0,67 млрд. лет.

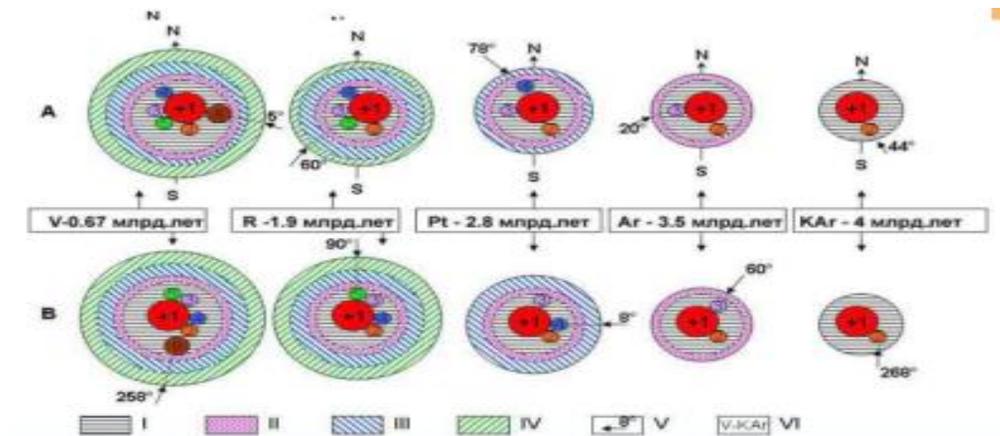


Рисунок 4. НИГ модели меридионального и экваториально-широтного разрезов с координатами и возрастами ударного столкновения пра-Геоида с небесными телами образовавшими 6-ти твердо-ядерную гидридную и гибридную Землю.

На рисунке 5 приведена составленная впервые «Ноосферная карта инженерной геологии и катастрофологии», использованы серии разнотематических карт: а. карта Геоида с координатами расположения 5 палеоцентров и их антиподальных центров ударного столкновения в образовании гибридной Земли; б. карта планетарных экваторо- и полюсобежных сколов, где даны основы новой ноосферной инженерно-геологической и катастрофологической карты-модели механизма образования 6 ядерной Земли в поле палеопрочности материи, где: а. эпицентр твердого ядра Земли в виде круга закрашен розовым, его гравиинертный антиподальный центр круг выделен кругом синего цвета; б. эпицентры пяти твердых ядер Земли от ударных столкновений Геоида с подобными планетами выделены разного размера оранжевыми кругами, а их гравиинертные антиподальные центры зелеными кругами; в. сдвиги стрелками вдоль планетарных разломов; г. области растяжений – линиями с перпендикулярным штрихами; д. передние фронты зон сжатия – линиями с черными треугольными зубцами; е. в центре полушарий выделены синим овалом траектория ежегодного орбитального вращения твердого ядра вокруг геометрического центра выделенного красным по цвету кругом [5, 9-10].

На рисунке 6 представлена закономерность ежегодного орбитального движения твердого ядра Земли в жидкой планетосфере под углом 45 градусов по отношению к Солнцу, приводящая к гравиинертным, геотектоническим процессам, циклического и периодического изменения и трансформации выше расположенных геосфер, и формированию геосфер, геологических преобразований и формированию нефтегазоруд, в целом, напряженно-деформированного динамического вибро-сейсмического режима взаимодействия между собой планетосфер [5, 6, 9-10].

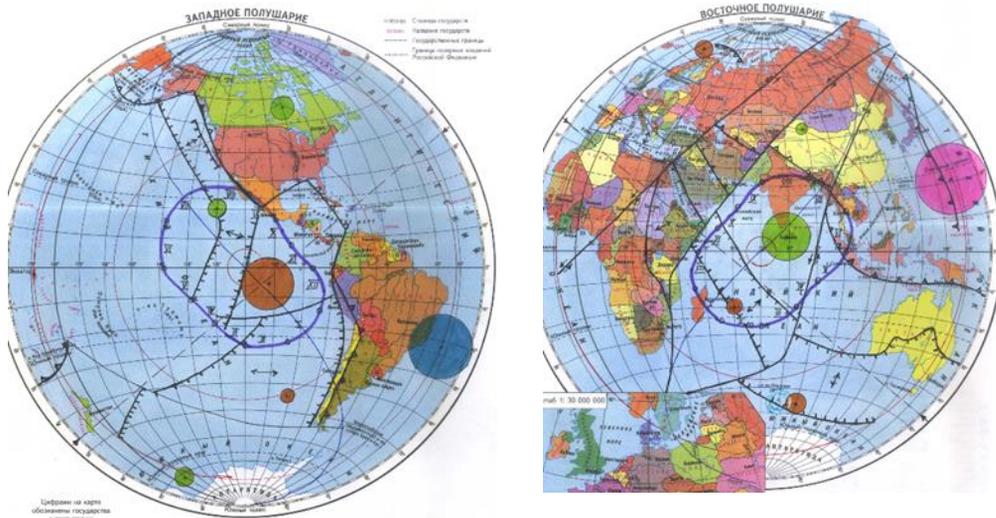


Рисунок 5. Ноосферная инженерно-геономическая и катастрофоведческая карта типизации напряженно-деформационных свойств планетосфер и территорий стран Мира, трансформирующихся георисками и орбитальным гравиинертным движением и воздействием твердого ядра Земли в Едином поле палеопрочности материи

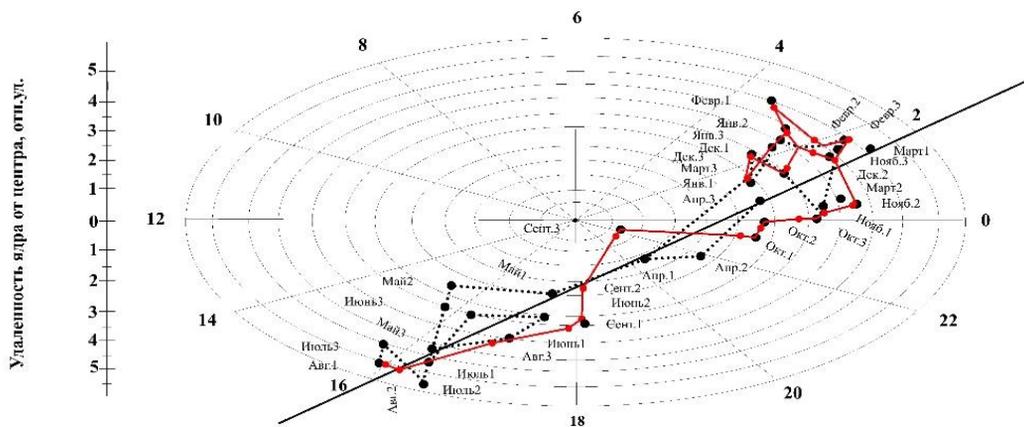


Рисунок 6. Инструментально выявленное ежегодное орбитальное вращение твердого ядра внутри жидкой планетосферы под углом 45 градусов в эклиптике Солнца позволяющий прогноз георисков, сейсмкатастроф, геоэкологических состояний и распределения нефтегазород в планетосферах Земли (Малышков Ю.П. и др.)

Близ центрального твердого ядра Земли вращаясь по собственной орбите, внутри жидкого ядра, в декабре месяце поднимается в северное, а в июле месяце опускается в южное полушария планеты, вызывая ритмичность и сезонность в формировании, накопления остаточных напряжений и проявления георисков, распределения нефтегазоруд, геоэкологических трансформаций и преобразований (рис. 6) [5, 6, 9-10].

Наряду с 5-ю ударными по генезису планетоблемами выявлены рубежи ударно столкнувшихся с Землей 48 астероидоблем, обосновывающих новые границы периодов в системе геологического и геонимического времени, а также свидетельствующие о наличии новых районов трансформации георисками палеопрочности компонент полигрунтов и установления надежных критериев поиска источников нефтегазоруд.

На рисунке 7 приведена Международная геохронологическая шкала с впервые нанесенными рубежи 5 кратного столкновения Земли с инопланетными телами, которые являются истинными возрастами шкалы Геоида. На НИГ шкале указаны времена ударных столкновений образующих другие планеты Солнечной системы, что приводило к астероидным ударам и кризису жизни на Земле, а также формировали условия для быстрых и медленных оледенений и эпох металлогенических импульсов [4, 15].

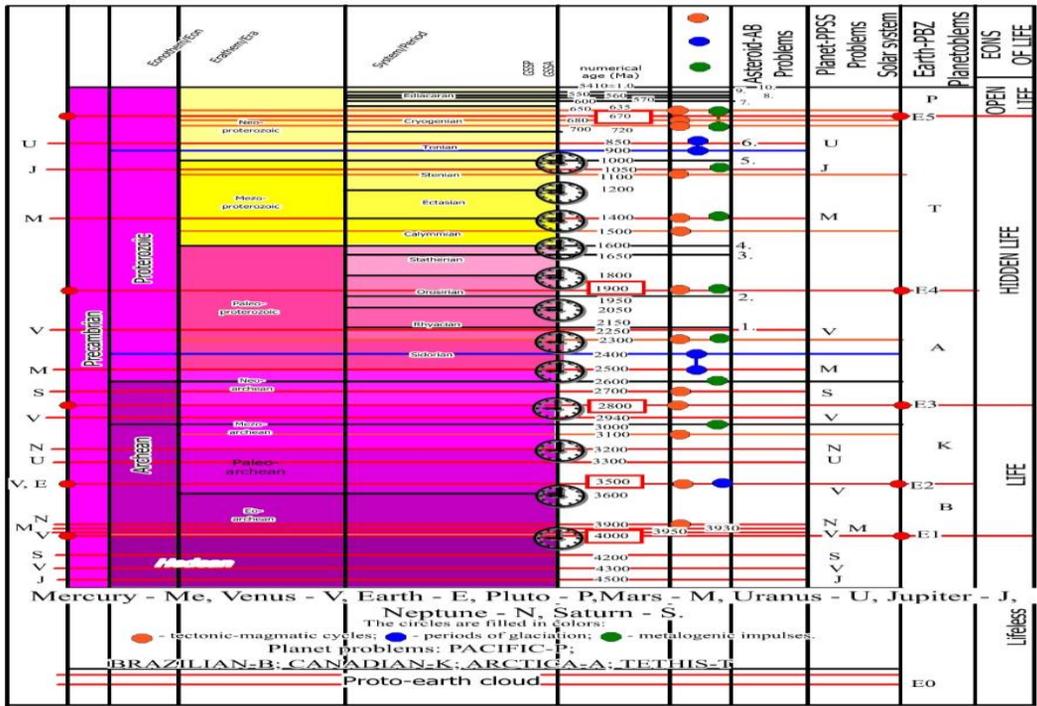


Рисунок 7. НИГ шкала ударных столкновений планетоблем и астероидоблем образующих истинные границы рубежей, генезиса жизни, тектогенеза, палеооленений и металлогенических импульсов.

На рисунке 8 приведена разработанная классификационная НИГ карта модель генезиса вещества материи от полей корпускул амеры до химических элементов сформированных различными космическими механизмами воздействия в Р_{пл.} Таблица Д.И. Менделеева содержит и объединяет в периодах, группах и рядах химические элементы гибридного генезиса, а именно 2- от Большого взрыва, 3-от космических лучей, 5- т легких и тяжелых звезд, 21 – от сверхновых и тяжелых звезд, 22- от тяжелых звезд, 40 от сверхновых звезд, 24- экспериментально полученные.

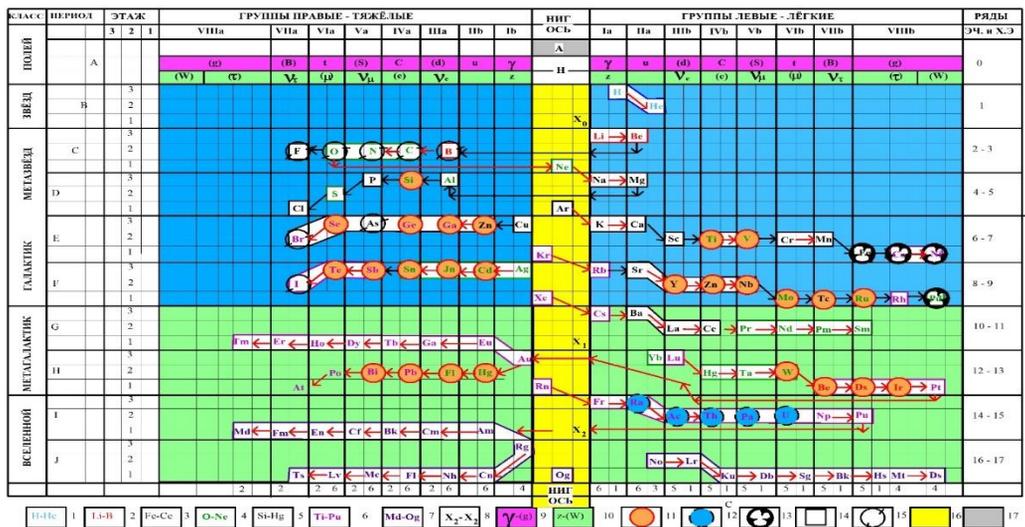


Рисунок 8. Классификационная НИГ карта модель генезиса вещества материи от полей корпускул амеры до химических элементов сформированных различными космическими механизмами воздействия в P_{III} .

На рисунке 9 приведена преобразованные из (Рис.8) химические элементы в зависимости от энергии потенциала ионизации, которые позволили выявить, что они сформировались в виде 2-ух квазисимметричных зеркально отраженных геонм-волн, где установлены 6 периодов всплеска энергий взрывов от сжатия и/или ударных столкновений звезд и воздействия сверхновых.

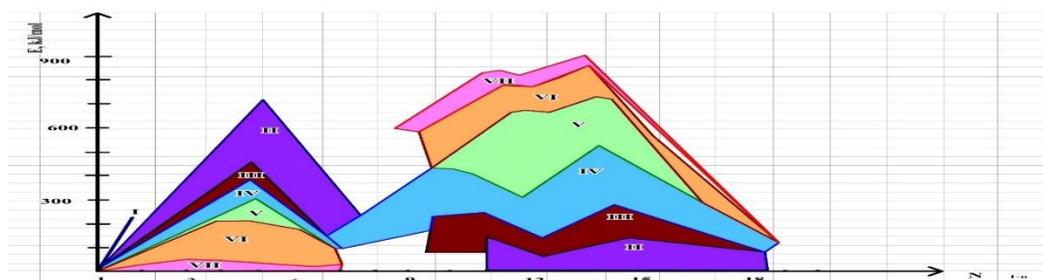


Рисунок 9. НИГ волны потенциала ионизации в образовании химических элементов сформированных различными космическими механизмами воздействия в P_{III} .

На рисунке 10 видно, что формирование приведенных на (Рис 13) химических элементов в зависимости от роста их плотности происходит в виде

квазисимметрических 7 геонм-волн, где максимальные плотности приходится на 6-7 периоды действий сил сжатия вещества и взрывов тяжелых звезд и воздействия сверхновых.

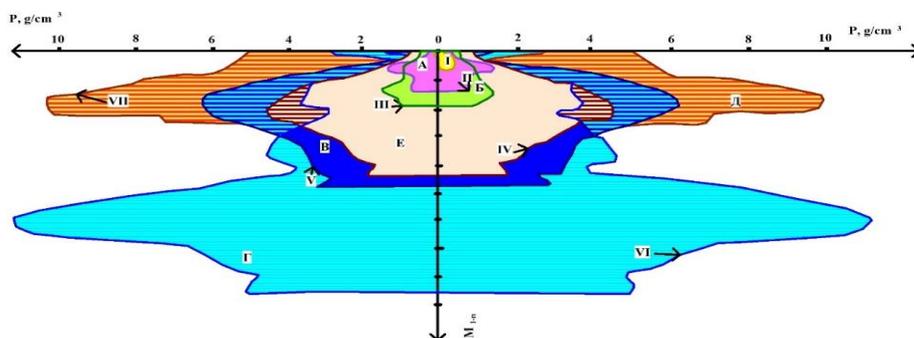


Рисунок 10. НИГ волны объемного веса и объемной энергии палеопрочности в образовании химических элементов, сформированных различными космическими механизмами воздействия в P_{III} .

ВЫВОДЫ

1. Построена впервые НИГ карта интегрированного строения Вселенной где выявлены 2 группы спиралей указывающих на ее вращение по часовой стрелке. В южном полушарии Вселенной сконцентрирован холодный, а в северном горячая зоны, а на карте дипольной анизотропии реликтового излучения S-образный тепловой пояс в сфере благоприятного для зарождения жизни находится центр галактики Млечный путь.

2. Поле палеопрочности материи формирует во Вселенной иерархически организованные «цивилизации» и центров вращения (черных дыр) галактиках, звездных плането - порождающих систем, из небесных тел до космической пыли и корпускул.

3. Выявлены на Земле 5 координат ударных палеостолкновений Геоида при резонансных пересечениях орбит с иными, приблизившихся на опасное расстояние небесными телами, приводившими к скачкообразным трансформациям поля P_{1-n} палеопрочности Земли.

4. Вокруг геометрического центра внутри жидкого ядра Земли твердое ядро совершает ежегодно собственные орбитальные импульсные движения электромагнитными и гравиинертными силами деформирующими палеопрочности вещества геосфер Земли.

5. Впервые ноосферные инженерно-геономические обоснования усовершенствованных границ рубежей времени Международной геохронологической шкале Мира (МШГМ). МШГМ впервые дополнена рубежами времени столкновения Земли с 5-тью планетоблемами и 48 астероидоблемами, как причинно-следственных обоснований изменений старых и появления новых границ периодов в системе геовремени.

6. Мироздание, это пространственная небесная ноосферная инженерная геономия и геология, а геологическое вещество и полигрунты Земли отражение трансформации Вселенных во времени в Едином поле палеопрочности материи.

7. Разработаны НИГ карты и модели и классификационная карта-таблица элементарных частиц и химических элементов, предназначенных для их использования в ноосферных теоретических и прикладных исследований Мироздания и его субчастей.

8. Поученные первые результаты позволяют учитывать полученные закономерности и особенности проявления поля палеопрочности материи от корпускул, Земли и до Мироздания при геоэкологических исследованиях с позиций геоистории и палеогеографии.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ацкоковский В.А.* Общая эфиродинамика. М.: Энергоатомиздат, 1990. 280 с.
2. *Вернадский В.И.* Философские книги натуралиста. Проблема Времени, Пространства и Симметрии. М.: Наука, 1988 г. С. 210-296, С. 438-448.
3. *Долбня Н.В.* Разгадка тайн Вселенной. – СПб: Издательство Супер, 2016. - 360 с.
4. *Кадыров С.* Анализ некоторых фундаментальных вопросов естествознания в свете теории Единого поля (теория физического мира). Бишкек «Илим» 1996. 128 с.
5. *Ачкасов П.В., Усунаев Ш.Э.* Гипотеза ударного преобразования планет Солнечной системы на примере Земли. Материалы международной конференции «Подготовка к чрезвычайным

ситуациям и реагирование на риски экологической безопасности в Центрально-Азиатском регионе». 18-19 декабря 2000 г. Бишкек. С. 139-145.

6. *Мальшиков Ю. П., Мальшиков С. Ю.* Периодические вариации геофизических полей и сейсмичности, их возможная связь с движением ядра Земли. // Геология и геофизика. 2009. Т. 50. №2. С. 152-172.

7. *Григорьев С.М., Емцев Е.Т.* Скульптор лика Земли. Изд-во «Мысль» М., 1977. 192 с.

8. *Сергеев Е.М., Друянов В.А.* Человек и геологическая среда. М.: сов. Россия, 1986. 80 с.

9. *Усупаев Ш.Э.* Инженерная геонотия в решении прикладных и фундаментальных проблем наук о Земле. Республиканский научно-теоретический журнал «Известия Вузов Кыргызстана. №1, 2017. С. 61-69.

10. *Усупаев Ш.Э.* Единая в рубежах времени ноосферная инженерная геонотия Земли. Материалы Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы и перспективы геологии, горного дела и образования» посвященной 80-летию геологической службы Кыргызской Республики. Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. Теоретический и прикладной научно-технический журнал №3 (47), 2018. Бишкек. Издательский центр «Техник». 2018. С. 348 – 358.

ИНЖЕНЕРНО–РУДНИЧНАЯ ГЕОЛОГИЯ В РАЗВИТИИ ГЕОЭКОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ СТРАН АЗИИ И МИРА

Усупаев Ш.Э.

- доктор геолого-минералогических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Центрально Азиатский институт прикладных исследований Земли (ЦАИИЗ.) 720027, г. Бишкек, ул. Тимура Фрунзе, 73/2, Кыргызская Республика.

Едигенов М.Б.

- доктор геолого-минералогических наук, член-корреспондент МАМР, член ПОНЭН, ФР, ТОО «Научно-производственная фирма Геоэкос», г. Костанай, Республика Казахстан.

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены впервые обоснования новых направлений дифференцированного развития инженерной геологии месторождений полезных ископаемых, от идеи до разработанных основ новой **инженерно-рудничной геологии** (ИРГ) и ее самостоятельных ветвей: а. грунтоведения рудничного (ГР), б. инженерно-рудничной геодинамики (ИРГ), в. региональной инженерно-рудничной геологии (РИРГ), г. геогидрологии рудничной (ГГР), что относится к актуальным решениям проблем типизации и снижения воздействий георисков от рудников на население и территории трансграничной с Россией кровле литосферы Казахстана. Геориски трансформируют земную кору и литосферу в результате строительства горных выработок: карьеры, шахты, накопители вод, хвостохранилища, горные отвалы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: инженерная, рудничная, геогидрология, геонм-модели, типизация, дренажная оболочка, литосфера, месторождения, прогноз, грунтоведение рудничное.

На рисунке 1 показана разработанная блок-схема А. дифференциального, Б. интегрального взаимодействия и взаимосвязи нового направления инженерно-рудничной геологии (ИРГ) и ее «ветвей», в общей схеме инженерной геологии [1-17]/

Грунты-рудные (далее ГР) в результате различных этапов дробления, обогащения и извлечения до искомого металла пробыности и чистоты,

повергаются механическим, физическим, минералогическим, технологическим, электромагнитным, химическим, термическим, электронным, радиоактивным облучающим воздействиям. ГР, получило развитие в «Технической мелиорации грунтов» Воронкевича С.Д., Ларионовой Н.А. и «Техногенные грунты» Огородниковой Е.Н., Николаевой С.К. и др., горно-рудничном деле, металлургии и прикладных науках обогащении руд, в геоэкологических исследованиях ученых СНГ и Мира. ГР, с момента поиска и разведки, по этапам направлено на эффективное извлечение металла и призвана решать проблемы вторичной безотходной технологии извлечения полезного компонента из отходов [4, 9, 13-17].

ИРГД изучает опасные процессы и явления на рудниках, где горнопроходческими взрывами и буровым технологиями разрушаются недра, приводящие к обрушениям бортов карьеров, кровли шахт, обвалам, оползням, затоплениям, загрязнению, прорывам дамб хвостохранилищ и отстойников рудничных вод, горным ударам, пожарам, взрывам газов и иных георисков.

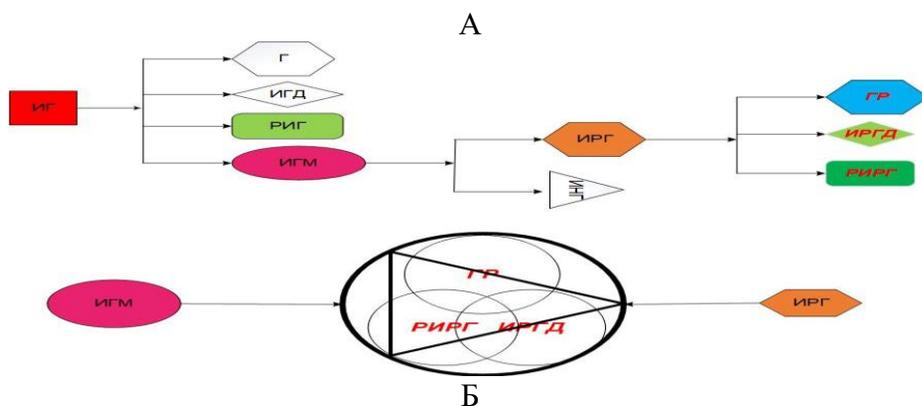


Рисунок 1. Структурные дифференциальная (А) и интегральная (Б) блок-схемы развития новой инженерно-рудничной геологии (ИРГ) и ее самостоятельных “ветвей”: а. грунтоведения рудничного-ГР; б. инженерно-рудничной геодинамики - ИРГД; в. региональной инженерно-рудничной геологии - РИРГ, и их взаимосвязи с инженерной геологией (ИГ) и инженерной геологией месторождений полезных ископаемых (ИГМПИ).

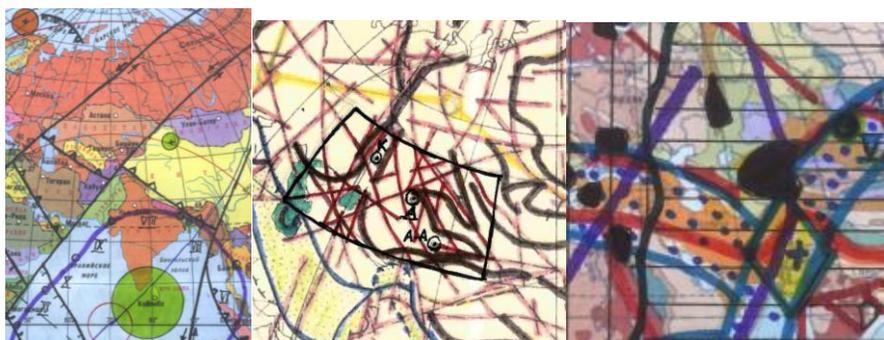
Региональная инженерно-рудничная геология (РИРГ), изучает

влияние множества рудников и сфер их воздействия на изменение инженерно-геологических условий регионов и их субчастей, охватывающих не только приповерхностную сферу их прямого близкого воздействия, а также удаленных индуцированных георисков пронизывающих литосферу. **РИРГ** – представляет собой региональное влияние опасных процессов и явлений на население и территории, воздействия куммулятивного эффекта роста плотности размещения рудников, т.е. карьеров, шахт, буровых скважин при разведке и добыче руд [10, 13-17].

Геогидрология рудничная (ГГР), изучает закономерности формирования и взаимосвязи поверхностных и подземных вод, преобразуемых как промышленной добычей, так и природными механизмами их смешения между собой от зоны активного водообмена, до застойного режима по механизму «дренажной оболочки» вплоть до ювенильных вод астеносферы и мантии Земли [13-17]. В классической инженерной геологии глубина сферы влияния рудников приповерхностная и не превышает от десятков до первых сотен метров. В инженерной геологии полезных ископаемых Ломтадзе В.Д., Иванова И.П., сферы влияния рудников обоснованно завышены, а по Сергееву Е.М., Голодковской Г.А., Трофимова В.Т., Шаумян Л. В., Байбатша А.Б. их воздействие более углублено [3, 5, 7, 8, 10, 12].

С позиций **ИРГ** использование энергии взрыва, как наиболее распространенной технологии разрушающей массивы грунтов приводит к потере устойчивости бортов карьеров, проявлениям оползней, обвалов, обрушениям и сыпучести в горных выработках, в шахтах к горным ударам, искусственным землетрясениям, проникающими сферой их техногенного воздействия до астеносферы. По воздействиям мощных взрывов на геологическую среду в районе Семипалатинского испытательного полигона установлено явление поглощения энергии искусственных сейсмоволн: сильное на глубинах 10-20 км, на площадках Балапан и Дегелен, аномально сильное S-волн в диапазоне 100-120 км., слабое на 200 км, в зонах влияния 2-ух крупных

глубинных разломов, где зафиксирован подъем флюидов из верхней мантии в северо-восточном Казахстане. Сейсмическое воздействие ядерных и горнопромышленных взрывов увеличивают сферу и глубину проникновения техногенного воздействия человека до мантии Земли. При взрывах 1-3 т вещества, и среднем фоне микросейсм от 10 до 100 А° ангстрем, формируются годографы преломленных волн длиной 200-300 км, а глубина проникновения волн от взрыва достигает 40-50 км, что в скальных грунтах Балтийского щита требует не более 100-300 кг взрывчатки [13-17]. На рисунке 2 даны карты планетарных сейсмо-геодинамических условий трансформации георисками литосферы Казахстана и смежных регионов [13-17].



а.

б.

в.

Рисунок 2. Расположение литосферы Казахстана на планетарных картах оценки и типизации георисков Азии: (а) ноосферной инженерной геологии и катастрофоведения, (б) литосферных плит и (в) концентрации месторождений полезных ископаемых в глобальных кольцевых сейсмогенных структурах Азии. а). карта зон планетарных сдвигов Ю-З и С-В простирания контролируемых тремя планетоблемами: эпицентром Северно-Ледовитой (оранжевый цвет), с антиподальными центрами планетоблем Индийско-океанской большой круг (зеленый), Бразильской малый круг (зеленый); б). границы литосферных плит и разломов; в). кольцевыми сейсмо-геономическими структурами Азии.

На рисунке 2-б полезные ископаемые находятся во взаимосвязи с молодыми и древними орогенными зонами и рудоконтролирующими региональными разломами. На карте (рис.2 - в) закрашены черным цветом

районы максимального сосредоточения руд на территории Казахстана. На представленных 2-ух картах (Рис. 2 б, в) участки концентрации полезных ископаемых подвержены георискам от землетрясений, тектонических и геодинамических движений, флюидо-динамики по разломам и глубинному круговороту полигрунтов по механизму дренажной оболочки [13, 14, 16-17].

В Казахстане открыто и разведано более 2270 месторождений рудных, горючих и неметаллических полезных ископаемых (Рис.3). Казахстан занимает 1-ое место в мире по запасам урановой руды и вольфрама, 2-ое – хромовой руды, 3-ье – марганца, 4-ое– меди, 7-ое – золота, Действуют десятки горнорудных предприятий, где добывается и перерабатывается более 70 различных видов минерального сырья. По рудной специализации полезные ископаемые Северного Казахстана представлены: 6-ю железорудными месторождениями: Качарское-1, Ломоносовское-4, Соколовское-9, Куржункульское-12, Сарбайское-7, Южно-Сарбайское-7-а; 5-ю бокситовыми на алюминий - Аятское-10, Восточно-Аятское-10, Краснооктябрьское-18, Аркалыкское-19, Белинское -14; 5-ю золоторудными: Васильковское-3, Варваринское-8, Комаровское-16, Элеваторное-16, Джетыгаринское-16; 2-мя урановыми: Касачинское-5, Грачевское-6; по одному: оловорудное Сарымбетское; цинковое-Шаймерденовское; асбестовое: Джетыгаринское и бурогольное Приозерное. Новые карты и геонм-модели инженерно-рудничной геологии, позволяют типизировать геориски, в целях прогноза и снижения негативного их воздействия на население и, в методологическом аспекте рекомендуются для различных регионов интенсивного освоения месторождений полезных ископаемых.

На рисунке 3 представлена составленная РИРГ-геономическая карта. При планировании, проектировании, строительстве и эксплуатации рудников и горных предприятий следует выйти за рамки классических представлений приповерхностного неглубокого воздействия сферы их влияния в пределах карьеров и шахт, а учитывать проникновение сейсмволн от взрывов в глубины

литосферы, и использовать новые принципы и методологии инженерной рудничной геологии полезных ископаемых [13, 16, 17].

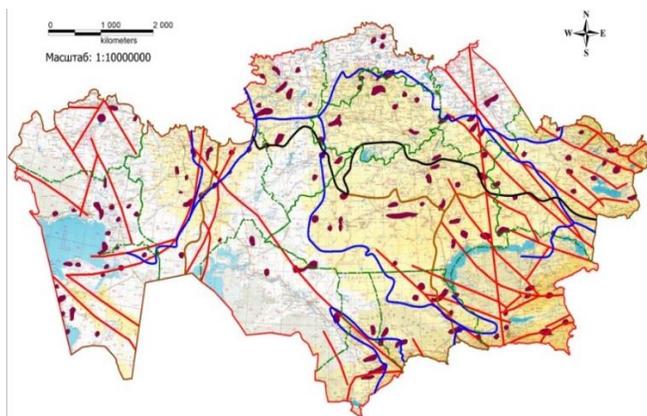


Рисунок 3. РИРГ-геономическая карта с интегрированными: 1. геогидрологическими границами бассейнов стока рек (синие линии); 2. региональные тектонические разломы и сдвиги (красные линии); 3. размещение ареалов полезных ископаемых (красные пятна на карте); в приповерхностной части земной коры кровли литосферы Казахстана

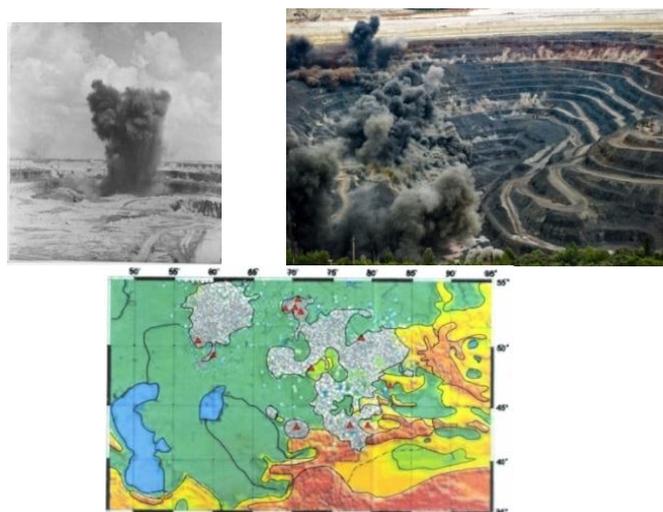


Рисунок 4. ИРГД техногенные взрывы основной источник сферы негативного воздействия нидуцированных ими георисков на рудники при освоении полезных ископаемых на территории Казахстана и его субчастей.



а)



б)

Рисунок 5. Инженерно-руднично-геологические карьеры добычи полезных ископаемых индуцирующих геориски на месторождениях Казахстана.

На РИРГ интегрированной новой карте (Рис.б) видно, что в северо-западном и северо-восточном полигоне ареалов размещения месторождений массивы грунтов в карьерах и шахтах испытывают геодеформации в виде вертикальных поднятий кровли литосферы со скоростями от 1 до 4 мм/в год, в южном и западном полигонах происходят на рудниках погружения со знаком до 2 мм/год и более, что приводит к разным условиям устойчивости грунтовых массивов при освоении месторождений с проявлениями георисков [17].

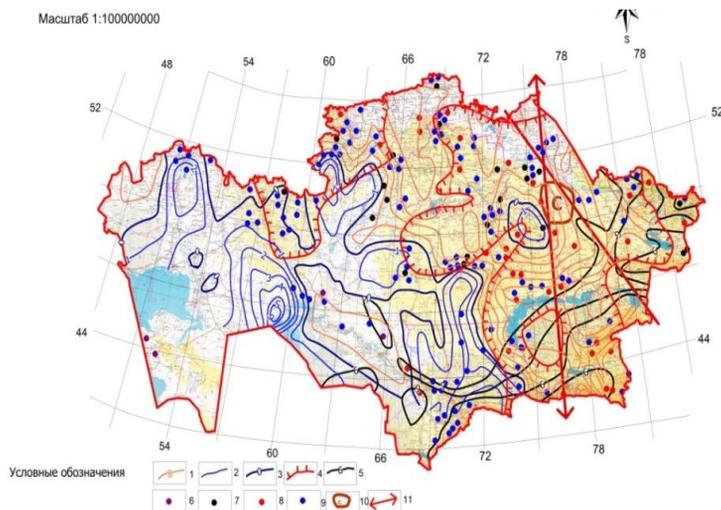


Рисунок 6. РИРГ - геонимическая карта типизации и прогноза георисков от интегрированной трансформации приповерхностной части земной коры: 1- изолинии положительных вертикальных актуотектонических движений подъема поверхности земной коры в миллиметрах (оранжевого цвета изолинии); 2. то же, только синего цвета, изолинии отрицательных движений опускания поверхности; 3. изолинии черного цвета участки смены знака современных актуотектонических движений нулевого значения; 4. границы областей (красный цвет с штрихами) где производят техногенные взрывы при добыче полезных ископаемых, вызывающие горные удары и индуцированные землетрясения; 5. границы (линии черного цвета с цифрами) сейсмического районирования с ожидаемыми рисками землетрясений с интенсивностью 6, 7, 8 и 9 баллов; рудники-участки: 6. добычи урана; 7. карьерного и подземного шахтного способа добычи полезных ископаемых; 8. шахтный подземный метода добычи; 9. карьер- открытый способ добычи полезных ископаемых; 10. радиационно опасный район Семипалатинского ядерного полигона; 11. Центрально-Казахстанский разлом-сдвиг.

В типологическом **ИРГ** картировании георисков, авторами адаптирована модернизированная инженерно-руднично-геологическая и геонимическая методология оценки, типизации и прогноза георисков с ее генетически увязанными между собой 3-мя категориями **уязвимости** (КУ), 6 степенями **риска** (СР) и 12 уровнями **опасности** (УО), где территории закрашиваются по принципу светофора в направлении уменьшения воздействия георисков (в цвета: красный-желтый-зеленый). [13-17].

ГР, в отличие от классического подхода нами предлагается изначально на стадии поиска и разведки месторождений проводить по первым же образцам и монолитам грунтоведческие технологии извлечения из образцов руд металла для оценки и определения эффективных способов извлечения металла с позиций ГР и инженерно-рудничной геологии [10, 13-17]. По Огородниковой Е.Н., Николаевой С.К. (2017) при извлечении полезных компонентов от 30 до 70% исходного сырья вследствие несовершенства технологий извлечения складываются в отходы производства – хвостохранилища и горные отвалы, а рудный концентрат после переработки образует новые отходы в виде шлаков, золы и шламмов. Нами оценено по данным Хазанова М.И. (1975), что на 1000 т металла при мировой добыче руд образуется до 10 км³ искусственных отходов грунтов [9, 10, 13-17].

Инженерно-рудничная геодинамика, первые же ковши от вскрышных работ, и все этапы создания горной выработки, сопряжены с искусственными: грунтоведческо-рудничными дроблениями, инженерно-руднично-геодинамическими обрушениями бортов карьеров, выемками рудничных массивов, геогидрологическими рисками.

С позиций нового направления ИРГ генезис месторождений по концепции **геогидрологии** (гидрогеологии тектоносферы) Дерпгольца В.Ф. и Гавриленко В.С. (1962) сопряжен на глубине 5 км с георисками от водных силл; от 12 до 20 км вытеснении воды из осадочных толщ из погребенных флюидов от катастрофического сжатия и насыщения металлами и солями; на 50-70 км от появления первых молекул воды образуются корни глубинных разломов и индуцированные ими сейсмические геориски (Рис.7) [6, 13-17].

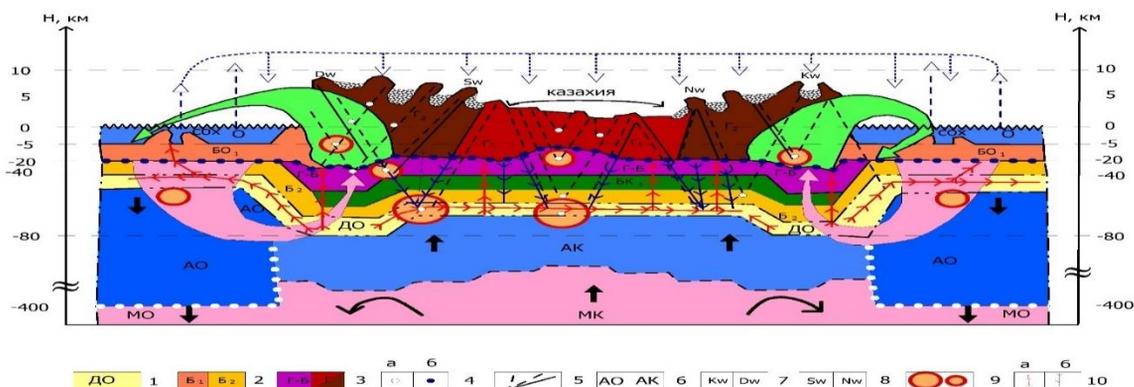


Рисунок 7. Геоэкономико-геогидрологическая модель круговорота компонент полигрунтов с флюидами и водой образующих месторождения по механизму ДО и МЦТ (б), где: 1. ДО-дренажная оболочка; 2. базальты верхние Б₁; БО₂ - нижний слой базальты океанические и континентальные; БК – континентальные (преобразованные из океанических); 3. ГБ – гранито-базальты (слои преобразования БК в граниты); Г – граниты; 4. а. концентры МЦТ аккумуляторы источников нефтегазорудного вещества; б. горизонты локализации ловушек над границей Конрада нефтегазорудных компонент в виде полигрунтов полезных ископаемых; 5. МЦТ структуры генерирующие вещества в концентрах полезных ископаемых (нефтегазоруд); 6. астеносфера содержащая ювенильные воды и компоненты полигрунтов с полезными ископаемыми АО-океаническая; АК – континентальная; 7. вергентные новейшие структуры Азии, Высокой Азии и Тянь-Шаня Kw-конвергентный; Dw-дивергентный; 8. Sw-южномоновергентный; Nw-северо-моновергентный; 9. астероидоблемы формирующие МЦТ и концентры аккумуляции компонент вещества месторождений нефтегазоруд; 10. направления движения и миграции воды, флюидов и компонент полезных ископаемых по механизму круговорота полигрунтов в геосферах Земли.

РИРГ карты позволяют в региональном отношении охарактеризовать интенсивность трансформации геориска от рудников литосферы. В Южной и Восточной части страны в пределах горных сооружений и их отрогов геориски от землетрясений трансформируют кровлю литосферы, которые имеют субширотный характер распространения интенсивности сейсмичности растущей с юга на север. В высокогорной зоне размещены моренно-ледниковые прорывоопасные горные озера, ниже по рельефу оползни, по руслам рек в весенний и осенний периоды формируются селевые процессы. На рис. 8 представлена разработанная впервые «Региональная инженерно-

руднично-геолого-геодинамическая и геонимическая карта типизации классов и формаций грунтов, ареалов размещения полезных ископаемых и георисков на территории Казахстана» [13-17]. На рисунке 9 представлена разработанная интегрированная экспликация к карте (Рис.12) позволяющая типологически районировать ИРГ обстановку исследуемой территории регионов и областей Казахстана. **РИРГ**: ИГО - инженерно-геологические образования (А –коренной основы, Б.- поверхностные отложения); ИГН – инженерно геонимические геориски; ИГКГ – инженерно-геологические комплексы грунтов (I – скальные, II – полускальные, III - нескальные); ИГФ – инженерно-геологические формации (И-интрузивные, Э-эффузивные, Ме-метаморфические, К-карбонатные, ТК-терригенно-карбонатные, ГР-грубообломочные, ПС-песчаные, ГС-грунты связные; ИГКГП-инженерно-геологические группы комплекса грунтов [13-17].

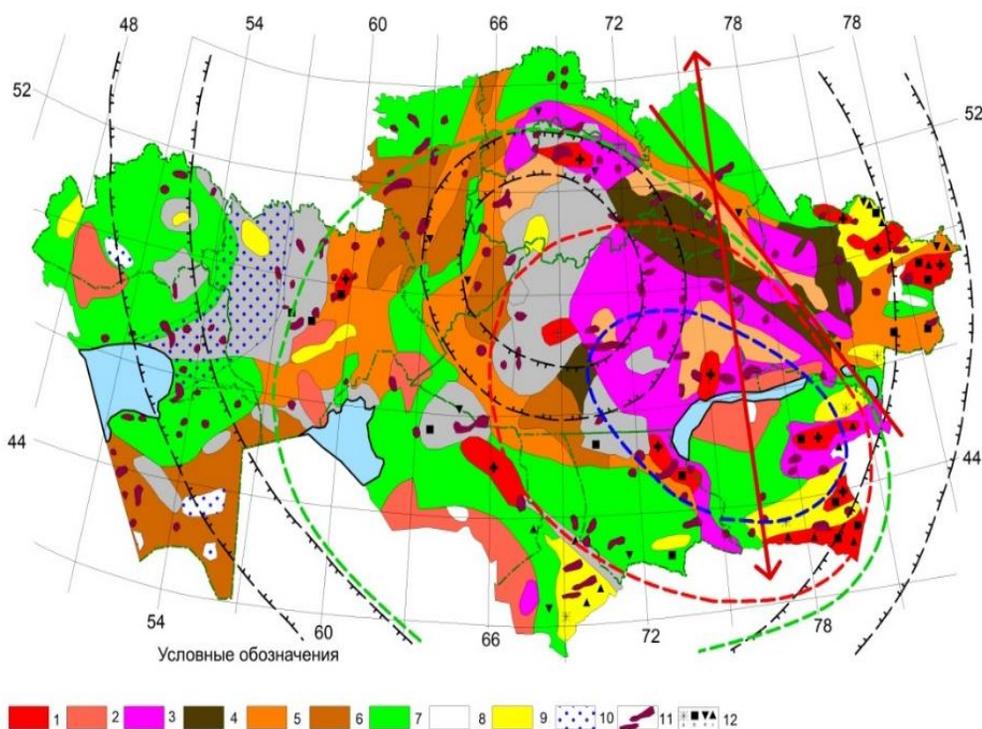


Рисунок 8. Интегрированная региональная инженерно-руднично-геолого-геонимическая карта типизации георисков в различных классах и формациях грунтов и полезных ископаемых в регионах Казахстана: где: I скальные: 1.

интрузивные, 2. эффузивные, 3. метаморфические, 4. карбонатные, 5. терригенные формации; II полускальные: 6. терригенно-карбонатные, 7. кайнозойские песчаные; III нескальные: 8. рыхлые (дефляция пылеватых и глинистых фракций из песков пустынь); 9. связные (просадочные лессы), 10. районы развития карста; 11. ареалы размещения месторождений полезных ископаемых; 12. геориски от: а. оползней, б. камнепадов, в. осыпей, г. селей.

| ИГО | | А | | | | | Б | | | | ИГН |
|--------|---|-----------------|---|----|---|---|---------------------|-----|----|----|-------------------------|
| ИГКГ | | I | | | | | II | III | | | I-III |
| ГТП | | а | | б | в | | | | | | а-в |
| ИГФ | | И | Э | Ме | К | Т | ТК | ГР | ПС | ГС | ИГФ |
| ИГГКГП | 1 | | | | | | | | | | камнепад, карст |
| | 2 | | | | | | | | | | осыпи, карст |
| | 3 | | | | | | | | | | дефляция, засоление |
| | 4 | | | | | | | | | | паводки, затопление |
| | 5 | | | | | | | | | | просадки, оползни, сели |
| Класс | | С К А Л Ь Н Ы Е | | | | | Д И С П Е Р С Н Ы Е | | | | ГЕОРИСКИ |

Рисунок 9. Экспликация к интегрированной карте: инженерно-руднично геологической обстановки и условий (ИГО-У), классов грунтов (ИГКГ), генетических типов пород (ГТП), инженерно-геологических формаций (ИГФ), инженерно-геологических групп комплекса горных пород (ИГГКГП) и инженерно-геоморфической типизации георисков

Месторождения полезных ископаемых Казахстана подразделяются на 3 категории по их сложности: 1. простые, где при разработке рудника, как правило, геориски минимальные и глубина карьеров варьирует до 300 м; средней сложности, где в процессе разработки формируются геориски, осложняющие проведение горных работ при глубине карьеров более 300 м; сложные, где при разработке рудника формируются геориски, требующие защитных мероприятий, при глубине карьера более 400 м. Прочность грунтов месторождений Казахстана обусловлена их генезисом и характеризуется нижеследующими физико-механическими значениями сопротивления на сжатие: до 330 МПа метаморфические; от 45 до 258 МПа интрузивные; от 160 до 325 гидротермальные; от 45 до 258 МПа карбонатные; от 18 до 94 МПа глинистые сланцы [13-17].

На рисунке 10 приведена в результате инженерно-геономического преобразования РИРГ карты (рис.8), составленная впервые «Инженерно-руднично геологическая и геономическая латеральная модель закономерности распространения, типизации и прогноза георисков от негативного воздействия рудников (шахт, карьеров)», где рудники квазисимметрически интегрируются в латеральные и по-высотные закономерности распространения и прогноза георисков, для принятия превентивных мер.

На рисунке 15 приведена составленная впервые «Инженерно-руднично геологическая и геономическая вертикальная повысотная модель закономерности распространения, типизации и прогноза георисков от негативного воздействия рудников (шахт, карьеров)» [13, 14, 16, 17].

На оси абсцисс приведены шкалы площади по-широтного и по-высотного распределения количества георисков от рудников где: 1. геонм по-высотной территориальности, 2. геонм по-высотного распределения георисков от рудников (шахт, карьеров), 3. граница геонма (2) с пиком георисков на высоте 1,0 км; 4. геонм по-высотной концентрации месторождений полезных ископаемых с пиком на высоте 1,0 км на территории Казахстана; 5. инженерно-геономическая ось шкалы высот в км. Выявлены впервые закономерности распределения максимальных пиков концентрации георисков на различных высотных отметках, в зависимости от интенсивности их проявлений, которые выделены различными цветами и штриховками: I- критически опасные (красный цвет); II-опасные (оранжевый цвет); III-средней опасности (желтый цвет); IV-геонм плотности населенности (зеленый контур и крап); V-геонм [13, 14, 16, 17].

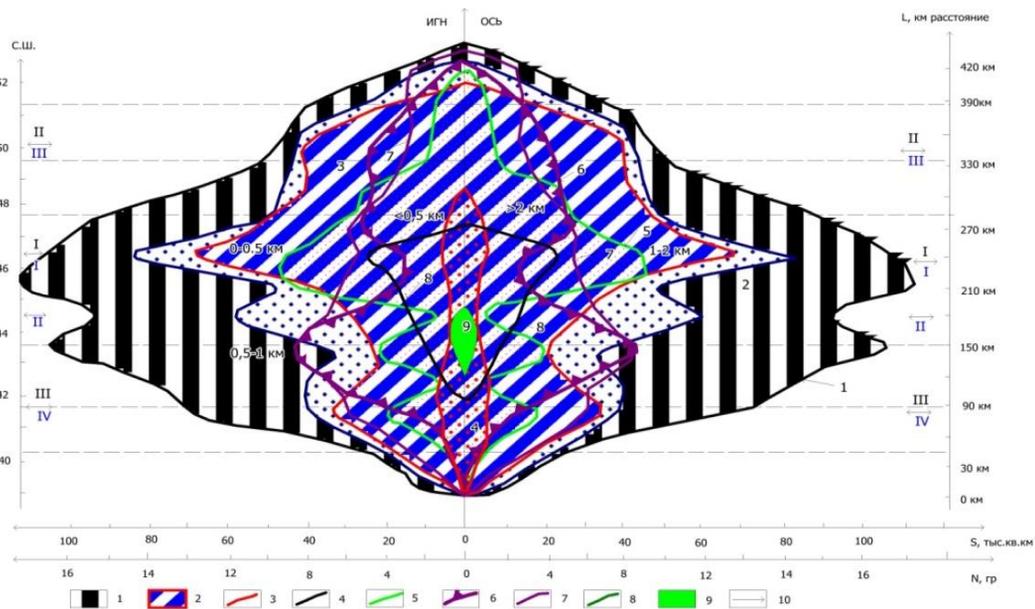


Рисунок 10. ИРГ латеральная геонеомическая модель: а. закономерности распространения; б. типизации; в. прогноза георисков от шахт и карьеров воздействующих на население и трансформируемую земную кору Казахстана где: 1. геонм модель латеральной территориальности Казахстана с 2-мя пиками на широтах 46 град и 42 град. 50 мин. с.ш., 2. геонм латерального распространения георисков; 3. контуры геонма (2) с 3-мя максимальными пиками уменьшающихся в следующем порядке на рудниках представленными шахтами, карьерами, водонакопителями, хвостохранилищами на широтах 46 град. 30 мин. с.ш., 50 градуса с.ш и 41 град 35 мин. с.ш.; геонмы закономерности латерального распространения площадей с различными высотами: 4. более 2 км, 5. 1-2 км, 6. 0,5 – 1 км, 7. 0 – 0,5 км, 8. менее 0,5 км, 9. геонм акваториальности; 10 инженерно-геонеомическая ось.

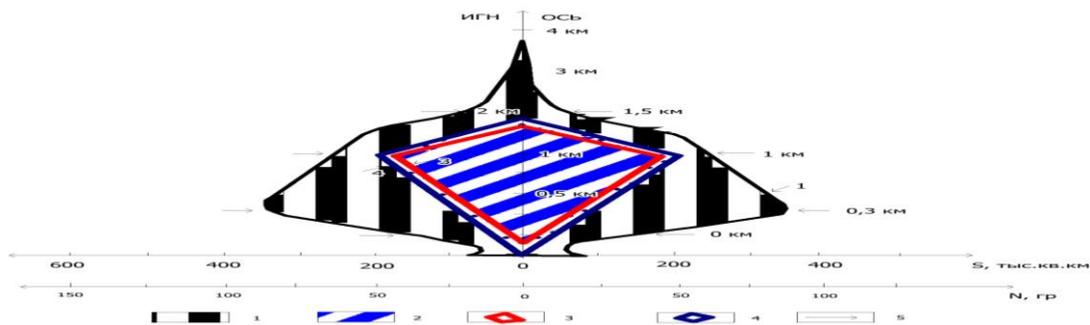


Рисунок 11. ИРГ вертикальная повысотная геонеомическая модель: а. закономерности распространения; б. типизации; в. прогноза георисков от рудников воздействующих на население и трансформируемую земную кору Казахстана

Месторождения полезных ископаемых контролируются кольцевыми ударными космогенными тектоническими и очаговыми эндогенным мегаструктурами, располагаются в зонах воздействий 4-ех различных нелинейных кольцевых и овальных типов геодинамических неотектонических и современных движений, которые в совокупности формируют инженерно-руднично-геодинамические геориски трансформирующие литосферу Казахстана. По концепции ударно-взрывной тектоники Зейлик Б.С. в зависимости от установленных различных сочетаний от однократного до четырехкратного процессов растяжения и сжатия, в верхней части земной коры, импульсные инженерно-рудничные геодинамические процессы, создают благоприятные ловушки для концентрации полезных ископаемых. На рисунке 12 представлена впервые разработанная инженерно-руднично-геолого-геономическая шкала, оценки, типизации и прогноза георисков трансформирующих в сфере влияния рудников литосферу и его субчасти (Усупаев Ш.Э., Едигенов М.Б.) [22, 26, 29, 39, 61]. На ИГН шкале впервые графоаналитически скоррелированы с временем протекания землетрясения-1, t , сек-время продолжительности максимальных колебаний при разрядке землетрясений; 2. V , см/сек максимальные скорости колебаний частиц грунта; 3. g -изменение колебаний в силе тяжести; 4. J -интенсивность землетрясений, в баллах; 5. M -магнитуда землетрясений; 6. K -энергетический класс землетрясений, $10n$ Дж.; 7. F – коэффициент крепости по М.М. Протождяконову [13, 14, 16, 17].

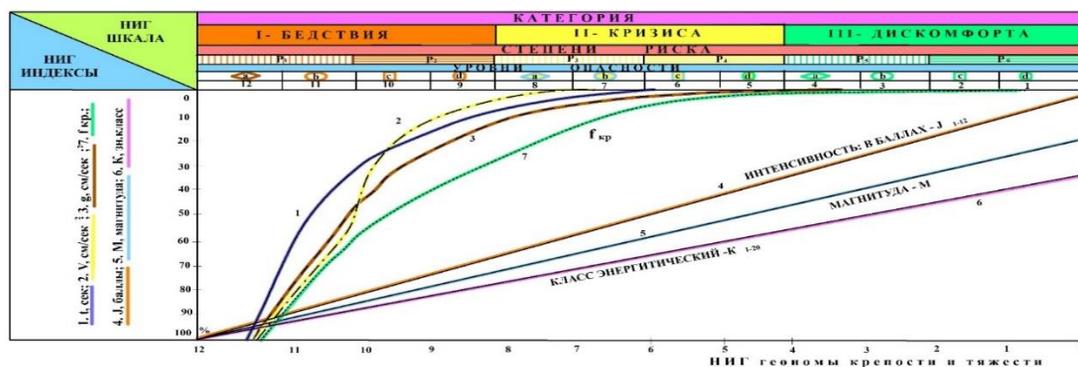


Рисунок 12. Инженерно-руднично-геолого-геономическая шкала: а. оценки, б. типизации; в. прогноза георисков, трансформирующих литосферу и его субчасти.

Научные обоснования предлагаемой **инженерно-рудничной геологии** и ее ветвей: а. грунтоведение рудничное, б. инженерно-рудничная геодинамика, в. региональная инженерно-рудничная геология; базируются на принципах геохронологической искусственной взаимосвязи поверхностных и подземных вод в карьерах и шахтах рудников, а также геомеханических параметрах нарушенных отработкой массивов горных пород, формирующих геориски на территориях горной добычи [1- 17].

ВЫВОДЫ

1. Разработана методология и основа «инженерно-рудничной геологии» и ее базовых самостоятельных “ветвей”: а. грунтоведение рудничное; б. инженерно-рудничная геодинамика; в. региональная инженерно-рудничная геология; г. геохронология рудничная; развивающие «инженерную геологию месторождений полезных ископаемых» на примере типизации георисков от рудников в кровле литосферы Казахстана.
2. Приведена составленная новая инженерно-руднично-геолого-геономическая модель глубинного круговорота компонент полигрунтов и флюидов по механизму дренажной оболочки сопряженная с мегаструктурами центрального типа и георисками от сферы влияния рудников трансформирующих кровлю литосферы исследуемой территории.
3. Инженерно-руднично-геологические карты, не являются конечным продуктом исследований, Они преобразованы, в информативные и высокоточные, для решения в том числе, геоэкологических проблем, геоном-модели закономерностей повисотного и поширотного распределения, типизации и прогноза георисков для: а. Костанайской области; б. Северного Казахстана; территории Казахстана.

4. Составлены прикладные инженерно-руднично-геолого-геономические карты с 12-мерной экспликацией для целей типизации, прогноза, снижения и управления георисками на территории Казахстана.

5. Результаты комплексных и инновационных исследований внедрены в производство на рудниках для решения практических задач в проектные институты, изыскательские организации и Вузы страны (9 актов внедрения).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Айтматов И.Т., Тажипбаев К.Т.* «Явление скачкообразного освобождения остаточных напряжений в горных породах» диплом №90 на научное открытие, №А-109 М., от 29.04.1998 г.
2. *Альбов М. Н., Быбочкин А. М.*; Рудничная геология— 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1973. 430 с.
3. *Байбатшия А.Б.* Инженерная геология месторождений полезных ископаемых с основами геоинформатики. Алматы: НИЦ «Гылым», 2003 - 320 с.
4. *Воронкевич С.Д.* Техническая мелиорация грунтов. М.: Издательство «Академическая наука». 2015. 244 с.
5. *Голодковская Г.А., Демидюк Л.М., Шаумян Л.В. и др.* Инженерно-геологические исследования при разведке месторождений полезных ископаемых. М., Изд-во МГУ. 1975. 188с.
6. *Григорьев С.М., Емцев Е.Т.* Скульптор лика Земли. Изд-во «Мысль» М., 1977, 192с.
7. *Иванов И.П.* Инженерная геология месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1990. 304 с.
8. *Ломтадзе В.Д.* Инженерная геология месторождений полезных ископаемых. Л.: Недра, 1978. 272 с.
9. *Огородникова Е.Н., Николаева С.К.* Техногенные грунты- Москва: РУДН, 2017. 63бс.
10. *Сергеев Е.М. и др.* Теоретические основы инженерной геологии. В четырех томах. Том 1. Геологические основы М.: Недра. 1985. 332 с.
11. *Тагильцев С.Н.* Экологическая геология крупных горнодобывающих районов северной Евразии (теория и практика). Под ред. И.И. Косиновой // Воронеж. Изд-во. 2015. 576 с.
12. *Трофимов В.Т.* Экологические функции литосферы. / Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г., Барабошкина Т.А. и др. М, Изд-во МГУ, 2000, 432 с.
13. *Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г.* Экологическая геология // М.: Геоинформмарк, 2002. 415 с.
14. *Усупаев Ш.Э.* Ноосферная инженерная геонимия полигрунтов Земли. Международная конференция «Новые идеи и теоретические аспекты инженерной геологии». НОВЫЕ ИДЕИ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ / Труды Международной научной конференции (Москва, МГУ, 4 февраля 2021 г.) // Под редакцией В.Т. Трофимова и В.А. Королёва // М.: ООО «Сам Полиграфист». 2021. - 334 с. С. 165 – 171.
15. *Едигенов М.Б.* «Горнорудничная гидрогеология и геориски на месторождениях Северного Казахстана». Монография, Бишкек, ИЦ «Техник» КГТУ, 2014, 378 с.
16. *Едигенов М.Б.* Мониторинг георисков на различных стадиях освоения месторождений Казахстана. Известия вузов. №6, Бишкек. 2014, С. 28-32.
17. *Усупаев Ш.Э., Садыбакасов И.С., Едигенов М.Б.* Инженерная геонимия типизации и прогноза месторождений полезных ископаемых мира и Кыргызстана. Известия Кыргызского государственного технического университета им. И.Раззакова, Бишкек, № 3 (47), 2017, С. 358-369.

18. *Усупаев Ш.Э. Едигенов М.Б.* Основы инженерно-рудничной геологии и ее самостоятельные ветви. VII Международная научно-практическая конференция «Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы. 20-23 сентября 2021, г. Воронеж. С. 298-307.

КАРТА ИНЖЕНЕРНОЙ СЕЙСМОГЕОНОМИИ И ТЕХНОЛОГИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРЕДУПРЕЖДЕНИИ ОТ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НАСЕЛЕНИЯ В КЫРГЫЗСТАНЕ

Усупаев Ш.Э.

- доктор геолого-минералогических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Центрально Азиатский институт прикладных исследований Земли (ЦАИИЗ.) 720027, г. Бишкек, ул. Тимура Фрунзе, 73/2, Кыргызская Республика.

Едигенов М.Б.

- доктор геолого-минералогических наук, член-корреспондент МАМР, член ПОНЭН, ФР, ТОО «Научно-производственная фирма Геоэкос», г. Костанай, Республика Казахстан.

Молдобеков Б.Д.

- кандидат геолого-минералогических наук, доцент, содиректор, Центрально Азиатский институт прикладных исследований Земли (ЦАИИЗ.) 720027, г. Бишкек, ул. Тимура Фрунзе, 73/2, Кыргызская Республика.

Орунбев С.Ж.

- кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, Центрально Азиатский институт прикладных исследований Земли (ЦАИИЗ.) 720027, г. Бишкек, ул. Тимура Фрунзе, 73/2, Кыргызская Республика.

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты комплексных инструментальных дистанционных и наземных исследований, позволившие составить впервые карты инженерной сейсмогеономии, и создать основы технологии и прообраза искусственного интеллекта в сфере предупреждения сильных землетрясений в густонаселенных городах и на представляющих возможные прорывы плотинах ГЭС Кыргызстана. Впервые в постсоветском пространстве онлайн система мониторинга представлена созданными сетями акселерометрических пунктов измерений и сейсмостанций. Акселерометрические пункты в отличие от ранее известных моделей установлены в специально оборудованных скважинах глубиной до 150 м, а также на разных этажах репрезентативных жилых и административных зданий. Современные технологии он-лайн раннего оповещения наряду с их размещением для своевременного получения сигнала бедствия для густонаселенных городов Бишкек и Ош, также в развитии данного подхода апробированы для мониторинга сейсмической уязвимости плотины Купсайской ГЭС.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: карта, инженерная, сейсмогеономия, искусственный, интеллект, землетрясения, плотины, города, густонаселенные, система, ранее, оповещение/

ВВЕДЕНИЕ

Создание сети станций сильных движений в режиме реального времени на территории Кыргызстана и странах Центральной Азии крайне необходима, для мониторинга сильных землетрясений, в качестве основ региональной системы раннего оповещения и быстрого реагирования спасательных групп. Системы раннего оповещения необходимо создавать также, для предупреждения населения от селе-паводковых прорывов плотин высокогорных озер, водохранилищ и ГЭС [1-7].

МЕТОДЫ

Использованы классические методы идентификации землетрясений, и современные объемные панорамные кино съемки зданий, спутниковые высокоточные снимки, наземные инструментальные мониторинговые наблюдения сейсмичности и фиксации сильных движений акселерометрами установленными на этажах различных конструкций зданий, и в скважинах на глубинах от 50 до 150 м. Датчики мониторинга сейсмической уязвимости были установлены на плотине Курпсайской ГЭС [1-7].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Создание системы раннего оповещения жителей густонаселенных городов Бишкек и Ош, требовала выбора в качестве прикладной теоретической модели (Рис. 1) разреза земной коры, где от разгрузки сейсмической энергии в гипоцентре (красная звездочка), из-за формирования вертикальной подвижки по разлому, сейсмические волны направляются к фундаментам зданий и сооружений.

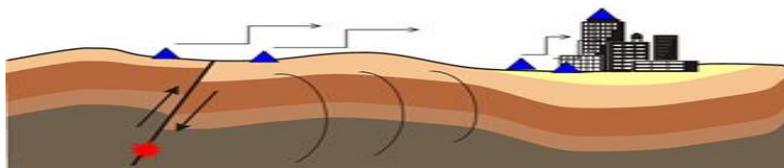


Рисунок 1. Модель воздействия сейсмических волн на здания и сооружения.

На территории г. Бишкек проведены мониторинговые измерения сейсмичности с составлением карты микрозонирования по методу сайт-Эффектов, а также системы предупреждения сильных землетрясений и оценки уязвимости зданий, впервые пробурена скважина глубиной 150 метров с установкой на различных глубинах 6 акселерометров, а также 4 акселерометра установлены на 3 этажах здания ЦАИИЗ [1-5].

Функционирующая современная основа междисциплинарной наблюдательной сети за изменениями окружающей природной среды ЦАИИЗ насчитывает более 80 станций различного назначения размещенные на территориях где ранее не осуществлялись аналогичные поли-мониторинговые исследования с одновременной передачей информации в режиме реального времени [1-5].

На рисунке 2 приведена «Карта пунктов (красные круги) проведения автомобильных панорамных съемок» для дистанционной и наземной оценки уязвимости населения, жилых домов, объектов соцкультбыта и использования результатов в сейсмостойком строительстве на территориях Чуйской, Нарынской и Иссы-Кульской областей Кыргызстана [1-5].

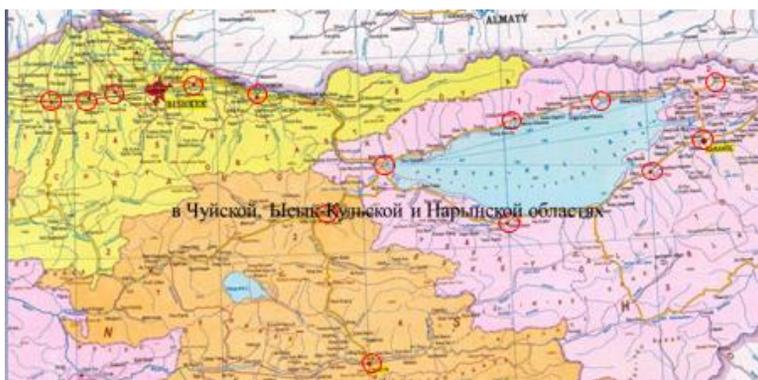


Рисунок 2. Карта пунктов (красные круги) проведения автомобильных панорамных съемок

На рисунке 3 приведена, Карта и записи сейсмичности в системе раннего оповещения от сильных движений.

На рисунке 4. Приведены А. Карты сейсмического зонирования сайт эффектов в целях сейсмостойкого строительства для густонаселенных городов Бишкек (а), Каракол (б), Нарын (в); Б. Карта прогноза сейсмического риска в он-лайн режиме для г. Бишкек/



а)

б)

Рисунок 3. а) - карта и записи сейсмичности в системе раннего оповещения от сильных движений; б) - установка станций сильных движений на этажах зданий и скважине глубиной 150 м [1-5]

На территории жилого массива МЧС Кыргызской Республик, ул. Чолпон-Атинская 1 А , пробурены 4 скважины (ВН-1, ВН-2, ВН-3, ВН-4). Разрез площади работ представлен аллювиально-пролювиальным

четвертичными отложениями: 0-140 м (140 м) – Q III-IV; 140-240 м (100 м) – Q III; 240-370 м (130 м) – Q II.

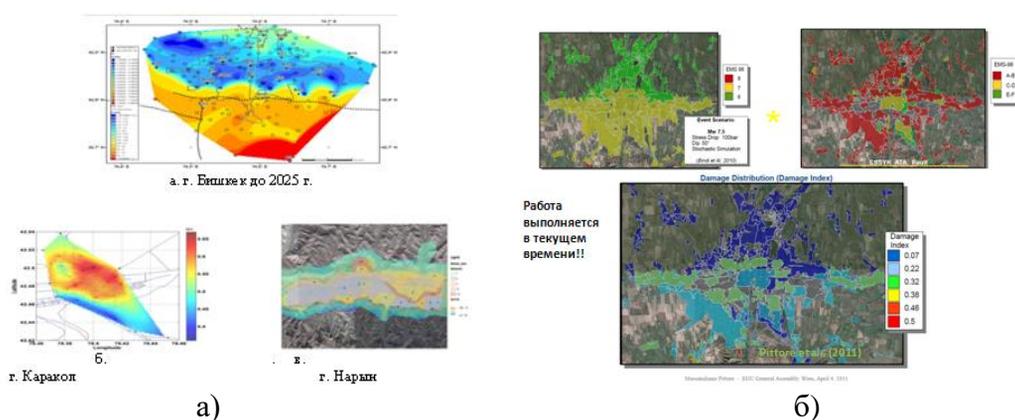


Рисунок 4. а) - Карты сейсмического зонирования сайт эффектов в целях сейсмостойкого строительства для густонаселенных городов Бишкек (а), Каракол (б), Нарын (в); б). Карта прогноза сейсмического риска в он-лайн режиме для г. Бишкек

Скважины глубиной 52-55 м., оснащены каждая 4-мя акселерометрами размещенными на глубинах 10, 20, 30 и 50 метров. ЦАИИЗом установлены датчики сильных движений на разных этажах репрезентативных зданий. Сети мониторинга сильных движений по системе «Грунты-Здание» позволяют решать задачи оценки уязвимости зданий и одновременно создать основы системы раннего оповещения населения от сильных разрушительных землетрясений [3-5]. Сейсмической сетью ЦАИИЗ получены были записи сильного Карамыкского землетрясения, произошедшего 3 мая 2017 г. в 10 часов 47 минут по местному времени (в 04 часа 47 минут по Гринвичу) интенсивностью в эпицентре 6-7 баллов по MSK-64 на трансграничной территории между Кыргызстаном и Таджикистаном. На рисунке 5 приведены записи землетрясения полученные по установленным на разных этажах зданий 7 сейсмоприемникам-акселерометрам, а в табл. 1 показатели ускорения и вычисленные скорости и смещения.

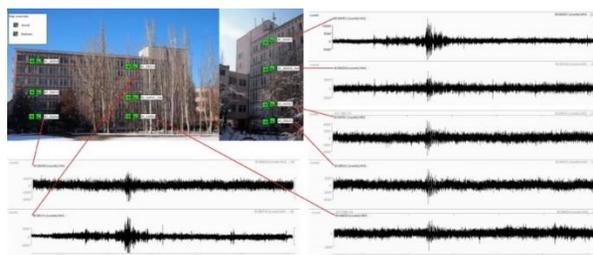


Рисунок 5. Инструментальные записи землетрясений на разных этажах зданий г Бишкек.

По данным обработки сейсмических измерений были получены следующие: частоты и форма собственных колебаний, величины амплитуды смещений, скоростей смещений и ускорений (рис. 8, табл.1)

Сеть мониторинга сильных движений функционирует в режиме он-лайн связи и предназначена в целях решения задачи оценки уязвимости зданий и для системы раннего оповещения населения от сильных землетрясений. В настоящее время в рамках проекта ACROSS на территории Кыргызской Республики установлено 18 станций (Рис.6). Сейсмическая (акселерометрическая) сеть служит для получения локальных данных о сильных движениях грунта и предоставления данных в реальном времени для систем раннего оповещения и быстрого реагирования.



Рисунок 6. Космоснимок пунктов сети сильных движений для системы раннего оповещения населения от разрушительных землетрясений на территориях городов Бишкек и Ош

Исследования проводились по проекту ACROSS, создание системы мониторинга «динамическое взаимодействие грунт-здание». Наблюдение

взаимодействия «грунт-здание» во время ощутимых землетрясений для смягчения сейсмического риска. Для определения колебания (сотрясаемости) грунтов и зданий во время ощутимых землетрясений и их взаимодействия были пробурены 4 скважины с глубиной 50 м (Рис.7).



Рисунок 7. Система раннего оповещения от сильных землетрясений населения г. Бишкек

На 4 скважинах, на разных глубинах (0-15-30-50) были установлены 16 акселерометров Sosoewin для регистрации колебания грунтов и в 3-ех зданиях на разных этажах, установлены 15 акселерометров Sosoewin, для фиксирования колебания зданий (Рис.10 А и Б) .

Проектные исследования на плотинае ГЭС, осуществлены были консорциумом объединившим 4 немецких партнера: GFZ - Немецкий исследовательский центр геонаук, Потсдам, Технический Университет Берлина (ТУБ), Alberding GmbH, Вильдау и Airbus Defense and Space GmbH, Потсдам. Местными партнерами в Кыргызстане являются Центрально-Азиатский институт прикладных исследований Земли (ЦАИИЗ) и государственная корпорация «Электрические станции», эксплуатирующая все электростанции в стране. MI-DAM направлена на разработку, установку и тестирование надежной, экономически эффективной и гибкой системы мониторинга безопасности плотин осуществленный на примере Курпсайской ГЭС в Кыргызстане, включая многопараметрическую оценку рисков, связанных с землетрясениями и индуцированными ими склоновыми процессами оползнями (рис. 8) [1-5].

Для проведения измерений на уровне верхнего технического туннеля было установлено в общей сложности 13 опτικο-волоконных тензодатчиков. Датчики установлены в туннеле (рис. 2), а также на террасе в зоне подводящих водоводов, на которых туннель прерывается. Передача сигнала в систему сбора данных, расположенную на четвертом этаже административного здания, осуществляется с помощью волоконно-оптического кабеля, который протянут вдоль всего сооружения в существующих каналах (рис.8). С этой целью вдоль плотины Курпсайской ГЭС установлено 15 сенсорных блоков с датчиками GNSS компании Alberding GmbH.



Рисунок 8. Плотина Курпсайской ГЭС

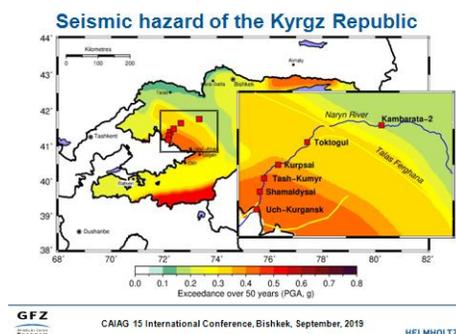
Для проведения измерений на уровне верхнего технического туннеля было установлено в общей сложности 13 опτικο-волоконных тензодатчиков. Датчики установлены в туннеле (рис. 2), а также на террасе в зоне подводящих водоводов, на которых туннель прерывается. Передача сигнала в систему сбора данных, расположенную на четвертом этаже административного здания, осуществляется с помощью волоконно-оптического кабеля, который протянут вдоль всего сооружения в существующих каналах (рис.8). ЦАИИЗ совместно с вышеуказанными партнерами был организован мониторинг гидротехнического сооружения с помощью установленных сетей датчиков GNSS. С этой целью вдоль плотины Курпсайской ГЭС установлено 15 сенсорных блоков с датчиками GNSS компании Alberding GmbH.

На рисунках 9 и 10 представлены сети датчиков установленные на плотине Курпсайской ГЭС для оценки ее устойчивости и уязвимости от

воздействия сильных землетрясений. На рис 8-А демонстрируются установленные современные датчики измерений деформаций и напряженного состояния тела плотины, а также метод получения измерений с он-лайн передачей данных в центры обработки данных. На рис.8 –Б представлена карта сейсмической опасности, где исследуемая плотина ГЭС расположена в 9 бальной зоне. На рис. 9.-А приведен разрез плотины ГЭС и место установки и получения первых записей сейсмических шумов и вибраций от работы турбин, изменений параметров колебания плотины при наполнении и сбросе воды из водохранилища. На рис. 9–Б дана карта эпицентров землетрясений магнитудой М более 4, в окрестностях исследуемого ГЭС [6, 7].

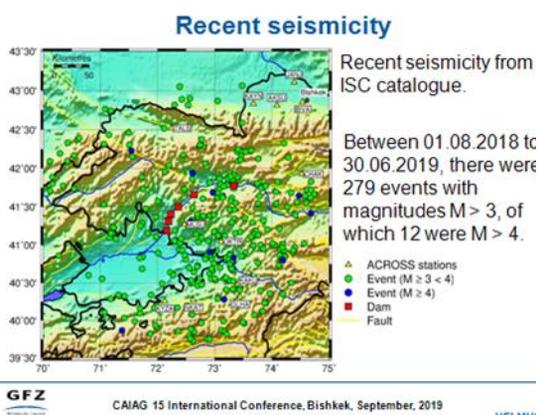
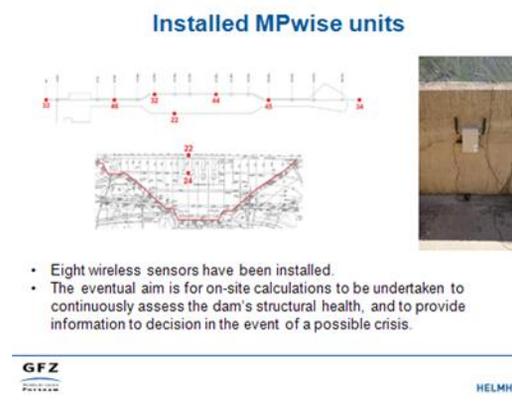


А.



Б.

Рисунок 9. Система он-лайн мониторинга уязвимости плотины Курпсайской ГЭС в бассейне р. Нарын Кыргызстана



а)

б)

Рисунок 10. Система он-лайн мониторинга уязвимости плотины Курпсайской ГЭС в бассейне р. Нарын Кыргызстана

Сеть сейсмических датчиков была установлена на Курпсайской гидроэлектростанции и вокруг нее. Оценки когерентности для движения грунта уменьшаются с увеличением частоты, а также с расстоянием между станциями. Вдоль плотины движения грунта более изменчивы вокруг частот вибрации самой конструкции. Это пространственное изменение не пренебрежимо мало для таких структур большого размера. Записи землетрясений могут позволить непрерывную оценку механических характеристик плотины (и, следовательно, хрупкости) и любых изменений в ней. Сейсмический мониторинг существующих плотин позволяет оценить их динамические характеристики с позиции их реакции на нагрузку, вызванную сотрясениями земной поверхности. Указанные выше характеристики используются в качестве стандарта, для выявления внештатных ситуаций и их ухудшения при обнаружении отклонения в резонансных частотах (Рис.11). Основная частота вибрации плотины составила около 3,3 Гц идентифицирована по горизонтальным компонентам.

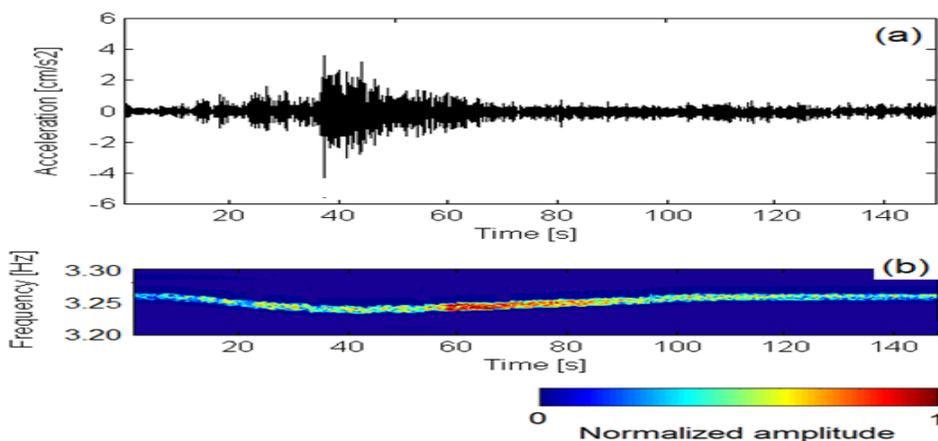


Рисунок 11. а) - временная диаграмма север-юг, т. е. перпендикулярно гребню плотины события М 3.5 17 октября 2018 года по данным датчика, установленного на плотине. б) - Изменение основной нормализованной

амплитуды резонансной частоты, наблюдаемое с помощью распределения Вигнера-Вилля

ВЫВОДЫ

1. Расширены возможности мониторинговых междисциплинарных сетей наблюдений за опасными изменениями окружающей геологической среды и сетей онлайн раннего оповещения населения от их угроз повышает потенциал предупреждения катастроф и приводит к снижению потерь и ущербов в Кыргызстане и странах региона ЦА.

2. Установлено, что структурный резонанс административного здания составляет 4–5 Гц, а пик на уровне 12 Гц. Сейсмический шум наиболее проявлен в диапазоне 3–6 Гц.

3. Созданы основы действующей в он-лайн режиме современных сетей мониторинга и раннего предупреждения населения и состояния устойчивости плотин ГЭС от сильных землетрясений позволяют передать населению и в ответственные ведомства для принятия оперативных решений сигналы бедствия.

4. Осуществлена передача программного продукта системы раннего-оповещения для обучения и адаптации с нормативно-правовой документацией используемых организациями Кыргызстана соответствующие международными их аналогам.

5. Полученные результаты сопряжены и имеют прямую связь с геоэкологией и решениями задач и проблем в данной сложной весьма сфере исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трофимов В.Т., Молдобеков Б.Д., Усупаев Ш.Э. Опыт дистанционного и наземного исследования геосферной среды в Центральной Азии. В кн: Мониторинг и прогноз возможной активизации чрезвычайных ситуаций на территории Кыргызской Республики (издание 13-ое с изменениями и дополнениями). Б.: МЧС КР, 2016. С. 671-673.
2. Усупаев Ш.Э., Молдобеков Б.Д., Орунбаев С.Д., Шакиров А.Э. Основы системы он-лайн предупреждения населения г. Бишкек и его агломераций от землетрясений. Материалы Первого Международного симпозиума: Прогноз и предупреждение тектонических горных ударов и землетрясений: измерение деформаций, остаточных напряжений в горных породах. 21-23 сентября, 2016. НАН КР, г. Бишкек. С. 223-224.

3. *Усунаев Ш.Э., Молдобеков Б.Д., Орунбаев С.Д.* Карты сайт-эффектов и система раннего оповещения мегаполисов от сейсмोकатастроф в странах Центральной Азии. Сборник докладов Международной конференции: “Актуальные проблемы современной сейсмологии”, посвященной 50-летию Института сейсмологии им. Г.А. Мавлянова АН РУз 12-14 октября 2016 г. г.Ташкент, Узбекистан. Ташкент-2016. С. 720-727.
4. *Усунаев Ш.Э., Орунбаев С.Ж., Молдобеков Б.Д.* Комплексные сейсмогеологические исследования георисков на примере городов Кыргызстана. Материалы 13-ой Международной сейсмологической школы. Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Обнинск-2018. С. 268 – 272.
5. *Молдобеков Б.Д., Орунбаев С.Ж., Усунаев Ш.Э.* Новые V_s карты и инженерные решения для сейсмостойкого строительства и снижения георисков от землетрясений в Кыргызстане. Материалы Второго Международного симпозиума, посвященного 75 летию НАН КР. Современные проблемы механики: прогноз и предупреждение горных ударов и землетрясений, мониторинг деформационных процессов в породном массиве. Бишкек – 2018. С. 286 – 298.
6. *Matthew Free, Massimiliano Pittore, Kevin Fleming, Luis Sousa, Katherine Coates, M.EERI, Damian N. Grant, M.EERI, Yannis Fourniadis, Thomas Ader, Bolot Moldobekov, Sheraliev Temirlan.* Seismic Risk Assessment in the Kyrgyz Republic / GEM Special Issue - Earthquake Spectra 2018
7. *B. Petrovic et al.* Joint deconvolution of building and downhole seismic recordings: an application to three test cases / B. Petrovic, S.Parolai, G. Pianese, S. Umit Dikmen, B. Moldobekov, S. Orunbaev, R. Paolucci // [Bulletin of Earthquake Engineering](#), Switzerland: Published by Springer 1 September 2017 -Volume 16, [Issue 2](#)- p. 613–641, DOI 10.1007/s10518-017-0215-6

УДК 624.121.537, 624.121.542, 624.131.537, 624.131.542, 624.131.543

ПСЕВДОСТРУКТУРНАЯ ПРОЧНОСТЬ ГРУНТОВ КАК КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ КРИТЕРИЙ РАЗГРАНИЧЕНИЯ МЕХАНИЗМОВ ОПОЛЗНЕВОГО ПРОЦЕССА

Прасолов А.А.

- аспирант, *Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26*

Орлова Н.А.

- младший научный сотрудник. *Институт Геоэкологии Е.М. Сергеева РАН, 101000, Москва, Уланский пер., д. 13, стр.2*

АННОТАЦИЯ

В настоящее время развивается строительство различных инженерных сооружений в сложных инженерно-геологических условиях, в частности осложнённых оползневыми процессами. При моделировании влияния оползней на основания инженерных сооружений модели грунтов варьируются, при этом необходимо их использовать в соответствии с предполагаемым механизмом возникновения и развития оползней. Показано, что для литифицированных глинистых грунтов значительную роль играют переуплотнение и дилатансия, которые в рамках методики оценки состояния оползнеопасного склона по механизму выдавливания не учитываются. Предложено использование псевдоструктурной прочности грунтов как параметра, позволяющего учитывать переуплотнение глинистых грунтов, а также возможность использования количественного критерия разграничения инсеквентных оползней скольжения и оползней выдавливания на примере оползневого участка Воробьёвы горы в Москве. Кроме того, введён параметр критического переуплотнения грунтов OCR_{cr} , при котором механизм выдавливания будет невозможным, а развитие оползневого процесса будет происходить только по механизму скольжения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА (на русском языке): Псевдоструктурная прочность грунтов, механизмы оползневого процесса, переуплотнённые глинистые грунты

ВВЕДЕНИЕ

Традиционная механика грунтов в настоящее время зачастую имеет расхождение при сопоставлении теоретических и экспериментальных данных, а также с расчётами реального поведения грунтов при воздействии различных

типов нагрузок. Методы определения прочности грунтов в грунтоведении чаще всего базируются на теориях прочности Кулона-Мора и эффективных напряжений Терцаги.

Согласно теории прочности Кулона-Мора в механике грунтов под действием сдвиговых нагрузок в грунте формируется плоскость скольжения, в которой происходит сдвиг. Через коэффициент трения можно выразить предельное напряжённое состояние грунта, которое зависит от внешнего давления, а также возникает сцепление, независимое от внешнего давления, – именно эти характеристики будут являться показателями прочности грунтов. Область применения теории прочности Кулона-Мора составляет только однократную нагрузку. Использование этой теории при многократной нагрузке или разгрузке в ходе геологической истории будет повышать неточность расчётов, в частности устойчивости склонов.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Одно из важнейших положений теории Терцаги – давление, передаваемое на грунт, изначально полностью воспринимается содержащейся в нём поровой жидкостью. В результате создается в грунте избыточное поровое давление. При возможности оттока жидкости поровое давление постепенно “рассеивается”, и передаваемая на грунт нагрузка начинает восприниматься его минеральным скелетом. С учётом этих положений теории Терцаги закон Кулона-Мора в механике грунтов определяет, что касательное напряжение τ , при котором происходит разрушение грунта, определяется давлением в минеральном скелете σ , давлением в поровой воде U и сцеплением C :

$$\tau = (\sigma - U) * \operatorname{tg}\varphi + C,$$

где $\operatorname{tg}\varphi$ – коэффициент внутреннего трения, φ – угол внутреннего трения.

Данная зависимость позволяет описать поведение грунта под воздействием однократной нагрузки, но не раскрывает физической сущности прочности. В зависимости от условий приложения нагрузок при испытании

грунта меняются параметры зависимости касательного напряжения τ от давления в минеральном скелете σ (прочности). Соответственно, при разных схемах нагружения определяется прочность грунта в эффективных и тотальных напряжениях, консолидированная и неконсолидированная, дренированная и недренированная, длительная и мгновенная и др. Каждая из этих характеристик прочности имеет параметры ϕ и C , отличные от полученных при испытаниях по другим схемам приложения нагрузок.

Такой подход к определению прочности приводит к тому, что её величина лишена понятийного смысла. Среди инженеров-геологов и геотехников понятие прочности постепенно становится размытым. Прочность стало условной величиной, при которой применяется при определенном состоянии дисперсного грунта, при котором плотность и влажность изменяется в процессе деформирования. Несмотря на противоречия, её применение в течение длительного времени позволяло вполне удовлетворительно определять прочность грунтов в соответствии с практическими задачами строительства.

Литифицированные глинистые грунты в процессе геологической истории проходят этапы уплотнения, имеют высокую структурную прочность, играющую роль замка для сохранения в грунте унаследованного бокового противодавления, как сжатой пружины (Постоев, 2013). Кроме того, эти грунты зачастую характеризуются переуплотнением за счёт превышения исторической нагрузки, вызванной эродированными грунтами или ледниками, или тектоническими условиями в складчатых областях, относительно современной. В случае нормальной стратиграфической последовательности повышение плотности пород формируется закономерно в зависимости от их возраста. При смене древних пород молодыми наблюдается изменение в состоянии, которое соответствует перерывам в осадочном процессе. Нормальный цикл процесса уплотнения глинистых систем на стадии диагенеза при определенных условиях может нарушаться, что приводит к образованию так называемых "недоуплотненных" или, наоборот,

"переуплотненных" глин (Осипов, 1984). При рассмотрении распределения напряжений в грунтовом массиве согласно гипотезе Гейма-Динника при компрессионном характере нагружения переуплотнение не будет учитываться, так как фактический коэффициент Пуассона μ останется неизменным.

Переуплотнённые грунты по сравнению с нормально уплотнёнными имеют другой характер деформирования и при длительном пластическом деформировании в недренированных условиях не всегда переходят в стадию текучести. Таким образом, для переуплотнённых грунтов при разграничении по механизму инсеквентных оползней скольжения и оползней выдавливания не всегда надёжным критерием будет служить структурная прочность (значение вертикального напряжения в образце грунта, при достижении которого происходит резкое увеличение сжимаемости за счет ускорения накопления пластических деформаций согласно ГОСТ 30416-2020, иными словами напряжение, при котором достигается состояние деформационной неустойчивости грунта) грунтов основного деформируемого горизонта (ОДГ), хотя именно этим параметром характеризуется механизм выдавливания для расчётов устойчивости склонов согласно пункту 4.9.66 СП 420.1325800.2018.

Этим обусловлена актуальность критерия разграничения инсеквентных оползней скольжения и оползней выдавливания с учётом переуплотнения. В качестве такого параметра автором предложено использовать псевдоструктурную прочность грунта σ_{str}^{oc} ("псевдо" по причине несоответствия физическому смыслу определения по ГОСТ 30416-2020), при расчёте которой будет осуществлён переход от коэффициента бокового распора ξ к коэффициенту бокового давления при переуплотнении K_0^{oc} , и иметь вид:

$$\sigma_{str}^{oc} = K_0^{oc} * \frac{1-\mu}{\mu} * \frac{\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right)}{\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right) * \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right)} * \frac{3 + \sin(\varphi + \psi)}{3 - \sin(\varphi + \psi)} * 2 * C,$$

где φ – угол внутреннего трения, ψ – угол дилатансии и C – удельное сцепление. При тригонометрическом преобразовании третьего множителя формула будет иметь следующий вид:

$$\sigma_{str}^{oc} = K_0^{oc} * \frac{1-\mu}{\mu} * \left(\frac{1+\operatorname{tg}(\frac{\varphi}{2})}{1-\operatorname{tg}(\frac{\varphi}{2})} \right)^3 * \frac{3+\sin(\varphi+\psi)}{3-\sin(\varphi+\psi)} * 2 * C.$$

Также можно выразить $K_0^{oc} = (1-\sin\varphi) * OCR^{0,5}$ по формуле Мейерхофа (Meyerhof, 1976).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Использование псевдоструктурной прочности при определении механизма оползневого процесса и уточнения коэффициента устойчивости может быть показано на примере оползневого массива у смотровой площадки на Воробьёвых горах в г. Москва. Свойства грунтов ОДГ, представленных глинами оксфордского яруса юрской системы – $\gamma=20$ кН/м³, $\varphi=22^\circ$, $C=47,2$ кПа – взяты из Руководства по строительству подземных сооружений транспортного назначения в условиях карстово-суффозионной и оползневой опасности в городе Москве, 2020. Также взяты значения $\psi=7^\circ$ и $\mu=0,22$.

По методике оценки состояния оползнеопасного массива ИГЭ РАН (приложение Е Руководства по строительству подземных сооружений транспортного назначения в условиях карстово-суффозионной и оползневой опасности..., 2020) предельное равновесие выражено формулой Е.3:

$$Z_a - \sigma_{str} / \gamma = 0,5 * \pi * (Z_a - H_{cr}).$$

Таким образом, предельная высота уступа может быть выражена формулой:

$$H_{cr} = (0,5 * \pi * Z_a - (Z_a - \sigma_{str} / \gamma)) / (0,5 * \pi),$$

где Z_a – глубина поверхности скольжения, равная 100,5 м для изучаемого массива.

При замене σ_{str} на σ_{str}^{oc} и $OCR=2$, предельная высота уступа будет равна:

$$H_{cr}=(0,5*3,14*100,5M-(100,5M-((1-\sin 22^\circ)*2^{0,5*\frac{1-0,22}{0,22}}*\left(\frac{1+\operatorname{tg}\left(\frac{22^\circ}{2}\right)}{1-\operatorname{tg}\left(\frac{22^\circ}{2}\right)}\right)^3*\frac{3+\sin(22^\circ+7^\circ)}{3-\sin(22^\circ+7^\circ)})*2*47,2 \text{ кПа})/20 \text{ кН/м}^3)/(0,5*3,14)=79,1 \text{ м.}$$

Коэффициент устойчивости будет выражаться формулой: $K_y=(Z_a-H_f)/(Z_a-H_{cr})$, в данном случае $K_y=\frac{100,5 \text{ м}-51 \text{ м}}{100,5 \text{ м}-79,1 \text{ м}}=2,31$, а $\sigma_{str}^{oc}=1336 \text{ кПа}$.

Аналогичные расчёты при $OCR=3$ будут иметь следующий вид:

$$H_{cr}=(0,5*3,14*100,5M-(100,5M-((1-\sin 22^\circ)*3^{0,5*\frac{1-0,22}{0,22}}*\left(\frac{1+\operatorname{tg}\left(\frac{22^\circ}{2}\right)}{1-\operatorname{tg}\left(\frac{22^\circ}{2}\right)}\right)^3*\frac{3+\sin(22^\circ+7^\circ)}{3-\sin(22^\circ+7^\circ)})*2*47,2 \text{ кПа})/20 \text{ кН/м}^3)/(0,5*3,14)=88,7 \text{ м.}$$

Коэффициент устойчивости $K_y=\frac{100,5 \text{ м}-51 \text{ м}}{100,5 \text{ м}-88,7 \text{ м}}=4,20$, а $\sigma_{str}^{oc}=1637 \text{ кПа}$.

Аналогичные расчёты при $OCR=4$ будут иметь соответствующий вид:

$$H_{cr}=(0,5*3,14*100,5M-(100,5M-((1-\sin 22^\circ)*4^{0,5*\frac{1-0,22}{0,22}}*\left(\frac{1+\operatorname{tg}\left(\frac{22^\circ}{2}\right)}{1-\operatorname{tg}\left(\frac{22^\circ}{2}\right)}\right)^3*\frac{3+\sin(22^\circ+7^\circ)}{3-\sin(22^\circ+7^\circ)})*2*47,2 \text{ кПа})/20 \text{ кН/м}^3)/(0,5*3,14)=96,7 \text{ м.}$$

Коэффициент устойчивости $K_y=\frac{100,5 \text{ м}-51 \text{ м}}{100,5 \text{ м}-96,7 \text{ м}}=13,03$, а $\sigma_{str}^{oc}=1890 \text{ кПа}$.

Также обратным расчётом можно рассчитать критический коэффициент переуплотнения OCR_{cr} , при котором механизм выдавливания будет невозможен, то есть выполняется условие $Z_a=H_{cr}$. Для данного примера $OCR_{cr}=4,52$, при этом $\sigma_{str}^{oc}=2009 \text{ кПа}$.

При $OCR=1$ выражения примут следующий вид:

$$H_{cr}=(0,5*3,14*100,5M-(100,5M-((1-\sin 22^\circ)*\frac{1-0,22}{0,22}*\left(\frac{1+\operatorname{tg}\left(\frac{22^\circ}{2}\right)}{1-\operatorname{tg}\left(\frac{22^\circ}{2}\right)}\right)^3*\frac{3+\sin(22^\circ+7^\circ)}{3-\sin(22^\circ+7^\circ)})*2*47,2 \text{ кПа})/20 \text{ кН/м}^3)/(0,5*3,14)=66,6 \text{ м.}$$

Коэффициент устойчивости $K_y=\frac{100,5 \text{ м}-51 \text{ м}}{100,5 \text{ м}-66,6 \text{ м}}=1,46$, а $\sigma_{str}^{oc}=945 \text{ кПа}$.

При $OCR=1$ и $\psi=0^\circ$ аналогично:

$$H_{cr}=(0,5*3,14*100,5M-(100,5M-((1-\sin 22^\circ)*\frac{1-0,22}{0,22}*\left(\frac{1+\operatorname{tg}\left(\frac{22^\circ}{2}\right)}{1-\operatorname{tg}\left(\frac{22^\circ}{2}\right)}\right)^3*\frac{3+\sin(22^\circ+0^\circ)}{3-\sin(22^\circ+0^\circ)})*2*47,2 \text{ кПа})/20 \text{ кН/м}^3)/(0,5*3,14)=64,5 \text{ м.}$$

При этом полученный коэффициент устойчивости $K_y=\frac{100,5 \text{ м}-51 \text{ м}}{100,5 \text{ м}-64,5 \text{ м}}=1,38$ полностью соответствует значению для данного оползневого участка,

представленного в таблице Е.1 Руководства по строительству подземных сооружений транспортного назначения в условиях карстово-суффозионной и оползневой опасности..., 2020.

В целом все результаты расчёта устойчивости оползневого массива у смотровой площадки на Воробьёвых горах в г. Москва представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты расчёта устойчивости склона смотровой площадки на Воробьёвых горах / г. Москва при разных значениях коэффициента переуплотнения

| Условия расчёта | σ_{str}^{oc} , кПа | H_{cr} , м | K_u , б/р |
|-----------------------|---------------------------|--------------|-------------|
| OCR=1, $\psi=0^\circ$ | 877 | 64,5 | 1,38 |
| OCR=1, $\psi=7^\circ$ | 945 | 66,6 | 1,46 |
| OCR=2, $\psi=7^\circ$ | 1336 | 79,1 | 2,31 |
| OCR=3, $\psi=7^\circ$ | 1637 | 88,7 | 4,20 |
| OCR=4, $\psi=7^\circ$ | 1890 | 96,7 | 13,03 |

ВЫВОДЫ

По итогам проведённых расчётов можно сделать следующие выводы. Дилатансия и в особенности переуплотнение дочетвертичных глинистых грунтов значительно влияют на расчёты устойчивости склонов и на определение механизма оползневого процесса. Для этого предложено использовать псевдоструктурную прочность грунта, которая будет учитывать эти явления для более корректной оценки коэффициента устойчивости. Кроме того, он позволит выявить критический коэффициент переуплотнения OCR_{cr} , при котором механизм выдавливания невозможен и развитие оползневого процесса возможно только по механизму инсеквентного оползня скольжения.

Учёт этих параметров позволит более точно сравнивать расчёты, полученные при разных механизмах оползневого процесса, далее при помощи количественных критериев (в частности, сравнения коэффициентов устойчивости) выявлять преобладающий механизм и обосновывать более надёжные мероприятия инженерной защиты. Кроме того, возможно использование нелинейных упругопластических моделей с упрочнением

грунта, например, модель Hardening Soil, регламентируемую приложением И СП 420.1325800.2018.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Осинов В. И.* Литогенез и формирование свойств грунтов. В кн.: 27-й Международный геологический конгресс ин. Геологов. Секция 17, Доклады т. 17. Москва, 1984.
2. *Постоев Г.П.* Предельное состояние и деформации грунтов в массиве: оползни, карстовые провалы, осадки грунтовых оснований // С-Пб.: Нестор-История, 2013. 100 с.
3. *Meyerhof G.G.* Bearing capacity and settlement of pile foundations // Journal of Geotechnical Engineering, ASCE. 1976. V. 102. GT3. P. 197–228.

ВЛИЯНИЯ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ВНУТРИГОРОДСКИЕ ВОДОЕМЫ Г. АСТРАХАНИ

Крыжановская Г.В.

- доцент, кандидат географических наук, Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а

Шарова И.С.

- доцент, кандидат географических наук, Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а

Безуглова М.С.

- доцент, кандидат географических наук, Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а

Бузякова И.В.

- доцент, кандидат географических наук, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д.26

АННОТАЦИЯ

На современном этапе одним из важнейших направлений проведения геоэкологических исследований урбанизированных территорий является экодиагностика урбанизированных образований, которая сводится к выявлению и изучению признаков, характеризующих настоящее состояние экосистем, их антропогенную динамику и геоэкологические свойства. Цель данного исследования показать возможности и перспективы использования комплексного биогеохимического метода и методов картографического анализа для надежной оценки состояния водной среды. Проведена комплексная геоэкологическая оценка состояния и качества поверхностных вод внутригородского водоема, отличающаяся комплексированием методов мониторинга: биологического, химического и ГИС-технологий с предложением рекомендации по совершенствованию природоохранной деятельности водотоков урбосреды. Результаты исследования имеют важное природоохранное значение и предназначены для принятия управленческих решений, повышения эффективности природоохранных мероприятий, восстановления природного потенциала аквальных комплексов, улучшения качества жизни населения, а также для выполнения функций контроля в области охраны окружающей среды.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геоэкология, экологический мониторинг, урбосреда, аквальные комплексы, поллютанты, ГИС-технологии, экологическое состояние водотоков, урбанизированные территории, водные объекты.

ВВЕДЕНИЕ

Астрахань относится к такой системе, в которой сочетаются все социальные и природные процессы. Городская агломерация представляет собой комплекс условий жизни людей, потребляющих эту урбосреду, с целью удовлетворения своих потребностей. Человек взаимодействует с урбанизированными образованиями в сфере производства материальных благ, а также в сфере потребления, в результате чего элементы селитебной территории качественно и количественно модифицируются в пространстве и во времени. Одним из таких элементов являются урбанизированные аквальные комплексы [2, 3].

Целью данной работы является определение уровня загрязнения тяжелыми металлами рукава Кутум с применением комплексных методов мониторинговых исследований и ГИС-технологий в период с 2017 по 2021 гг.

Рукав Кутум является одной из водных артерий города Астрахань, являя собой культурно-историческую, рекреационную и хозяйственной бытовую ценность

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Актуальным и необходимым условием является сбор приоритетных критериев и показателей, которые более точно представят геоэкологические особенности исследуемого водного объекта в тесной взаимосвязи с показателями антропогенных и природных факторов окружающей среды. В следствие проведения экодиагностики рукава Кутум и определения конкретных геоэкологических ситуаций на акватории аквального комплекса, использовались материалы мониторинговых, химико-биологических исследований состояния водотока, которые были определены в качестве экологически значимых, нарушение которых приводит к природоохранным проблемам, с применением ГИС-технологий [5].

Для организации мониторинга водотока и снижения негативного воздействия на качество его вод, была проведена оценка величины антропогенной нагрузки на аквальный комплекс и изучение ее пространственно-временной изменчивости.

В данный момент в водоеме имеются загрязнения как природного, так и техногенного характера [1]. Городская урбанизированная территория сама по себе является источником поступления в городские водоемы антропогенных взвесей. Количественный показатель выноса взвесей с таких территорий в несколько раз превышает их объем, поступающий в водоток из окружающих природных ландшафтов сопоставимый по площади.

Исследуемые водные образцы отбирались еженедельно. Точки отбора проб, располагались в непосредственной близости промышленных и хозяйственных объектов, а также объектов коммунально-бытового хозяйства.

Отбор и консервация проб поверхностных вод производились в соответствии с ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб» а также Р 52.24.353-2012 «Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Характеристики и параметры экологического бедствия по комплексу биологических показателей показали гибель исследуемых тест-организмов в 50-70% случаев от контроля. В контроле выживаемость тест-организмов была наивысшей, а после опыта в живых осталось 90% -100% особей [6].

Результаты токсикологического анализа поверхностных вод показали, что наиболее токсичными являются воды створов 4 и 6, где показатель жизнедеятельности испытуемых организмов при неразбавленной пробе был равен 20% уже через два часа опыта и соответственно 70% через 96 часов.

В исследовании применялась методика по оценке выживаемости группы в качестве основных показателей при оценке влияния токсических веществ и определении ПДК для рыб.

В контроле выживаемость группы была наивысшей, она составила 9 особей из десяти, в то время как в опытных растворах 4 и 6 выживаемость варьировалась в пределах 20% по сравнению с контролем. 50% выживаемость к концу опыта наблюдалась в створах 3 и 7. Не было обнаружено каких-либо различий в длине и массе тела группы в контроле и вариантах опытов. На данные показатели онтогенеза не влияли оксиды металлов в наноформе.

Данные показатели свидетельствуют о присутствии в водотоке загрязняющих веществ, наносящих значительный вред гидробионтам и способные аккумулироваться в организмах животных и передаваться по трофической цепи. Некоторые участки были определены как олигосапробные, другие как мегасапробные.

Анализ содержания тяжелых металлов в исследуемой воде включал в себя измерение концентраций марганца, свинца, хрома, бария, железа, меди, цинка, кадмия, никеля в соответствии с методикой выполнения измерений массовой концентрации элементов в пробах питьевой, природных, сточных вод и атмосферных осадков. В исследуемый водоём соединения изучаемых металлов попадают с атмосферными осадками, из-за вымывания почв, а также за счет использования тетраэтилсвинца в автомобильном топливе и бытовых отходов.

Результаты химического анализа представлены на картосхемах (рис. 1, 2).

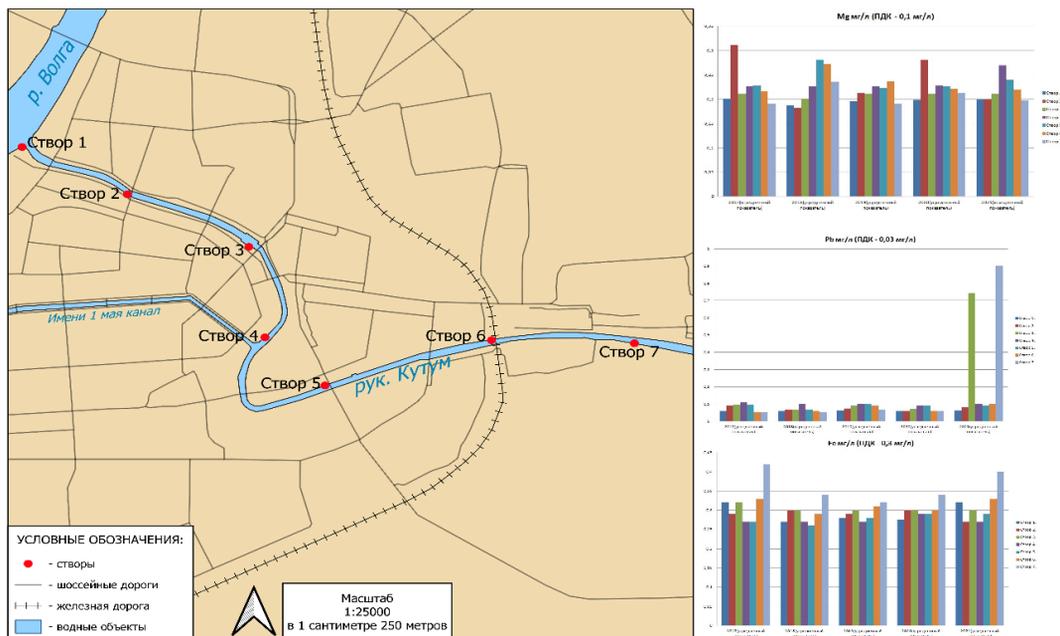


Рисунок 1. Картограмма анализа содержания тяжёлых металлов в воде рукава Кутум (Mg,Pb,Fe).

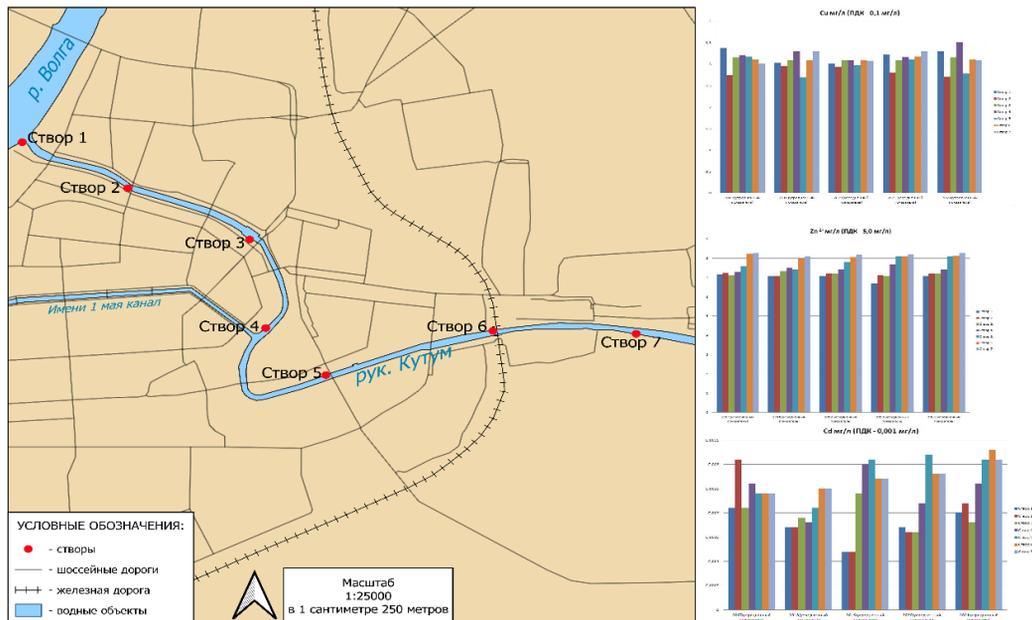


Рисунок 2. Картограмма анализа содержания тяжёлых металлов в воде рукава Кутум (Cu,Zn,Kd).

Таким образом была выявлена проблема превышения концентрации загрязняющих веществ во внутренних водных объектах. Данная проблема требует детального изучения причин ее возникновения и разработки путей решения. Исследуемый водоем является важным источником обеспечения водных ресурсов для населения и его следует поддерживать в удовлетворительном состоянии.

ВЫВОДЫ

Большинство существующих на сегодняшний день экологических проблем внутренних водоемов связаны с отсутствием согласованной политики планирования, городского развития и управления. Особое внимание необходимо уделять, имеющим решающее значение географическим и геоэкологическим подходам, а также методам мониторинга и долгосрочного прогнозирования устойчивого развития окружающей природной среды [4]. Проектные ошибки размещения промышленных предприятий в неблагоприятных природных условиях, нерациональная жилая застройка селитебных территорий создают в будущем проблемы для эффективного развития городов и создания благоприятной среды жизни для населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дархангалиева К.Х., Крыжановская Г.В., Локтионова Е.Г., Чернышова А.С., Ерофеева Е.П. Источники воздействия на водные объекты в условиях городской среды // Современные проблемы географии. Межвузовский сборник научных трудов. / Составители В.В. Занозин, М.М. Иолин, А.Н. Бармин, А.З. Карабаева, М.В. Валов. Астрахань, 2019. С. 133–137.
2. Крыжановская Г.В., Шарова И.С., Безуглова М.С. Оценка факторов воздействия городской среды на внутренние аквальные комплексы // Естественные науки: актуальные вопросы и социальные вызовы. материалы IV Международной научно-практической конференции. / Астраханский государственный университет. Астрахань, 2021. С. 62–64.
3. Крыжановская Г.В., Безуглова М.С., Шарова И.С. Влияние техногенеза на качество поверхностных вод водотоков агломератов // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2020. № 1. С. 32–36.
4. Крыжановская Г.В., Шарова И.С., Безуглова М.С. Анализ состояния окружающей среды и природоохранной политики в астраханской области // Естественные науки: актуальные вопросы и социальные вызовы. Материалы III Международной научно-практической конференции. / Составители: Н.С. Шуваев, Е.А. Колчин. 2020. С. 286–291.

5. *Крыжановская Г.В., Шарова И.С., Безуглова М.С.* Геоэкологические проблемы водотоков урбосреды в условиях интенсивного роста городов // *Естественные науки: актуальные вопросы и социальные вызовы. Материалы III Международной научно-практической конференции.* / Составители: Н.С. Шуваев, Е.А. Колчин. 2020. С. 162–167.
6. *Чернышова А.С., Крыжановская Г.В., Локтионова Е.Г., Дарханалиева К.Х., Шакиев Е.Ж.* Определение качества природных вод с применением тест-организмов // *Современные проблемы географии. Межвузовский сборник научных трудов.* / Составители В.В. Занозин, М.М. Иолин, А.Н. Бармин, А.З. Карабаева, М.В. Валов. Астрахань, 2019. С. 47–51.

ОЦЕНКА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ НА ТЕРРИТОРИИ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Козлякова И.В.,

- кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией

Ерёмина О.Н.,

- кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва, Уланский переулок, дом 13, строение 2.

АННОТАЦИЯ

На примере территории Московской области рассмотрены проблемы изучения геологической среды для размещения объектов твердых коммунальных отходов. Показано, что в состав геoinформационной системы обращения с отходами целесообразно включение типизации геологической среды, составленной на основе оценки её естественной защищенности от загрязнения, поступающего с поверхности.

Выполнен анализ геолого – гидрогеологической обстановке в окрестностях одного из действующих полигонов захоронения отходов, который позволил оценить масштаб воздействия полигона на вмещающий грунтовый массив.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: твердые коммунальные отходы, Московская область, геологическая среда, грунтовые толщи, типизация

ВВЕДЕНИЕ

Захоронение твердых коммунальных отходов (ТКО) на полигонах влечет за собой серьезный риск ущерба для геологической среды. Многие из таких объектов эксплуатируются давно и возникли стихийно из старых свалок в отработанных карьерах. Не было практически никакого выбора места размещения ТКО по геологическим и экологическим критериям. Но даже в случае, если соблюдены все требуемые нормативами меры защиты, нельзя полностью исключить поступление загрязняющих веществ в геологическую среду на территории размещения объекта ТКО. Всегда требует рассмотрения пессимистичный сценарий развития событий для объекта повышенной экологической опасности.

В вопросах обращения с ТКО лица, принимающие решения, находятся в очень непростой ситуации. С одной стороны, социальная напряженность в связи с размещением отходов и предприятий по их утилизации в районах тех или иных населенных пунктов, с другой – экологические и геоэкологические ограничения.

Проблемы Московской области в сфере обращения с ТКО те же, что и везде в России. Здесь много старых полигонов, практически исчерпавших свой ресурс, крайне негативное отношение населения к любым объектам обращения с отходами – и к полигонам захоронения, и к мусоросжигательным заводам, какими бы современными они не были [1,2].

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ГРУНТОВЫХ ТОЛЩ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В геологическом строении территории Московской области до глубины 50 м сверху вниз принимают участие породы четвертичной, неогеновой, меловой, юрской и каменноугольной систем. Четвертичные отложения залегают с поверхности повсеместно. Неогеновые отложения распространены фрагментарно в наиболее глубоких частях древних речных долин. Подстилающие их меловые и юрские породы сохранились от древнего размыва на водоразделах и склонах палеодолин. Отложения каменноугольной системы распространены повсеместно и залегают под юрскими или, в местах древних размывов, под неогеновыми и четвертичными отложениями [3].

Типизация грунтовых толщ при размещении объектов ТКО проводится для того, чтобы оценить естественную защищенность геологической среды от загрязнения, поступающего с поверхности. Такая защищенность зависит от наличия в геологическом разрезе слабопроницаемых (водоупорных) слоев, их количества и мощности [4].

Среди дочетвертичных отложений на территории Московской области присутствует один мощный и выдержанный по простиранию водоупорный

слой глин юрского возраста. В зависимости от наличия или отсутствия этих глин выделяются два типа грунтовых толщ дочетвертичного возраста:

I - каменноугольные известняки, иногда перекрытые юрскими песками (как правило водоносные)

II - каменноугольные известняки, перекрытые юрскими песками и глинами, над которыми местами залегают пески мелового возраста (юрские глины разделяют каменноугольный водоносный горизонт и водоносный горизонт в юрских и меловых песках).

В толще четвертичных отложений слабопроницаемые слои – это моренные суглинки. В зависимости от их залегания в разрезе выделяются грунтовые толщи:

1 - московская и донская морены (или одна из них), залегают с поверхности или перекрыты маломощными песками (менее 10 м);

2 - аллювиальные, озерные и водно-ледниковые пески и песчано-глинистые отложения мощностью более 10 м подстилаются моренными суглинками;

3 - аллювиальные, озерные и водно-ледниковые пески и песчано-глинистые отложения слагают всю четвертичную толщу, выдержанные по простиранию и мощности моренные суглинки в разрезе отсутствуют.

В зависимости от взаимного наложения четвертичных и дочетвертичных толщ можно выделить шесть типов геологического строения.

Тип I-1, в пределах которого мощная морена залегает на терригенно-карбонатных отложениях каменноугольного возраста, занимает значительные площади на западе Смоленско-Московской возвышенности и Верхневолжской низменности. Фрагментарно он встречается в центральных частях доледниковых долин преимущественно в северной половине области.

Тип I-2, в пределах которого каменноугольные терригенно-карбонатные породы перекрыты мореной и мощной толщей четвертичных песчано-

глинистых отложений, распространён фрагментарно в пределах речных долин преимущественно на территории Москворецко-Окской и Заокской равнин.

Тип I-3, в пределах которого каменноугольные терригенно-карбонатные породы перекрыты мощной толщей четвертичных песчано-глинистых отложений, встречается в центральных частях доледниковых долин рек Оки и Москвы и их крупных притоков на территории Москворецко-Окской и Заокской равнин.

Тип II-1. Каменноугольные известняки, перекрыты юрскими песками и глинами, а на отдельных площадях - юрскими песками и глинами, и песками мелового возраста. Четвертичная толща в пределах этого типа представлена мощной мореной. Тип II-1 имеет площадное распространение на северо - востоке области в пределах Смоленско-Московской возвышенности.

Тип II-2. Каменноугольные известняки, перекрыты юрскими песками и глинами, а на отдельных площадях - юрскими песками и глинами, и песками мелового возраста. Четвертичная толща представлена мореной и мощной толщей четвертичных песков, залегающих с поверхности. Тип II-2 преимущественно распространён на юго – западе области в пределах Мещерской низменности.

Тип II-3. Каменноугольные известняки, перекрыты юрскими песками и глинами, а на отдельных площадях - юрскими песками и глинами, и песками мелового возраста. Четвертичная толща имеет песчаный состав. Тип II-3 встречается в пределах речных долин преимущественно в южной половине области.

АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В ОКРЕСТНОСТЯХ ПОЛИГОНА ТКО (НА ПРИМЕРЕ ПОЛИГОНА НЕПЕЙНО)

Типизация по пригодности для размещения объектов ТКО представляют собой пространственную информацию о характеристиках геологической среды

и должна использоваться на предпроектном этапе работ по размещению объектов обращения с отходами. Но даже если полигон расположен на достаточно благоприятном участке, геологическая среда которого характеризуется естественными защитными свойствами, нельзя полностью исключить риск ущерба от поступления загрязнения с поверхности в геологическую среду (горные породы и подземные воды).

Инженерные изыскания под строительства или рекультивацию полигонов ограничиваются, к сожалению, только участком размещения объекта и глубиной 20 – 30 м, хотя изучение геолого-гидрогеологической обстановки на прилегающей территории имеет немаловажное значение. Рассмотрим это на примере полигона Непейно в Дмитровском районе Московской области. Этот полигон расположен в 1.3 км к северу от деревни Непейно, функционирует с 1975 года и находится в отработанном песчаном карьере.

В основании свалочного тела здесь под маломощными среднечетвертичными флювиогляциальными песками залегают отложения московской морены. Они представлены супесями и суглинками с включением гравия и щебня, с линзами песка. Максимальная вскрытая мощность морены по данным инженерно-геологических изысканий составляет 22 м. Морена представляет собой водоупорный слой и разделяет грунтовый безнапорный водоносный горизонт в вышележащих среднечетвертичных флювиогляциальных песках и техногенных грунтах свалочного тела и напорный водоносный горизонт в нижне – среднечетвертичных озерных и флювиогляциальных песках. То есть, на первый взгляд, на участке полигона существует природный защитный барьер в виде суглинков московской морены, который препятствует поступлению компонентов свалочного фильтрата в глубокие горизонты подземных вод.

Изучение же геологического строения окрестностей полигона показывает следующее: московская морена не имеет выдержанного распространения и

выклинивается менее чем в 1 км от полигона; в 4 - 5 км к юго-западу от полигона расположен крупный речной доледниковый разрыв, вскрывший толщу известняков каменноугольного возраста (Рисунок).

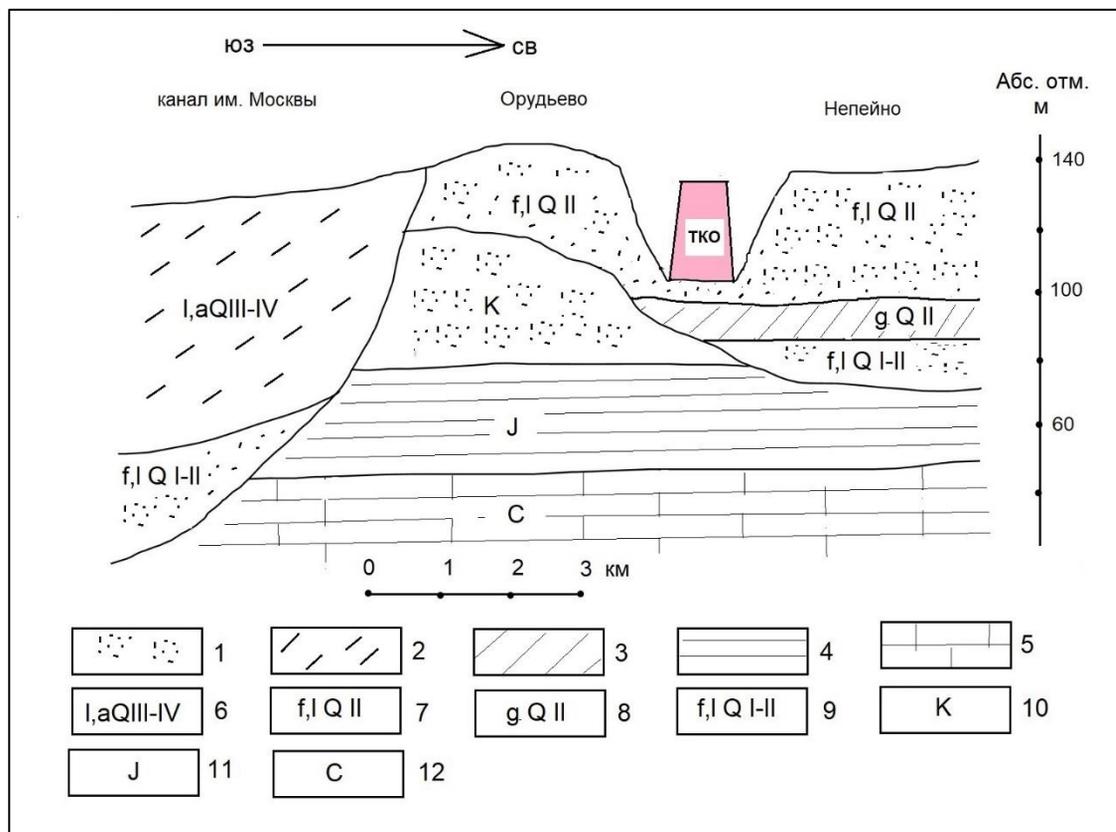


Рисунок. Схема геологического строения в окрестностях полигона ТКО Непейно (составлена авторами по материалам Государственной геологической карты СССР масштаба 1: 200 000, лист О-37-XXXII [5]). Условные обозначения: 1- пески, 2 – песчано-глинистые отложения, 3 – суглинки, 4 – глины, 5 – известняки, 6 – верхнечетвертичные - современные озёрно – аллювиальные отложения, 7- среднечетвертичные флювиогляциальные и озерные отложения, 8 – среднечетвертичные ледниковые отложения (московская морена), 9 – нижне-среднечетвертичные флювиогляциальные и озерные отложения, 10 – отложения меловой системы, 11 – отложения юрской системы, 12 – отложения каменноугольной системы.

То есть в окрестностях полигона отмечается практически прямая гидравлическая связь грунтового и каменноугольного водоносных горизонтов и существует достаточно высокий риск поступления компонентов свалочного

фильтрата в каменноугольный водоносный горизонт – основной источник питьевого водоснабжения. В таких условиях даже после предстоящего закрытия полигона при проведении его рекультивации обязательным требованием должно быть осуществление мониторинга химического состава подземных вод не только грунтового, но и более глубоких водоносных горизонтов, вплоть до подземных вод каменноугольных известняков.

ВЫВОДЫ

Основная цель изучения геологической среды с позиций обращения с отходами – оценка степени её естественной защищенности от загрязнения, поступающего с поверхности. Типизация территории по степени пригодности для размещения объектов ТКО даст органам, принимающим решения, возможность обоснованного выбора новых участков и методов рекультивации закрытых полигонов.

Типизация геологической среды Московской области представляет собой формализацию геологического строения. Она предназначена, в первую очередь, для использования в составе электронной модели (геоинформационной системы) обращения с отходами. Каждый тип может быть легко оценен с точки зрения естественной защищенности геологической среды и пригодности для размещения объектов ТКО в зависимости от наличия в геологическом разрезе слабопроницаемых толщ. Формальная оценка геологической среды должна легко вписаться в суммарную многокритериальную оценку участка, используемую в электронной модели.

Важным элементом геологической оценки участка размещения полигона является анализ геолого-гидрогеологических условий на прилегающей территории, который даёт возможность оценить масштаб воздействия полигона на геологическую среду при пессимистичном сценарии развития процесса загрязнения в основании свалочного тела.

Работа выполнена при поддержке РНФ, проект № 22-17-00045.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зайканов В.Г., Зайканова И.Н., Булдакова Е.В.* Геоэкологический и ландшафтно – экологический анализ территорий существующих свалок ТБО Московской области // Сергеевские чтения: Вып.20. Обращение с отходами: задачи геоэкологии и инженерной геологии. Матер. годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (22 марта 2018 г.). М.: РУДН, 2018. С. 65-73.
2. *Кашиперюк П.И., Макеева Т.Г., Аканов А.В., Никитина К.В., Подлесных А.И.* Некоторые правовые и природоохранные вопросы формирования полигонов переработки и захоронения ТКО в Подмоскowie // Сергеевские чтения: Вып.20. Обращение с отходами: задачи геоэкологии и инженерной геологии. Матер. годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (22 марта 2018 г.). М.: РУДН, 2018. С.71-73
3. Геология СССР. Том 4. Центр Европейской части СССР. Геологическое описание (Московская, Владимирская, Ивановская, Калининская, Калужская, Костромская, Рязанская, Тульская, Смоленская и Ярославская области). Под ред. Леоненко И.В., Сидоренко А.В., Шик С.М. Недра, Москва, 1971 г.
4. *Козлякова И.В., Кожевникова И.А., Еремينا О.Н., Анисимова Н.Г.* Методологические принципы оценки геологической среды для размещения объектов обращения с ТКО// Геоэкология, 2021, № 1, с. 48–58
5. Геологическая карта СССР масштаб 1:200 000. Лист О-37-XXXII, М., 1965 г.