



**ИГЭС**

Институт  
гидротехнического  
и энергетического  
строительства

# ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОГО ЭТАПА ИСТОРИИ ЗЕМЛИ — 2023

Сборник материалов  
Международной научно-практической конференции  
(г. Москва, 12–13 октября 2023 г.)

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2023  
ISBN 978-5-7264-3360-8

Москва  
Издательство МИСИ – МГСУ  
2023

УДК 504+624+528  
ББК 20.1++38+26.1  
Г35

- Г35      **Геоэкологические проблемы техногенного этапа истории Земли — 2023** [Электронный ресурс] : сборник материалов Международной научно-практической конференции (г. Москва, 12–13 октября 2023 г.) / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, кафедра инженерных изысканий и геоэкологии. — Электрон. дан. и прогр. (4,5 Мб). — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2023. — URL: <https://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/> — Загл. с титул. экрана.  
ISBN 978-5-7264-3360-8

В данном сборнике содержатся тезисы докладов участников Международной научно-практической конференции, которая состоялась в НИУ МГСУ 13 октября 2023 г. на базе кафедры инженерных изысканий и геоэкологии.

В работе конференции приняли участие более 70 человек — научно-педагогических работников, аспирантов научно-образовательных учреждений, специалистов проектной, надзорной и строительной отрасли.

Для научных работников и аспирантов в области инженерных изысканий, геоэкологии и техноферной безопасности, 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», 2023

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://www.mgsu.ru)

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

Тел. +7 499 183 43 83

Е-mail: [iges@mgsu.ru](mailto:iges@mgsu.ru)

Кафедра инженерных изысканий и геоэкологии

Тел.: +7 (495) 287-49-14 (доб. 2380)

Е-mail: [SimonanVV@mgsu.ru](mailto:SimonanVV@mgsu.ru)

*Для создания электронного издания использовано:*

Microsoft Word 2010, ПО Adobe Acrobat

Подписано к использованию 13.12.2023. Объем данных 4,5 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](mailto:ric@mgsu.ru), [rio@mgsu.ru](mailto:rio@mgsu.ru)

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Лаврусевич А.А., Хоменко В.П., Лаврусевич И.А.</b> НЕКОТОРЫЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ БАССЕЙНОВ РЕК БОЛЬШАЯ И МАЛАЯ АЛМАТИНКА	6
<b>Ахмадиев А.К.</b> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ В УСЛОВИЯХ МОДЕЛЬНОГО ОПЫТА	13
<b>Бажутин П.И., Щербаков С.В., Золотарев Д.Р.</b> РАСЧЕТНЫЙ ДИАМЕТР ВОЗМОЖНОГО КАРСТОВОГО ПРОВАЛА. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И РОЛЬ УСТАНОВЛЕНИЯ МЕХАНИЗМА ЕГО ОБРАЗОВАНИЯ	19
<b>Герасимов А.Ю.</b> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ТЕЛ, ОБРАЗОВАВШИЕСЯ В УСЛОВИЯХ АГРОМЕЛИОРАЦИИ <b>Научный руководитель: Лаврусевич А.А.</b>	25
<b>Герасимова С.С.</b> ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ КАРСТА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ М-12 (7 ЭТАП) <b>Научный руководитель: Лаврусевич А.А.</b>	31
<b>Дьячкова О.Н., Михайлов А.Е.</b> АНАЛИЗ «ЗЕЛеной» ИНФРАСТРУКТУРЫ БЕРЛИНА	36
<b>Евграфова И.М.</b> СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ НМУ	40
<b>Зиядова Н.Ч.</b> ОБЪЕКТЫ НЕЗАВЕРШЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА КАК УНИКАЛЬНЫЙ ПОДВИД ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА	46
<b>Крахина Е.А.</b> ТИПИЗАЦИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ УЧАСТКОВ ГОРОДА МОСКВЫ <b>Научный руководитель: Экзарьян В.Н.</b>	51
<b>Новиков А.В., Хабарова И.А., Хабаров Д.А.</b> ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СПОРТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ С УЧЕТОМ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	58
<b>Новиков А.В., Хабарова И.А., Хабаров Д.А.</b> ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ И РАЗМЕЩЕНИЯ МУЗЕЕВ ПОД ОТКРЫТЫМ НЕБОМ	65
<b>Прасолов А.А.</b> ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ МАЛОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ НА ОПОЛЗНЕВЫЕ СКЛОНЫ, СЛОЖЕННЫЕ СЛАБЫМИ ГРУНТАМИ, И ОЦЕНКА ЭТОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ИНЖЕНЕРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ТРУБОПРОВОДОВ	71

<b>Комлев В.Н.</b> ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ЗАХОРОНЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ: ДВАДЦАТИЛЕТИЕ РОССИЙСКОЙ ИСТОРИИ СКВОЗЬ ПРИЗМУ ДОКУМЕНТОВ	77
<b>Криночкина О.К., Мамина Д.Х., Володина А.А.</b> ПОЛЬЗА И ОПАСНОСТЬ ШУНГИТОВ	92
<b>Кочев А.Д.</b> ПРОБЛЕМА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕРОЯТНОСТНЫХ МЕТОДОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ОПАСНОСТИ КАРСТОВО-СУФФОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И РАЗМЕРОВ ВОРОНОК В МОСКВЕ	96
<b>Суздалева А.Л., Слесарев М.Ю., Сметанин И.А.</b> ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ «БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД»	102
<b>Борейша Е.В., Ранов И.И.</b> О МЕТОДАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТНЫХ КАРСТОВЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ	107
<b>Орлова Н.А., Карпенко Ф.С., Прасолов А.А.</b> ВЛИЯНИЕ НАБУХАНИЯ ОКСФОРДСКИХ ГЛИН НА МЕХАНИЗМ ОПОЛЗНЕВОГО ПРОЦЕССА И РАЗРАБОТКУ МЕРОПРИЯТИЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА ФИЛИ-КУНЦЕВО	116
<b>Малюк Н.А., Стрижевский И.А., Озерова Н.В.</b> ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА СЕЙСМОСТОЙКИХ ЗДАНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА	122
<b>Степанова М.В.</b> ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕФОРМИРОВАНИЯ БЕРЕГОВ ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА <b>Научный руководитель: Экзарьян В.Н.</b>	131
<b>Филиппов Ю.А., Макеева Т.Г., Трофимов В.А.</b> МЕТОДИКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ	134

## НЕКОТОРЫЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ БАССЕЙНОВ РЕК БОЛЬШАЯ И МАЛАЯ АЛМАТИНКА

### **Лаврусевич А.А.**

- доктор геолого-минералогических наук, профессор, ведущий научный сотрудник ФГБУ ВНИИ ГОЧС МЧС России (ФЦ), Россия, 121352, г. Москва, ул. Давыдовская, д. 7

### **Хоменко В.П.**

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

### **Лаврусевич И.А.**

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

### **АННОТАЦИЯ**

В докладе представлены данные о трещиноватости массива горных пород хребта Заилийского Алатау, которые являются поставщиками каменного материала селевых потоков северного склона названного хребта. На примере объекта-аналога, Гиссарский батолит республики Таджикистан, показано, что в результате процессов выветривания крупнозернистых гранитов, гранодиоритов, необходимый объем «каменного» материала может быть подготовлен для смещения в русло селевых саев в результате плоскостного смыва из-за аномальных, кратковременных осадков, в течение 15-летнего периода. Повторные, через три недели после первых обильных осадков, аномальные дождевые осадки 1987 года в Таджикистане, привели лишь к локальным проявлениям селевых потоков, из-за отсутствия на склонах и поверхности массивов гранитов и гранодиоритов рыхлого каменного материала.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Заилийский Алатау, Гиссарский батолит, селевой поток, каменный материал, объект аналог

### **ВВЕДЕНИЕ**

Территория города Алма-Ата приурочена к юго-востоку республики Казахстан, которую окаймляют горные системы, являющиеся северными отрогами Центрально-Азиатского эпиплатформенного орогенического пояса, являющегося типичным представителем, так называемых, «вторичных орогенов», активизированных в неогеновый период. Это подножье северного склона Заилийского Алатау которое является частью северо-Тянь-Шаньской складчатой области. Средние высоты городской территории колеблются от 600 до 900 метров над уровнем моря. Город расположен в междуречье рек Большая и Малая Алматинка, которые прорезают хребет глубокими долинами и впадают в р.Или. Южный же склон рассечен короткими долинами маловодных рек. Город Алма-Ата - один из крупных городов Республики Казахстан с населением более 1 млн. чел., площадью более 190 км<sup>2</sup>. Севернее, территория города переходит в чуть наклонную равнину (рис.1). Склоны основных рек и их притоков на отметках выше 600м обильно залесены и

задернованы. В центральной части Заилийского Алатау насчитывается 370 ледников общей площадью 540 кв. км [1].

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

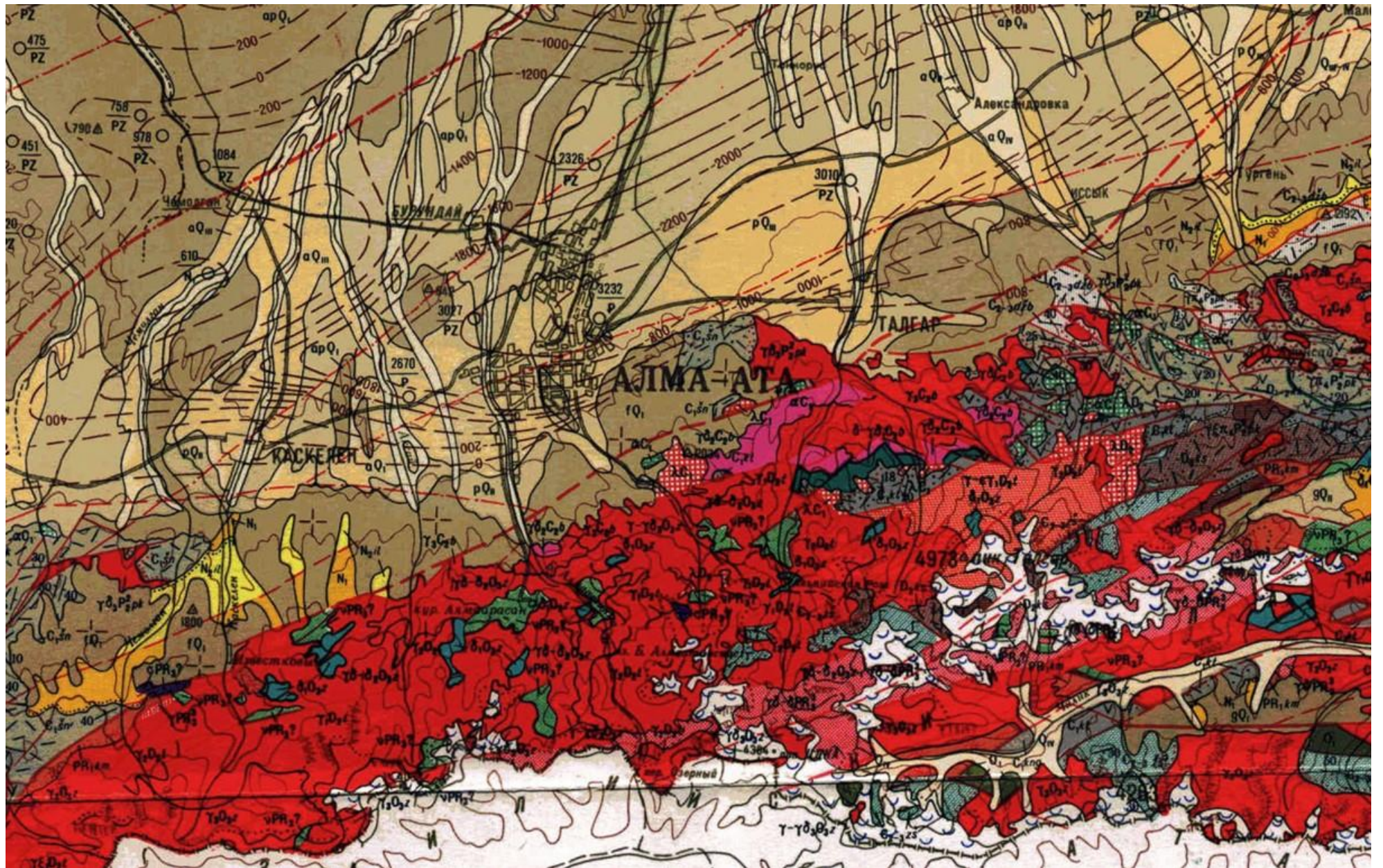
Северный склон хребта Заилийский Алатау, представляет собой интенсивно расчлененный горный массив альпийского орогенеза сложенный гранитоидами, эффузивами и их туфами, эффузивно-осадочными породами, песчаниками, сланцами и мраморами. Ориентирован хребет почти в широтном направлении в соответствии с направлением крупных зон геологических структур и крупных тектонических нарушений. Современное очертание хребет получил в результате тектонических движений, активизировавшихся в конце палеогена и продолжающихся до настоящего времени.

По речным долинам и ущельям северного склона Заилийского Алатау по мере вздымания гор в течении всего четвертичного периода происходил вынос огромной массы обломочного материала валунного, гравийно-галечникового, песчано-глинистого состава, который у подножия гор сформировал шлейфы древних и молодых конусов выноса шириной до 10-15 км и мощностью до 2000-3000 м. Конусы выноса имеют хорошо выраженные уклоны от гор в долине (рис.1). В поперечном сечении конусы выноса имеют линзовидную форму, содержат запасы артезианских вод, которые являются основным источником водоснабжения города Алма-Ата.

Неоген-четвертичная тектоническая активизация и тесно связанные с ней развивающиеся относительно подвижные древние и молодые глубинные разломы определили общую зону 9-бальной и повышенной сейсмичности в зависимости от инженерно-геологических условий территории города Алма-Ата, что подтверждает комплекс сейсмологических и геофизических исследований. При строительстве зданий и сооружений на данной территории необходимы антисейсмические мероприятия.
































Массив порфиров, гранитов, гранодиоритов, кварцевых диоритов, плагиоклазовых гранитов, диоритов, тоналитов разбит серией первичных и гипергенных трещин, которые способствуют отделению блоков породы самых различных размеров от массива. Первичные трещины возникают в момент образования породы. Их генезис в магматических телах связан со структурой течения магмы. Поздние первичные трещины образуются тогда, когда массив относительно стабилен в ходе диагенеза и петрогенеза. Они, как правило, четко выражают обстановку кристаллизующегося массива, а не динамическую и физико-географическую обстановку окружающей среды.







## Интрузивные образования

<p>Аляскинты (аЛ), лейкограниты (ЛГ), субщелочные лейкограниты (еЛГ) Alaskite (aL), leucogranites (LГ), subalkaline leucogranites (eLГ)</p>	<p>Щелочные граниты (ЕГ), субщелочные граниты (сГ) Alkaline granites (EГ), subalkaline granites (cГ)</p>	<p>Граниты (Г), снейсо-граниты (сГ), мигматит - граниты (мГ) Granites (Г), gneissic granites, (сГ), migmatite-granites (mГ)</p>	<p>Гранодиориты (ГД), гранодиориты - граниты (ГД-Г), граниты - гранодиориты (Г-ГД), кварцевые диориты (кД), гранодиориты - кварцевые диориты (ГД-кД), кварцевые диориты - гранодиориты (кД-ГД), гранодиориты - диориты (ГД-Д), моналиты (РД) Granodiorites (ГД), granodiorites - granites (ГД-Г), granites - granodiorites (Г-ГД), quartz diorites (кД), granodiorites - quartz diorites (ГД-кД), quartz diorites - considerably plagioclase granites (кД-РГ), quartz diorites - granodiorites (кД-ГД), granodiorites - diorites (ГД-Д), tonalites (РД)</p>	<p>Существенно плагиоклазовые граниты (РГ), плагиограниты (ГО), существенно плагиоклазовые граниты - гранодиориты (РГ-ГД), плагиограниты - гранодиориты (ГО-ГД) Considerably plagioclase granites (РГ), plagiogranites (ГО), considerably plagioclase granites - granodiorites (РГ-ГД), plagiogranites - granodiorites (ГО-ГД)</p>
 <p>аГТ<sub>1</sub> ЛГТ<sub>1</sub></p>		 <p>Г:Т,Т<sub>1</sub>,PZ<sub>3</sub></p>	 <p>ГДРZ<sub>3</sub></p>	
 <p>аГ:P<sub>2</sub>,P<sub>1</sub> еЛГ:P<sub>2</sub>,P<sub>1</sub> ЛГ:P<sub>2</sub>,P<sub>1</sub></p>	 <p>ЕГР<sub>1</sub> еГ:P<sub>2</sub>,P<sub>1</sub></p>	 <p>Г:P<sub>2</sub>,P<sub>1</sub></p>	 <p>ГД:P<sub>2</sub>,P<sub>1</sub> ГД-ГР<sub>1</sub> Г-ГДР<sub>1</sub> кД:P<sub>2</sub>,P<sub>1</sub></p>	 <p>РГР<sub>1</sub></p>
 <p>ЛГC<sub>3</sub></p>		 <p>Г:C<sub>3</sub>,C<sub>2</sub>,C<sub>1</sub></p>	 <p>ГД:C<sub>3</sub>,C<sub>2</sub>,C<sub>1</sub> Г-ГД:C<sub>3</sub>,C<sub>2</sub>,C<sub>1</sub> кД:C<sub>3</sub>,C<sub>1</sub></p>	 <p>РГ:C<sub>2</sub>,C<sub>1</sub> ГО:C<sub>3</sub>,C<sub>1</sub></p>
 <p>аГ:D<sub>3</sub>,D<sub>2</sub> ЛГ:D<sub>3</sub>,D<sub>2</sub>,D<sub>1</sub> еЛГ:D<sub>3</sub>,D<sub>2</sub></p>	 <p>ЕГD<sub>3</sub>,D<sub>2</sub> еГD<sub>3</sub></p>	 <p>ГD<sub>3</sub>,D<sub>2</sub>,D<sub>1</sub>,aD</p>	 <p>ГД-D<sub>3</sub>,D<sub>2</sub>,D<sub>1</sub> Г-ГД-D<sub>3</sub>,D<sub>2</sub> кД-D<sub>3</sub>,D<sub>2</sub>,D<sub>1</sub> кД-ГДD<sub>3</sub></p>	 <p>РГD<sub>3</sub>,D<sub>2</sub>,D<sub>1</sub> ГОD<sub>3</sub>,D<sub>2</sub></p>
 <p>еЛГС</p>	 <p>еГС</p>	 <p>Г:S<sub>2</sub>,S<sub>2</sub></p>	 <p>ГД:S<sub>2</sub>,S<sub>2</sub> ГД-ГС<sub>2</sub> Г-ГДС<sub>2</sub> кДС<sub>2</sub></p>	 <p>ГОS<sub>2</sub></p>
		 <p>Г:O<sub>3</sub>,O<sub>1</sub></p>	 <p>ГД-O<sub>3</sub>,O<sub>1</sub> ГД-ГO<sub>3</sub>,O<sub>1</sub> Г-ГДО<sub>3</sub> кД-O<sub>3</sub>,O<sub>1</sub> ГД-кДО<sub>3</sub> кД-РГО<sub>3</sub> кД-ГДО<sub>3</sub> ГД-ДО<sub>3</sub> РГДО<sub>3</sub></p>	 <p>РГО<sub>3</sub> ГО-O<sub>3</sub>,O<sub>1</sub> РГ-ГДО<sub>3</sub></p>
			 <p>ГДC<sub>2</sub> РГДC<sub>2</sub></p>	 <p>ГОC<sub>2</sub></p>
 <p>аГR<sub>3</sub> ЛГPR<sub>1</sub></p>		 <p>Г:PR,PR<sub>1</sub>,R<sub>3</sub> сГR<sub>2</sub> мГR<sub>2</sub></p>	 <p>ГДR<sub>3</sub> ГД-ГR<sub>3</sub></p>	 <p>ГО:PR,PR<sub>2</sub> ГО-ГДPR<sub>1</sub></p>

**Рисунок 1.** Фрагмент геологической карты территории города Алма-Аты и хребта Заилийский Алатау [4].

Тектоническая трещиноватость зависит от особенностей тектонической структуры и характера тектонических движений вмещающих пород (рамы) [2]. Гипергенная трещиноватость связана с последующими процессами выветривания пород магматического генезиса. Глубинные крупнокристаллические породы, в отличие от гипабиссальных и эффузивных, более подвержены выветриванию. Данные о глубине зоны выветривания приведенные в работе С.Н. Чернышева в крупнокристаллических гранитах, габбро, долеритах достигает 15 м, в то время как в мелкозернистых породах типа диабазов и базальтов зона значительно меньше (3-5 м) [2].

Гипергенные трещины образуются у поверхности земной коры под влиянием физико-географических сил: разгрузки, вызванные разуплотнением массива после снятия пород эрозией; выветривания, вызванные колебанием температуры, химическим воздействием поверхностно-активных веществ в концах трещин и биологическим воздействием; гравитационные, образующиеся при растяжении массива в процессе обвалов и оползания; взрыва и удара, образующиеся при прохождении сейсмической упругой волны. Все они имеют большое значение для прогноза устойчивости склонов и откосов. Эти трещины разрушают целики породы между блоками и переводят массив из категории трещиноватых в категорию разборных массивов. При гипергенезе изменяется поверхность трещины, в ней накапливается глинистый заполнитель, увеличивается раскрытие, что приводит к снижению сцепления и трения по трещине.

В результате развития такой сети трещин, формируются блоки породы, которые совершенно отделены от массива либо соединяются с ним ненадежными остаточными связями. Теоретически и практически установлено, что напряжения концентрируются на концах трещины. При изменении условий существования массива в процессе гипергенеза сеть трещин разрастается. В конечном итоге, рост трещин приводит к возникновению в откосе непрерывной сети трещин, что приводит к свободному отделению блока от массива под действием сдвигающих сил поверхностного стока и селевого потока [2].

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Так как массив пород слагающий хребет Заилийский Алатау в верхнем и среднем течении рек Малая и Большая Алматинка представлен в основном изверженными породами нижнего палеозоя порфирами, гранитами, гранодиоритами, кварцевыми диоритами, плагиоклазовыми гранитами, диоритами, тоналитами, то они составляют основной материал мощных конусов выноса в основании северного склона хребта Заилийский Алатау (рис.2). Мощные селевые потоки 50-х и 70-х годов показали острую необходимость строительства

противоселевых плотин в среднем течении рек Малая и Большая Алматинка, а в последствии и на других водотоках. О составе селевой массы в районе реки Малая Алматинка говорят остатки валунов средней окатанности в районе автодороги вдоль вышеназванной реки. Это валуны средней и хорошей окатанности, представленные порфиоровидными гранитами, гранодиоритами, кварцевыми диоритами размером до 2,0-хметров убранных с проезжей части при ее расчистке (рис.2) [3]. Периоды формирования селевых потоков находится в диапазоне от 23 до 31 года.



**Рисунок 2.** Фрагмент улицы вдоль реки Малая Алматинка. Видны убранные с проезжей части валуны порфиоровидных гранитов и гранодиоритов средней окатанности (фото авторов).

Один из авторов, в 1986-87 гг проводил инженерные изыскания на стадии ТЭО строительства Зиддинской ГЭС (450м ниже устья р.Майхура) в Таджикской ССР. В мае 1987 года в долине реки Варзоб (образуется после слияния рек Майхура и Зидды) выпало аномальное количество осадков (до 50мм), что явилось триггером формирования многочисленных селевых потоков по правому и левому бортам долины реки Варзоб. Было смыто несколько километров стратегической а/д Душанбе-Ленинабад. Это, своего рода объект-аналог, так как в тектоническом отношении это крупный глыбово-складчатый Южно-Гиссарский батолит (плутон), который сложен крупнозернистыми (порфиоровидными) гранитами и гранодиоритами. Для крупнозернистых порфиоровидных гранитов и гранодиоритов также присуща кора выветривания с характерной трещиноватостью, где подготавливается достаточный объем выветрелого(разрушенного) материала для наполнения селевой массы. Однако, следующее через три недели, выпадение аномальных осадков (до 50мм/сутки) не привело к повторному формированию мощных селевых паводков.

## **ВЫВОДЫ**

Анализ материалов предоставленных гидрометеослужбой республики Таджикистан показал, что аналогичные явления происходят на данной территории с периодичностью приблизительно в 15 лет. Объяснение этому явлению нам кажется достаточно простым. В первый раз на поверхности склонов за счет процессов выветривания был накоплен достаточный объем рыхлого материала для наполнения твердой составляющей селевых потоков. Повторное выпадение 50мм/сут осадков уже не вызвало насыщение водного потока каменным материалом и привело лишь к локальному разрушительному действию селевых потоков по отдельным саям.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Н. Сеитов, Ш.Н. Сеитова. Известия национальной Академии наук республики Казахстан // Серия геологии и технических наук. 1(397). 2013. С.3-8.
2. Чернышев С.Н. Трециноватость горных пород и ее влияние на устойчивость откосов // М.: Недра. 1984. 112с.
3. ГОСТ Грунты 25100-2020. Табл.Б.4; Б6.
4. Геологическая карта листа К-43-Б, ФГУНПП Аэрогеология, 1979., ред. Беспалов В.Ф., Костенко Н.Н. М-б 1:500 000.

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ В УСЛОВИЯХ МОДЕЛЬНОГО ОПЫТА

**Ахмадиев А.К.**

*- старший преподаватель кафедры экологии и природопользования, Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе (МГРИ), 117997, г. Москва ул. Миклухо-Маклая д.23*

### АННОТАЦИЯ

В исследовании представлены результаты модельного опыта по применению различных био- и фиторемедиантов. Оценена их эффективность и восстановительный потенциал, на примере черзеномов обыкновенных Западного Предкавказья. В частности отмечено, что проведение мероприятий по биологическому восстановлению нефтезагрязненных почв необходимо прежде всего начинать с определения концентрации поллютанта, масштаба загрязнения. А при самой ремедиации стоит использовать бакпрепарат Bionex, овёс обыкновенный (*Avena sativa*), мятлик луговой (*Poa pratensis*), люцерну изменчивую (*Medicago x varia Martyn*). Кроме того, можно рассматривать и такие комбинации как: «овес+люцерна»; «люцерна+цеолит» + «мятлик луговой+доломитовая мука».

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ремедиация, нефтяное загрязнение, черноземы обыкновенные, Западное Предкавказье, Азовский район.

### ВВЕДЕНИЕ

Восстановление почвенно-растительного комплекса как части геологической среды играет существенную, если не ключевую роль при нефтяном загрязнении. Особенно когда потенциал самоочищения территории исчерпан или недостаточен. Здесь стоит обратить пристальное внимание к современным технологиям ремедиации, которые являются не только более экономичными, но и более щадящими для экосистемы. Так, например, все шире в мировой практике отдается предпочтение такому методу как фиторемедиация. Среди ее достоинств выделяют: возможность применения на больших площадях; улучшение качества и структуры почвы; повышение деятельности автохтонных микроорганизмов; защита от эрозии; возможность применения к широкому кругу поллютантов.

Другой метод, который также признается достаточно эффективным - биоремедиация. Его отмечают по той причине, что микроорганизмы способны поглощать значительное число различного рода органических веществ, достаточно простая технология. Кроме того, использование микробных консорциумов более эффективно разлагает нефть и ее производные.

Исходя из существующих тенденций в ремедиации нефтезагрязненных территорий была поставлена задача рассмотреть био – и - фиторемедиационный потенциал ряда растений, сорбентов и специальных бакпрепаратов, и выявить среди них наиболее предпочтительные комбинации, повышающие эффективность восстановления.



## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для этого был заложен модельный эксперимент в лабораторных условиях. Эксперимент проходил в летний период 2022 г. (июль-август). Его длительность составила 50 суток. В качестве почвенного образца использовался чернозём обыкновенный легкоглинистый (Ростовская обл., Азовский район). Выбор данного типа почв обусловлен тем, что чернозёмы наиболее устойчивы к нефтяному загрязнению [2], и тем самым они представляют наибольший интерес. Кроме того, данный тип имеет распространение в Западном Предкавказье, являющимися староосвоенным в нефтяном плане. Почву, предварительно высушивали в течении одних суток при комнатной температуре, просеивали и затем размещали в 15 вегетационных сосудов, в количестве 1 кг в пересчете на воздушно-сухую массу.

В качестве вещества загрязнителя выступало минеральное моторное масло (товарное, марки Lukoil standard.15W-40). Его выбор обусловлен тем, что данный вид нефтепродуктов представляет собой первичную перегонку нефти, имеет минимальное количество примесей, широко применяется в технике на нефтяных промыслах, используется при значительных диапазонах температур. Загрязнение почвы происходило посредством добавления во все образцы одинакового количества нефтепродукта - 3000 мл/кг., что может соответствовать в данном случае высокой степени загрязнения, согласно классификации Ю.И. Пиковского [3]. После загрязнения все вегетационные сосуды на сутки были оставлены с целью пропитки их загрязнителем. При этом не происходило перемешивание почвы, чтобы имитировать поверхностное загрязнение и естественный процесс миграции поллютанта в последующем.

Для ремедиации загрязненной почвы использовались минеральные сорбенты (доломитовая мука, цеолит с посевным материалом грибов рода *Метаризиум*), бакпрепарат (марка Bionex Oil Solvent, с содержанием консорциума из 8 штаммов анаэробных микроорганизмов в количестве  $150 \times 10^6$  КОЕ/гр.) и растения (овёс обыкновенный (*Avena sativa*), мятлик луговой (*Poa pratensis*), люцерна изменчивая (*Medicago x varia Martyn*) и их различные комбинации. Использование в опыте данных растений и сорбентов обусловлено множественными исследованиями, действующими нормативно-техническими документами. Выбор бакпрепарата (Bionex Oil Solvent) связан с его новизной на российском рынке. Так, в виде порошка и суспензии (что и было использовано в опыте) препарат выпущен в 2019-2020 гг. (<https://bionex.pro/companу>). Поэтому важно было изучить его потенциал.

Через сутки после загрязнения в образцы вносились фито-и- биоремедианты (50 семян люцерны, 100 семян овса, 200 семян мятлика, 300 мл. биопрепарата), а также сорбенты,

согласно инструкциям производителя или же исходя из площади образца. Сосуды, в которых высаживались растения инкубировались для улучшения эффекта всхода.

В течении всего эксперимента на регулярной основе вносились азотно-калиево-фосфатные удобрения (каждые 7 суток согласно инструкции производителя), также производилось увлажнение почвы (по мере необходимости) и аэрирование (рыхлением, по мере необходимости). В целом поддерживались условия, приближенные к естественным (влажность более 60%, температура - в пределах 22-26 градусов по ГОСТ Р ИСО 22030-2009, возможность свободного поступления кислорода и воды). Среди основных показателей учитывались рН, температура почвы, освещённость и влажность почвы (замеры проводились прибором Мегеон-35300).

Оценка же эффективности восстановления проходила посредством определения фитотоксичности, через каждые 10 суток (повторяемость опыта - n=5). Применение способов анализа, связанных с оценкой токсичности почв позволяет диагностировать существующую опасность, фактический риск или ущерб для экосистемы на текущий момент [5]. Для анализа в самом эксперименте за основу был принят экспресс-метод биотестирования, разработанный в ИФХиБПП РАН. Суть метода заключается в оценке степени гибели семян клевера ползучего. Сама методика подробно описана в работах [1, 4].

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Основные результаты исследования представлены на рисунке 1. Анализируя проведенный эксперимент стоит также отметить следующие моменты:

1. Эффективность бакпрепарата в ходе опыта была подтверждена. Частичное ее снижение с большей долей вероятности связано с уменьшением концентрации питательных веществ в почве (прежде всего N, P, K) и кислорода. Данное предположение связано с тем, что как только добавлялись удобрения и проводилось аэрирование, то это сказывалось на снижении фитотоксичности. Однако важно отметить, что одна из составляющих. Другой составляющей эффективного действия бакпрепарата является достаточное количество бактерий в почве. Дополнительное добавление препарата в почву на 20 и 40 сутки показало важность данного фактора.



Рисунок 1. Оценка фитотоксического эффекта (%).

2. Эффективность же цеолита в данном опыте на наш взгляд не подтвердилась. По истечению всего эксперимента значимого результата достичь не удалось. Цеолит с грибами рода Метаризиум, не способствовал снижению токсичности почв до приемлемых уровней.

Однако стоит полагать, что это связано именно с конкретным видом сорбента, который применялся и, разумеется, нельзя в полной мере утверждать, что в принципе отмеченный сорбент не способен очистить почву от загрязнителя.

Эффективность доломитовой муки полностью подтвердилась. Она является универсальным сорбентом, способным на ремедиацию. Между тем нужно обратить внимание на такое обстоятельство, что ее эффективность ограничена тем слоем, на который она наносится. Доломитовая мука по своей структуре не способна проникать в нижележащие слои, поэтому необходима ее регулярное добавление.

В целом же использовании сорбентов позволяет очищать почву от нефтепродуктов лишь временно, что приводит к необходимости их добавления, как только снимается очищенный слой. Это связано с их поглотительными свойствами, которые ограничены.

Так же в образце О-№1 на начальных стадиях эксперимента наблюдалось снижение концентрации загрязнения, что обусловлено, с большей долей вероятности, процессами самоочищения и улетучивания лёгких фракций, периодическим аэрированием. Однако по истечению 50 суток можно было зафиксировать рост загрязнения (практически до 95%), так как нефтепродукты аккумулировались в нижележащих горизонтах и процессы самоочищения замедлялись. Так же прекратился приток кислорода, что определено сыграло свою роль. Кроме того, по окончании эксперимента на дне сосуда ощущался яркий, характерный нефтяной запах и высокая влажность почвы, что также свидетельствовало об аккумулировании загрязнителя в данной области.

В образце О-№9 также в самом начале эксперимента было зафиксировано резкое снижение токсичности почвы, что можно объяснить совместным действием бакопрепарата, однако далее, подъем показателей может быть обусловлен тем, что не происходила подкормка микроорганизмов, а добавленный цеолит не смог снизить степень загрязнения. Таким образом, первоначальный эффект был нивелирован. Значительные колебания показателя токсичности наблюдались и в образце О-№13. Однако в итоге, рост мятлика лугового позволил снизить данный показатель и переломить ситуацию.

Применение фиторемедиантов показало, что овёс обыкновенный стоит использовать на первичных стадиях очистки, так как впоследствии он становится доминирующей культурой и способен подавлять рост иных растений. Использование мятлика лугового и люцерны изменчивой в качестве фиторемедиантов эффективно в случае доочистки почвы или же, если они используются как основные ремедианты при отсутствии других растений. В отношении мятлика лугового стоит также иметь ввиду, что наибольший эффект достигается, в случае если его высаживать по истечению 10 суток, так как период его активного роста составляет в среднем 20-30 суток. В целом же эксперимент также определил предпочтительные

комбинации, которые позволяют достичь значительного эффекта очищения. Наиболее показательными признавались те способы, которые давали равномерный, устойчивый тренд на снижение фитотоксичности. Прежде всего это образцы, в которых находились растения. Эффективным также можно считать и применение биопрепарата Bionex, однако следует учесть, ранее отмеченное условие.

## ВЫВОДЫ

Проведение мероприятий по биологическому восстановлению нефтезагрязненных почв необходимо прежде всего начинать с определения концентрации поллютанта, масштаба загрязнения. При нефтяном загрязнении черноземов обыкновенных, распространенных в Западном Предкавказье, стоит использовать для их восстановления биопрепарат Bionex, овёс обыкновенный (*Avena sativa*), мятлик луговой (*Poa pratensis*), люцерну изменчивую (*Medicago x varia Martyn*). Кроме того, можно рассматривать и такие комбинации как: «овес+люцерна»; «люцерна+цеолит» + «мятлик луговой+доломитовая мука». Использование же такого сорбента как цеолит с посевными грибами рода *Метаризиум* не представляется целесообразным, так как не способствует деструкции нефтепродуктов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Зиннатшина Л. В. Экологическая оценка влияния натуральных сорбентов на эффективность биоремедиации нефтезагрязнённой серой лесной почвы / дис ... канд. биол. наук: 03.02.08; 03.02.13 // Пушино. 2019. 161 с.
2. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф., Азнаурьян Д.К., Жаркова М.Г. Биодиагностика экологического состояния почв, загрязнённых нефтью и нефтепродуктами. Ростов н/Д: Изд-во ЗАО Росиздат. 2007. 192 с.
3. Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде // М.: Изд-во МГУ. 1993. 206 с.
4. Vasilyeva G.K., Kondrashin V.S., Strijakova E.R. et al. Express-phytotest for choosing conditions and following process of soil remediation // *Environ Geochem Health*. 2022. № 44. Pp. 433–445/
5. Terekhova V.A. Biotesting of Soil Ecotoxicity in Case of Chemical Contamination: Modern Approaches to Integration for Environmental Assessment (a Review) // *Eurasian Soil Sc.* 2022. №55. Pp. 601–612.



## **РАСЧЕТНЫЙ ДИАМЕТР ВОЗМОЖНОГО КАРСТОВОГО ПРОВАЛА. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И РОЛЬ УСТАНОВЛЕНИЯ МЕХАНИЗМА ЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

### **Бажутин П.И.**

- аспирант, Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614068, Пермь, ул. Букирева, 15

### **Щербаков С.В.**

- кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614068, Пермь, ул. Букирева, 15

### **Золотарев Д.Р.**

- кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614068, Пермь, ул. Букирева, 15

### **АННОТАЦИЯ**

В статье рассмотрены существующие ограничения к применению численных и аналитических методов расчета диаметров карстовых провалов. Приведен авторский подход к оценке морфометрических параметров трубообразных каналов-полостей на примере юго-восточной части Пермского края. Выполнен сравнительный анализ вычисленных значений диаметров карстовых провалов с существующими поверхностными карстопроявлениями.

### **КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА**

Карст, расчетный диаметр провала, аналитические методы расчета, трубообразные каналы, органые трубы.

### **ВВЕДЕНИЕ**

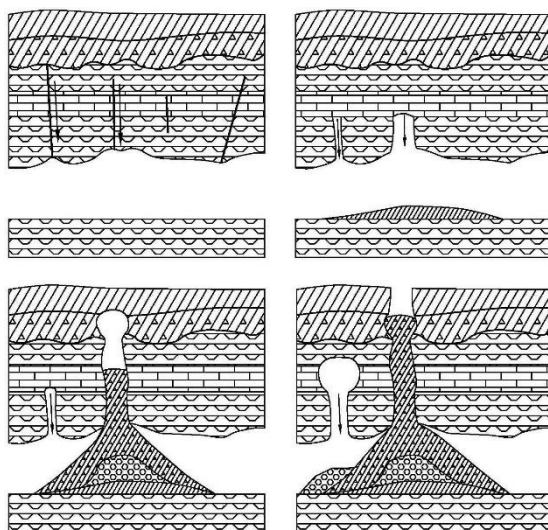
В ходе инженерного освоения территорий развития карста необходимо выполнять оценку степени ее опасности. Степень опасности выражается путем определения вероятности образования карстовых провалов на данной территории, а также их потенциально возможных размеров. На сегодняшний день, нормативная документация, регулирующая проведение инженерно-геологических изысканий в карстовых районах, при вычислении диаметров возможных карстовых деформаций допускает применение численных и аналитических методов. Однако, прогнозная точность и граничные условия применения данных методов являются неопределенными. Главным образом это связано с недостаточной изученностью кинематики процесса. Так как не зная истинных механизмов деформирования карстующихся и покровных отложений, исследователь ограничивается лишь рабочими гипотезами, на основании которых невозможно получить истинный результат в различных геологических условиях. Дополнительно, данный факт усугубляется сложностью достоверного определения исходных параметров карстового массива (размера карстовых полостей, аккумуляционной емкости массива и др.).

Важно отметить, что численные и аналитические методы направлены на вычисление расчетных карстовых деформаций обвального и суффозионно-обвального типа. Однако, нередко, в карстовых пещерах наблюдаются трубообразные каналы, иначе называемые

«органными трубами». Механизм их формирования приведен на рисунке 1. Наиболее подробно данное явление описано в работе Андрейчука В.Н [1].

Стоит отметить, что вскрытие трубообразных каналов буровыми работами носит не более чем случайных характер. А их изучение путем прямых наблюдений в пещерах, в большинстве случаев невозможно. Поэтому количественная оценка трубообразных каналов может быть выполнена лишь косвенно, посредством анализа поверхностных карстовых форм.

По мнению авторов данной статьи, учет формирования подобных трубообразных каналов является необходимым условием при карстологическом прогнозе.



**Рисунок 1.** Образование провалов по механизму органических труб по В.Н. Андрейчук (электронная версия)

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Учитывая тот факт, что даже в пределах квазиоднородных в геологических условиях возможно формирование провалов различных по механизму их образования (обвальные, суффозионные, по типу трубообразного канала), важно оценить вероятность образования каждого из них, а также их возможные размеры.

Авторами предлагается подход, при котором диаметр карстового провала определяется не единичным расчетом, а путем многочисленных вычислений, с изменением значений субъективных показателей и свойств грунтов покровных отложений в заранее заданном диапазоне значений. Принципиальная схема выполнения исследования приведена на рисунке 2.



**Рисунок 2.** Принципиальная схема вычисления расчетного диаметра карстовой деформации

В основе озвученного выше метода исследования заложена методика вычисления параметров карстово-суффозионных деформаций методом послойного аналитико-графического моделирования, разработанная сотрудниками ПГНИУ. Данная методика является модификацией подхода, предложенного А.В. Анникеевым [2].

На контакте карстующихся пород и перекрывающих отложений предполагается наличие полости, и определяется дальнейший механизм деформирования грунтов, залегающих над ней. Деформирование рассматривается согласно модели обрушения параболического свода, или иначе называемой модели М.М. Протодяконова. Если же слой грунта способен удерживаться над полостью, в таком слое принимается возможность развития трубообразного канала, диаметр которого определяется по зависимости, установленной в Пермском университете.

Далее, такие вычисления, производятся еще несколько тысяч раз, при условии изменения размера карстовой полости, физико-механических свойств грунта, ширины возможного трубообразного канала и др. Результатом, такого подхода, является выборка из нескольких тысяч вычисленных значений возможного диаметра карстового провала, с определением механизма провалообразования для каждого конкретного случая. Данный метод расчета подробно изложен в статье [3].

Объектом исследования явился наиболее интенсивно закарстованный участок автомобильной дороги М-12 Казань-Екатеринбург, расположенный в юго-восточной части Пермского края. Относительно условий развития карста объект исследования располагается в квазиоднородных геологических условиях. В структурно-тектоническом отношении приурочен восточному крылу единой приподнятой тектонической структуры – Башкирского свода. В связи с чем, можно судить об относительно однородной подземной закарстованности участка исследования. В геоморфологическом отношении участок располагается в водораздельной части рек Атер и Алмаз.

Согласно СП 11.105.97, ч. II, интенсивность провалообразования данного участка составляет 0,77 шт./км × год, что соответствует II категории устойчивости. Ввиду высокой

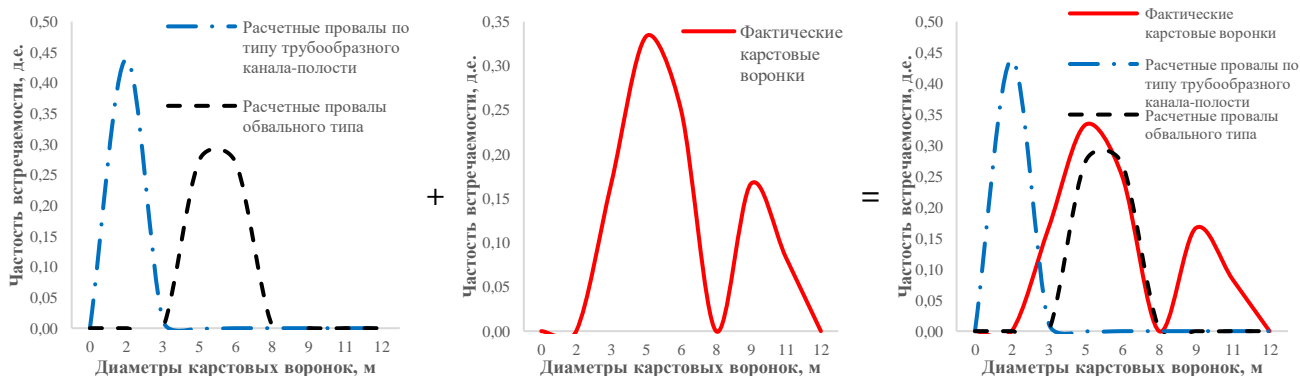
степени закарстованности, участок отличается достаточной изученностью геологических условий. В исследовании рассмотрены геологические разрезы 9 скважин, расположенных с шагом 1,0-2,0 км. В геологическом строении которых выделяются отложения артинского и кунгурского ярусов пермской системы, перекрытые с поверхности глинистыми грунтами четвертичного возраста. Нередко, в толще сульфатных отложений встречаются карстовые полости высотой от 0,2 до 3,0 м. Типовой геологический разрез участка исследования приведен на рисунке 3.

Литологическая колонка	Геологический индекс	Описание грунтов
	a, dQ	Суглинок от твердой до мягкопластичной консистенции
	eP <sub>1</sub>	Суглинок от твердой до полутвердой консистенции, с частыми включениями щебня карбонатных пород
	P <sub>1k</sub>	Ангидрит, в кровле слоя сильновыветрелый

Рисунок 3. Типовой геологический разрез участка исследования

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате выполненных вычислений и проведенного анализа поверхностных карстовых форм, была получена возможность совместить кривые расчетных диаметров карстовых провалов и диаметров существующих карстовых форм (рисунок 4). Как можно заметить, графики отличаются общим видом, однако, кривая расчетных провалов несколько «отстает» от фактически зафиксированных воронок. Это легко объясняется тем фактом, что вычисление расчетного диаметра провала производится на момент его образования, без учета дальнейшего выполаживания бортов.



А) Кривые распределения расчетных диаметров карстовых деформаций

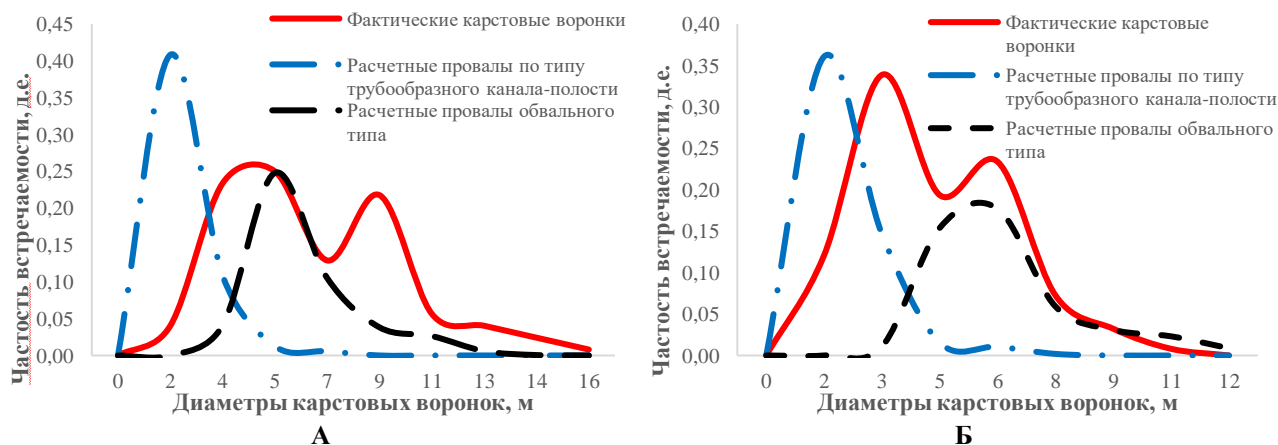
Б) Кривая распределения фактических карстовых воронок

В) Совмещенный график кривых распределения диаметров

Рисунок 4. Порядок построения совмещенного графика кривых распределения диаметров

расчетных деформаций и фактически зафиксированных карстовых форм

В работе В.В. Толмачева и Ф. Ройтера [4] отмечается, что при выполаживании бортов провалов, их размер, в общем случае, увеличивается в 1,5-2,0 раза. Применив данный коэффициент к величинам диаметров существующих карстовых воронок, можно соотнести полученные расчетные диаметры карстовых провалов с предположительными диаметрами карстовых воронок в момент их возникновения (рисунок 5).



**Рисунок 5.** Совмещенные графики кривых распределения расчетных диаметров провалов с диаметрами фактических карстовых воронок (А) и с предположительными диаметрами карстовых воронок в момент их возникновения (Б)

При рассмотрении рисунка 5Б можно отметить, что кривые распределения стали в значительной мере соответствовать друг другу, что указывает на правомерность применения предлагаемой расчетной модели. Исходя из положения кривых распределения можно отметить, что наиболее часто на данной территории образуются провалы по типу трубообразного канала-полости, характеризующиеся средним диаметром провала в момент образования ~ 2 м.

## ВЫВОДЫ

В заключение, необходимо подчеркнуть, что предлагаемая методика исследования оказалась правомерной применительно к рассматриваемому объекту исследования, однако, нуждается в апробации в иных геологических условиях и в дальнейшем может корректироваться.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Андрейчук В.Н. Провалы над гипсовыми пещерами-лабиринтами и оценка устойчивости закарстованных территорий // Черновцы: Прут. 1999. 52 с.
2. Аникеев А.В. Провалы и воронки оседания в карстовых районах: механизмы образования, прогноз и оценка риска // Москва: РУДН. 2017. 328с.
3. Бажутин П.И., Катаев В.Н., Щербаков С.В. Стохастический учет физико-механических свойств грунтов и данных о закарстованности массива в расчетных методах прогноза параметров карстовых провалов // Вестник Пермского университета. Научный журнал. Вып. 2 Геология. Пермь: Изд-во Пермск. ун-та. 2023. С.121-132.
4. Толмачев В.В., Ройтер Ф. Инженерное карстоведение // М.: Недра. 1990. 151 с.



5. Хоменко В.П. Карстовое провалообразование: механизм и оценка опасности // Материалы Международного симпозиума «Экологическая безопасность и строительство в карстовых районах», 26 – 29 мая 2015 – Пермь. 2015. С.50 – 59.
6. Щербаков С.В., Катаев В.Н., Золотарев Д.Р., Ковалева Т.Г. Поверхностные деформации в условиях покрытого карста: комплексирование методов оценки морфометрических параметров в инженерных целях // Инженерная геология Том XIII. №6/2018. С. 38-51.

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ТЕЛ, ОБРАЗОВАВШИЕСЯ В УСЛОВИЯХ АГРОМЕЛИОРАЦИИ

### **Герасимов А.Ю.**

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

### **Научный руководитель: Лаврусевич А.А.**

- доктор геолого-минералогических наук, профессор, *ведущий научный сотрудник ФГБУ ВНИИ ГОЧС МЧС России (ФЦ), Россия, 121352, г. Москва, ул. Давыдовская, д. 7*

### **АННОТАЦИЯ**

Современные техногенные геологические тела, образованные на территории ранее действующих рисоопытных хозяйств. Оценка распространения просадочной толщи в границах строительства автомобильной дороги А-289 и возможность использования данных территорий для повторного ввода в эксплуатацию.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** техногенные факторы развития просадочных грунтов, рисовая оросительная система, стратифицированные природно-техногенные геологические тела, агромелиорация, строительство на просадочных грунтах.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Объектом исследования являются связные дисперсные грунты, сформировавшиеся на территориях, выведенных из эксплуатации рисовых чеков, где за период эксплуатации в основании чеков образовались современные техногенные просадочные грунты, связанные с изменением гидрогеологических условий участка исследования в среде аридного климата, а также многокомпонентностью агромелиоративной системы.

Грунтами основания строящейся автомобильной дороги являются современные и верхнечетвертичные аллювиально-лиманные связные отложения, образованные постоянными водными потоками с образованием пойменных и надпойменных террас. При создании рисовой оросительной системы, аллювиально-лиманные суглинистые грунты основания уплотняли, что привело к серьезному нарушению, а местами и к отсутствию дренирования поверхностных вод первого от поверхности четвертичного аллювиального водоносного горизонта в рисовых чеках, в основании каналов и образованию техногенных тел в условиях агромелиорации.

В следствие чего современные аллювиально-лиманные связные отложения стоит относить к техногенным грунтам, в силу своей серьезной техногенной преобразованности.

Ареалы развития по мощности просадочных свойств грунтов схожи в интервале ПК 985 – ПК 1043 строящейся автомобильной дороги А-289. Ареалы просадочности суглинистых грунтов носят островной характер, а не выдержанный по простиранию залеганию грунтов в основании рисовых чеков. Просадочные грунты слагают основание

рисовой оросительной системы, что подтверждает их структурное образование в рамках строительства и эксплуатации агромелиосистем.

Участок проектируемой автомобильной дороги ПК 985-ПК 1043 проходит по участку рисовой оросительной системы, выведенной из эксплуатации. Мелиоративная рисовая система была построена в 1970 годах. С момента её ввода в эксплуатацию она встала на баланс АО «Кубаньмелиоводхоз». Капитального ремонта каналов и рисовых чеков с момента ввода в эксплуатацию не проводилось. Данная мелиоративная система относится к IV классу гидротехнических сооружений. На момент производства инженерно-геологических изысканий рисовые чеки на ПК 985-ПК 1043 не действовали более 25 лет и были выведены из эксплуатации.

Климат Кубано-Приазовской низменности умеренно континентальный, с недостаточным увлажнением. Общего количества осадков достаточно для нормального увлажнения большей части низменности, но они распределяются по месяцам очень неравномерно, и поэтому летом при господстве восточных ветров часто бывают засухи. Режим выпадения летних осадков, как правило, носит ливневый характер. Зимой осадки выпадают в виде дождя и мокрого снега. Суточный максимум осадков составляет 212 мм в августе 2021 года.

Стоит отметить, что при исследовании грунтов с 2019 года по 2021 год природная влажность просадочных грунтов после снятия почвенно-растительного слоя увеличилась в 2 раза с 10,3-11,3 % на ПК 995 и ПК 1027 (2019 год, глубины 1,3-1,7 м) и до 21,2-21,6 % (2021 год, глубины 1,3-1,7 м).

Участок исследования относится к аллювиальной гипотезе образования лёссовых пород по В.Т. Трофимову. В силу значительного изменения гидрогеологического режима, химических свойств грунтовых и поверхностных вод, при непосредственном участии климатических особенностей участка исследования, а также объемно-планировочных решениях при создании рисовой оросительной системы, все это в совокупности факторов, преобразовало верхнюю часть разреза аллювиальных отложений в так называемую подсушенную «корку» в основании чаш рисовых чеков, оросительных каналов и грунтов природного сложения. Данные грунты необходимо стратифицировать, как **природно-техногенные агромелиоративные геологические тела** [1].

Наибольшее значение на формирование грунтов и их свойств имеют не климатические, а физико-химические условия, определяющиеся составом вмещающих вод и поровых растворов. Современные техногенные глинистые грунты образовались в условиях аридного климата, вследствие чего среда их формирования щелочная. Результаты  $pH=7,4$  современных техногенных глинистых отложений подтверждают вышесказанное.

Тип просадочности современных аллювиально-лиманных (техногенных) современных отложений – I. Просадка от собственного веса не превышает 3 см. Мощность просадочной толщи не превышает 3 м, а в среднем составляет 2,0-2,5 м. К просадочным дисперсным грунтам на участке исследования ПК 985-1043 относятся следующие инженерно-геологические элементы:

- Супесь твердая, пылеватая, среднепросадочная;
- Суглинок тяжелый, твердый, пылеватый, с примесью органического вещества, слабопросадочный;
- Суглинок тяжелый, твердый, пылеватый, с примесью органического вещества, среднепросадочный;
- Суглинок тяжелый, полутвердый, пылеватый, с примесью органического вещества, слабопросадочный;
- Глина легкая, твердая, пылеватая, с примесью органического вещества, слабопросадочная;
- Глина легкая, полутвердая, пылеватая, с примесью органического вещества, слабопросадочная.

Просадочные толща представляет собой переслаивание вышеуказанных инженерно-геологических элементов, выделенных на участке исследования.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

На участке ПК 985-1043 автомобильной дороги А-289 мощность автодорожной насыпи составляет до 8 м в соответствии с проектной документацией. При послойном возведении тела насыпи и достижения 80% проектной мощности начали фиксироваться неравномерные осадки, как по грунтовым реперам, так и геодезическим маркам.

Было принято решение дополнительно пригружать автодорожную насыпь мощностью 3 метра по всему участку. Спустя два года пригруза неравномерные осадки не затухли.

Также были внесены дополнения в рабочую документацию касательно водоотводных придорожных лотков, для сбора сточных вод с дороги.

Первоначально предполагалось в силу незначительной мощности просадочных грунтов (в большинстве своем до 2,5-3,0 м, изредка более 3 м до 5 м) в основании автомобильной насыпи выбрать просадочные грунты на мощность не менее 2/3 от мощности просадочных грунтов, но в силу определенного сочетания факторов не было выполнено.

Участок автомобильной дороги ПК 985-1043 осложнен еще одним негативным фактором, грунты, подстилающие просадочные грунты, находятся в обводненном состоянии, с примесью органического вещества и обладают избыточным поровым давлением.

Ориентировочная площадь поражения процессом просадочности на левобережной стороне Совхоза Краснооктябрьский составляет 1676 Га. Общая площадь Совхоза составляла более 4000 Га. При строительстве автомобильной дороги А-289 будет выведено из обращения порядка 154 Га недействующей рисовой оросительной системы. В следствие чего современные техногенные геологические тела продолжают свое структурное образование.

Основными механизмами образования современных техногенных геологических тел на участке исследования в границах Совхоза Краснооктябрьский являются:

**Механическая трансформация техногенных тел**, которая заключается в изменении формы (границ) их залегания, а также разрушении текстуры. На участке исследования это произошло при целенаправленном изменении рельефа и последующем уплотнении массивов грунтов, а также повторных ремонтов земляных сооружений рисовой оросительной системы.

**Физическая трансформация техногенных тел**, которая включает в себе изменение их температурного режима, плотности и влагосодержания (фазового состояния). Эти процессы также могут происходить как самопроизвольно, так при участии человека.

На участке исследования в границах Совхоза Краснооктябрьский физическая трансформация техногенных тел происходила частично контролируемая человеком. Так при сезонном затоплении территорий происходили неконтролируемые физико-химические процессы в грунтах и грунтовых водах на данном участке, которые включали в себя привнос в массивы грунтов техногенных тел различных частиц и компонентов, а также вынос пылеватой фракции грунтов и других компонентов. После вывода из эксплуатации рисовых чеков изменился температурный режим грунтов.

**Химическая трансформация техногенных тел**, которая заключается в изменяющемся составе слагающих их веществ. На участке исследования это произошло двухфакторно.

Первый признак химической трансформации современных техногенных геологических тел – это показатели засоления грунтов, которые классифицируют их как засоленные, по результатам лабораторных исследований. Засоление сульфатное, в следствие чего карбонатные структурные связи в массиве грунтов были нарушены и замещены. Использование засоленных грунтов в сельском хозяйстве не допустимо, в следствие чего данные земли не могут быть введены повторно в использование без их полного замещения. Засоленные грунты также свидетельствуют и о медленном дренировании грунтовых вод в массиве.

Второй признак химической трансформации современных техногенных геологических тел является в нарушении окислительно-восстановительных процессов, протекающих в грунтах и почвах рисовой оросительной системы. В период эксплуатации рисовой оросительной системы окислительно-восстановительные процессы в грунтах замедлялись в

период с апреля по октябрь ежегодно (открыт Тиховский гидроузел). На протяжении более четверти века на участке исследования рисовая оросительная система не действуют, в следствие чего окислительно-восстановительные процессы ускорились и приобрели неконтролируемый и без того характер.

По происхождению современные техногенные геологические тела на участке исследования следует отнести к организованным, так налагают участок не действующей рисовой оросительной системы.

По характеру размещения современные техногенные геологические тела участка исследования можно разделить на поверхностные и подповерхностные (захороненные) в силу глубины залегания.

По источнику возникновения современные техногенные геологические тела участка исследования относятся к **агротехническому**.

Агротехнические тела формируются в процессе переработки почв и грунтов для выращивания сельскохозяйственных культур, а также в ходе их последующей, как правило, многолетней обработки.

Структура современных техногенных геологических тел на участке исследования гомогенная, относительно однородная по всему объему.

Классифицировать современные техногенные геологические тела на участке исследования можно также по характеру пространственного распределения объема. На участке исследования в границах левобережной части Совхоза Краснооктябрьский ареолы просадочных грунтов являются целостными и отдельными, т.е. формирующиеся как несколько близкорасположенных, но отделенных друг от друга крупных тел, которые можно рассматривать как единый объект геологической среды.

## **ВЫВОДЫ**

Закономерность залегания просадочных инженерно-геологических элементов на участке исследования отсутствует. Стоит отметить, что границы распространения просадочной толщи расположены в границах недействующих рисовых чеков. Просадочные дисперсные грунты обладают схожими физическими характеристиками и условиями распространения, что позволяет отнести их всех к техногенным отложениям, образованным путем обратной отсыпки грунтов с последующим уплотнением при строительстве рисовой оросительной системы, в условиях аридного климата, в особых гидрогеологических условиях, с специфическим химическим составом первого от поверхности аллювиального четвертичного водоносного горизонта, который имеют гидравлическую связь с лиманами, а также с примесью органического вещества. Все вышесказанное, доказывает, что

техногенные тела, есть не что иное, как антропогенно измененные верхнечетвертичные аллювиальные отложения.

### **ЛИТЕРАТУРА**

Суздаева А.Л. Вторая геология – наука о техногенных телах литосферы: монография // М.: РадиоСофт. 2022. 584 с.



## ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ КАРСТА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ М-12 (7 ЭТАП)

**Герасимова С.С.**

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

**Научный руководитель: Лаврусевич А.А.**

*- доктор геолого-минералогических наук, профессор, ведущий научный сотрудник ФГБУ ВНИИ ГОЧС МЧС России (ФЦ), Россия, 121352, г. Москва, ул. Давыдовская, д. 7*

### АННОТАЦИЯ

В рамках развития дорожной сети на территории Российской Федерации многие территории, которые ранее были признаны неблагоприятными для строительства по развитию карстовых и карстово-суффозионных процессов в настоящее время застраиваются. Инженерно-геологические условия для развития процессов не до изучены в границах развития процессов, прогнозные оценки о опасности данных процессов на строящиеся объекты выполнены в рамках действующей нормативной документации и привязаны к границам самих объектов. В большинстве своем с учетом нарушения естественного залегания грунтов, нарушение поверхностного стока и гидрогеологических условий может привести к серьезной активизации процессов за границами работ и последующим проявлении в границах, что может привести к аварийному состоянию объектов и экономическому ущербу.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** поверхностные коррозионно-провальные карстовые формы, верхнепермские отложения, условия развития процесса карста, техногенная нагрузка.

### ВВЕДЕНИЕ

В пределах многих регионов Российской Федерации и мира, ведется активное хозяйственное освоение закарстованных территорий, в т.ч. в Республике Татарстан.

Строительство автомобильных дорог на закарстованных территориях может столкнуться с рядом актуальных проблем, связанных с карстовыми процессами. Неоднократно при исследованиях закарстованных территорий возникает проблема эффективности проектных решений, обеспечивающих надежность зданий и сооружений, а также их экономической составляющей и временных сроков строительства. Стоит отметить, что ранее признанные неблагоприятными районы для строительства дорожной сети в настоящее время урбанизируют.

Инженерно-геологические условия изучаемого района сложные и определяются структурно-тектоническим строением территории, рельефом, гидрогеологическими условиями, характером и направленностью опасных геологических процессов и явлений, усиленных техногенным воздействием.

Согласно схеме геоморфологического районирования Республики Татарстан, участок работ относится к умеренно-расчлененной денудационной равнине нижнего плато: Северное Предсвияжье (до р. Свияга), после пересечения через р. Свияга – Северное Волго-Свияжье.

Участок исследования приурочен к бассейну реки Свияга протяженностью 375 км, которая протекает по территории Республики Татарстан и Ульяновской области. Площадь водосборного бассейна составляет более 16 тыс. кв. км. Ширина по всей протяженности реки варьируется от 5 до 40 м. По данным химического анализа вода реки Свияга хлоридно-гидрокарбонатная магниевая-кальциевая, весьма пресная, умеренно жёсткая (жесткость карбонатная), с минерализацией 0,3 г/л.

## **МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ**

Карст может существовать и развиваться лишь при следующих основных условиях: наличии карстующихся горных пород, их способности пропускать воду, наличии движущейся воды, способной их растворять.

Это основные условия, выделенные Д.С. Соколовым в 1951, 1959 г., без которых невозможно карстообразование.

При отсутствии одного из факторов процесс карстообразования не развивается.

Большинство карстовых форм приурочено к эрозионно-денудационным склонам раннеплейстоценового-голоценового возраста и позднеплейстоценовым надпойменным террасам. Склоны сложены дочетвертичными породами, которые перекрыты чехлом элювиальных и делювиальных образований, мощность которых неравномерна по площади и возрастает в нижней части склона. Склоны в большинстве случаев задернованные, участками залесенные, местами с выходами коренных пород. Поверхность расчленена широкой сетью малых речных долин, молодыми оврагами и балками. Террасы водотоков площадки имеют относительно ровную поверхность, местами расчлененные более мелкими реками и ручьями.

Участок исследования, согласно классификации Г.А. Максимовича (1962), можно отнести к III обстановке образования, распространения и условий залегания карстующихся горных пород – к платформенной [1]. Платформенная обстановка с толщами осадочного плаща, образующими пологие структуры с почти горизонтальным залеганием представлена карбонатными отложениями – преимущественно известняками и доломитами. Верхнепермские известняки востока Русской платформы образовались в мало изменяющихся условиях седиментации, однако несут следы колебательных движений земной коры в виде перерывов в осадконакоплении.

Карстовый процесс на участке исследования относится к Русскому (закрытому) типу карста в соответствии со схемой классификации карста по обнаженности и характеру покровных отложений по Г.А. Максимовичу. В соответствии с структурно-морфологической классификацией Н.В. Родионова карст на участке исследования следует относить к карсту водораздельных (междуречных) пространств.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

На территории Кайбицкого района и смежных районов Республики Татарстан по результатам дешифрирования аэрофотоснимков зафиксировано порядка 500 воронок на площади района 1000 км<sup>2</sup>, что свидетельствует о крупномасштабности развития карста.

На участке исследования, расположенном в непосредственной близости к автомобильной дороге М-12 на 7 этапе гидродинамические зоны карста определены, как зоны поверхностной циркуляции. Дно и стенки воронок сложены делювиальными и элювиально-делювиальными средне-верхнечетвертичными отложениями. Дно воронок, преимущественно сухое.

Карстовые воронки в Республике Татарстан чрезвычайно разнообразны по форме, размерам, времени, условиям и механизму образования, а также по своему современному состоянию. В соответствии с классификацией Г.А. Максимовича (1963 г.) размеры воронок в поперечнике на территории района большинство воронок относятся к небольшим (до 5 м) и обычным (5-25 м). По глубине карстовые воронки варьируют от неглубоких (1-5 м) до обычных (5-10 м).

Форма карстовых воронок в плане обычно близка к округлым, овальным. Реже зафиксированы формы, возникающие в результате слияния двух и более карстовых форм. Кучное расположение воронок дает в плане котловину сложной формы. На участке исследования карстовые поля линейно «тянутся» друг к другу. Строящаяся автомобильная дорога М-12 (7 этап) в Кайбицком районе проходит как раз между ними.

Профиль воронок на участке исследования чашеобразный, с симметричными стенками и углом наклона последних до 50-60 град., что способствует развитию процессов обрушения бортов и выносу материалу на дно воронки.

В рамках рекогносцировочного обследования основные карстовые формы согласно по Д.С. Соколову определены как коррозионно-провальные.

При регулярном осмотре трассы М-12 посредством беспилотных летательных аппаратов, можно отметить развитие широкое карстовых процессов в кайбицком р-не республики Татарстан. На ПК 6470-6490 автодорожное полотно строящейся дороги М-12 пересекает серию карстовых форм рельефа с юга на север. Формы воронок в основном

простой круглой и эллиптической формы, но в ряде случаев, сливающихся, образуя лопастные формы. Также можно выделить аналогичную форму на ПК 6379 автомобильной дороги М-12.

На правом пологом склоне отмечается локальное замкнутое понижение, которое четко маркируется растительностью и хорошо выражено на спутниковых изображениях.

В 2020 г понижение имеет овальную форму в плане размерами 50х30 м и глубиной до 1,5-2,0 м. Днище понижения неровное, единый уклон поверхности отсутствует. Ближе к северной стенке в днище отмечается еще одно замкнутое понижение с более крутыми (до 50°) стенками. Глубина этого понижения – до 1,5 м. Стенки более мелкого понижения местами обнажены (2020 г).

На более свежих аэрофотоснимках 2021 и 2022 года четко прослеживается увеличение границ развития провала. на момент проведения аэрофотосъемки местности в 2021 году в плане размеры составляли 56х35 м, а в 2022 году размеры в плане составляли уже 60х36 м.

Все вышесказанное свидетельствует о активном протекании карстовых процессов на участке исследования.

## **ВЫВОДЫ**

По результатам анализа имеющихся материалов, прослеживается явная тенденция к развитию карстового процесса в верхнепермских отложениях татарского яруса. Границы и ареолы распространения карстовых форм из года в год увеличиваются, вследствие чего растет пораженность карстовыми процессами Кайбицкого, а также смежных районов Республики Татарстан.

На участке исследования вблизи строящейся автомобильной дороги М-12 карст можно литологически отнести к известняковому подтипу. Грунтовые воды, приуроченные к верхнепермским отложениям, имеют в местах густого развития овражно-балочной сети невыдержанный водоносный горизонт, который склонен к сезонным колебаниям уровня, а также меняющийся гидродинамический напор в карбонатных карстующихся породах. Стоит отметить, что изменения химического состава грунтовых вод, как и их температура, носят эпизодический характер.

При строительстве автомобильной дороги М-12 (7 этап) в границах производства работ, а также за их пределами, неизбежно будет происходить изменение инженерно-геологических условий, что в свою очередь повлияет на активность протекания карстового процесса, соответственно рекомендуется регулярно производить рекогносцировочные обследования близлежащей территории и анализ аэрофотоматериалов, учитывая, что на

территории Кайбицкого и смежных районов выявлена высокая пораженность данным процессом.

В следствие чего рекомендуется, как на период эксплуатации, так и на период строительства автомобильной дороги М-12 привлекать специализированные научно-технические организации, занимающиеся исследованиями карстовых процессов, с целью предотвращения и минимизации последствий проявления опасных геологических процессов.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

Максимович Г.А. Основы карстоведения, том I // Типография Пермского университета. 1963 г. 444 с.

## АНАЛИЗ «ЗЕЛеноЙ» ИНФРАСТРУКТУРЫ БЕРЛИНА

**Дьячкова О.Н.**

- кандидат технических наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4

**Михайлов А.Е.**

- кандидат физико-математических наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4

### АННОТАЦИЯ

На основе открытых данных анализировались площади территорий зеленых насаждений общего пользования в Берлине. Для двенадцати округов Берлина построены эмпирические и теоретические функции распределения. При сравнении функций выявлено хорошее соответствие логнормальному распределению.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** территории зеленых насаждений общего пользования, эмпирическая функция распределения, теоретическая функция распределения, логнормальное распределение.

### ВВЕДЕНИЕ

Уплотнение городов и урбанизация территорий вокруг них влияет на множество аспектов качества окружающей среды. Поиск баланса между плотностью городов и пригодностью для жизни городской среды является актуальной проблемой территориального планирования и градостроительного зонирования.

В городах Европы авторы [1] выявляют определенные зависимости плотности застройки и наличия территорий зеленых насаждений, отмечая различия плотности и расположения между разными типами кварталов внутри городов.

Для моделирования распределения размеров явлений в различных предметных областях, в том числе для изучения размеров городских поселений, можно рассматривать модели логнормального распределения и более общую модель, приведенную в [2], – *the double Pareto-lognormal distribution*, что с нашей точки зрения представляет интерес. Мы рассматриваем логнормальное распределение, которое является предельным в случае, когда параметр показательного распределения стремится к бесконечности в модели [2].

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование построено на математическом анализе площадей городских территорий зеленых насаждений общего пользования.

Сначала средствами *Excel* рассчитывались данные для логарифма (среднее арифметическое, медиана и стандартное отклонение), затем – максимальный модуль разности.

Более подробно разработанная авторами статьи методология исследования результатов градостроительной деятельности и пример ее применения для анализа существующих территорий зеленых насаждений общего пользования Санкт-Петербурга описан в публикациях [3–7].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Выбор города для исследования основан на двух исключительных позициях, характерных для Берлина: во-первых, несмотря на то, что освоение местности началось в XIII в., значительная территория города восстановлена во второй половине XX в., а во-вторых, в период с 1961 по 1989 гг. город был разделен на две части Западный и Восточный Берлин.

Исходим из условия, что если взять логарифм от площади, то в случае логнормального распределения должно получиться нормальное распределение. И учитываем, что для нормального распределения характерным является близость между значениями медианы и среднего арифметического.

Тип распределения по округам Берлина более или менее одинаков (табл. 1).

**Таблица 1.** Данные для логарифма (таблица авторов)

Округ		Данные для логарифма		
№	Наименование	Среднее арифметическое	Медиана	Стандартное отклонение
1	Mitte	8,212	8,179	1,609
2	Friedrichshain-Kreuzberg	7,947	7,905	1,385
3	Pankow	8,564	8,594	1,737
4	Charlottenburg-Wilmersdorf	8,640	8,591	1,364
5	Spandau	8,986	9,017	1,622
6	Steglitz-Zehlendorf	8,967	8,908	1,611
7	Tempelhof-Schöneberg	8,726	8,592	1,538
8	Neukölln	8,857	8,750	1,646
9	Treptow-Köpenick	8,745	8,581	1,497
10	Marzahn-Hellersdorf	9,049	8,841	1,469
11	Lichtenberg	8,731	8,658	1,457
12	Reinickendorf	8,706	8,524	1,537

Максимальный модуль разности: Pankow – 0,037, Charlottenburg-Wilmersdorf – 0,087.

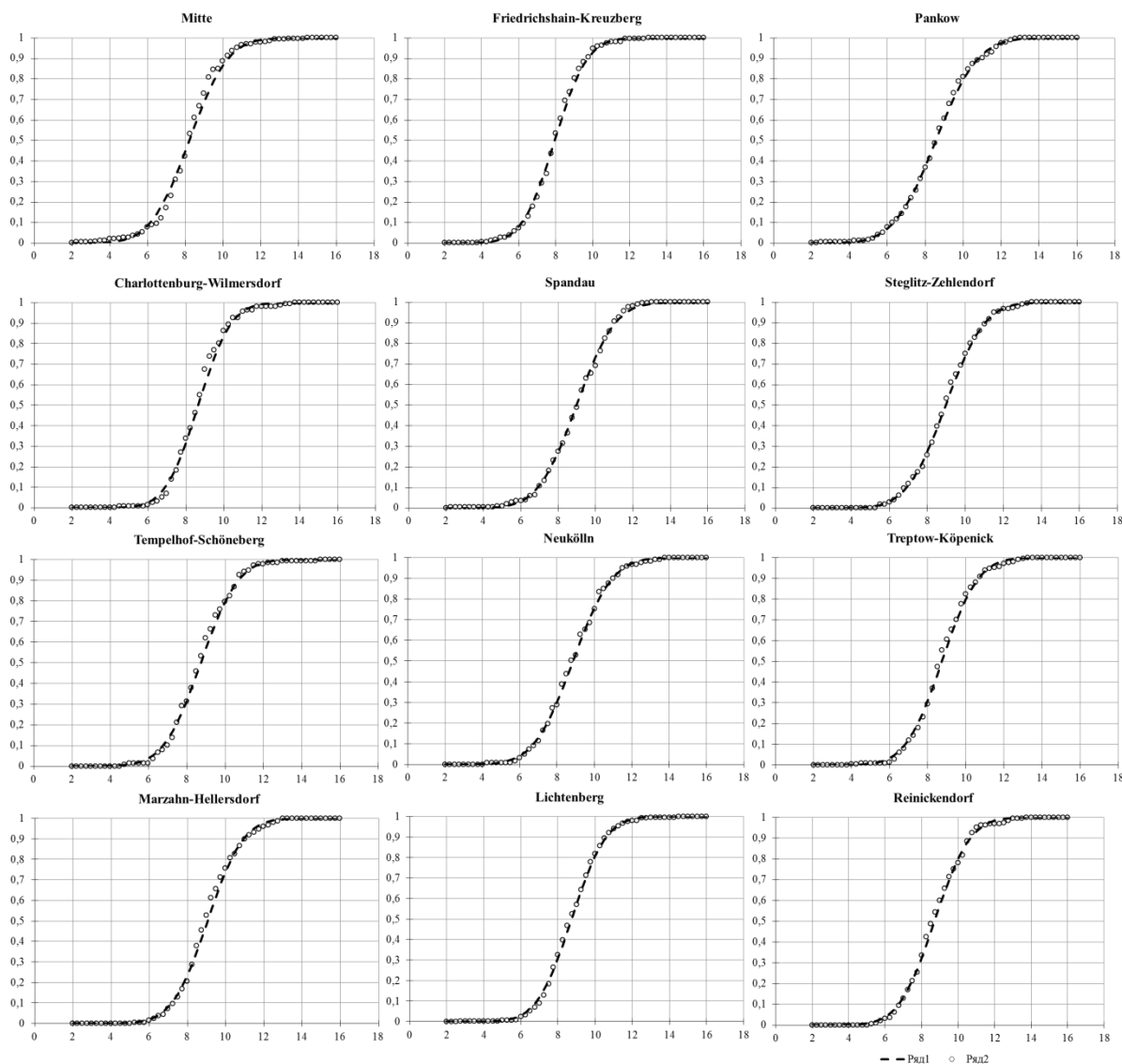
Эмпирические функции распределения для площадей территорий зеленых насаждений общего пользования периферийных округов Берлина лучше соответствуют теоретической функции логнормального распределения, чем у центральных округов (рис. 1). Таким образом, результаты исследования выявили, что направление развитие городской территории



Берлина было комплексным от центра к периферии, а историческое деление на западную и восточную части не оказало существенного влияния.

## ВЫВОДЫ

Несмотря на то, что данные, принятые в качестве исходных, не являются классической выборкой (то есть последовательностью независимых одинаково распределенных случайных величин), закон распределения вероятностей целесообразно применять для описания градостроительной деятельности.



**Рисунок 1.** Сравнение эмпирических и теоретических функций распределения для округов Берлина (условные обозначения на графиках: точки – эмпирическая функция распределения, пунктир – теоретическая функция распределения) (рисунок авторов)

## ЛИТЕРАТУРА

1. Wolff M., Dagmar H. Mediating sustainability and liveability – turning points of green space supply in European cities // *Frontiers in environmental science*. 2019. Vol. 7. Iss. P. 61. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00061>.
2. Reed W.J., Jorgensen M. The double pareto-lognormal distribution – A new parametric model for size distributions. *Communications in statistics – theory and methods*. 2006. Vol. 33. Iss. 8. Pp. 1733–1753. <https://doi.org/10.1081/STA-120037438>.

3. Дьячкова О.Н., Михайлов А.Е. Анализ данных о территориях зеленых насаждений общего пользования Санкт-Петербурга // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. № 2 (64). С. 92–100.
4. Дьячкова О.Н., Михайлов А.Е. Кластерный анализ «зеленой» инфраструктуры города // Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Архитектура во времени и пространстве–2023. Минск, 2023. С. 172–175.
5. Дьячкова О.Н., Михайлов А.Е. Территории зеленых насаждений общего пользования городского значения // Сборник докладов V Международной научно-практической конференции. Устойчивое развитие территорий. Москва, 2023. С. 24–31.
6. Дьячкова О.Н., Михайлов А.Е. Опыт применения эмпирических функций распределения для описания градостроительной деятельности (на примере Санкт-Петербурга) // Экология урбанизированных территорий. 2023. № 2. С. 61–71.
7. Diyachkova O., Mikhailov A. and Yakunina G. Parametric model for the analysis of urban planning activities // XII International Scientific and Practical Forum. Environmentally Sustainable Cities and Settlements: Problems and Solutions (ESCP-2023). E3S Web of Conferences. Vol. 403 (2023). 02022.

## СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ НМУ

**Евграфова И.М.**

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

### АННОТАЦИЯ

Неблагоприятные метеоусловия (НМУ) являются кратковременными погодно-климатическими явлениями, способными существенно повлиять на качество атмосферного воздуха. Однако в научной литературе не рассматривался вопрос вариативности подходов по снижению выбросов от энергетических объектов. В данном исследовании, во-первых, рассмотрены варианты мероприятий для раздела НМУ, а во-вторых, осуществлено экологическое обоснование снижения выбросов на примере котельной нефтеперерабатывающего завода. Исследование показало, что наилучший экологический эффект достигается при полном выключении одного котла, по сравнению со снижением общей мощности всех установок. Результаты исследования позволяют выбрать оптимальные решения для практикующих экологов и расширяют знания в области экологии энергетики в части обоснования экологических решений для энергетических установок.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** неблагоприятные метеоусловия, выбросы энергетических установок, рассеивание загрязняющих веществ, качество атмосферного воздуха

### ВВЕДЕНИЕ

Снижение выбросов, связанных с загрязнением атмосферного воздуха, как на этапе строительства, так и на этапе эксплуатации является важной экологической задачей. Количество и состав выбросов способны оказывать существенное влияние на качество окружающей среды. Для предотвращения негативного воздействия разрабатываются проекты ПМООС, ООС и другие с обязательным установлением и обоснованием размеров санитарно-защитной зоны; а на этапе эксплуатации объекта – проекты ПДВ. Но экстремальным условием для выбросов всегда остаются НМУ (неблагоприятные метеоусловия). Их нельзя учесть на предпроектных стадиях работ при инженерно-гидрометеорологических изысканиях, но необходимо экстренно реагировать при их возникновении.

**Цель работы:** провести экологическую оценку различных вариантов снижения выбросов в атмосферный воздух от котельной нефтеперерабатывающего завода в период НМУ.

#### **Задачи работы:**

- 1) Обобщение подходов при составлении плана мероприятий в период НМУ.
- 2) Проведение экологического обоснования поиска оптимального варианта снижения выбросов.

3) Осуществление расчета валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух для различных режимов работы объекта в период НМУ.

Положительным моментом НМУ является их краткосрочный характер, особое сочетание метеорологических факторов, способствующих загрязнению приземного слоя атмосферного воздуха выше предельно-допустимой концентрации (максимально-разовой).

Своевременное оповещение на безвозмездной основе осуществляется территориальными органами центра по гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды. Задача всех юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, которые имеют источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, расположенных на объектах 1, 2, 3 категорий, разрабатывать план мероприятий при НМУ и следить за его своевременным осуществлением.

До недавнего времени [1-6], план мероприятий при НМУ был составной частью норматива ПДВ, но сейчас он является самостоятельным документом, который согласовывается в органах исполнительной власти субъектов РФ, уполномоченных на осуществление данной деятельности [7-9].

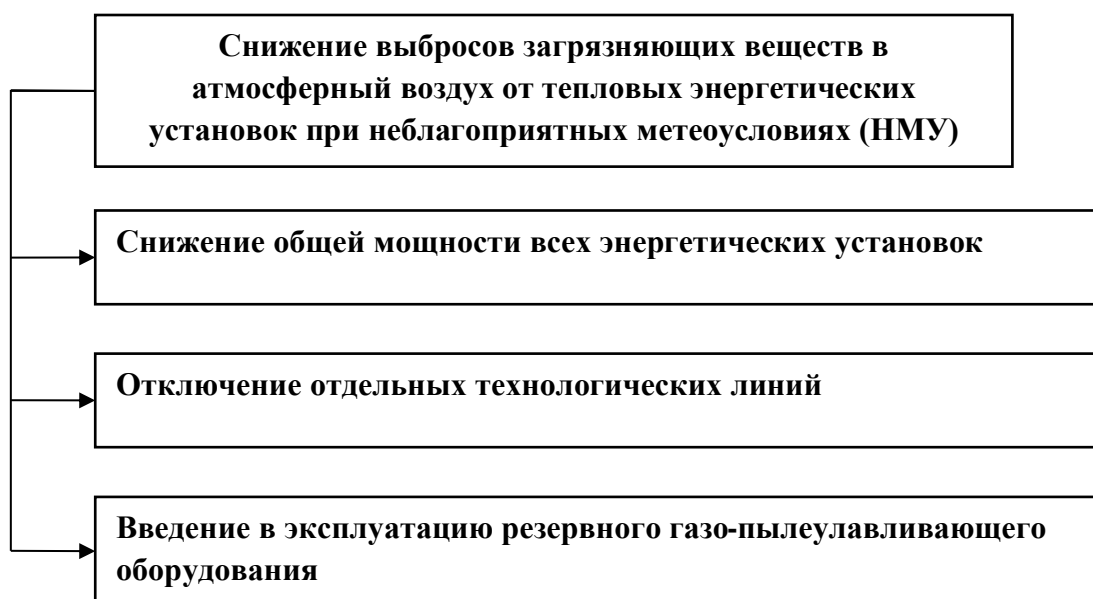
Ранее исходными данными для разработки плана мероприятий в рамках ПДВ, являлись качественные и количественные составы выбросов и расчет рассеивания загрязняющих веществ. Теперь исходными данными являются [10-13]:

1. Данные инвентаризации стационарных источников выбросов.
2. Нормативы НПДВ, ВСВ, технологические нормативы.
3. Результаты расчета рассеивания загрязняющих веществ.
4. Результаты государственного и производственного экологического мониторинга.
5. Данные Госэконадзора на предмет превышения ПДК м.р. загрязняющих веществ на границе СЗЗ объекта неблагоприятного воздействия на окружающую среду.

Разработанные мероприятия при НМУ должны обеспечивать снижение приземных концентраций:

- 1) на 15-20% при НМУ первой степени опасности;
- 2) на 20-40% при НМУ второй степени опасности;
- 3) на 40-60% при НМУ первой степени опасности;

Весомый вклад в загрязнение атмосферного воздуха при НМУ приносят тепловые энергетические установки. Исходя из опыта практической деятельности в данной сфере предлагаются следующие подходы, представленные на рисунке 1.



**Рисунок 1.** Варианты мероприятий для раздела НМУ для энергетических установок

Для осуществления экологического обоснования в качестве модельного полигона был выбран объект – котельная НПЗ «Ростовка», расположенная в Каменском районе Пензенской области. Выбор именно этого объекта базировался на локальности данной котельной с одной стороны и близостью жилой застройки (до 250м) - подходов с другой.

Котельная предназначена для обеспечения теплом зданий НПЗ в зимний период. Топливом является сырая нефть. По характеру ведения технологических процессов и режиму работы оборудования залповых и аварийных выбросов не предполагается. Объект относится к третьему классу опасности с размером СЗЗ – 300м. Произведенная расчетная корректировка и обоснование позволили снизить размеры СЗЗ до 100м (граница жилой застройки 250м).

Анализ архивных данных прогноза НМУ по Пензенской области, предоставленных Приволжским УГМС за 2020-2021 годы показал, что в среднем ежемесячно в течение года наблюдается порядка 6 дней с НМУ первой степени опасности, в том числе в зимний период. Второй и третьей степени опасности не было выявлено за указанный период. Таким образом, снижение выбросов в дни с НМУ должно составлять до 20% от валового количества загрязняющих веществ.

В рассматриваемой котельной (водогрейной) УВТ – 2,0 – 95, предназначенной для нужд отопления и вентиляции, установлены два котла КВ-ГМ-1,0-95, теплопроводностью 9500 Ккал/кг, расход топлива составляет 500т/год (250т/год на каждый котел). Дымовые газы от каждого котла отводятся в атмосферу через две дымовые трубы диаметром 273мм,

высотой 16м. Учитываемыми загрязняющими веществами являются оксиды азота, углерода, сернистый ангидрид, мазутная зола, сажа, бенз(а)перен.

Расчеты валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух проводим для четырех вариантов режима работы объекта в период НМУ.

1. Штатный режим работы объекта с работающими двумя котлами.
2. Снижение общей мощности всех энергетических установок.
3. Отключение отдельных энергетических установок при полной загрузки оставшихся.
4. Применение резервного газо-пылеулавливающего оборудования.

Расчет проведен по методике определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах. Расчет рассеивания загрязняющих веществ выполнен с помощью унифицированной программы расчёта загрязнения атмосферы УПРЗА «ЭКОцентр – Стандарт». Расчетные характеристики приняты для суточного периода работы энергетической установки. Данные расчетных валовых суточных выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух приведены в таблице 1.

**Таблица 1.** Валовые суточные выбросы загрязняющих веществ от котельной установки

№	Загрязняющее вещество	Валовый суточный выброс загрязняющего вещества, г/с				Эффективность очистки %
		Вариант 1 (штатный режим, расход топлива 2,08 т/сут)	Вариант 2 (снижение общей мощности на 20%, расход топлива 1,6 т/сут)	Вариант 3 (отключение одного котла, расход топлива 1,04 т/сут)	Вариант 4 (применение ГПУ, расход топлива 2,08т/сут)	
1	Азота диоксид	0,099	0,075	0,066	0,099	-
2	Азота оксид	0,016	0,012	0,011	0,016	-
3	Углерод (сажа)	0,031	0,024	0,021	0,002	95
4	Ангидрид сернистый	0,184	0,141	0,124	0,184	-
5	Углерод оксид	0,130	0,100	0,088	0,130	-
6	Бенз(а)пирен (3,4 бензпирен)	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$1,7 \cdot 10^{-7}$	76
7	Мазутная зола теплоэлектростанции	0,002	0,001	0,001	0,00008	95

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Размер санитарно-защитной зоны определяется по результатам рассеивания выбросов в атмосферу наиболее загрязняющего вещества с учётом розы ветров. Расчётный размер

санитарно-защитной зоны определен из условия расстояния от источника выброса, на котором значения приземных концентраций достигают значений, равных ПДК для наихудшего варианта. Анализ расчётов рассеивания показал, что ни по одному веществу превышение ПДК не наблюдается, поэтому корректировка размера санитарно-защитной зоны не требуется и принимается согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Таким образом, расчётный размер санитарно-защитной зоны для котельной НПС “Ростовка” принимается равным 100 м.

В результате анализа расчета суточных валовых выбросов объекта при различных режимах работы, можно сделать следующие выводы.

1. Превалирующими во всех режимах работы объектах загрязняющими веществами являются: ангидрид сернистый, углерода оксид, сажа и азота диоксид.
2. Наилучший экологический эффект по снижению выбросов в период НМУ достигается при полном выключении одного котла, по сравнению со снижением общей мощности всех установок.
3. Применение резервного газопылеулавливающего оборудования при НМУ показывает наихудший экологический эффект, так как не позволяет осуществить очистку отходящих газов по всем загрязняющим веществам. Кроме того, это несет дополнительные эксплуатационные и капитальные затраты.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Акатьева Т.Г. Сравнительный анализ качества атмосферного воздуха в период ремонта и эксплуатации котельной // В сборнике: Актуальные проблемы экологии и природопользования. Сборник статей по материалам VI Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Курган. 2022. С. 3-6.
2. Глазков С.С., Седаев А.А., Чуйкин С.В. Снижение концентрации загрязняющих веществ в вентиляционных выбросах при неблагоприятных метеоусловиях и аварийных ситуациях // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2013. № 1 (29). С. 91-98.
3. Дергунов А.В., Якубайлик О.Э. Анализ температурных инверсий в периоды неблагоприятных метеоусловий в Красноярске // В сборнике: Региональные проблемы дистанционного зондирования земли. Материалы VII Международной научной конференции. Сибирский федеральный университет, Институт космических и информационных технологий. 2020. С. 199-202.
4. Долженков А.Ф., Джалетова Е.К., Никулина А.А. Оценка экологического риска загрязнения атмосферы выбросами котельных малой мощности // Научный вестник НИИГД Респиратор. 2022. № 1 (59). С. 77-82.
5. Иванова Е.Е., Лугаськова Н.В. Оценка выбросов в атмосферный воздух загрязняющих веществ, поступающих от котельной // В сборнике: Экологическая безопасность в техносферном пространстве. Сборник материалов второй Всероссийской с международным участием научно-практической конференции молодых ученых и студентов. 2019. С. 134-139.
6. Иванова О.О., Иванова Ю.П., Азаров В.Н. Влияние метеорологических условий на формирование городской среды линейных городов // В сборнике: Инновационный потенциал развития науки в современном мире. Сборник трудов по материалам II Всероссийского конкурса научно-исследовательских работ. Уфа. 2020. С. 36-39.
7. Кешева Л.А., Теунова Н.В. Распространение загрязняющих веществ в атмосфере при эксплуатации котельных установок // Доклады Адыгской (Черкесской) Международной академии наук. 2019. Т. 19. № 3. С. 70-77.



8. Кириленко В.И., Маслов Е.Н., Муртузалиев М.А. Оценка распределения концентрации загрязняющего вещества в атмосферном воздухе // Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2022. № 1 (19). С. 247-255.
9. Лебедева Т.Б. Анализ снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от котельной // Вестник КИГИТ. 2019. № 1. С. 97-105.
10. Лукьянов С.В. Оценка загрязнения воздушной среды в окрестностях автомагистралей при неблагоприятных метеоусловиях // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3. С. 101.
11. Павлов В.И., Смоляков Я.С. Влияние погодных условий на рост загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы // В сборнике: Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения. Сборник материалов IV Студенческой научно-практической конференции. 2021. С. 253-257.
12. Петрова Т.П. Модель распределения воздушных потоков // В сборнике: материалы и методы инновационных научно-практических исследований и разработок. Сборник статей Международной научно-практической конференции. Уфа, 2022. С. 42-45.

## **ОБЪЕКТЫ НЕЗАВЕРШЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА КАК УНИКАЛЬНЫЙ ПОДВИД ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

**Зиядова Н. Ч.**

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

### **АННОТАЦИЯ**

В условиях плотной застройки становится затруднительно найти территорию для возведения новых объектов капитального строительства, а значит, сложнее обеспечивать город необходимыми функциями: жилье, образование, промышленность, медицина, торговля и так далее. Выбор территории также регламентируется нормативно-правовыми документами, ограничивающими вид застройки на той или иной территории в зависимости от ее назначения или расположения ЗОУИТ. В такой ситуации можно обратиться к реализации объектов незавершённого строительства (ОНЗС), число которых только в Москве составляет более 4 тысяч. [1]

Современная тенденция такова, что большую часть таких объектов со временем реализовывают как жилые объекты, что одновременно позитивно влияет на город в экономическом аспекте, и может негативно повлиять на градостроительный баланс территории и транспортную нагрузку. Безусловно, в первую очередь территория ОНЗС рассматривается как нереализованный экономический потенциал города. Но также ОНЗС можно рассмотреть, как особый подвид объектов капитального строительства (ОКС), учитывая градостроительный потенциал их территорий.

Согласно пункту 10 Градостроительного кодекса РФ, объект капитального строительства - здание, строение, сооружение, объекты, строительство которых не завершено (далее - объекты незавершенного строительства), за исключением некапитальных строений, сооружений и неотделимых улучшений земельного участка (замощение, покрытие и другие) [2]. Из этого определения следует, что ОНЗС – объекты капитального строительства, строительство которых не было завершено в установленные сроки по различным причинам. Среди причин приостановки строительства можно выделить:

- 1) Финансовые;
- 2) Административно-правовые;
- 3) Невыполнение обязательств со стороны участников строительного процесса;
- 4) Некачественная проработка проекта.

Учитывая количество территорий ОНЗС в границах населённого пункта, их можно определить их как особый градостроительный кластер. Реализация градостроительного потенциала таких территорий может повлиять на экономику населённого пункта,

транспортные связи, экологические характеристики района, улучшить качество среды жизнедеятельности.

Для определения ОНЗС как особого подвида ОКС недостаточно одного определения. Важно отметить, что для ОНЗС также можно привести классификацию, которая поможет получить большее понимание о территории потенциального строительства. Можно выделить несколько классификаций ОНЗС, приведённых разными авторами. Первая представлена в статье «Определение и классификация объектов недвижимости незавершенного строительства» [3]. Авторы классифицируют такие объекты по степени технической готовности. (Табл. 1)

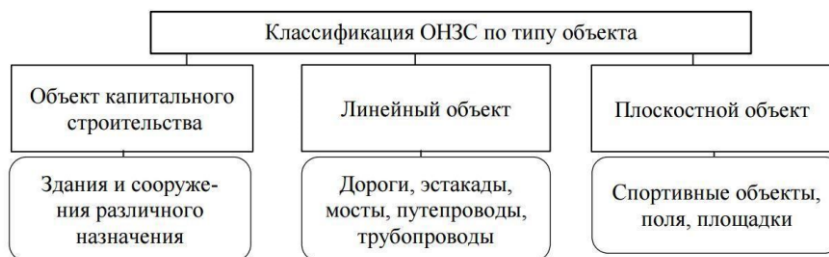
**Таблица 1.** Классификация ОНЗС согласно Сабирову И.С. и Медяник Ю.В. [3]

Степень технической готовности объектов НЗС	Возможность применения и рекомендуемый удельный вес при согласовании рыночной стоимости объектов НЗС		
	Затратный подход	Сравнительный подход	Доходный подход
1. Готовность 35–50% (возведены фундаменты, частично – стены и перекрытия)	Да, 100% (или 1,0)	Нет	Нет
2. Готовность 60–70% (выполнены все работы, кроме отделки, полов и внутреннего инженерного оборудования)	Да, 70% (или 0,7)	Да 30% (или 0,3)	Нет
3. Готовность свыше 75%	Да	Да	Да

Согласно статье «Понятие и классификация незавершенного строительства» [4], ОНЗС разделяют на следующие группы:

- 1) строящиеся объекты;
- 2) временно прекращенное незавершенное строительство;
- 3) законсервированное незавершенное строительство;
- 4) прекращенное.

На основании этих классификаций была разработана дополненная классификация ОНЗС, учитывающая тип объекта, функциональное назначение и другие факторы, которые могут повлиять на итоговое решение о градостроительном преобразовании территории [5]:



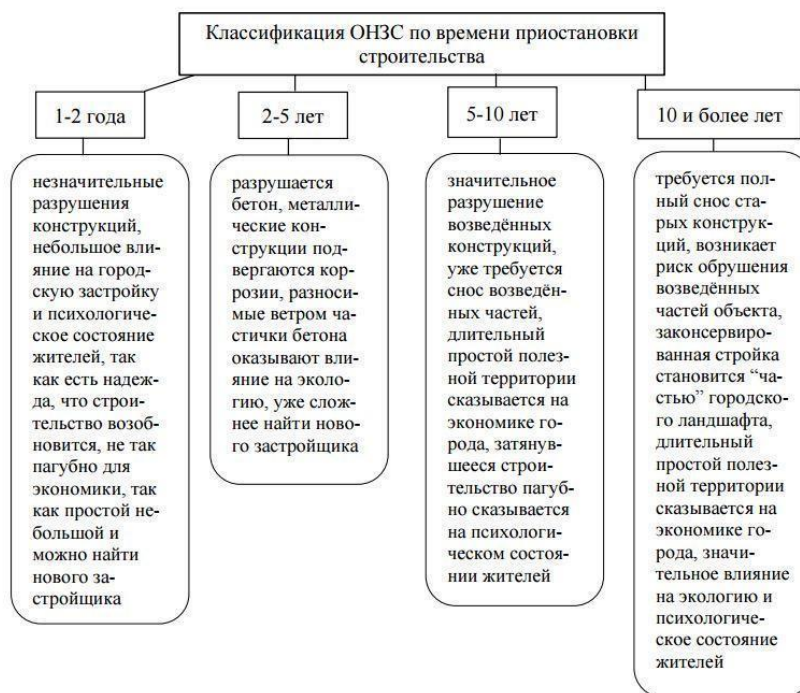
**Рисунок 1.** Классификация ОНЗС по типу объекта [5]



**Рисунок 2.** Классификация ОНЗС по функциональному назначению [5]



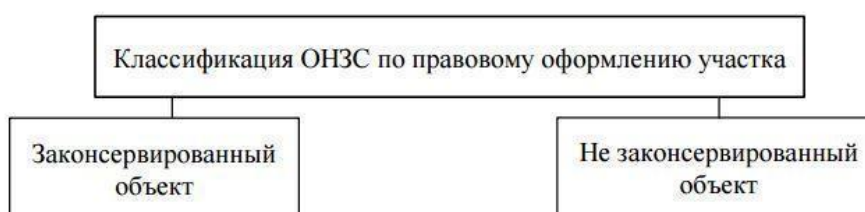
**Рисунок 3.** Классификация ОНЗС по объему выполненных работ до прекращения строительства [5]



**Рисунок 4.** Классификация ОНЗС по времени приостановки строительства [5]



**Рисунок 5.** Классификация ОНЗС по вариантам преобразования [5]



**Рисунок 6.** Классификация ОНЗС по правовому оформлению участка [5]

Основываясь на вышесказанном, можно выделить ОНЗС как отдельный подвид ОКС, дополнив имеющуюся классификацию новым пунктом: причина приостановки строительства. Этот пункт важен для понимания возможных проблем, которые могут возникнуть в процессе нового проектирования или возобновления строительства, а так же для прогнозирования дальнейших действий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная статистика, количество объектов незавершенного строительства <https://www.fedstat.ru/indicator/59461>
2. "Градостроительный кодекс Российской Федерации" от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 04.08.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 15.08.2023)
3. Сабиров И. С., Медяник Ю. В. Определение и классификация объектов недвижимости незавершенного строительства // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Стратегия развития инвестиционно-строительного комплекса в условиях саморегулирования» / [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://creativeconomy.ru/lib/8656>
4. Понятие и классификация незавершённого строительства // Евразийский союз учёных / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://euroasia-science.ru/ekonomicheskie-nauki/%D0%BF%D0%BE%D0%BD%D1%8F%D1%82%D0%B8%D0%B5-%D0%B8-%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%84%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F-%D0%BD%D0%B5%D0%B7%D0%B0%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%BD/>
5. Зиядова Н. Ч. Типология объектов незавершенного строительства. // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования – 2022 [Электронный ресурс]: сборник докладов Третьей Национальной научной конференции (г. Москва, 19 декабря 2022 г.) С. 311 - 317 / Режим доступа: <https://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/52539/>

## ТИПИЗАЦИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ УЧАСТКОВ ГОРОДА МОСКВЫ

### **Крахина Е.А.**

- аспирант, *Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе (МГРИ), 117997, г. Москва ул. Миклухо-Маклая д.23*

### **Научный руководитель: Экзарьян В.Н.**

- доктор геолого-минералогических наук, профессор, *заведующий кафедрой экологии и природопользования, Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе (МГРИ), 117997, г. Москва ул. Миклухо-Маклая д.23*

### **АННОТАЦИЯ.**

В статье представлены данные о степени пораженности оползневыми процессами территории города Москвы, содержатся сведения об основных условиях проявления процесса. Выделяются основные параметры и особенности типизации склонового процесса по масштабу проявления, глубине захвата и степени пораженности территории. Представлена характеристика основных выделенных типов оползневых участков.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** типизация, оползневые участки, масштаб проявления, степень пораженности

### **ВВЕДЕНИЕ**

В пределах города Москвы отмечаются многочисленные участки развития оползневых процессов, на активизацию которых воздействуют различные природные и техногенные факторы. Актуальность исследования заключается в выделении основных факторов и условий, способствующих развитию деформирующих процессов внутри горных пород, слагающих оползневые участки в черте города Москвы. Подразделение оползневых участков на типы с характерными особенностями и признаками деформаций будет способствовать эффективной разработке мер для оползневой защиты.

Цель исследовательской работы заключалась в выявлении особенностей типизации оползневых участков на территории города Москвы, для последующего изучения и прогнозирования. Исходя из цели были поставлены и решены следующие задачи: изучение особенностей воздействия различных факторов на участки способные к «оползанию»; выделение основных параметров, воздействующих на устойчивость склона; определение и выявление особенностей типизации оползневых участков.

### **МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ**

Были проанализированы классификации оползневых процессов, составленные отечественными учеными в областях инженерной геологии, геоморфологии и грунтоведения, как И.В. Попов, Г.С. Золотарев, Ф.П. Саваренский, А.П. Павлов, Н.Н. Маслов, В.В. Кюнтцель, Е.П. Емельянова [2]. Оползневые процессы подразделяется по различным параметрам, свойствам и механизмам на определенные группы. По особенностям механизма



проявления выделяется 6 типов – скольжения, выдавливания, выплывания, течения, проседания и разжижения. По развитию процесса в различных инженерно-геологических условиях – региональные и зональные. По временному фактору развития процесса – цикличность оползневых процессов [1].

Одним из основных факторов, который используется для типизации оползней, является масштаб проявления процесса. По указанному фактору в пределах г. Москвы выделяется два типа оползневых участков – глубокие и мелкие (поверхностные) (М.Н. Парецкая, 1996).

Основными условиями проявлением оползней глубокого типа являются:

- Наличие вертикального нарушения в структуре пластов;
- Высота склона должна превышать 15 м;
- Крутизна склона должна находиться в диапазоне от  $9^{\circ}$  до  $17^{\circ}$ ;
- Воздействие поверхностных водотоков в основании склона, приводящая к эрозионным процессам;
- Залегание кровли юрских глин оксфордского яруса на урезе реки (от  $\pm 2$  до 5 м).

Основными условиями формирования поверхностных (мелких) оползней являются:

- Крутизна склона составляет от  $28^{\circ}$  до  $30^{\circ}$ ;
- Протяженность склона составляет около 20-80 м;
- Залегание в геологическом пласте подземных вод;
- Воздействие поверхностных водотоков в основании склона, приводящая к эрозионным процессам.

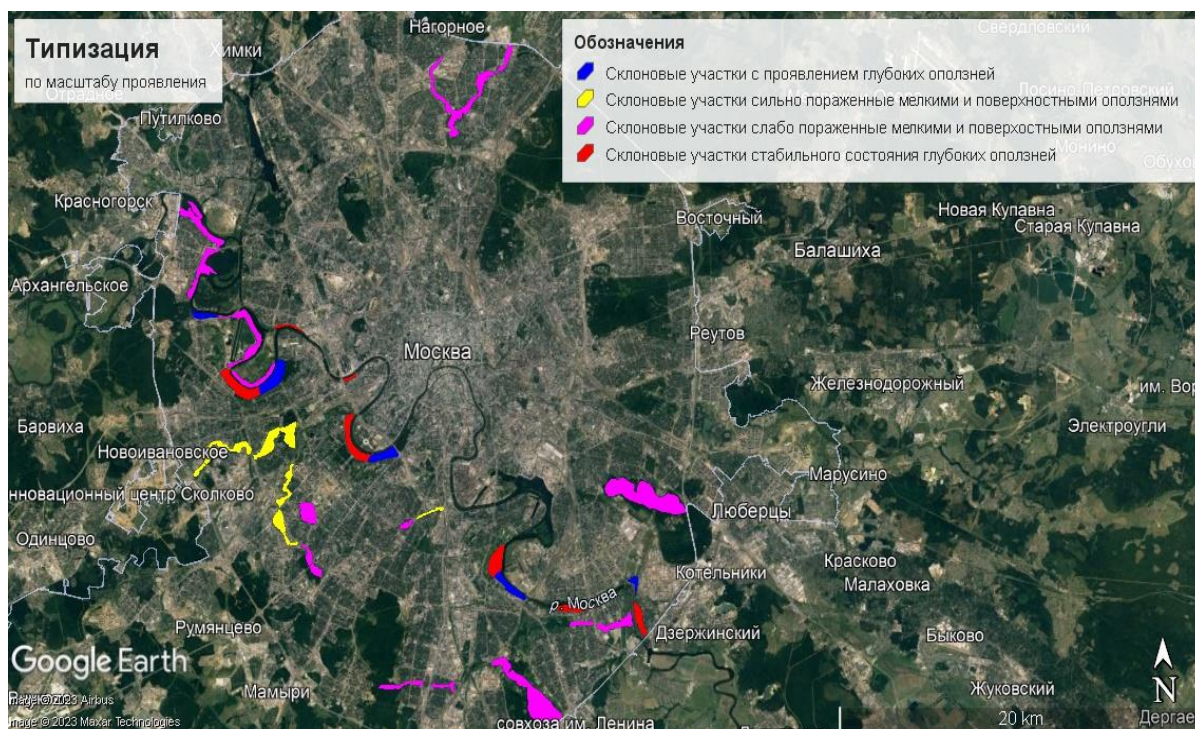
При возрастающей техногенной нагрузки городской инфраструктуры на геологическую среду, появляются новые условия, обуславливающие формирование и активизацию оползневых процессов:

- 1) Строительство (достаточно массивных) зданий или сооружений в значительной близости от бровки оползневого склона;
- 2) Создание дополнительной нагрузки в верхней части склона или подрезка его основания;
- 3) Отсутствие дренажных и водосливных сооружений на склоне;
- 4) Создание сети инженерных коммуникаций различного назначения;
- 5) Прокладка автомобильных дорог вблизи бровки оползневого склона.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Анализ материалов многолетних наблюдений за оползневыми процессами позволяет выявить основные факторы и условия, обуславливающие возникновение и степень активности процесса, а также провести типизации оползневых участков [4]. Характеристика

выделенных типов оползневых процессов приведена в таблице 1, а их местоположение на рис.1.



**Рисунок 1.** Картограмма пораженных участков г. Москвы оползневыми процессами (М.Н. Парецкая, 1996)

На картограмме 1 показаны оползневые участки, подразделяющиеся по масштабу проявления и по степени пораженности склона на 4 типа:

Участки с проявление глубоких оползней (7 участков, наименования указаны в таблице 1); участки глубоких оползней стабильного состояния (5 участков); участки, сильно пораженные мелкими и поверхностными оползнями (3 участка); участки, слабо пораженные мелкими и поверхностными оползнями (12 участков).

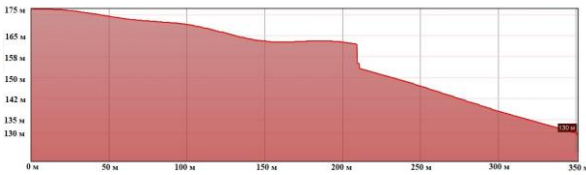
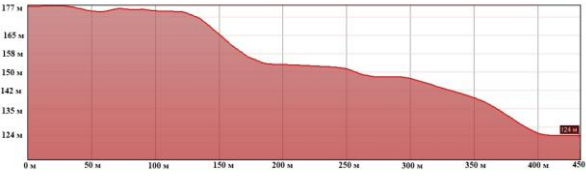
Основная характеристика оползневых участков на территории города Москвы, типизированных по масштабу и степени проявления на 4 группы, представлена в таблице 2. Для каждой из 4 выделенных групп (типов), характерны определенные параметры, например по типу основного деформирующегося пород (слагающих склон), или факторов воздействующих на стабильность горизонтов горных пород и отложений различного времени, способствующих ускорению активизации процессов «оползания». В таблице 2 приведены профили (4 участков) рельефа местности, с указанием высота оползневого склона в метрах по оси ординат, а протяженность по оси абсцисс.

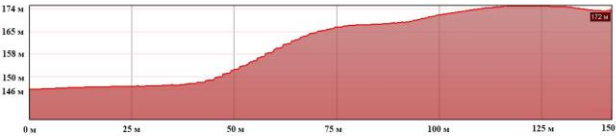
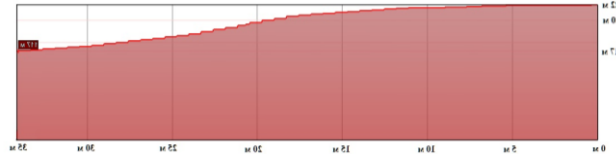
**Таблица 1.** Основные признаки для типизации оползневых участков на территории Москвы (М.Н. Парецкая, 1996).

Тип оползней по масштабу проявления	Площадь (км <sup>2</sup> )	Деформирующиеся породы	Крутизна склона	Глубина захвата пород до (м)	Степень пораженности	Наименования участков
Глубокие	0,8-1,0	Юрские глины келловейского и оксфордского ярусов	от 9 <sup>0</sup> до 17 <sup>0</sup>	100	С проявлением	Парки «Суворовский» и «Солдатенковский»
						Карамышевская набережная
						Набережная Тараса Шевченко
						Западная часть природного заказника «Воробьевы горы»
						Северная часть музея-заповедника «Коломенское»
						Братеевский каскадный парк
					Стабильного состояния	Природный заказник «Берег реки Москвы в Капотне»
						Парк «Звезд»
						Парки «Ворошиловский» и «Фили»
						Восточная часть природного заказника «Воробьевы горы» и парк «Нескучный сад»
						Южная часть музея-заповедника «Коломенское»
						Между улицами Капотня и Поречная
Мелкие и поверхностные	0,002	Четвертичные песчано-глинистые отложения	от 28 <sup>0</sup> до 30 <sup>0</sup>	1-5 (иногда до 10)	Сильно пораженные	Долина реки Сетунь
						Долины рек Раменка и Очаковка
						Долина реки Котловка
					Слабо пораженные	Парк «Северное Тушино»
						Долина реки Яуза
						Улицы Исаковского и Одинцовская
						Гребной канал
						Мневниковская пойма
						Долина реки Раменка
						Долина реки Очаковка

						Долина реки Котловка
						Долина реки Чурилиха
						Долина реки Городня
						Долина реки Язвенка
						Парк в пойме реки Городни

**Таблица 2.** Выделенные типы оползневых участков по степени пораженности склона на территории города Москвы (Крахина Е.А.)

Тип оползней по масштабу и степени пораженности	Характеристика типа оползневого участка	Профиль оползневого участка
<p>Участок с проявление глубоких оползней</p>	<p>В пределах левобережных речных террас, в пределах речного бассейна проявляется значительный размыв юрских глин келловейского и оксфордского ярусов. Под воздействием гидрологического фактора, порода постепенно меняет основные свойства и параметры. На поверхности кровли юрских глин отмечаются локальные округлые и ложбино-образные понижения, открывающиеся в сторону русла реки. Они обусловлены русловой эрозией Москва-реки. Уменьшение протяженности склонов и увеличение их крутизны приводят к изменению их напряженно-деформированного состояния с формированием в их при бровочной части зон растягивающих напряжений, а в основании склонов – зон сжатия с повышенными значениями сдвигающих напряжений.</p>	 <p>Западная часть природного заказника «Воробьевы горы»</p>
<p>Участок глубоких оползней стабильного состояния</p>	<p>Основным деформируемым горизонтом являются глины оксфордского яруса юрской системы, они залегают на 15 м ниже уровня воды в реке. Характерной особенностью юрских глин оксфордского яруса, является склонность к деформациям, проявлением ползучести и снижению прочности. Зона смещения расположена ниже базиса эрозии (р. Москва) и выходит к нему в русле реки на значительном расстоянии от берега.</p>	 <p>Парки «Фили»</p>

<p>Участок, сильно пораженный мелкими и поверхностными оползнями</p>	<p>Деформирующимися породами являются песчано-глинистые породы четвертичного периода. Основными факторами формирования данного типа оползней является эрозионная деятельность водотоков в основании склона, а также значительный объем выпавших осадков, потоки талых вод. Названные факторы вызывают подъем уровня грунтовых вод, приводя к нарушению стабильности отложений склона.</p>	 <p>Долина реки Сетунь</p>
<p>Участок, слабо пораженный мелкими и поверхностными оползнями</p>	<p>Основным деформируемым горизонтом являются четвертичные отложения. На ослабление и проявление деформационных признаков в четвертичной толще склона влияют осадки, выпадающие в весенне-летний, и осенний периоды.</p>	 <p>Долина реке Городня</p>

## **ВЫВОДЫ**

Особенностями типизации оползневых участков на территории города Москвы, будут являться такие параметры, как масштаб проявления, площадь оползневого участка, деформирующая порода. На основе типизации оползневых склонов было выделено 27 основных участков, из них 12 – глубокие по масштабу проявления, а 15 – с мелкими и поверхностными оползнями по масштабу проявления.

Глубокие участки, подразделяющиеся по степени проявления оползневого процесса на стабильные и активные, расположены в русловой части или вблизи террас реки Москвы. Участки с мелкими (поверхностными) оползнями наблюдаются в пределах долинного комплекса реки Москвы и её притоков.

## **ЛИТЕРАТУРА:**

1. Гулакян К.А., Кюнтцель В.В. О распознавании типов оползневых процессов // Доклады совета ученых к Международному конгрессу МАИГ / М.: ВИНТИ. 1970 г. С. 190-200.
2. Емельянова Е.П. Основные закономерности оползневых процессов // М.: Недра. 1972 г. с. 308.
3. Емельянова Е.П. К вопросу о механизме и причинах оползней у г. Одессы // Труды Одесского ун-та. Сер. геол. и геогр. 1960. Т. 150. Вып. 7. С. 25–41.
4. Кюнтцель В.В. Закономерности оползневого процесса на Европейской территории СССР // М.: Недра 1980 г. с. 213.

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СПОРТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ С УЧЕТОМ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

### **Новиков А.В.**

- кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры градостроительства и пространственного развития, заместитель декана заочного факультета, Государственный университет по землеустройству, 105064, г. Москва, ул. Казакова, 15

### **Хабарова И.А.**

- кандидат технических наук, доцент кафедры градостроительства и пространственного развития, Государственный университет по землеустройству, 105064, г. Москва, ул. Казакова, 15

### **Хабаров Д.А.**

- старший преподаватель кафедры управления в здравоохранении и индустрии спорта, Государственный университет управления, 109542, г. Москва, Рязанский просп., 99, стр. 1

## **АННОТАЦИЯ**

Новые спортивные объекты способствуют улучшению инфраструктуры городов и привлечению большего количества людей к здоровому образу жизни. Создаваемые спортивные объекты сочетают в себе достижения в области архитектуры, строительства, цифровых технологий и др. В качестве примеров могут быть приведены трансформируемые перекрытия стадионов, создание искусственной травы или синтетического льда и иное. В связи с чем основной задачей данной работы является выявление и проведение комплексно анализа особенностей проектирования спортивных сооружений с учетом применения цифровых технологий.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** спортивные сооружения, инновационные технологии, проектирование, устойчивое развитие территорий, горнолыжные комплексы, стадионы, функциональные возможности.

## **ВВЕДЕНИЕ.**

Следует отметить, что значительному улучшению существующей инфраструктуры городов и привлечению проживающего там населения к соблюдению здорового образа жизни способствуют появляющиеся в ряде городов и населенных пунктов спортивные объекты. Более того, такие объекты спорта направлены на обеспечение устойчивого развития ряда территорий. Также концепция устойчивого развития при проектировании спортивных сооружений позволяет учитывать экологические, социальные и экономические аспекты в процессе создания и эксплуатации спортивных объектов. Параллельно с этим, она учитывает социальные аспекты, такие как доступность и безопасность спортивных объектов для всех групп населения, включая людей с ограниченными возможностями.

Также необходимо добавить, что уже в 20-е г. прошлого века в России уже начали строиться большие спортивные комплексы, такие как Центральный стадион имени Максима Горького в Москве и Красная Пресня в Санкт-Петербурге. В 1950-х годах были построены



стадионы «Динамо» (сейчас – ВТБ Арена) и «Лужники» в Москве, которые до сих пор являются одними из крупнейших спортивных сооружений в мире.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.**

Новые спортивные сооружения, спроектированные и построенные с применением современных цифровых технологий, привлекают большое количество молодежи, которое стремится соблюдать здоровый образ жизни. В качестве примеров таких спортивных объектов следует привести строительство современных стадионов, в которых предусмотрены напольные покрытия, искусственная трава, плавающий пол в бассейнах, системы звуко-обеспечения, трансляции, трансформируемые перекрытия и др.

Также при проектировании таких объектов значительное место отводится экологизации сооружений. Суть, которой заключается в расположении вновь строящихся современных спортивных объектов с наиболее полным учетом рельефа местности, использованием экологически чистых материалов при строительстве и др. [1-3].

Появляющиеся новые виды спорта являются основным фактором, способствующим появлению обновленных моделей ряда спортивных объектов (например: более мобильных, функциональных, благоустроенных). В связи с чем в последнее время проектируются и строятся совершенно новые типы спортивных объектов (далее – СО): роликовые арены, парки для занятия скейтбордингом, крытые горнолыжные комплексы и многое другое. В качестве одного из таких реализованных проектов приведем горнолыжный комплекс в городе Красногорск «СнежКом» (рис. 1). [1-5].



**Рисунок 1.** Горнолыжный комплекс «СнежКом»



Этот современный комплекс включал в себя горнолыжный комплекс, каток, фитнес-центр, аквазону. Специальные перегородки отделяли место для досуговой деятельности летними видами спорта. В то время, как специальные холодильные машины обеспечивали поддержание снежного покрова благодаря технологии айс-крэш. Данный спортивных комплекс, являющийся достаточно сложным архитектурно-пространственным объектом, являлся тренировочной, спортивной, зрелищной площадкой. Однако, в любом проекте присутствуют и свои минусы. Данный комплекс стал экономически не рентабельным и сейчас уже находится в аварийном состоянии.

Также отметим, что в последнее время в России активно строятся новые спортивные сооружения, такие как стадионы для проведения Чемпионата мира по футболу 2018 года. В настоящее время существует множество современных и крупных спортивных сооружений, которые привлекают многих зрителей и спортсменов со всего мира.

Современные стадионы - это сооружения, сочетающие в себе сложную архитектуру и передовые инженерные решения. Они также являются социальными объектами с развитой инфраструктурой обслуживания, вещания и системами безопасности.

Одним из таких объектов является многофункциональный комплекс футбольного стадиона «Открытие Банк Арена», изображенный на рисунке 2. Отметим, что основное визуальное направление заключается в особенностях объемно-пространственной структуры здания универсально-спортивного зала. Более того, в едином стиле оформлены фасады зала, а при их строительстве была применена навесная фасадная система с стеклянными волнообразными панелями, которые нависают над пешеходной зоной. Эти крупноразмерные панели имитируют античные колонны. Также с помощью лазеров (размещенных за декоративным фасадом) в вечернее время происходит усиление имитации колонн.



**Рисунок 2.** Стадион «Открытие Банк Арена»

Ниже в таблице 1 представлены существующие проблемные ситуации и их возможные пути решения для «Открытие Банк Арена» [1-6].

**Таблица 1** - Характеристика проблем и возможных путей их решения для «Открытие Банк Арена»

№	Проблемная ситуация	Возможные пути решения
1	Недоработка эвакуационных выходов	Эвакуационные выходы должны открывать путь на незадымленные лестничные клетки, которые ведут наружу.
2	Нехватка парковочных мест и труднодоступность стадиона	Необходимо рассчитать количество парковочных мест, исходя из количества мест на стадионе (также необходимо определить источник финансирования). Более того владельцам стадиона целесообразно арендовать несколько автобусов, которые будут довозить зрителей до самого стадиона.
3	Отсутствие безбарьерной среды	Стадион необходимо оборудовать автоматическими подъемниками, котрые будут предназначены для лиц с ограниченными возможностями здоровья.
4	Проблема навигации внутри стадиона	Целесообразно привлекать волонтеров и разместить на стенах систему навигации. На полу целесообразно разместить стелы, которые будут показывать куда зрители могут идти.
5	Плохое освещение на стадионе	Должны быть соблюдены следующие факторы: отсутствие пульсации, отсутствие высокой бликовости, равномерность освещения и др.

Решение этих проблем повысит рейтинг данного стадиона и сделает пребывание на нем более комфортным.

Таким образом, отметим, что устойчивое развитие территорий и современные методы управления стадионами связаны между собой, так как спортивные объекты являются важной частью инфраструктуры городов и регионов. При этом, управление стадионами должно осуществляться с учетом принципов устойчивого развития, чтобы минимизировать негативное воздействие на природу и обеспечить экономическую эффективность.

Современные методы управления стадионами включают в себя использование инновационных технологий для улучшения условий проведения спортивных мероприятий и повышения комфорта зрителей. Например, это может быть использование системы видеонаблюдения, которая обеспечивает безопасность на стадионе, а также позволяет следить за игрой с разных ракурсов. Также важным элементом является использование экологически чистых материалов при строительстве и реконструкции стадионов, а также энергосберегающих технологий, которые позволяют сократить расходы на электроэнергию и воду.

Здесь целесообразно добавить, что из-за появления все новых видов спорта, возникает необходимость в поиске современных пространственно-планировочных решений, необходимых для их строительства. В связи с чем, следует учитывать современные тенденции проектирования СО, их размещения и функциональные возможности. Уже сегодня ряд СО является уникальным, не имеющим аналогов. Однако и дальше необходимо стремиться к проектированию современных СО с учетом достижений научно-технического прогресса, с соблюдением интересов и обеспечением удобства зрителей, спортсменов, тренеров [1-6].

Ниже в таблице 2 представлены существующие проблемные ситуации и их возможные пути решения [1-4].

**Таблица 2** - Характеристика проблем и возможных путей их решения (при проектировании спортивных сооружений)

№	Проблемная ситуация	Возможные пути решения
1	Антропогенное негативное воздействие на окружающую среду при строительстве спортивных объектов (строительная техника, шумовое загрязнение, стройматериалы и др.).	Целесообразно проведение оценки экологического состояния экосистемы (на территории которой осуществляется процесс строительства); осуществление оценки неблагоприятных последствий и мероприятий по их устранению.
2	Проблемы, которые напрямую связаны с эксплуатацией спортивных объектов (например, инсоляция, тепловое загрязнение, загрязнение почв и пр.	
3	Ряд архитектурно-технических проблем	Для решения подобного рода проблем следует осуществить учет ряда факторов, оказывающих влияние на архитектуру возводимых высотных зданий. Также необходимо учитывать пространство, которое отводится под строительство, а также используемые в процессе строительства материалы.

Добавим, что концепция устойчивого развития при проектировании спортивных сооружений направлена на создание объектов, которые будут не только функциональными и красивыми, но и экологически безопасными и удобными для использования.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В проектировании спортивных сооружений, принципы устойчивого развития могут быть применены в нескольких различных областях:

- Энергоэффективность: в проектировании спортивных сооружений, это может включать использование энергоэффективной технологии освещения, отопления и кондиционирования воздуха.
- Использование экологически чистых материалов: при проектировании спортивных сооружений следует использовать экологически чистые материалы, которые не содержат токсичных веществ и не загрязняют окружающую среду.
- Управление отходами: В проектировании спортивных сооружений необходимо учитывать эффективное управление отходами. Это может включать использование перерабатываемых материалов, установку систем сбора и переработки отходов, а также использование методов утилизации отходов, которые не загрязняют окружающую среду.
- Социальная ответственность: наконец, в проектировании спортивных сооружений следует учитывать социальную ответственность. Это означает учитывать потребности сообщества, в котором расположено сооружение, а также обеспечивать доступность сооружения для всех групп населения.

Учет концепции устойчивого развития при проектировании спортивных сооружений позволяет сохранять окружающую среду и обеспечивать экономическую эффективность. Это является важным аспектом не только для спортивных сооружений, но и для всех других видов строительства и экономической деятельности.

## **ВЫВОДЫ**

Таким образом при проектировании современных спортивных сооружений необходимо учитывать транспортную доступность к строящемуся объекту, экологическое состояние территории строительства, рассматривать и анализировать совершенствование этапов проектирования при создании таких объектов и принимать оптимальные архитектурные и технологические решения, чтобы построенный спортивный объект был в дальнейшем экономически – рентабельным.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Гранев В.В. К вопросу проектирования спортивных сооружений // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 7. С. 37-39.
2. Гурьева Е.И., Воробьев В.А. Проектирование крупных спортивных объектов как предпосылка для трансформации градостроительной ситуации в крупных городах // Архитектурные исследования. 2021. № 2(26). С. 96-105.
3. Мальгина В.Е., Бахарева Ю.А. Использование современных конструкций при проектировании спортивных объектов // Архитектура и дизайн: история, теория, инновации. 2021. № 5. С. 171-175.
4. Мяконьков В.Б., Шелякова Ю.В. Создание условий для развития паралимпийских видов спорта на различных типах спортивных сооружений (на примере велотрека) // Адаптивная физическая культура. 2018. № 3(75). С. 38.
5. Пшеничников А.Ф., Хитеев А.В., Цеховой В.А. Функционирование отдельных типов спортивных сооружений // Министерство спорта Российской Федерации, Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П. Ф. Лесгафта. Санкт-Петербург. 2015. 161 с.

6. Хабаров Д.А., Хабарова И.А. Моделирование посещаемости футбольных стадионов в РФ // Спортивные игры в физическом воспитании, рекреации и спорте: материалы XII Международной научно-практической конференции / под общ. ред. к.п.н., доц. А.В. Родина (г. Смоленск, 29-31 января 2018 года). Смоленск. 2018. 268 с. С. 174-177.

## ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ И РАЗМЕЩЕНИЯ МУЗЕЕВ ПОД ОТКРЫТЫМ НЕБОМ

### **Новиков А.В.**

- кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры градостроительства и пространственного развития, заместитель декана заочного факультета, Государственный университет по землеустройству, 105064, г. Москва, ул. Казакова, 15

### **Хабарова И.А.**

- кандидат технических наук, доцент кафедры градостроительства и пространственного развития, Государственный университет по землеустройству, 105064, г. Москва, ул. Казакова, 15

### **Хабаров Д.А.**

- старший преподаватель кафедры управления в здравоохранении и индустрии спорта, Государственный университет управления, 109542, г. Москва, Рязанский просп., 99, стр. 1

### **АННОТАЦИЯ**

Необходимо отметить, что в настоящее время музеи под открытым небом существуют по всему миру и отображают историю и культуру различных народов. Это могут быть традиционные деревни, реконструированные здания, архитектурные ансамбли, культурные и археологические парки и многие другие формы. В связи с чем основной задачей данной работы является проведение анализа архитектурных, дизайнерских и инфраструктурных решений при создании музеев под открытым небом.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** музеи под открытым небом, культурные и археологические парки, интерактивных экспозиций и мультимедиа, экспонаты, инфраструктура.

### **ВВЕДЕНИЕ.**

В конце 19 – начале 20 в. появляется совершенно новый тип музеев – музеи под открытым небом. Музеи под открытым небом, также известные как музеи на открытом воздухе или эко-музеи, представляют собой музеи, где экспонаты находятся не в закрытых помещениях, а на открытом воздухе на территории парков или специально созданных зон. Причем одним из первых подобных музеев считают музей Скансен, созданный в Швеции А. Хазелиусом. В этом музее (на основе подлинных построек) были воссозданы крестьянские усадьбы, транслировались различные ремесла, а также возрождались фольклорные формы. Позднее, музеи подобного типа стали появляться в других странах, таких, как: Дания, Нидерланды, Норвегия, Финляндия и др.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.**

Необходимо обратить внимание на то, что некоторые города сами по себе являются музеями под открытым небом. Например, Суздаль (рис.1), в котором расположено около 200 памятников (часть из них входит в состав ЮНЕСКО). В таких местах архитектура являет

собой образ застывшей музыки давно ушедшего времени, позволяя окунуться в прошлое. Также отметим, что наиболее известные музеи под открытым небом в России - это музей-заповедник "Царское Село" в Санкт-Петербурге, Кижский поленный музей на Онежском озере, Лесной городок в Красноярском крае, Костромская сказка в Костроме и многие другие [1-5].



**Рисунок 1.** Государственный Владимиро-Суздальский историко-архитектурный и художественный музей-заповедник

Далее рассмотрим основные периоды создания музеев под открытым небом (далее – МпОН) в России:

1. Появление первых музеев-заповедников: создается музей народного быта в 1920-е годы в Узморье, в 1923 году - "Шухова башня" на ВДНХ, появляются первые музей-заповедники в Северной России в 1920-е и 1930-е годы.

2. Развитие музеев под открытым небом в 1950-е - 1970-е годы: создаются такие крупные музеи, как Музей-заповедник Южный Урал, Музей народных промыслов и культуры Карелии и др.

3. Развитие МпОН в 1980-е - 1990-е годы: вводятся новые формы работы музеев под открытым небом - научных экспедиций, тематических выставок, фестивалей народного творчества, и укрепление международных связей.

4. Развитие подобных музеев в 2000-е гг.: расширяется и постепенно увеличивается количество МпОН, происходит создание крупных центров народного творчества, привлечение местных сообществ к процессу управления музеями, внедряются новые технологии в работу музеев и пр. [1-5].

Музеи под открытым небом в России представляют собой коллекции архитектуры и предметов быта, отображающие историю и культуру региона. Здесь посетители могут увидеть деревенские избы, церкви, крепости и другие сооружения, построенные в соответствии с традиционной архитектурой России. Многие музеи также проводят мероприятия, включая выставки, фестивали, концерты и другие культурные мероприятия, чтобы показать гостям и туристам уникальную культуру и традиции региона.

Таким образом, рассмотренная выше периодизация развития МпОН в России показывает, что они постоянно развиваются и приспособляются к новым условиям, при этом сохраняется их популярность и значимость для культурной жизни общества.

В настоящее время музеи под открытым небом существуют по всему миру и отображают историю и культуру различных народов. Это могут быть традиционные деревни, реконструированные здания, архитектурные ансамбли, культурные и археологические парки и многие другие формы.

Сегодня такие музеи могут быть очень интерактивными, посетители могут участвовать в мастер-классах по народным ремеслам, экспериментировать с древними инструментами и присутствовать на традиционных праздниках и обрядах. Они также могут служить важным источником получения нужной информации для исследователей и ученых, которые изучают историю и культуру разных регионов и народов. МпОН имеют ряд преимуществ перед традиционными музеями, поскольку они позволяют более полно и наглядно продемонстрировать историю и культуру той или иной эпохи, а также создать уникальную атмосферу и погрузить посетителей в аутентичную атмосферу прошлого.

Причем современное развитие МпОН напрямую связано с применением новых технологий и подходов к представлению культурного наследия. Одним из главных направлений является использование интерактивных экспозиций и мультимедиа.

Вместо традиционных деревянных зданий и экспонатов в МпОН все чаще используются виртуальные технологии (например, виртуальная реальность и дополненная реальность). Такие технологии позволяют посетителям узнавать больше о культуре и истории региона.

Кроме того, МпОН все больше становятся местом проведения различных мероприятий и фестивалей, таких как концерты, театральные постановки, ярмарки и т.д. Такие мероприятия привлекают больше посетителей и создают дополнительную атмосферу для знакомства с культурой и историей.

Далее рассмотрим существующие в настоящее время проблемные ситуации и возможные пути решения создания музеев под открытым небом, представленные в табл.1.

**Таблица 1.** Существующие проблемные ситуации и возможные пути решения музеев под открытым небом [1-5].

<b>Проблемные ситуации</b>	<b>Возможные пути их решения</b>
1. Воздействие погодных условий: МпОН могут быть подвержены различным погодным условиям, таким как дождь, снег, ветер, солнце и пр., что может в дальнейшем привести к повреждению экспонатов и инфраструктуры.	Защита экспонатов: использование крыш, тентов, пластиковых покрытий и других средств защиты для предотвращения повреждений экспонатов в неблагоприятных погодных условиях.



2. Эрозия почвы: устройство МпОН может привести к эрозии почвы, особенно если на местности высокая влажность и небольшой наклон. Это может привести к обрушению зданий и/или сооружений.	Укрепление почвы: применение методов укрепления почвы, например: облицовка бетонными плитами, применение геотекстиля и иных материалов для предотвращения возможной эрозии почвы и обеспечения безопасности зданий и/или сооружений.
3. Обеспечение безопасности экспонатов: экспонаты могут быть подвержены различным видам опасности, таким как угоны, вандализм, кражи, повреждения и др. Недостаточное обеспечение охраны может привести к серьезным потерям.	Обеспечение безопасности экспонатов: организация надежной системы охраны МпОН и экспонатов, включая видеонаблюдение, системы сигнализации и иные средства защиты.
4. Ограниченность: музеи под открытым небом могут быть ограничены по площади, что ограничивает количество экспонатов и возможность предоставления информации о них.	Расширение площади: использование окружающей местности, например, организация выставок в различных частях парков и садов для расширения площади музея.
5. Ограниченность посетителей: устройство МпОН может быть ограничено посещением в зависимости от погодных условий и времени года.	Увеличение доступности: предоставление дополнительных возможностей для посетителей, таких как дополнительные сезонные мероприятия, экскурсии, чтобы привлечь больше посетителей и увеличить популярность музея.

Далее в табл. 2 приведем сравнительную характеристику двух музеев под открытым небом.

**Таблица 2.** Сравнительная характеристика музея под открытым небом «Кижы» (Россия) и музея Санок (Польша) [1-5].

<b>Сходства</b>	<b>Различия</b>
<b>1.</b> Оба музея представляют наиболее типичный образ жизни и культуры народов, которые жили на данных территориях в прошлом.	<b>1.</b> Музей Кижы находится на острове в озере Онежское, а музей Санок - на земле, на окраине города Санок. Из этого следует, что Кижы — это спокойное и уединенное место, где можно насладиться красотой природы, а музей Санок находится ближе к городу и включает в себя множество дополнительных развлекательных объектов и магазинов.
<b>2.</b> В двух музеях посетителям представлены деревянные архитектурные сооружения, старинные бытовые предметы, одежда, ремесла и т.д.	<b>2.</b> Культурные различия: музей Кижы представляет православную культуру русского Севера, а музей Санок – культуру галицко-волынской региона.
<b>3.</b> Кижы известен как памятник деревянной архитектуры России, а Санок - как живой музей польской деревянной архитектуры.	<b>3.</b> Одна из главных достопримечательностей музея Кижы - это деревянный храм Положения Ризы Божией Матери (Храм Кижы), построенный в XVIII в. без использования гвоздей и болтов. На территории музея также находится большая экспозиция, посвященная народному быту Карелии, а также самая старая в мире работающая паровая локомотивная

	гончарная печь. Главной экспозицией музея Санок является отдел, посвященный культуре и истории народов Карпатского бассейна, включающий музей этнографии, зоологический музей и музей природы. Одним из ключевых экспонатов музея является коллекция деревянных церквей, которые были транспортированы из разных частей Польши.
--	---

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Таким образом необходимо отметить, что музеи под открытым небом как правило создаются с целью сохранения и изучения культурных и исторических наследий регионов. Более того, данные музеи могут стать привлекательными туристическими объектами и способствовать дальнейшему развитию инфраструктуры местности. Концепция создания музеев под открытым небом отвечает современным тенденциям в градостроительстве, связанным с сохранением исторических и культурных ценностей, развитием туристической сферы и созданием благоприятной городской среды для жизни населения. Однако, развитие этих объектов может столкнуться с проблемами, связанными с охраной культурного наследия, экологией, финансированием и прочими аспектами. Все эти вопросы должны учитываться при создании подобных проектов, чтобы получить максимальную эффективность данного объекта и минимизировать возможные проблемы. Следует также учитывать региональные, плановые, типологические, социально-экономические и технологические характеристики. Важно, чтобы характеристики памятника соответствовали профилю музея.

## ВЫВОДЫ

Наиболее часто в музеях под открытым небом представлены архитектурные объекты. Причем современное развитие музеев под открытым небом связано с использованием новых технологий и подходов к представлению культурного наследия. Концепция создания музеев под открытым небом отвечает современным тенденциям в градостроительстве, связанным с сохранением исторических и культурных ценностей, развитием туристической сферы и созданием благоприятной городской среды для жизни населения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Буренова, Т. В. Формирование музеев под открытым небом // EurasiaScience: Сборник статей XVII международной научно-практической конференции, Москва, 31 октября 2018 года / Научно-издательский центр «Актуальность.РФ». – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Актуальность.РФ", 2018. С. 133-134.
2. Василенко А.В. Работа с объектами природного наследия в музеях под открытым небом в России // Клио-2020 : Материалы Всероссийской ежегодной открытой научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых исторического факультета ИГУ, Иркутск, 20 ноября 2020 года / Науч. редактор Е.А. Матвеева. Иркутск: Иркутский государственный университет, 2020. С. 54-56.

3. Новиков А.В., Хабарова И.А., Грановитов Е.А. Оценка качества городской среды и разработка мероприятий по её улучшению // Астраханский вестник экологического образования. 2022. № 4(70). С. 129-135. DOI 10.36698/2304-5957-2022-4-129-135.
4. Новиков А.В., Хабарова И.А., Грановитов Е.А. Современные технологии проведения оценки состояния и использования земельных ресурсов для пространственного развития территорий // Цифровизация землепользования и землеустройства: тенденции и перспективы. Материалы международной научно-практической конференции / Под общей редакцией С.И. Комарова. М.: ГУЗ. 2023. С. 207–211.
5. Ожогин В.П. Градостроительные особенности устройств музеев под открытым // Устойчивое развитие территорий: сборник докладов международной научно-практической конференции, Москва, 16 мая 2018 года. Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2018. С. 224-225.

## **ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ МАЛОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ НА ОПОЛЗНЕВЫЕ СКЛОНЫ, СЛОЖЕННЫЕ СЛАБЫМИ ГРУНТАМИ, И ОЦЕНКА ЭТОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ИНЖЕНЕРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ТРУБОПРОВОДОВ**

**Прасолов А.А.**

*- старший инженер-геолог, ООО “Инженерная Геология и Геотехника”, 119331, г. Москва, проспект Вернадского, д. 29*

### **АННОТАЦИЯ**

Сейсмогенные оползни имеют широкое распространение и оказывают значительное влияние на проектирование различных инженерных сооружений. Прогноз их возникновения и развития является сложной и актуальной задачей. К активизации таких оползней может приводить и слабая сейсмичность, которая характеризуется большей частотой и распространением, в том числе на платформенных территориях, но при этом меньшим воздействием. Вследствие этого важным становится изучение условий, при которых малая сейсмичность может являться триггером для развития оползней. Выявлена возможность резкого снижения прочности специфических грунтов при слабом сейсмическом воздействии. Определены основные закономерности формирования оползней в подобных условиях. Проведена оценка их воздействия на инженерные сооружения на примере трубопроводов, показаны основные мероприятия инженерной защиты, которые могут быть применены на основе расчётов дефицитов устойчивости и критических коэффициентов устойчивости для обеспечения надёжности сооружений.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА** (на русском языке): Малая сейсмичность, оползни, специфические грунты, инженерная защита, трубопроводы.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время развитие транспортной и энергетической инфраструктуры сопряжено освоением новых территорий. Зачастую они характеризуются специфическими особенностями строительства на них, в том числе за счёт сложных инженерно-геологических условий. Для линейных сооружений это осложняется их изменчивостью и многообразием, которые в совокупности могут приводить к трудно прогнозируемым факторам, влияющим на проектные решения. К ним могут относиться опасные геологические и инженерно-геологические процессы, например, оползни.

Проблема изучения оползней может осложняться наличием специфических грунтов в их пределах, что увеличивает число факторов, которые могут привести к возникновению и развитию процесса ввиду резкого изменения свойств грунтов. К такому фактору относится и слабая сейсмичность (менее 7 баллов), не регулируемая при проектировании инженерных сооружений согласно основному документу по строительству в сейсмических районах СП 14.13330.2018. Выявлены два основных фактора, в результате которых возможно развитие

оползня даже при слабом сейсмическом воздействии, и его оценка для обоснования мероприятий инженерной защиты на примере трубопроводов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Слабая сейсмичность может стать триггером оползневой процесса в слабых грунтах даже на достаточно пологих склонах, что особенно характерно для резко снижающих свою прочность грунтов. Особенности развития ползучести таких грунтов можно описать физико-технической теорией ползучести Маслова [2], в котором удельное сцепление разделяется на структурное ( $C_c$ ) и сцепление связности ( $C_w$ ), обусловленного водно-коллоидными связями. Таким образом, возможны два варианта развития оползневой процесса:  $\tau > \sigma \tan \varphi + C_c$  – условие установившейся ползучести, при котором  $C_w = 0$ , и  $\tau > \sigma \tan \varphi + C_w$  – условие ползучести без перехода в стадию затухания, при котором  $C_c = 0$ .

В первую группу входят грунты, в которых преобладает сцепление связности, при потере которого происходит развитие оползневой процесса, к ним относятся нестабилизированные органические, органоминеральные и глинистые грунты. Ко второй группе относятся грунты с преобладанием структурного сцепления, в них развитие оползней происходит при резком нарушении структурных связей, например, просадочные. Тем самым, для оценки влияния слабой сейсмичности выбрано два участка: шельф Баренцева моря, в котором основной деформирующийся горизонт (ОДГ) представлен илами, текучими и мягкопластичными суглинками, а также оползень Шарора в Таджикистане, в котором ОДГ представлен лёссами.

В шельфовой зоне Баренцева моря, в плейстоценовую эпоху формировались глубокие борозды выпаживания глубиной 60-70 м за счёт ледовой экзарации, в них в настоящее время могут развиваться оползневые процессы. Бровка этих борозд выпаживания имеет абсолютные отметки -218 – -219 м, а нижняя часть -276 – -279 м. Расчёты выполнялись в программах Geostudio Slope/W с использованием методов предельного равновесия – Morgenштерна-Прайса, Бишопа и Янбу, а также PSK-98SCR по методу минимизации коэффициента устойчивости. Применяемые расчётные свойства грунтов приведены в табл. 1, проектное землетрясение имеет магнитуду 3,5 и интенсивность 5,5 баллов с пиковым ускорением 0,4 м/с<sup>2</sup>.

**Таблица 1.** Расчётные свойства грунтов шельфа Баренцева моря по данным [3]

Индекс	ИГЭ	Наименование грунта	Плотность грунта $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Угол внутреннего трения $\varphi$ , °	Удельное сцепление $C$ , кПа
mQIV	ИГЭ-1	Ил суглинистый	1,60	8,6	6,4
	ИГЭ-2	Суглинок текучий	1,83	11,6	2,3
mQIII	ИГЭ-3	Суглинок	1,90	12,1	5,7 ( $C_w=3,4$ )

		мягкопластичный			
	ИГЭ-4	Суглинок тугопластичный	1,95	21,8	12,8
	ИГЭ-5	Суглинок твердый	2,02	21,6	17,5

Изначально проводился расчёт в начальном напряжённо-деформированном состоянии (НДС) грунтового массива, а затем с учётом сейсмического воздействия в 5,5 баллов и оставлением только структурной части сцепления в ИГЭ-3, то есть  $C=2,3$  кПа, как для текучего суглинка.

У оползня Шарора верхняя часть склона имеет абсолютные отметки 796-808 м, а нижняя – 740-754 м, его слагают 4 инженерно-геологических элемента (ИГЭ), представленные суглинистыми лёссами от твёрдых до мягкопластичных, их расчётные свойства представлены в табл. 2. В расчётных схемах ИГЭ-3 не был использован ввиду отсутствия его влияния на формирование оползней на этом участке.

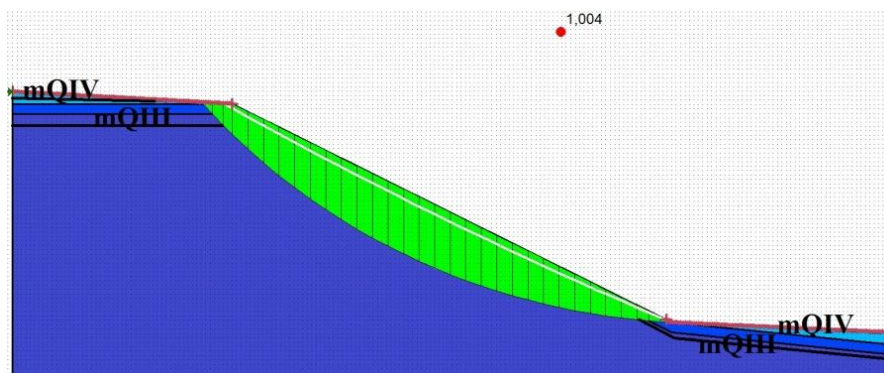
**Таблица 2.** Расчётные свойства грунтов, слагающих оползневой склон Шарора, по данным [1] с исправлениями

Индекс	ИГЭ	Плотность грунта $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Угол внутреннего трения $\varphi$ , °	Удельное сцепление $C$ , кПа
LQP	ИГЭ-1	1,43	28	56
	ИГЭ-2	1,82	17	14 ( $C_c=11$ )
	ИГЭ-3	1,49	22	104
L,a,pQIII	ИГЭ-4	1,82	27	35

Расчёты также проводились в начальных условиях, затем при потенциальном землетрясении интенсивностью 5 баллов с обводнением массива и сохранением только сцепления связности  $C=3$  кПа в ИГЭ-1 и ИГЭ-2 и уменьшением  $\varphi$  до 19°.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

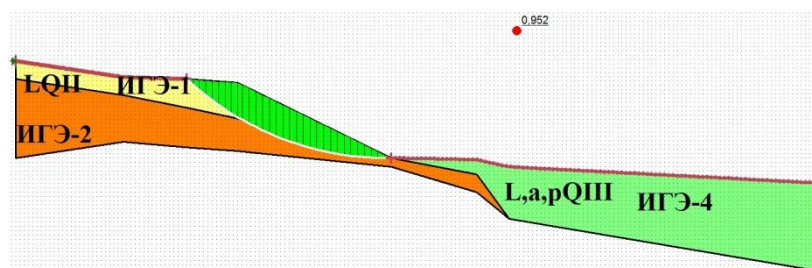
При расчётах устойчивости склона в шельфовой зоне Баренцева моря без дополнительных условий склон находится в состоянии предельного равновесия, коэффициент устойчивости равен 1,00 (рис. 1). При расчётах с дополнительными условиями оползневое тело с наименьшим коэффициентом устойчивости становится гораздо меньше, и его коэффициент устойчивости составляет 0,90 по методам Morgenштерна-Прайса (рис. 1), а по методу минимизации коэффициента устойчивости доходит до 0,60, при этом оползневое тело проходит как раз вдоль ИГЭ-3, для которого использовано только структурное сцепление.



**Рисунок 1.** Расчёт устойчивости склона на шельфе Баренцева моря по методу Morgenstern-Price в условиях сейсмичности: глубокий оползень,  $K_y=1,004$ , белым отмечена поверхность мелкого оползня с  $K_y=0,902$

Таким образом, основная восстанавливаемая часть – сцепление связности, имеет главное значение в изменении формы оползневого тела и формировании оползневого процесса в борозде выпаживания, при этом для потенциального более глубокого оползня коэффициент устойчивости уменьшится всего лишь на первые проценты. Однако для склона, находящегося близко к предельному равновесию, даже такое воздействие может оказать триггерное влияние, коэффициент устойчивости для более глубокого оползня по методу Ямбу составляет 0,96.

При расчётах устойчивости склона оползневого участка Шарора без дополнительных условий склон находится в состоянии предельного равновесия, коэффициент устойчивости равен 1,01. При учёте сейсмического воздействия размеры оползня немного уменьшаются, что связано с меньшим сцеплением, однако не настолько значительно, как для подводных оползней, так как в лёссовых грунтах структурное сцепление  $C_c$  имеет ещё большее значение относительно общего, чем в подводных оползнях сцепление связности  $C_w$  относительно общего. Для оползней с большим захватом верхней части плато коэффициенты устойчивости составили 0,927-0,954 (рис. 2).



**Рисунок 2.** Расчёт устойчивости склона на участке Шарора по методу Morgenstern-Price в условиях сейсмичности с большим захватом плато,  $K_y=0,952$ .

Таким образом, при влиянии слабой сейсмичности на оползни в лёссовых грунтах происходит нивелирование структурного сцепления  $C_c$ , формирующего каркас лёсса и

разрушающегося в водонасыщенном состоянии в верхней части разреза. Для водонасыщенных лёссовых грунтов в подводных оползнях сцепление связности играет слабую роль и не способно удерживать оползневое тело в устойчивом положении.

При учёте воздействия оползня на трубопроводы использовались параметры табл. 3.

**Таблица 3.** Параметры стальных труб для нефте- и газопроводов [4]

Внешний диаметр, м	0,508
Толщина стенки, см	0,635
Инерционный момент, см <sup>4</sup>	32,69
Жёсткость трубы, ГПа	68,7

На примере нефтепроводов и газопроводов на Сахалине критическими деформациями на сжатие, при которых возможны разрушения труб, приняты 2,5% и 3%, соответственно [5]. Тем самым, по параметрам трубопроводов возможен расчёт критического дефицита устойчивости склонов на погонный метр, при котором возможно разрушение трубопроводов. Для нефтепровода оно составило 1369809 кН/пог. м., а для газопровода – 1643771 кН/пог. м. Для ранее приведённых расчётов устойчивости склонов на участках в Баренцевом море и Шарора в Таджикистане значения дефицитов устойчивости с учётом слабой сейсмичности и критических коэффициентов устойчивости для нефтепроводов и газопроводов приведены в табл. 4.

**Таблица 4.** Результаты расчётов устойчивости склонов на участках в Баренцевом море и Шарора с учётом слабой сейсмичности

Участок	Расчёт	K <sub>y</sub> , б/р	Дефицит устойчивости, кН/пог. м.	Критический K <sub>y</sub> , б/р	
				Нефтепровод	Газопровод
Баренцево море	Малый оползень, методы Моргенштерна-Прайса и Бишопа	0,902	516075	0,776	0,743
	Малый оползень, расчёт по PSK-98SCR	0,601	2425227	0,776	0,743
	Крупный оползень, метод Янбу	0,957	676587	0,917	0,902
Шарора	Метод Моргенштерна-Прайса	0,952	1306104	0,950	0,940
	Метод Бишопа	0,954	1249059	0,950	0,940
	Метод Янбу	0,927	2039937	0,950	0,940

## ВЫВОДЫ

По результатам расчётов на участке в Баренцевом море отмечается большая зависимость дефицита устойчивости от формы поверхности скольжения консеквентного оползня. Ввиду малой мощности оползневого тела круглоцилиндрическая поверхность не



позволяет выявить наиболее опасную поверхность скольжения, поэтому расчёт с использованием алгоритмов автоматического определения наиболее опасной поверхности скольжения, как в программе PSK-98SCR, даёт дефицит устойчивости более чем в 4 раза по сравнению с расчётом по круглоцилиндрической поверхности. При этом по расчётам с круглоцилиндрической поверхностью скольжения наиболее опасным становится более крупный оползень, найденный по методу Янбу с большим коэффициентом устойчивости, по сравнению с меньшими оползнями по расчётам методами Morgenштерна-Прайса и Бишопа. Это показывает, что при определении воздействия оползней на инженерные сооружения более информативным параметром является дефицит устойчивости, так как в зависимости от размера оползневого тела и испытываемого воздействия сооружения критический коэффициент устойчивости будет разным.

На участке Шарора расчёты, выполненные по круглоцилиндрической поверхности, дали схожие результаты, при этом средний коэффициент устойчивости оказался между критическим для нефтепровода и газопровода. Ввиду различных критических деформаций трубопроводов будет меняться инженерная защита этих сооружений, а также возможна их различная трассировка в зависимости от развития процессов и их возможного воздействия, в частности, для нефтепроводов будет необходимы дополнительные мероприятия инженерной защиты.

Как итог, в специфических грунтах возможно развитие оползней даже при слабом сейсмическом воздействии. Поэтому при разработке мер инженерной защиты необходимо учитывать подобные воздействия для обеспечения надёжных проектных решений. Также следует учитывать строение оползневых тел, так как поверхность скольжения с наименьшим коэффициентом устойчивости не всегда будет наиболее опасной, более показательным является дефицит устойчивости, показывающий величину воздействия.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Зеркаль О.В. Сейсмогенные оползни Гиссарского землетрясения 1989 г., факторы их формирования и развития. Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук, МГУ им. М.В. Ломоносова, М., 1994 г. 21 с.
2. Маслов Н.Н. Основы механики грунтов и инженерной геологии // М.: Высшая школа, 1968. 632 с.
3. Миронюк С.Г., Семёнова А.А. Региональные особенности распространения геологических опасностей на шельфе Баренцева моря // Инженерно-геологические задачи современности и методы их решения. М.: Издательство Геомаркетинг, 2017. С. 152-160.
4. Jahromi H.F., Jafarzadeh F., Zakaria M.S. Experimental study of burial depth effect on embedded pipe deformations in sandy slopes under dynamic landsliding // Soil Dynamics and Earthquake Engineering 114: 2018. P. 281-297.
5. Mattiozzi P., Strom A. Crossing active faults on the Sakhalin II onshore pipeline route: pipeline design and risk analysis // Proceedings of the Seismic Engineering Conference Commemorating the 1908 Messina and Reggio Calabria Earthquake. College Park, MD: American Institute of Physics, 2008. P. 1004-1013.

## **ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ЗАХОРОНЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ: ДВАДЦАТИЛЕТИЕ РОССИЙСКОЙ ИСТОРИИ СКВОЗЬ ПРИЗМУ ДОКУМЕНТОВ**

**Комлев В.Н.**

*- инженер-физик, Апатиты, Россия*

### **АННОТАЦИЯ**

Рассмотрена проблема обоснования пригодности российской площадки для геологического/глубинного захоронения твердых радиоактивных отходов особой опасности. В контексте накопления почти 20 лет разрешительных документов на пользование недрами участка «Енисейский» промышленной территории ЗАТО Железногорск Красноярского края. Выполнен краткий анализ документов. Статья может быть полезной для решения аналогичной проблемы другими странами.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** захоронение радиоактивных отходов, национальный уровень, геология, недра, гнейсы, подземное строительство, безопасность, право, система лицензирования, экспертиза, Росатом, участок «Енисейский», Красноярск, Россия.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Публикация относится к реальной и важной проблеме человечества, обусловленной наличием твердых/отвержденных радиоактивных отходов (РАО) особых категорий и необходимостью их надежной изоляции от биосферы, с потенциальной опасностью до миллиона лет (вечность!) и затратами для каждой из ядерных стран уровня России, США, и Китая не менее ста миллиардов долларов (только применительно к доступной по времени ближайшего будущего перспективе оценок и открытым для анализа процессам образования отходов). Проблему предусмотрено решать путем глубинного/геологического захоронения РАО в земных недрах. В России – в недрах участка «Енисейский» многофункционального оборонного ЗАТО Железногорск Красноярского края. Качество документов комплексного обоснования (прежде всего, горно-геологического, которое длится уже почти 20 лет без надежды на скорое окончание) федерального пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов (ПГЗРО) 1 и 2 классов опасности (высокой активности и долгоживущих) имеет огромное значение и должно быть безупречным.

Данная статья, как оценочное профессиональное суждение, выражение субъективного мнения и взглядов автора для попытки понимания будущего, посвящена критическому анализу и обобщению информации, опубликованной в открытых источниках (тексты законов и нормативно-технической документации, научно-технические статьи, официальная переписка).

### **Основные документы по участку «Енисейский» с комментариями**

1. Федеральная целевая программа «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года». Подготовка и утверждение программы:

2006-2007 годы. На нее как на первоисточник базовой информации часто ссылаются в последующих документах в связи с Енисейским проектом (например, письмо Росатома № 1-2/34765 от 27.06.2022, письмо Роснедр № АГ-04-37/7456 от 28.03.2023). «РЕШЕНИЕ О СООРУЖЕНИИ объекта окончательной изоляции РАО 1-2 классов (долгоживущие РАО средней и высокой активности) в Нижне-Канском скальном массиве (Красноярский край)... ПРИНЯТО Правительством Российской Федерации... В ФОРМЕ утвержденной федеральной целевой программы» ФЦП ЯРБ-1 (письмо Росатома № 1-2/34765 от 27.06.2022).

Детализация: ФЦП ЯРБ-1, п. 38 «Строительство первоочередных объектов окончательной изоляции радиоактивных отходов, включая проектно-изыскательские работы (Красноярский край, Нижне-Канский массив)» (цитирую по Введению, Том 9н, ОВОС «Обоснования инвестиций», см. далее п. 4);

КОНЦЕПЦИЯ ФЦП ЯРБ-1, V. Сроки и этапы решения проблемы программно-целевым методом. Первый этап (2008-2010 годы) - выполнение ПРЕДПРОЕКТНЫХ (В.К., – разведка не выполнена, здесь и далее комментарии мои) и проектных работ по строительству опытно-промышленного объекта окончательной изоляции высокоактивных отходов. Второй этап (2011-2015 годы) - завершение строительства опытно-промышленного объекта окончательной изоляции высокоактивных радиоактивных отходов (В.К., – не выполнено). Терминология: объект окончательной изоляции (не соответствует терминологии Законов «Об обращении с радиоактивными отходами» и «О недрах»), подземная исследовательская лаборатория (ПИЛ) не упоминается.

2. Первая лицензия Роснедр КРР № 01696 ТП на геологическое изучение недр (ГИН) непосредственно и изначально заданного участка «Енисейский» (установленной площадью 64,14 кв. км) была выдана 26.12.2006 (пользователь недр ГХК, Горно-химический комбинат Росатома). К 2008 году пробурена всего одна скважина 1-Е, достигшая глубины целевого интервала. ГИН установленным порядком еще не было, а целевой интервал среди прочего уже был задан.

3. Разработана и утверждена «Декларация о намерениях» строительства объекта окончательной изоляции РАО (2008 год, участок «Енисейский»). Ранее (2002 год) была разработана и утверждена другая «Декларация о намерениях» относительно строительства на другом участке вне промышленной территории Железногорска.

4. Обоснование инвестиций «Строительство первоочередных объектов окончательной изоляции радиоактивных отходов (Красноярский край)» (2010-2011 годы, ОВОС, сайт ФГУП «НО РАО», национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами). В разделах «Содержание» и «Обозначения и сокращения» оперируют только терминами «объект

окончательной изоляции РАО» и ПГЗРО, ПИЛ не упоминается. На рис. 2.2 убедительно показано окружение обводненными юрскими отложениями Западно-Сибирской низменности «гнейсового полуострова» промышленной территории ГХК/Железногорска с площадкой ПГЗРО.

5. Протокол ГКЗ (Государственной комиссии по запасам) Роснедр (оценочная стадия ГИН, 2012 год, рекомендована разведка). ОВОС по теме «Строительство первоочередных объектов окончательной изоляции радиоактивных отходов, включая проектно-изыскательские работы (Красноярский край)», 2012 год (В.К., см. ФЦП ЯРБ-1, п. 38). Терминология: объект окончательной изоляции, ПИЛ не упоминается.

6. Положение об определении порядка и сроков создания единой государственной системы (ЕГС) обращения с радиоактивными отходами (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 19 ноября 2012 г. N 1185). Пункт 2. Создание единой государственной системы обращения с радиоактивными отходами предусматривает взаимодействие следующих субъектов, осуществляющих деятельность в области обращения с радиоактивными отходами (взаимодействующими субъектами не обозначены напрямую Роснедра и Росприроднадзор?). Пункт 4. ...На третьем этапе (до 1 января 2021 г.) создается система захоронения высокоактивных радиоактивных отходов, ..., в том числе: ...вводятся в эксплуатацию объекты подземной исследовательской лаборатории для проведения исследований с целью подтверждения безопасности создания пункта глубинного захоронения высокоактивных радиоактивных отходов (не выполнено).

7. Схема территориального планирования в области энергетики (2013 год, отношение к проблеме захоронения РАО - ?).

8. Лицензия Роснедр КРР 15864 ЗП с целевым назначением: геологическое изучение и оценка пригодности Енисейского участка для строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых (ФГУП «НО РАО», 2015 год, полное соответствие вида пользования недр ст. 6 п. 2 Закона «О недрах»).

Согласно п. 3.2.1 Условий пользования недрами, являющихся Приложением № 1 к лицензии КРР 15864 ЗП, пользователь недр был обязан обеспечить разработку и утверждение проектной документации на геологическое изучение участка недр, предусматривающей этап опытно-промышленного захоронения радиоактивных отходов в выбранный пласт-коллектор архейских отложений (письмо Росгеолэкспертизы № ДН-03/3828 от 17.03.2023).

9. ФЦП ЯРБ-2 разработана в соответствии с поручением Председателя Правительства Российской Федерации от 2 июня 2014 г. № ДМ-П7-4107р. Концепция Программы

утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 апреля 2015 г. № 760-р, а сама Программа — постановлением Правительства Российской Федерации от 19 ноября 2015 г. № 1248.

Новости Программы от 28.04.2023. Журналисты и эксперты посетили площадки реализации ФЦП ЯРБ в городе Железногорске. С. Пешков: «В первую очередь мы создаем научный объект для проведения исследований. Только после того, как ученые дадут положительное заключение, а затем пройдут публичные обсуждения, будет принято решение о сооружении ПГЗРО (В.К.: и ПИЛ, и ПГЗРО должны были быть введены в эксплуатацию до 1 января 2021 г., см. выше п.п. 1 и 6). Сейчас наша основная задача – организовать строительные работы в рамках проекта создания ПИЛ». См. также: «Общая информация о проекте создания ПИЛ: объем РАО – 5 тыс. куб. м, строительный объем – 142 тыс. куб. м».

Кстати, а лицензия от Роснедр на пользование недрами для строительных работ в рамках проекта создания ПИЛ имеется? На сайте Национального оператора она отсутствует.

10. Материалы обоснования лицензии (МОЛ) на размещение и сооружение не относящегося к ядерным установкам пункта хранения РАО, создаваемого в соответствии с проектной документацией на строительство объекта окончательной изоляции РАО (Красноярский край, Нижне-Канский массив) в составе подземной исследовательской лаборатории (включая материалы оценки воздействия на окружающую среду), МОЛ-2015. В.К., несоответствие вида пользования недр ст. 6 п. 4 Закона «О недрах».

11. Положительное заключение государственной экологической экспертизы по МОЛ-2015, утвержденное приказом Росприроднадзора от 07.12.2015 № 994.

12. Протокол ГКЗ Роснедра № 4523-пс от 03-02-2016, наиболее полное на сегодня рассмотрение ГКЗ геологических данных поисковой, оценочной стадий ГРП и проектно-изыскательских работ для стадии «Проектная документация» - утверждение заключения государственной геологической экспертизы (рекомендованная деятельность – геологоразведка и опытно-промышленное захоронение РАО, не выполнено).

13. Распоряжение Правительства Российской Федерации № 595-р от 6-04-2016 «на право пользования недрами Енисейского участка для захоронения радиоактивных отходов» (В.К., несоответствие вида пользования недр ст. 6 п. 4 Закона «О недрах»), "в установленном порядке". Установленный порядок лицензирования в данном случае начинался с разработки Материалов обоснования лицензий МОЛ-2015 и Положительного заключения государственной экологической экспертизы по МОЛ-2015, но не исчерпывался ими.

Правительство Красноярского края, судя по письму Администрации Президента РФ № А26-02-99156691 от 27.09.2019 (Краевой радиозэкологический центр от 01.10.2019), по

обращению Минприроды, Росприроднадзора или распорядителя недр (Роснедра) согласования каких-либо документов, в том числе Распоряжения Правительства Российской Федерации от 6 апреля 2016 г. № 595-р и лицензии Роснедр КРР 16117 ЗД (документы о праве пользования недрами для захоронения РАО), не осуществляло.

14. Лицензия Роснедр КРР 16117 ЗД от 22-07-2016, лицензируемая деятельность: «захоронение РАО» (см. пункты 9-13,). Несоответствие вида пользования недр ст. 6 п. 4 Закона «О недрах». Вид пользования недрами «захоронение радиоактивных отходов» законом «о недрах» в юридическую практику недропользования не введен.

В материалах лицензии Роснедр КРР 16117 ЗД (со странным сроком действия, по результатам поисковой и оценочной стадий геологического изучения), вопреки правилам не обозначены выдавшие/согласовавшие разрешение на пользование земельным участком органы (Российский Федеральный Геологический Фонд, Сводный государственный реестр участков недр и лицензий, Информация о лицензии КРР16117ЗД, Наименование органа, выдавшего разрешение на пользование земельным участком – информация отсутствует, Наименование органа государственной власти субъекта Российской Федерации – информация отсутствует).

15. Документ научной поддержки ДНП-5-3476-2016 (НТЦ ЯРБ, Научно-технический центр ядерной и радиационной безопасности) «Экспертное заключение об обосновании деятельности по размещению пункта хранения радиоактивных отходов».

Технические задания к экспертизам 2015-2016 годов базируются на Законе «Об использовании атомной энергии», включают экспертизу ядерной безопасности и проходят через Управление Ростехнадзора по регулированию безопасности объектов ядерного топливного цикла, ядерных энергетических установок судов и радиационно-опасных объектов.

Напомним, что все это для объекта, «не относящегося к ядерным установкам», к которому как бы (<https://proza.ru/2022/02/13/1032>; <https://proza.ru/2021/05/31/1284>; <https://proza.ru/2022/02/22/1827>; <https://proza.ru/2022/05/08/256>) по этой причине можно не применять ряд геотехнических норм, регулирующих вопросы размещения установок.

Кроме того, НТЦ ЯРБ, согласно ГОСТ ИСО Р 17020:2012, не является органом независимой экспертизы. Тем более, НТЦ ЯРБ не является органом независимой и компетентной экспертизы в сфере недропользования.

16. Лицензия Ростехнадзора ГН-01,02-304-3318 от 27-12-2016, лицензируемая деятельность: «размещение и сооружение пункта хранения РАО» (полное название см. п. 10

настоящей статьи, несоответствие вида пользования недр ст. 6 п. 4 Закона «О недрах»). В «Отчете по экологической безопасности за 2022 год» (с. 16) лицензируемая деятельность ФГУП «НО РАО» уже: «размещение и сооружение подземной исследовательской лаборатории».

Сложносочиненное и изменчивое (!?) название этой лицензии не может опровергнуть факт, что, по сути, выдана она НА ПОЛЬЗОВАНИЕ НЕДРАМИ, но не Роснедрами. С опорой на эту лицензию ведутся горные работы на участке «Енисейский» (ссылка в МОЛ-2022, с. 6, раздел «Аннотация»).

17. Стратегия [1] создания пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов (2018 год, год и терминология!).

Ссылаясь на рационализацию систем обращения с РАО при возможности внесения изменений в нормативно-правовые и концептуальные документы, не исключают [2] применимость работ на участке «Енисейский» в районе Железногорска по документу Стратегия для всех базовых вариантов заключительной стадии обращения с ОЯТ, включая и «реализацию различных компромиссных решений с зарубежными партнерами с целью исключения необходимости создания геологических объектов захоронения отходов в этих странах» («решения, если на них найдется спрос за рубежом»).

18. Комплексная программа исследований в обоснование долговременной безопасности захоронения РАО и оптимизации эксплуатационных параметров (2019 год).

19. Положение о научном руководителе работ по проекту создания ПГЗРО (ИБРАЭ РАН - Институт проблем безопасного развития атомной энергетики, утверждено приказом Госкорпорации «Росатом» № 1/1161-П от 05.10.2020).

20. В соответствии с лицензией КРР 16117 ЗД пользователем недр был составлен «Технический проект на строительство и опытно-промышленную эксплуатацию подземного сооружения, не связанного с добычей полезных ископаемых, на Енисейском участке Нижне-Канского массива (Красноярский край)» (ФГУП «НО РАО»), который был согласован протоколом Центральной комиссии по согласованию проектной документации на разработку месторождений подземных вод, строительство и эксплуатацию подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых (ЦКР-МПВ и ПС) от 25.03.2021 № 08-21/ПС сроком на 5 лет. Также указанным протоколом ЦКР-МПВ и ПС отмечена необходимость после завершения этапа опытно-промышленной эксплуатации и разведки по результатам выполненных работ представить материалы о геологической информации на государственную экспертизу в установленном порядке (письмо Минприроды № 11-50/3074-ОГ от 16.03.2023).

Лицензия КРР 16117 ЗД не может быть документом недропользования. О каком соответствии с ней можно писать? Смотри также п. 25 настоящей статьи. С другой стороны, состав работ данного пункта предусматривался еще лицензией Роснедр КРР 15864 ЗП (см. п.8). Правда, пользователь недр по лицензии КРР 15864 ЗП, к сожалению, мало работал и в 2019 году отозвал ее.

21. Материалы обоснования лицензии на сооружение не относящегося к ядерным установкам пункта хранения РАО (радиоактивных отходов), создаваемого в соответствии с проектной документацией на строительство объектов окончательной изоляции РАО (Красноярский край, Нижне-Канский массив) в составе подземной исследовательской лаборатории (включая предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду), МОЛ-2022. Документы общественного обсуждения МОЛ-2022, повторное (!) лицензирование, несоответствие вида пользования недр ст. 6 п. 4 Закона «О недрах».

22. Совместное заседание НТС 5 и НТС 10 Госкорпорации «Росатом» «исследование в обоснование безопасности захоронения рао 1, 2 классов на участке «енисейский» от 14.12.2022 (Радиоактивные отходы. 2023. № 1 (22). С. 118): предложено положительно оценить выполнение мероприятий в рамках Комплексной программы. Необходимая актуализация Стратегии и Комплексной программы геологоразведку и анализ новых вызовов безопасности в связи с диверсионно-террористическими действиями Украины на территории России не предусматривает.

23. Отсутствуют документы, фиксирующие функционирование системы мониторинга подземной гидросферы массива и массива в целом, которая должна была быть готовой и задействована для снятия фоновых характеристик участка до начала горных работ по созданию ПГЗРО.

24. Госконтракты ООО «Спецпроект» с ФГУП «НО РАО» / Росатомом: 1) на разработку проектной документации по строительству энергокомплекса и подземной исследовательской лаборатории (стоимость выполнения работ - 50 млн рублей, срок - до 31 декабря 2026 года); 2) на выполнение строительно-монтажных и горнопроходческих работ при сооружении ПИЛ за 4,2 млрд рублей до ноября 2028 года. Следует отметить, что контракты между этими хозяйствующими субъектами при суммарном бюджетном финансировании более 5 млрд рублей за последние 3 года привели к возбуждению уголовного дела за взятки в особо крупном размере [3].

Могли ли взятки как элемент системы управления не отразиться на качестве выполнения Енисейского проекта?



25. Лицензия Роснедр КРР0142223П с целевым назначением: геологическое изучение и оценка пригодности сопряженного с Енисейским участка для строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых. Недропользователь - ФГУП «НО РАО», 26.04.2023 год. Формальное соответствие вида пользования недр ст. 6 п. 2 Закона «О недрах», но несоответствие («сопряженного с Енисейским участка!») первоначально установленным параметрам (площади и контуру) участка «Енисейский» (см. п. 2 и п. 8 статьи), нормативным этапам ГИН и выдачи лицензии Роснедр КРР 16117 ЗД от 22-07-2016 на захоронение РАО.

Термин “участок «Енисейский» / Енисейский участок” вряд ли оправданно потерял однозначность: теперь он применен к объекту ГИН по лицензиям КРР № 01696 ТП, КРР 15864 ЗП и площадке подземного строительства (лицензия ГН-01,02-304-3318) / захоронения РАО (Распоряжение Правительства Российской Федерации № 595-р от 6-04-2016, лицензия КРР 16117 ЗД)? Появился и третий геологический объект – «сопряженный с Енисейским участок» (лицензия КРР0142223П)! Границы и площади (64,14 – 1, 75 кв. км) всех трех участков, естественно, свои.

Вольности в применении терминов (в том числе, терминов «лицензионный участок» и «действующая лицензия» без указания лицензионного вида пользования недрами) отмечены и при анализе обоснования закупки «Оказание услуг по внесению изменений в лицензию на пользование недрами с целью увеличения площади изучаемого участка для обеспечения мониторинга подземных вод в направлениях р. Енисей и р. Шумиха, с корректировкой проекта геологоразведочных работ» (<https://proza.ru/2022/05/21/5>).

С каким лицензионным участком, с какой действующей лицензией Роснедр, с каким разрешенным Роснедрами видом пользования недр «сопрягается» участок по лицензии КРР0142223П? Почему действующей лицензии КРР0142223П, как и лицензии КРР 16117 ЗД, нет по состоянию на 07.08.2023 на сайте ФГУП «НО РАО», если они безупречны по канонам недропользования?

26. Закупка Росатома 230623/0482/139 от 29.06.2023 «Выполнение работ по выделению этапа «ПИЛ» в проектной документации «Подготовка проектной документации по строительству объектов окончательной изоляции радиоактивных отходов» (Красноярский край, Нижне-Канский массив)». Полное несоответствие нормативным этапам работ: проектирование ПИЛ должно выполняться после завершения и по результатам геологоразведочной стадии ГИН (ГИН в должном объеме не завершены), но до лицензирования захоронения РАО (лицензия Роснедр КРР 16117 ЗД уже имеется) /

размещения, строительства и эксплуатации ПГЗРО (лицензия Ростехнадзора ГН-01,02-304-3318 уже имеется).

Смотри также Закупка Росатома 230807/0482/181 от 07.08.2023 «Выполнение работ по выделению этапа «ПГЗРО»...». Краевой радиоэкологический центр, 08.08.2023.

27. Определение по предварительному судебному заседанию Железнодорожного городского суда Красноярского края от 24.07.2023, Дело № 2а-1629/2023. Иск к Роснедрам. Истец – физическое лицо. Оспариваемые лицензия КРР 161173Д и предоставленное право пользования недрами для захоронения радиоактивных отходов в недрах участка «Енисейский» промышленной территории ЗАТО г. Железнодорожск. Производство по делу прекращено на единственном основании: «выдача лицензии для проведения работ по захоронению радиоактивных отходов, какие-либо права, свободы или законные интересы административного истца не ограничивает». Хотя в представленных Заявителем документах были обозначены такие, например, претензии: отсутствует объект захоронения, не проведены исследования, нет заключения о безопасности захоронения, нет геологического изучения недр, внесистемный вид пользования недрами, нарушение установленного порядка лицензирования.

С аналогичным основанием ранее прекращено делопроизводство по иску к Росприроднадзору, Дело № 2а-1131/2023. Постановление Железнодорожного городского суда от 15.05.2023.

Такое основание вряд ли устойчиво: сегодня оно принято, а завтра может быть отклонено либо отсутствовать совсем при смене Заявителя. В обоих случаях суд (по просьбе Ответчика, например, Отзыв Роснедр по Делу №: 2а-1629/2023) не доходит, к сожалению, до рассмотрения претензий к Енисейскому проекту по существу, что, с другой стороны, важно, так как сохраняет и усиливает надежду на правильность сути претензий.

Сейчас не редкость отстранение от рассмотрения СУТИ предполагаемых нарушений кого бы то ни было из причастных к делу (самостоятельное или принудительное) для разных уровней решения (разработки, исполнения или контроля) по ПГЗРО. Предполагаемых нарушений, прежде всего, Законов «Об обращении с РАО» и «О недрах». Такое отстранение применительно к Енисейскому проекту, вполне возможно, есть ПРОГРАММИРОВАНИЕ будущего серьезного вреда для окружающей среды, общества и государства, ограничения/бесспорного нарушения прав, свобод и законных интересов неопределенного круга лиц, возложения на них обязанностей по устранению последствий.

Оспаривать отстранение (самостоятельное нарушение?) участников Енисейского проекта, контролирующих законность недропользования организаций и должностных лиц

можно, видимо, в суде, опираясь, например, на ст. 40 КАС РФ. Поскольку законы принимаются и применяются для защиты интересов людей и государства, нарушение законов, если оно подтверждено судом, после этого само по себе не подлежащий сомнению, доказанный и уже возникший с момента нарушения законов ВРЕД государству и неопределенному кругу лиц, вряд ли для идентификации и искоренения требующий анализа его причинно-следственной связи с какой-либо конкретной ситуацией сегодняшнего дня и с каким-либо конкретным Заявителем.

Никому ведь в голову не придет, что ЗАКОНЫ «Об обращении с РАО» и «О недрах» - ВРЕД, а их НАРУШЕНИЕ – БЛАГО.

Дважды примененная Железногорским городским судом схема прекращения дел - не для вечной проблемы. Поэтому претензии к Енисейскому проекту не будут оставаться без рассмотрения вечно. Не нами сказано: «Время разбрасывать камни, и время собирать камни» (Еккл. 3:5).

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Видна по факту странной последовательности внесистемная (<https://proza.ru/2023/06/16/625>) схема работ (порядок получения права пользования недрами: от опережающего, без рассмотрения национальных альтернатив, назначения/решения еще лишь к ПЛАНам обоснования НАЗНАЧЕННОГО УЧАСТКА - стратегии, программе исследований долговременной безопасности и научному руководству, а не наоборот!), хроническая незаконченность геологического изучения недр (отсутствие геологоразведки по федеральным нормам) – первого, опережающего остальные этапы работ, шага обоснования безопасности захоронения РАО. То есть, по набору документов, собственно полное обоснование безопасности федерального ПГЗРО вряд ли есть.

Кроме того, налицо разночтения в трактовке вида пользования недрами, функции объекта.

Не все документы напрямую или косвенно относятся к регулированию недропользования и учитывают его каноны (соответствуют его нормам), как можно было бы ожидать, исходя из Закона «Об обращении с РАО» и Закона «О недрах». Официальный представитель Роснедр (сотрудник Роголэкспертизы!) в Отзыве по Делу №: 2а-1629/2023 за методическую базу принял именно сочетание Законов «Об обращении с РАО» и «О недрах», признание которой автор настоящей статьи не один год добивался в переписке и статьях (особенно настойчиво, в последний год после слушаний по МОЛ-2022). Правда, на деле в Отзыве (см. приложение) представитель Роснедр базу исказил. То есть, МОЛ-2015 и МОЛ-

2022, а также объяснения их методической базы с позиций Закона «О использовании атомной энергии», мягко говоря, слабы.

Поспешность и сумбурность оформления документов (особенно первоначальных, на базе геологической информации всего по одной «глубокой» скважине 1-Е). 2011-2012 годы: три документа с разными целями. Изменчивость планов и несоблюдение сроков.

Второй (в части захоронения РАО) этап ФЦП ЯРБ-1 не выполнен (2011-2015 годы) - завершение строительства опытно-промышленного объекта окончательной изоляции высокоактивных радиоактивных отходов. Как не выполнен и первый этап в части геологоразведки на предпроектной стадии работ. Как не выполнен и пункт 4 Положения об определении порядка и сроков создания ЕГС обращения с радиоактивными отходами (утверждено постановлением Правительства РФ от 19.11.2012 N 1185). Напрасно в письмах Роснедр № АГ-04-37/22488 от 31.10.2022, № АГ-04-37/27758 от 28.12.2022, № АГ-04-37/7456 от 28.03.2023 и Росгеолэкспертизы № ДН-03/3828 от 17.03.2023 акцентируют без учета сути планировавшихся этапов по ПГЗРО и результатов 2011-2015 годов: «Обращаем внимание, что работы на участке «Енисейский» проводились в рамках реализации ФЦП ЯРБ-1». Впрочем, не напрасно – дали повод внимательно смотреть документы.

Еще раз: участок выбран и обустраивается, имеется невыполнение федеральных законов, решений и планов, нет геологоразведки, обоснования безопасности ПГЗРО и других уже действующих объектов (в связи со строительством ПГЗРО) общей промышленной территории, многие ключевые разрешительные документы оформлены.

Не в полной мере и неадекватно их значению применены Закон «Об обращении с радиоактивными отходами» (ст. 12, п. 2; ст.13, п. 2) и Закон «О недрах» (ст. 6, п. 2 и п. 4; ст. 8; ст. 23, пункты 1,2,3,8), а также ряд пунктов подзаконных Актов «О недрах», что породило пренебрежение ключевыми в регулировании захоронения РАО-1,2 правилами недропользования. Намечается некая нормативно-правовая полуправда. Это обстоятельство не будет полезным. Отсутствие реакции на него противозаконно. И не исчезнет необходимость корректировать ситуацию.

В 2022-2023 годах авторы и исполнители Енисейского проекта **ВЫНУЖДЕННЫ** были вернуться к ГИН и проектным работам. Но по-прежнему «не замечают» обозначенные ранее [4] принципиальные/ключевые ошибки и претензии ныне к конкретным документам. Не исключено, что в такой ситуации в следующие тридцать лет для многих в России тема ПГЗРО станет жизненно важной и они поймут: законные основания пользоваться в центре страны недрами промышленной территории оборонного ЗАТО Железногорск для захоронения федеральных (как минимум) РАО категорий 1,2 вряд ли были и есть.

Историческая аналогия – негативные изменения социального восприятия гражданской атомной отрасли после Чернобыля. Сегодняшняя аналогия - «Взрыв на ЗОМЗ (Загорском оптико-механическом заводе): Преступная халатность довела до трагедии. Россия ведет боевые действия, а на военном заводе проходной двор», «Расстрелять за амбаром: эксперт о пиротехнике на заводе в Сергиевом Посаде». «Свободная пресса» — российское общественно-политическое интернет-издание, 9 и 10 августа 2023 года.

Интересными, надо думать, получились уже первые двадцать лет многогранной истории Российского ПГЗРО. Для обеспечения многофакторной (военной и экологической) безопасности страны, приближения начала и снижения итоговой стоимости захоронения РАО – 1, 2 было бы полезным в условиях нынешней геополитической обстановки рассмотреть дополнительно варианты создания федеральных ПГЗРО на базе инфраструктуры существующих приграничных подземных горнодобывающих комплексов вблизи г. Краснокаменск и п. Никель/г. Заполярный.

Ростехнадзор явил пример опасного и с многочисленными нарушениями лицензирования РУ БРЕСТ («Экспертиза безопасности РУ БРЕСТ-ОД-300», сайт Проатом от 03.07.2023; 19.07.2023, «ПОСТСКРИПТУМ»). Не хотелось бы, чтобы Роснедра, идя по такому же, чреватому тяжёлыми и наказуемыми последствиями, пути при лицензировании ПГЗРО, брали бы на себя и чужие грехи.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия создания пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов // Радиоактивные отходы. 2018. № 2 (3). С. 114—120.
2. Линге И.И. О рационализации систем обращения с РАО и обеспечения радиационной безопасности // Радиоактивные отходы. 2023. № 2 (23). С. 21—34.
3. Петербургский "Спецпроект" создаст ПСД строительства подземной лаборатории Росатома в Красноярском крае (<https://www.interfax-russia.ru/siberia/news/peterburgskiy-specproekt-sozdast-psd-stroitelstva-podzemnoy-laboratorii-rosatoma-v-krasnoyarskom-krae>); Откаты нашли в отходах (<https://www.kommersant.ru/doc/6135492>).
4. Комлев В.Н. Принципиальные ошибки обоснования ядерного могильника России // Горно-геологический журнал. 2022. № 3-4 (71-72). С. 38-43.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### ВОЗРАЖЕНИЯ и ХОДАТАЙСТВА

**В связи с ОТЗЫВОМ Федерального агентства по недропользованию от 21.07.2023**  
(письмо представителя Роснедра от 21.07.2023, Дело № 2а-1629/2023)

#### КРАТКИЕ ВОЗРАЖЕНИЯ ПО СУЩЕСТВУ (соответственно ключевым тезисам Отзыва) ПО ВИДУ ПОЛЬЗОВАНИЯ НЕДРАМИ

I. Стр. 2, абзац 4: «...недра предоставляются в пользование, в том числе для строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых, в том числе подземных сооружений для захоронения радиоактивных отходов».

II. Стр. 2, абзац 5: «...основанием возникновения права пользования недрами для строительства и эксплуатации подземных сооружений для захоронения радиоактивных отходов, отходов производства и потребления I и II классов опасности является решение Правительства Российской Федерации».

Стр.4, абзац 7: «Как уже отмечалось ранее, абз. 3 п. 1 ч. 1 ст. 10.1 Закона РФ «О недрах», **право пользования недрами для строительства и эксплуатации подземных сооружений для захоронения радиоактивных отходов**, отходов производства и потребления I и II классов опасности возникает на основании решения Правительства Российской Федерации».

III. Стр. 2, абзац 6: «Так, распоряжением Правительства Российской Федерации от 06.04.2016 № 595-р ФГУП «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами» предоставлено **право пользования недрами** Енисейского участка Нижне-Канского массива, расположенного на территории Красноярского края, **для захоронения радиоактивных отходов в глубоких горизонтах**».

IV. Стр. 2, абзац 9: «...**пользование недрами** Енисейского участка Нижне-Канского массива **для захоронения радиоактивных отходов в глубоких горизонтах**».

V. Стр. 2, абзац 10: «Федеральное агентство по недропользованию **в установленном порядке** выдало ФГУП «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами» лицензию КРР 16117 ЗД на **право пользования участком недр с целевым назначением и видами работ захоронение радиоактивных отходов**».

#### ОБЩЕЕ ВОЗРАЖЕНИЕ по пунктам I-V

**Лицензия Роснедр КРР 16117 ЗД от 22-07-2016 (лицензируемая деятельность: «захоронение РАО») НЕ ЯВЛЯЕТСЯ ДОКУМЕНТОМ НА ПРАВО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ. Причина – ее несоответствие по виду пользования недр статье 6 п. 4 Закона «О недрах». Вида пользования недрами «захоронение радиоактивных отходов» НЕТ в статье 6 Закона «О недрах».**

С другой стороны, в тексте Отзыва в привязке к лицензии Роснедр КРР 16117 ЗД использование вида пользования недр «**для строительства и эксплуатации подземных сооружений для захоронения радиоактивных отходов**» не соответствует тексту лицензии. Нельзя в Отзыве произвольно отождествлять один вид пользования недрами с другим.

**Сформированная последовательность цитат по пунктам I-V в контексте вида пользования недрами НЕ МОЖЕТ БЫТЬ подтверждением законности лицензии Роснедр КРР 16117 ЗД.**

#### ПО УСТАНОВЛЕННОМУ ПОРЯДКУ ЛИЦЕНЗИРОВАНИЯ

V. Стр. 2, абзац 10: «Федеральное агентство по недропользованию **в установленном порядке** выдало ФГУП «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами» лицензию КРР 16117 ЗД на **право пользования участком недр с целевым назначением и видами работ захоронение радиоактивных отходов**».

Дополнение.

III. Стр. 2, абзац 6: «Так, распоряжением Правительства Российской Федерации от 06.04.2016 № 595-р ФГУП «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами» предоставлено **право пользования недрами** Енисейского участка Нижне-Канского массива, расположенного на территории Красноярского края, **для захоронения радиоактивных отходов в глубоких горизонтах**».

**Официальный текст распоряжения № 595-р начинается словами «Предоставить в установленном порядке».**

#### ВОЗРАЖЕНИЕ по пункту V

**На момент выдачи** лицензии Роснедр КРР 16117 ЗД от 22-07-2016 **установленный порядок** предусматривал (в частности):

- Оформление по результатам экспертизы ГИН **лицензии на пользование недрами** (Роснедра, Закон «Об обращении с РАО» - ст. 12 п.2, 13 п.2 и Закон «О недрах» - ст. 6 п.4) при учете ст. 8 Закона «О недрах» (**ограничения и запреты пользования недрами**) и ст. 23 Закона «О недрах» (п. 1, **соблюдение установленного законодательством порядка** предоставления недр в пользование и недопущение самовольного пользования недрами; п. 2, **обеспечение полноты геологического изучения**, рационального комплексного использования и охраны недр; п. 3, **проведение опережающего геологического изучения** недр, обеспечивающего достоверную оценку... свойств участка недр, предоставленного в пользование в целях, не связанных с добычей полезных ископаемых; п. 8, **предотвращение загрязнения недр** при проведении работ, связанных с использованием недрами, особенно при подземном... захоронении отходов I-V классов опасности) – главное условие;

- Указание (ст. 12. Закон «О недрах») в лицензии на пользование недрами **вида** (соответственно ст. 6 Закона «О недрах») **пользования недрами**;

- Согласование решения Правительства Российской Федерации **с органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации**, территория которых будет использоваться для целей захоронения радиоактивных отходов и токсичных веществ (Методические указания Минприроды по лицензированию пользования недрами для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых от 1998 г., п. 1.7);

- Предоставление **Заключения государственной экологической экспертизы в отношении материалов обоснования лицензий (МОЛ) на осуществление отдельных видов деятельности**, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, в соответствии с законодательством Российской Федерации в области использования атомной энергии, пункты 3(1) и 3(2) **ПОЛОЖЕНИЯ О РАССМОТРЕНИИ ЗАЯВОК НА ПОЛУЧЕНИЕ ПРАВА ПОЛЬЗОВАНИЯ НЕДРАМИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ**

ОТХОДОВ И ОТХОДОВ I – V КЛАССОВ ОПАСНОСТИ В ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТАХ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ЛОКАЛИЗАЦИЮ ТАКИХ ОТХОДОВ, утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 22 декабря 2004 г. № 827 (в ред. постановлений Правительства Российской Федерации от 22.04.2009 № 351, от 15.06.2009 № 486, от 22.10.2014 № 1090, от 09.04.2016 № 285). МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, СБОРНИК НОРМАТИВНЫХ АКТОВ «ЛИЦЕНЗИРОВАНИЕ ПОЛЬЗОВАНИЯ НЕДРАМИ», ВЫПУСК 48, 2021, с. 31-34.

Не соблюдены в должном формате, согласно Закону «О недрах», фиксирование вида пользования недрами участка «Енисейский», этапы работ по лицензированию и созданию ПГЗРО, стадийность предпроектного изучения геологических условий, порядок получения права пользования недрами. ФГУП «НО РАО» Заключение ГЭЭ по МОЛ для вида деятельности «захоронение радиоактивных отходов» лицензии Роснедр КРР 16117 ЗД не имеет.

**Аргументы по пункту V не могут быть подтверждением законности лицензии Роснедр КРР 16117 ЗД в контексте установленного порядка лицензирования.**

#### ПО ГЕОЛОГИЧЕСКОМУ ИЗУЧЕНИЮ

VI. Стр.3, абзац 4: «...выдаче лицензии КРР 16117 ЗД предшествовали геологическое изучение и оценка пригодности Енисейского участка для строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых».

VII. Стр.3, абзац 6: «...по своим геологическим, гидрогеологическим, тектоническим и сейсмическим условиям Енисейский участок является потенциально пригодным для **глубинного захоронения радиоактивных отходов**».

VIII. Стр.3. Абзацы 7-10. Сведения о необходимости проектирования размещения РАО, о правилах проектирования и экспертизы геологического изучения недр. Стр.4. Абзацы 2-4. Подготовлен и согласован в 2021 г. «Технический проект на строительство и опытно-промышленную эксплуатацию подземного сооружения, не связанного с добычей полезных ископаемых на Енисейском участке Нижне-Канского массива (Красноярский край)», предполагающий, что на первом этапе его реализации будут построены основные сооружения подземной исследовательской лаборатории (ПИЛ).

#### ОБЩЕЕ ВОЗРАЖЕНИЕ по пунктам VI, VII, VIII

Изучали на поисковой и оценочной стадии ничтожную часть участка «Енисейский» «для строительства и эксплуатации», сделали заключение о «потенциальной пригодности для глубинного захоронения радиоактивных отходов», выдали проект на подземное строительство. **К чему вся эта «информация», если замалчивается важнейший на момент выдачи лицензии Роснедр КРР 16117 ЗД от 22-07-2016 и по сей день факт? Опережающая проектирование своевременная геологоразведочная стадия ГИН на площади всего участка «Енисейский» для размещения и строительства федерального ПГЗРО не реализована вопреки Закону «О недрах», Методическим рекомендациям Минприроды по обоснованию выбора участков недр для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых (от 2007 года) и Методическим указаниям Минприроды по лицензированию пользования недрами для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых (от 1998 года), а также рекомендациям ГКЗ (от 2012 и 2016 годов), экспертизы ФБУ «НТЦ ЯРБ» (от 2016 г.) и отдельных профильных специалистов. Локальные горнопроходческие работы при сооружении ПИЛ не могут заменить разведку участка недр, предназначенного для захоронения РАО с опасностью до миллиона лет.**

**Аргументы по пунктам VI, VII, VIII НЕ МОГУТ БЫТЬ подтверждением законности лицензии Роснедр КРР 16117 ЗД. В 2023 г. вынужденное возобновление ГИН на расширенной территории (лицензия Роснедр КРР0142223П) и фактически лишь начало проектирования ПИЛ (закупка Росатома 230623/0482/139 от 29.06.2023 «Выполнение работ по выделению этапа «ПИЛ» в проектной документации...по строительству объектов окончательной изоляции радиоактивных отходов...») при отсутствии лицензий Роснедр на пользование недрами для строительства ПИЛ и ПГЗРО дополнительно подтверждают, что для выдачи лицензии Роснедр КРР 16117 ЗД («для захоронения РАО») в 2016 г. должных оснований не было.**

#### ДРУГИЕ ВОЗРАЖЕНИЯ ПО СУЩЕСТВУ ОТЗЫВА

IX. Вводные абзацы (стр.1; стр.2, абз. 1-3) и абзацы с информацией самого общего плана (стр.2, абз. 7,8,11; стр.3, абз. 1,2,3) **НЕ МОГУТ БЫТЬ подтверждением законности лицензии Роснедр КРР 16117 ЗД.**

X. Стр.3, абзац 5: «...работы на Енисейском участке проводились в рамках реализации Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 г. и на период до 2015 г.»».

Второй этап **ФЦП ЯРБ-1 не выполнен (2011-2015 годы)** - завершение строительства опытно-промышленного объекта окончательной изоляции высокоактивных радиоактивных отходов. Как не выполнен и первый этап в части геологоразведки на предпроектной стадии работ. Как не выполнен и пункт 4 Положения об определении порядка и сроков создания ЕГС обращения с радиоактивными отходами (утверждено постановлением Правительства РФ от 19.11.2012 N 1185).

Тезис по п. X (ссылка на невыполненные на момент лицензирования планы!) **НЕ МОЖЕТ БЫТЬ подтверждением законности лицензии Роснедр КРР 16117 ЗД.**

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ВОЗРАЖЕНИЯМ

**Отзывом Роснедр от 21.07.2023 СУТЬ требований Ф.В. Марьясова (абзац 2 стр. 1 и абзац 2 стр.2 Отзыва) НЕ ОПРОВЕРГНУТА. Требования Ф.В. Марьясова обоснованы и подлежат удовлетворению.**

**Лицензия КРР 16117 ЗД должна быть аннулирована.** Роснедра должны в установленном порядке выдать взамен другую (другие) лицензию (лицензии) **на пользование недрами.**

**Важно, что в настоящее время законная лицензия на пользование недрами участка «Енисейский» для подземного строительства отсутствует.**

#### ХОДАТАЙСТВА

Просьба предоставить для изучения Заявителем перечень приложенных ФГУП «НО РАО» к заявке в Федеральное агентство по недропользованию документов.

Просьба предоставить для изучения Заявителем упомянутый в Отзыве приказ Федерального агентства по недропользованию от 15.07.2016 № 453 об оформлении, государственной регистрации и выдаче ФГУП «НО РАО» лицензии на пользование недрами Енисейского участка Нижне-Канского массива для захоронения радиоактивных отходов в глубоких горизонтах.

В связи с поздним представлением Отзыва Роснедр на Исковое заявление Ф.В. Марьясова, просьба дать дополнительное время, чтобы сделать аргументированный правовой анализ этого Отзыва, а также дополнительно чётко и грамотно парировать аргументы оппонентов.

В.Н. Комлев, 23.07.2023



## ПОЛЬЗА И ОПАСНОСТЬ ШУНГИТОВ

### **Криночкина О.К.**

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

### **Мамина Д.Х.**

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

### **Володина А.А.**

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

## **АННОТАЦИЯ**

Работа посвящена изучению особенностей шунгитов как адсорбентов токсичных элементов. Для этого были проведены полевые, лабораторные и экспериментальные исследования. В процессе полевых работ были опробованы шунгитовые породы и поверхностные воды в пределах месторождений Шуньга, Загогино и Максово, расположенных в Медвежьегорском районе Южной Карелии. Образцы коренных пород и поверхностных вод, исследовались методами масс-спектрометрии (ИГЕМ РАН). На основании анализов оценивались возможности выщелачивания различных элементов. Результаты показали принципиальную возможность применения метода выщелачивания для утилизации шунгитовых отвалов и попутного извлечения ценных рудных элементов.

## **КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА**

Шунгит, выщелачивание, Карелия, горнопородные отвалы.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Исследования проводились с целью показать возможности применения выщелачивания для обезвреживания и утилизации горнопородных отвалов (шунгитсодержащих пород), образующихся при разработке месторождений Шуньга и Максово (Карелия, Медвежьегорский район), а также предупредить о том, что наряду с неоспоримой пользой шунгита, его применение без надлежащего контроля опасно для жизни и здоровья.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

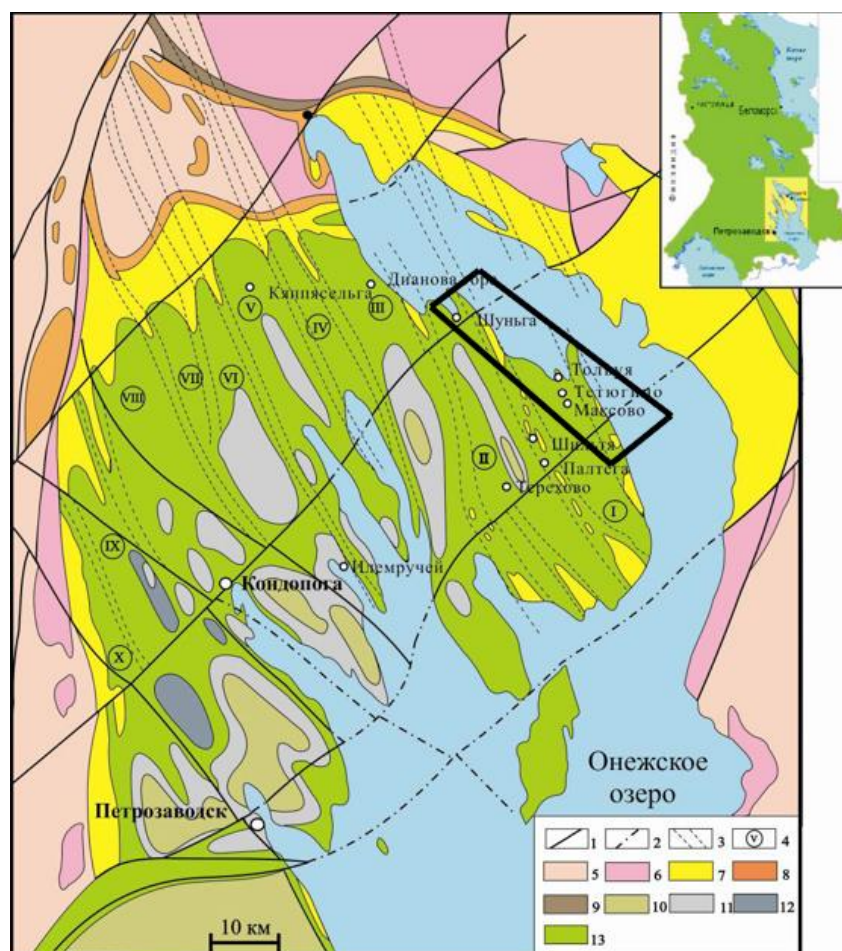
Материалами исследования послужили полевые наблюдения, проведенные на месторождениях Шуньга, Максово и Загогино и экспериментальные данные (опыты) на образцах, отобранных в процессе полевых работ. Были опробованы шунгитовые породы и поверхностные воды упомянутых месторождений. Все образцы коренных пород и поверхностных вод, исследовались методами масс-спектрометрии (ИГЕМ РАН). После опытов растворы анализировали методом тем же методом и ААС. На основании анализов оценивалась степень выщелачивания различных элементов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Объект исследования расположен в Карелии, Медвежьегорском районе. В районе населенного пункта Максово в настоящий момент ведется разработка шунгита открытым способом. На рисунке 1 представлена схематическая геологическая карта района, на которую вынесен объект исследования. Из рисунка следует, что объект находится в пределах Толвуйской складчатой структуры и сложен, в основном, породами нижнего протерозоя, преимущественно заонежской свиты.

Итак, шунгит – горная порода, сформировавшаяся в протерозое и состоящая в основном из углерода и кремнезёма. Причем углерод имеет фуллереновую структуру, что обуславливает, очевидно, его уникальные сорбционные и бактерицидные свойства [1, 2]

Это одна из древнейших горных пород нашей планеты. Свое название шунгит получил в 1887 году, когда в южно-карельском поселке Шуньга впервые было обнаружено единственное в мире крупное месторождение этой уникальной породы.



**Рисунок 1.** Схематическая геологическая карта района исследования.

Условные обозначения: 1–2 – транс- и межблоковые разломы: 1 – установленные, 2 – предполагаемые под акваторией озера; 3 – зоны тектонических нарушений; 4 –

синклинальные структуры 2-го порядка: I – Толвуйская, II – Хмельозерская, III – Мягрозерская, IV – Кедрозерская, V – Ватнаволоцкая, VI – Илемсельгско-Мянсельгская, VII – Тивдийская, VIII – Кондопожская, IX – Задельская, X – Сунская; 5–6 – архейские супракристалльные породы и гранитоиды: 5 – лопийский и саамийский комплексы, нерасчлененные, 6 – верхнеархейские плагиомикроклиновые и микроклиновые граниты; 7–13 – складчатые структуры, сложенные вулканогенно-осадочными породами карельского комплекса нижнего протерозоя: 7–8 – ятулийский надгоризонт: 7 – туломозерская свита, 8 – янгозерская и медвежьегорская свиты, 9 – сариолийский надгоризонт (кумсинская и пальеозерская свиты), 10 – вепсийский надгоризонт (шокшинская, петрозаводская и вашозерская свиты), 11 – калевийский надгоризонт (нижняя подсвита падосской свиты, кондопожская, нигозерская и мунозерская свита), 12–13 – людиковийский надгоризонт: 12 – суйсарская, 13 – заонежская свита [3].

В 1714 году Петр I основал в Медвежьегорском районе курорт, в пределах рудного поля исследуемых авторами месторождений шунгитов, который получил название «Марциальные воды». Считается, что, узнав об уникальных антисептических свойствах, которым обладал камень, Петр приказал каждому из своих солдат носить кусочек шунгита в походных ранцах. Опуская в котелки с водой кусочки камня (в те времена он назывался аспидным камнем), солдаты получали свежую, обеззараженную воду [4].

В результате проведенных исследований, совместно с представителями Института экспериментальной минералогии РАН (ИЭМ РАН), было установлено, что шунгитовые породы Заонежья накапливают такие малые элементы как Sc(1.2), V(2.3), Cr(1.7), Co(1.5), Ni(3.0), Cu(6.1), Zn(2.3), As(30.1), Mo(5.0), Ag(3.7), Cd(16.4), Sb(2.3), Pb(1.9), U(5.8). Числа в скобках – соотношение содержания элемента в шунгитах к значению кларка (по Виноградову) данного элемента в земной коре. Высокие значения коэффициентов накопления в шунгитах токсичных элементов, говорит о том, что при длительном нахождении их на дневной поверхности, происходит окисление, содержащихся в них сульфидов. Последние при взаимодействии с водой образуют серную кислоту, которая иммобилизует многие тяжелые металлы.

Также воздействию кислот подвержены редкоземельные элементы (РЗЭ). Поэтому природные воды обогащены и РЗЭ [5]. Тот же эффект наблюдается при выщелачивании в лабораторных условиях

## **ВЫВОДЫ**

На основе представленных данных экспериментального и полевого изучения шунгитов, можно сделать вывод о принципиальной возможности применения метода выщелачивания для утилизации шунгитовых отвалов и попутного извлечения ценных рудных элементов.

Кроме того, следует учесть, что, т.н. «лежалые» отвалы представляют собой повышенную опасность для окружающей среды, т.к. установлено [6], что из них выносятся подвижные элементы, такие как As, Cd, Be, U и многие другие

## ЛИТЕРАТУРА

1. Тютиков С. Ф. Редкоземельные элементы и фуллерен C<sub>60</sub> в Забогинском шунгите и их влияние на патогенную микрофлору // Проблемы загрязнения объектов окружающей среды тяжелыми металлами: труды международной конференции, Тула, 28–30 сентября 2022 года. Тула: Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого. 2022. С. 259-263.
2. Гречкин П. В. Фуллерены в шунгитовых материалах: история и перспективы применения в наноиндустрии // Юность и знания - гарантия успеха -2021: Сборник научных трудов 8-й Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Курск, 16–17 сентября 2021 года / Отв. редактор А.А. Горохов. Том 3. Курск: Юго-Западный государственный университет. 2021. С. 251-255.
3. Филиппов М.М., Дейнес Ю.Е. Субпластовый тип месторождений шунгитов Карелии // Кар НЦ РАН. 2018. 262 с.
4. Пономарев А. П. Горная порода шунгит – физико-химические и биологические свойства [Электронный ресурс]: монография // Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. Владимир: Изд-во ВлГУ. 2020 –179 с.
5. Котельников А. Р., Ахмеджанова Г. М., Сук Н. И., Котельникова З. А., Мартынов К.В., Белоусова Е. О., Криночкина О. К., Ананьев В. В. Изучение шунгитового вещества и состава поверхностных вод шунгитовых месторождений Заонежья // Шунгитовые породы Карелии: геология, строение, инновационные материалы и технологии «шунгит-2020–2021»  
Материалы конференции с международным участием, 29 июня – 1 июля 2021 г., Петрозаводск. С.33-36.
6. Вдовина О.К., Лаврусевич О.К., Мелентьев Г.Б. и др. Химический состав фракций обломочного материала горнопородных отвалов и хвостохранилищ как основа оценки потенциальной геоэкологической опасности районов деятельности горнорудных предприятий // Вестник МГСУ. 2014. №12. С. 152-161.

## ПРОБЛЕМА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕРОЯТНОСТНЫХ МЕТОДОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ОПАСНОСТИ КАРСТОВО-СУФФОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И РАЗМЕРОВ ВОРОНОК В МОСКВЕ

**Кочев А.Д.**

*- кандидат геолого-минералогических наук., директор по науке – главный геолог, ООО «Институт Транспроектинжиниринг», 109145, г. Москва, ул. Привольная, д. 2, к. 5*

### **АННОТАЦИЯ**

Представлены новые детальные сведения о карстово-суффозионных воронках, образовавшихся в г. Москве. Анализ данных о воронках, инженерно-геологических условий и природы их образования показал следующее: 1) активизация карстово-суффозионных процессов в г. Москве была вызвана мощными откачками из трещинно-карстовых вод; 2) количество воронок недостаточно для формирования репрезентативных выборок для проведения статистической обработки; 3) распределение значений параметров воронок не отвечает нормальному или логнормальному закону; значения диаметров воронок варьируют от 1,5 до 53,0 м.; 4) карстово-суффозионные воронки развивались в разных геолого-гидрогеологических условиях, определяющих во многом размеры воронок; 5) для половины воронок не определены даты их образования; отсутствовала многолетняя наблюдательная сеть за развитием воронок.

Выявленные закономерности позволяют сделать вывод о том, что применение некоторых вероятностных методов (вычисление показателя интенсивности провалообразования, определение параметров расчетного пролета) не представляется корректным и не является обоснованным.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** карстово-суффозионные воронки, интенсивность провалообразования, расчетный пролет, распределение значений параметров воронок, откачки из трещинно-карстовых вод.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Во второй половине прошлого столетия резко активизировались случаи образования карстово-суффозионных воронок (КСВ), что большинством специалистов связывается с проведением мощных откачек из трещинно-карстовых вод [1–4 и др.], вызванных интенсивной работой ряда водозаборов и особенно водозабора, расположенного на территории Курчатовского института. При этом были деформированы и впоследствии разрушены пять жилых зданий; все жильцы этих домов были своевременно эвакуированы, никто не пострадал. Деформация зданий протекала не катастрофично, постепенно, что связано с относительно медленным ростом КСВ в отличие от мгновенных провалов [1, 4, 5].

### **ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ КАРСТОВО-СУФФОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В МОСКВЕ**

Общеизвестные 42 КСВ образовались на северо-западе г. Москвы на площади порядка 11 км<sup>2</sup>. Все они приурочены к третьей (ходынской) надпойменной террасе р. Москвы, в

палеогеоморфологическом отношении тяготеют к доледниковой долине, а некоторые из них – к пересечению юрской и доледниковой долин [1, 2, 4, 5]. По мнению многих специалистов, первые случаи образования КСВ зафиксированы в конце 1950–60-х гг.

Как видно из рис. 1, распределение воронок г. Москвы во времени является полинормальным. Следует добавить, что достаточно четко время образования определено лишь для 20 из 42 воронок, т.е. только у половины. Для других же даты установлены приблизительно, часто со слов местных старожилов.



**Рисунок 1.** Гистограмма времени образования КСВ

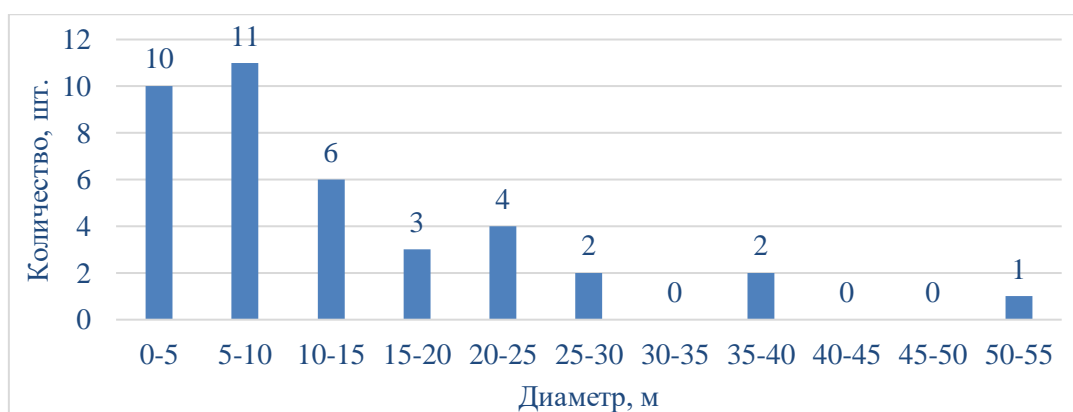
Карстово-суффозионные процессы (КСП) вызваны техногенными факторами (откачками из трещинно-карстовых вод), что практически исключает использование вероятностно-статистических методов для оценки их опасности, используя показатель интенсивности провалообразования [6], поскольку производимые откачки не носят закономерного характера и их проведение связано лишь с потребностями технологических процессов. Таким образом, вероятность развития КСП всецело зависит от периодов проведения откачек. Кроме того, общее количество воронок (42 шт.) крайне мало для статистической обработки, а достоверно установленных с точки зрения генезиса образования еще меньше (14 шт.). Для проведения стохастических расчетов важно определить минимальный объем выборки [7], а также число интервалов группирования значений для построения гистограмм, используя соответствующие формулы, например, Стерджеса. Ориентировочно оцененный минимальный объем выборки для значений диаметров КСВ для математико-статистической обработки должен составлять не менее 80, что вызвано большим разбросом значений их диаметров (от 1,5 до 53,0 м). Поэтому можно оперировать лишь понятиями «среднеарифметические значения», а не «среднестатистические». К

некорректности применения показателя интенсивности провалообразования можно добавить неопределенность количества КСВ в г. Москве, временного периода их образования и выбора оцениваемой площади распространения КСП [1, 8–12 и др.], т.е. всех основных составляющих, необходимых для расчета. Сюда следует отнести и отсутствие «систематической регистрации случаев образования провалов на определенной площади» [6].

Это серьезно затрудняет оценку опасности территории по возможности развития КСП в г. Москве и направляет исследования на более детальное изучение инженерно-геологических условий с привлечением комплекса геофизических методов [3, 13, 14]. Такой же подход был сформулирован несколько позже в работе [6], в п. 5.92 которой указано, что на территориях городов «требуется расширить комплекс применяемых методов и увеличить объемы работ по изучению условий и закономерностей развития карста, выявлению и оценке его подземных проявлений и механизма провалообразования, а оценка устойчивости дается **ориентировочно** по результатам выполненных исследований с использованием выявленных закономерностей и метода аналогии».

Во многих работах указано, что распределение размеров КСВ зачастую отвечает логнормальному закону [6, 15 и др.]. Однако иногда распределение имеет полимодальный характер. В таких случаях «выясняются причины их появления, которые могут быть связаны с различиями в условиях и механизме формирования провалов и воронок, и, соответственно, с наличием нескольких морфогенетических типов...» [6, п. 5.93].

На рис. 2 показано распределение диаметров КСВ, в котором отмечается два максимума со значениями 5–10 и 20–25 м. Это предполагает необходимость поиска причин такого полимодального распределения.



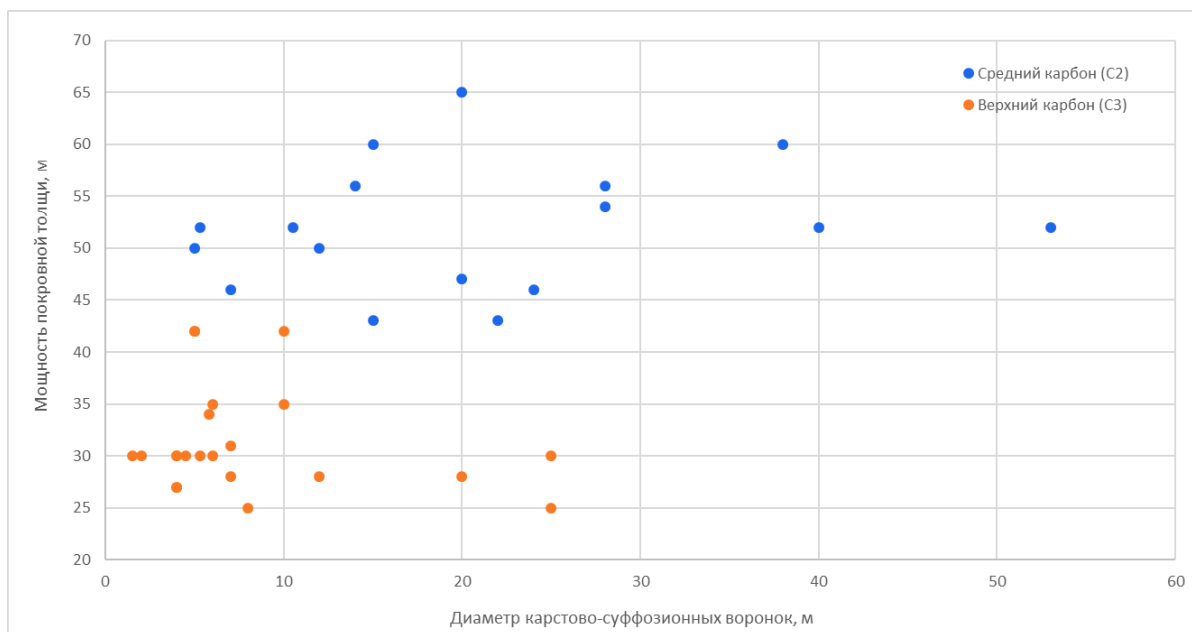
**Рисунок 2.** Гистограмма распределения диаметров КСВ

Глубина залегания первой карстующейся толщи карбонатных пород варьирует в пределах значений 25–65 м, при среднем 41,4 м. Зависимость диаметра КСВ от мощности

покровной толщи, включающей и мощность разделяющих относительно водоупорных глин, показана на рис. 3. Как видно из этого рисунка, такая зависимость отсутствует: коэффициент корреляции заметно менее 0,5. Более того, все значения были разбиты на две выборки:

1) покровная толща покоится на породах среднекаменноугольного возраста (подольско-мячковские известняки) (синие точки на графике);

2) покровная толща покоится на породах верхнекаменноугольного возраста, на так называемом «слоеном пироге», т.е. на переслаивающихся глинистых и закарстованных карбонатных породах (оранжевые точки на графике).



**Рисунок 3.** Зависимость диаметра КСВ от мощности покровной толщи

Если рассматривать отдельно эти две выборки, также не обнаружено сколько-нибудь значимой зависимости значений диаметров от мощности залегающей на карбонатном массиве мезо-кайнозойской толщи. Интересно отметить, что на рис. 3 легко обнаруживается четкая граница между этими массивами значений. Их отдельный анализ позволяет установить, что среднеарифметическое значение диаметра первой выборки составляет 21,0 м, второй – 8,2 м, а среднее значение всех диаметров воронок в г. Москве – 13,8 м. Важно добавить, что отмеченная закономерность проявила себя и на гистограмме распределения диаметров воронок (см. рис. 2), где наблюдается два максимума со значениями диаметров первого в интервале 5–10 м и, соответственно, второго – 20–25 м, что в целом аналогично вычисленным средним значениям для разных условий образования КСВ относительно строения каменноугольных отложений. Объяснить такую закономерность несложно. В случае образования КСВ в условиях присутствия в разрезе переслаивания верхнекаменноугольных глинистых и карбонатных пород некоторое сопротивление для



выноса песчанного материала создают глинистые слои, кроме того, степень закарстованности карбонатных пород для таких условий заметно ниже, соответственно, ниже и эффективная пустотность. Как следствие, диаметры воронок почти в 3 раза меньше.

В связи с этим объединять все значения диаметров КСВ в одну выборку для статистических прогнозных расчетов некорректно. Аналогичное мнение сформулировано в работах [6, 15, 12, 16 и др.]. Из сказанного следует и то, что возможность образования КСВ в г. Москве и степень их опасности (включая диаметры КСВ) не зависят от мощности покровной толщи, как, например, в Республике Башкортостан, согласно ТСН 302-50-95 РБ «Инструкция по изысканиям, проектированию, строительству и эксплуатации зданий и сооружений на закарстованных территориях».

Это легко объясняется тем, что главным образом возможность развития КСП зависит от частоты и силы гидродинамического и аэродинамического давления, связанного с проведением мощных откачек из трещинно-карстовых вод и способствующего постепенному разрушению защитных глинистых отложений, а размеры воронок – от объема песчаного материала, который способен принять закарстованный массив, точнее от эффективной пустотности карбонатной толщи [17].

Попытки использовать показатель интенсивности провалообразования и расчетный пролет карстового провала для оценки опасности КСП в г. Москве говорят о том, что не учитываются региональные особенности развития карста и КСП [18, 19]. Нельзя автоматически переносить методы, апробированные в некоторых районах России, на всю ее территорию.

## **ВЫВОДЫ**

1. Приведены уточненные сведения о параметрах КСВ в г. Москве, средние диаметры, распределение их значений. Диаметры воронок меньше в 3 раза (средние диаметры 8,2 и 21,0 м для двух выделенных выборок) на участках, где развиты верхнекаменноугольные породы (так называемый «слоеный пирог»); средний диаметр всех воронок – 13,8 м.

2. Анализ времени введения в эксплуатацию крупных водозаборов подтвердил природу КСП, связанную с мощными откачками циклического характера. Вероятность образования КСВ определяется главным образом временем проведения таких откачек.

3. Небольшое количество КСВ в г. Москве (отсутствие репрезентативных объемов выборок), полимодальный характер распределения их параметров, отсутствие многолетней наблюдательной сети, а для половины КСВ – точных дат образования, не позволяют использовать рассматриваемые вероятностные методы для оценки опасности развития КСВ

(вычисления показателя интенсивности провалообразования и определения расчетного пролета карстового провала).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аникеев А.В. Провалы и воронки оседания в карстовых районах: механизмы образования, прогноз и оценка риска. М.: РУДН, 2017. 325 с.
2. Кожевникова В.Н. Особенности механизма образования просадок и провалов в результате изменений гидрогеологических условий закарстованных территорий // Прогноз изменения гидрогеологических условий застраиваемых территорий: сб. науч. тр. ПНИИИС. М.: Стройиздат, 1980. С. 116–132.
3. Кочев А.Д., Чертков Л.Г., Зайонц И.Л., Афанасьев В.Ю. Методика и результаты комплексного изучения карстово-суффозионных процессов в г. Москве // Инженерная геология. 1989. № 6. С. 77–94.
4. Чертков Л.Г. Карстовые и суффозионно-провальные явления на территории г. Москвы и методика их инженерно-геологического изучения: автореф. дис. ... канд. геол.- мин. наук. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 1984. 16 с.
5. Кочев А.Д. Природа и механизм карстово-суффозионных процессов на территории г. Москвы и совершенствование методики их инженерно-геологического изучения: дис. ... канд. геол.-мин. наук. М.: МГРИ им. С. Орджоникидзе, 1990. 169 с.
6. Саваренский И.А., Миронов Н.А. Руководство по инженерно-геологическим изысканиям в районах развития карста. М.: ПНИИИС, 1995. 167 с.
7. Калинин Э.В. Инженерно-геологические расчеты и моделирование. М.: Изд-во МГУ, 2006. 256 с.
8. Елкин В.А. Оценка карстовой опасности при инженерных изысканиях: обзор российских нормативных технических документов // Инженерные изыскания. 2018. Т. XII, № 11–12. С. 12–24.
9. Катаев В.Н., Ерофеев Е.А. Краткий исторический обзор теоретического и практического опыта применения вероятностно-статистических методов в карстоведении // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 1. С. 477–490.
10. Кочев А.Д., Чертков Л.Г., Зайонц И.Л. Карстово-суффозионные процессы на территории г. Москвы и проблема оценки их опасности // Инженерная геология. 2018. Т. 13, № 6. С. 24–32.
11. Кропоткин М.П. Оценка опасности карстового провалообразования – детерминированная или стохастическая? // Инженерные изыскания. 2018. Т. XII, № 9–10. С. 12–26.
12. Хоменко В.П. Нормативная оценка карстовой опасности: кризисная ситуация // Геотехнические проблемы проектирования зданий и сооружений на карстоопасных территориях: материалы рос. конф. с междунар. участием. Уфа: Изд-во ГУП институт «БашНИИСтрой», 2012. С. 240–245.
13. Кочев А.Д. Опыт изучения механизма образования карстово-суффозионной воронки в условиях крупного города // Проблемы изучения техногенного карста: тез. докл. регион. совещ. Кунгур, 1988. С. 78–79.
14. Кочев А.Д., Чертков Л.Г., Зайонц И.Л. К вопросу инженерно-геологического районирования территории северо-запада г. Москвы по степени опасности развития карстово-суффозионных процессов // Инженерно-геологические задачи современности и методы их решения: материалы науч.-практ. конф. М.: Геомаркетинг, 2017. С. 24–40.
15. Толмачев В.В., Ройтер Ф. Инженерное карстоведение. М.: Недра, 1990. 152 с.
16. Щербаков С.В., Катаев В.Н., Золотарев Д.Р., Ковалева Т.Г. Поверхностные деформации в условиях покрытого карста: комплексирование методов оценки морфометрических параметров в инженерных целях // Инженерная геология. 2018. Т. XIII, № 6. С. 10–23.
17. Кочев А.Д. Изучение механизма образования карстово-суффозионных воронок в г. Москве // Инженерная геология. 2021. Т. XVI, № 4. С. 34–45.
18. Кочев А.Д. Региональный подход при проведении инженерно-геологических изысканий на закарстованных территориях // Теория и практика современной карстологии и спелеологии: материалы Междунар. науч.-практ. конф., III Крымские карстол. чтения. Симферополь: Изд-во Крымского федер. ун-та им. В.И. Вернадского, 2021. С. 62–67.
19. Кочев А.Д., Аникеев А.В., Богданов М.И. и др. Учет региональных особенностей при разработке СП «Инженерные изыскания для строительства на закарстованных территориях. Общие требования» // Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации: материалы докл. XIV Общерос. науч.-практ. конф. М.: Геомаркетинг, 2018. С. 720–721.

## ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ «БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД»

### **Суздалева А.Л.**

- доктор биологических наук, профессор, Национальный исследовательский университет «МЭИ», 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д.14, стр. 1.

### **Слесарев М.Ю.**

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

### **Сметанин И.А.**

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

### **АННОТАЦИЯ**

Значительная часть опасных процессов и явлений, возникающих на территории городов, обусловлена геоэкологическими аспектами градостроительной деятельности и работой объектов жилищно-коммунального хозяйства. Для предотвращения этих угроз внедрение аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» должно включать организацию геоэкологического мониторинга.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** градостроительная деятельность, жилищно-коммунальное хозяйство, геоэкологический мониторинг, умный город, чрезвычайная ситуация.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Высокие темпы урбанизации и рост плотности населения в городах неизбежно сопровождаются увеличением различных рисков для здоровья и жизни людей [1, 2]. Причины, обуславливающие развитие этих тенденций, носят многоплановый характер. К ним одновременно можно отнести ухудшение криминогенной обстановки в крупных городах и высокий уровень угрозы для жизни при возникновении чрезвычайных ситуаций (ЧС) как техногенного, так и природного характера. Возникает необходимость разработки системного подхода к защите населения от различного рода опасных воздействий. С этой целью Приказом Правительства РФ № 2446-р от 03.12.2014 г. утверждена Концепция построения и развития аппаратно-программного комплекса (АПК) «Безопасный город» (АПК «Безопасный город») (далее – Концепция).

Совокупность условий, в которых существует городское население, обозначается в Концепции как среда обитания. В качестве угроз ее безопасности рассматривается весьма обширный комплекс природных, техногенных и социально-политических явлений. Причиной многих из них являются различные геоэкологические аспекты человеческой деятельности, вызывающие изменение структуры и свойств окружающей среды на урбанизированных территориях. Разработка методов их контроля и предупреждения

негативных последствий является одной из задач, решение которой необходимо для реализации Концепции АПК «Безопасный город».

## **МЕТОДЫ**

Общий подход к разработке мер по снижению рисков возникновения на урбанизированных территориях различного рода опасных процессов и явлений сформулирован в разработанном МЧС РФ документе «Методические рекомендации АПК «Безопасный город»: построение (развитие), внедрение и эксплуатация» (утв. Приказом №2-4-87-12-14 от 22.02.2015 г.). АПК «Безопасный город» представляет собой высокотехнологичный комплекс средств автоматизации, который служит основой для создания информационной системы, обеспечивающей прогнозирование, мониторинг, предупреждение и ликвидацию возможных угроз, а также контроль устранения последствий чрезвычайных ситуаций и происшествий на территории муниципального образования. Практическое решение этих задач предполагается осуществить путем создания единой дежурно-диспетчерской службы (ЕДДС), которая должна обеспечивать автоматизацию консолидированной работы всех муниципальных и экстренных служб. Данная идея может быть реализована только при условии оперативно поступления и передачи информации (сигналов) о возникновении различного рода угроз. Но источники и методы получения данных, характеризующих социально-политическую обстановку и состояние городской среды, как и меры по их предупреждению (ликвидации) принципиально различаются. Возникновение большинства угроз криминального и конфликтного характера, а также угроз, обусловленных катастрофическими природными явлениями и производственными авариями, устанавливается на основе сообщений городских жителей и работников предприятий. Их оперативная ликвидация может быть обеспечена передачей ЕДДС соответствующих сигналов силовым структурам и аварийным службам. В отличие от этого предупреждение опасных процессов и явлений, обусловленных трансформацией структуры и свойств городской среды, требует организации геоэкологического мониторинга. Данный метод следует рассматривать как одно из основных направлений формирования информационной базы ЕДДС.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

В зарубежной литературе проекты, близкие по своим целям к АПК «Безопасный город», обозначаются как создание «умного города» (smart city) [3]. Данный термин возник как аналог понятия «умный дом», под которым, как правило, понимается малоэтажное

элитное жилое здание с автоматически регулируемой внутренней средой и возможностью вербального управления обстановкой, включающее комплексное бытовое обслуживание. Аналогичным образом в качестве основного достижения в области создания «умных городов» рассматривается использование искусственного интеллекта в организации дорожного движения и функционирования объектов городской инфраструктуры. Однако обеспечение безопасных условий жизни в городах представляет более сложную задачу. Прежде всего это связано с тем, что значительная часть существующих угроз ни в настоящий момент, ни в обозримом будущем не может быть устранена путем дистанционного управления ситуацией в режиме «онлайн». Для устранения многих угроз требуется превентивно осуществляемый сбор информации о факторах, способных вызвать их развитие. Ликвидация этих факторов, большинство из которых можно рассматривать как геоэкологические аспекты человеческой деятельности, обеспечивает предупреждение опасных событий.

В широком понимании геоэкологические аспекты – это любые действия (элементы деятельности), которые оказывают или могут оказать воздействие на структуру и свойства окружающей среды [4]. Если эти явления способны вызвать принципиальное изменение ее характера, вызвать необратимые последствия они обозначаются как значимые геоэкологические аспекты.

Большая часть природных, техногенных, экологических и биолого-социальных управленческих (операционных) угроз, перечисленных в Концепции, прямо или косвенно обусловлена различными геоэкологическими аспектами градостроительной деятельности и работы объектов жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ). Значимое воздействие на состояние окружающей среды могут оказывать и геоэкологические аспекты других организаций, функционирующих на урбанизированных территориях, например, обслуживающих железнодорожные и энергетические сети.

Примеры причинно-следственной связи между указанными в Концепции угрозами и геоэкологическими аспектами определенных видов деятельности весьма многочисленны и разнообразны. Такие природные угрозы как подтопление территории; образование провалов, просадок, оползней, обвалов земной поверхности, развитие эрозионных процессов в городах практически всегда тесно связаны с процессами формирования их геологической среды, например, разжижением грунтов в результате протечек из систем канализации и водоснабжения [5]. Геоэкологическими аспектами строительной деятельности и функционирования объектов городской инфраструктуры непосредственно обусловлено подавляющее большинство и перечисленных в Концепции техногенных угроз. Так,

обрушение элементов транспортных коммуникаций, производственных и непромышленных сооружений во многих случаях вызвано не ошибками, допущенными при их строительстве и эксплуатации, а обусловлено проседанием земной поверхности, спровоцированной геоэкологическими аспектами других форм городского строительства, например, изменением свойств горных пород при прокладке подземных тоннелей.

Возникновение биолого-социальных угроз на территории городов также может быть связано с геоэкологическими аспектами градостроительной деятельности и городского благоустройства. Например, источники распространения инфекционных заболеваний могут возникать в результате образования техногенных скоплений вод, образующихся при недостаточном внимании к отведению поверхностного стока на участках с измененным рельефом [6]. Ухудшение санитарно-эпидемиологической обстановки происходит при размножении различных нежелательных организмов (насекомых, грызунов, птиц) на участках так называемых долгостроев [7].

Геологические аспекты различных видов деятельности, осуществляемой на территории городов, являются причиной и некоторых указанных в Концепции управленческих (операционных) угроз. Примером явлений подобного рода служит переполнение хранилищ (свалок) и распространения накопленных на них отходов на участки городской застройки. Данное явление следует рассматривать как один из геоэкологических аспектов ЖКХ. Предотвращение этой угрозы среде обитания городского населения должно основываться не на периодической расчистке загрязненных участков, а на сигнале о прогнозируемом переполнении хранилища (свалки), за которым неизбежно должно последовать принятие соответствующих мер.

Если отслеживанию подобных геоэкологических аспектов градостроительной деятельности, работы ЖКХ, функционирования других организаций и разработке оперативных действий по предупреждению (ликвидации) обусловленного ими комплекса угроз не будет уделяться необходимого внимания, то реализация Концепции АПК «Безопасный город» превратится в создание на базе муниципальных управлений еще одной службы, дублирующей работу полиции и органов МЧС. Чтобы изменить положение необходимо включить в АПК «Безопасный город» организацию геоэкологического мониторинга, программа которого предполагает:

- идентификацию значимых геоэкологических аспектов всех видов деятельности, осуществляемых на городской территории;
- определение тенденций развития, спровоцированных ими процессов трансформации окружающей среды;

- установление характера возникающих в результате этого угроз для среды обитания населения;

- оповещение ЕДДС о возникновении угрозы.

В соответствии с положениями раздела 6 «Методических рекомендаций» геоэкологический мониторинг может осуществляться в рамках работы АПК «Безопасный город» на основе договоров с научными организациями.

## **ВЫВОДЫ**

1. Основным фактором возникновения значительной части угроз, перечисленных в официальных документах, определяющих развитие АПК «Безопасный город», являются геоэкологические аспекты градостроительной деятельности и функционирования объектов ЖКХ.

2. Для предотвращения этих угроз необходимо внедрение в Концепцию АПК «Безопасный город» геоэкологического мониторинга.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Иванова Э.М. Проблемы безопасного города через призму социологического исследования // Угрозы и безопасность. 2008. № 4(25). С. 56-63.
2. Зацаринный А.А., Сучков А.П. Целеполагание в аппаратно-программном комплексе «Безопасный город»: задачи и реалии // Безопасность в чрезвычайных ситуациях «Технологии гражданской безопасности». 2020. Т. 17. № 3(65). С. 69-74.
3. Gracias J.S., Parnell G.S., Specking, E., Pohl E.A., Buchanan R. Smart Cities – A Structured Literature Review // Smart Cities. 2023 No. 6. Pp. 1719-1743. <https://doi.org/10.3390/smartcities6040080>.
4. Суздалева А.Л. Гидротехнические методы и геоэкологические аспекты создания искусственных земельных участков и искусственных островов из строительных отходов // Гидротехническое строительство. 2020. № 5. С. 43-49.
5. Суздалева А.Л. Вторая геология – наука о техногенных телах литосферы: монография. М.: РадиоСофт, 2022. 584 с.
6. Суздалева А.Л., Горюнова С.В., Безносков В.Н. Техногенные скопления вод: экологические проблемы и пути их решения // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия экология и безопасность жизнедеятельности. 2015. № 4. С. 107-113.
7. Яковлева И.Ю., Суздалева А.Л. Объекты незавершенного строительства как фактор формирования городской среды // Вестник евразийской науки. 2023. Т. 15. № 1. URL: <https://esj.today/PDF/25NZVN123.pdf>

## О МЕТОДАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТНЫХ КАРСТОВЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ

### **Борейша Е.В.**

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

### **Ранов И.И.**

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

В 2018 году внимание общественности привлек карстовый провал в Нижегородской области близ деревни Неледино. В период с 2018 по 2023 год был выполнен мониторинг данного провала с использованием современных геодезических методов.

Появление карстового провала глубиной более 40 метров в полутора километрах к северо-востоку от села Неледино, Шатковского района, для карстоведов Нижегородской области явилось всего лишь «внезапной закономерностью», так как он произошел между двумя группами близкорасположенных старых карстовых воронок.

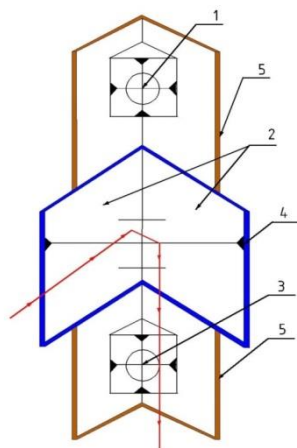
Следует отметить, что многие исследователи считают, что использование современных вероятностно-статистических и (или) аналитических методов для оценки карстовой опасности, сдерживается из-за недостаточности объективных исходных данных при инженерных изысканиях, что в свою очередь, объясняется недостаточностью их финансирования и большими трудозатратами. Для оценки карстоопасности берут то, что есть на картах (площадь, диаметр), а вот объем, глубина и крутизна поверхности воронок по картам недоступна.

Одним из способов преодоления этого препятствия, в части оценки карстовой опасности по геометрическим параметрам поверхностных проявлений, связано с использованием современных высокопроизводительных методов измерений, таких как воздушная и наземная фотограмметрическая съемка, наземное и воздушное лазерное сканирование, а также топографическая съемка цифровыми лазерными тахеометрами.

В 2018 году сотрудниками «Дзержинской карстовой лаборатории», несмотря на опасность нахождения в зоне обрушения бровки провала, получены геометрические характеристики включающие диаметр верхней бровки, диаметр горловины полости разрушения известкового свода и его глубину, а так же глубину залегания обрушенного материала, что позволило ориентировочно вычислить объем обрушившейся породы 8 тыс куб. м. [1]

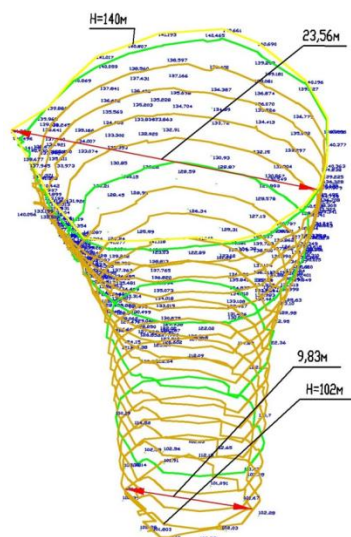


Для детализации и возможности более точной оценки осенью 2018 г авторами было принято решение о выполнении съемки электронным тахеометром внутренней поверхности Нелединского карстового провала. Однако из опыта работы и анализа литературных источников было выявлено что, съемка стенок глубоких карстовых шахт стандартной аппаратурой не может быть качественно и безопасно выполнена геодезическими методами съемки вследствие целого ряда причин [2]. Например, при наклоне вниз зрительной трубы всех электронных тахеометров на угол более  $40^\circ$  начинается виньетирование поля зрения трубы корпусом прибора, с потерей изображения объекта [3]. Для того чтобы выполнить съемку по всей глубине было сконструировано и использовано дополнительное устройство - двухзеркальный отражатель, рисунок1[4].



**Рисунок 1.** Двухзеркальный отражатель: 1-верхняя марка фиксации ребра двух зеркального отражателя; 2-двух зеркальный отражатель; 3-нижняя марка фиксации ребра двух зеркального отражателя; 4-метки для фиксации плоскости визирования; 5-основание двухзеркального отражателя.

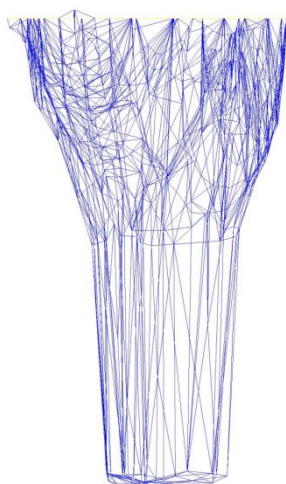
По результатам тахеометрической съемки с использованием данного устройства выполнена обработка полученных измерений и построена поверхность Нелединского провала (рис. 2)



**Рисунок 2.** Результаты съемки внутренней поверхности двухзеркальным отражателем, 2018год.

Горизонталы с сечением через 2метра построены по точкам снятым тахеометром Leica TS06 R400(2") через двух зеркальный отражатель [4].

Результаты тахеометрической съемки 2018 года были обработаны с использованием общедоступной программы Autodesk Auto CAD Civil 3D, данная программа аппроксимировала внутреннюю поверхность воронки треугольниками, которые видно на рис. 3.



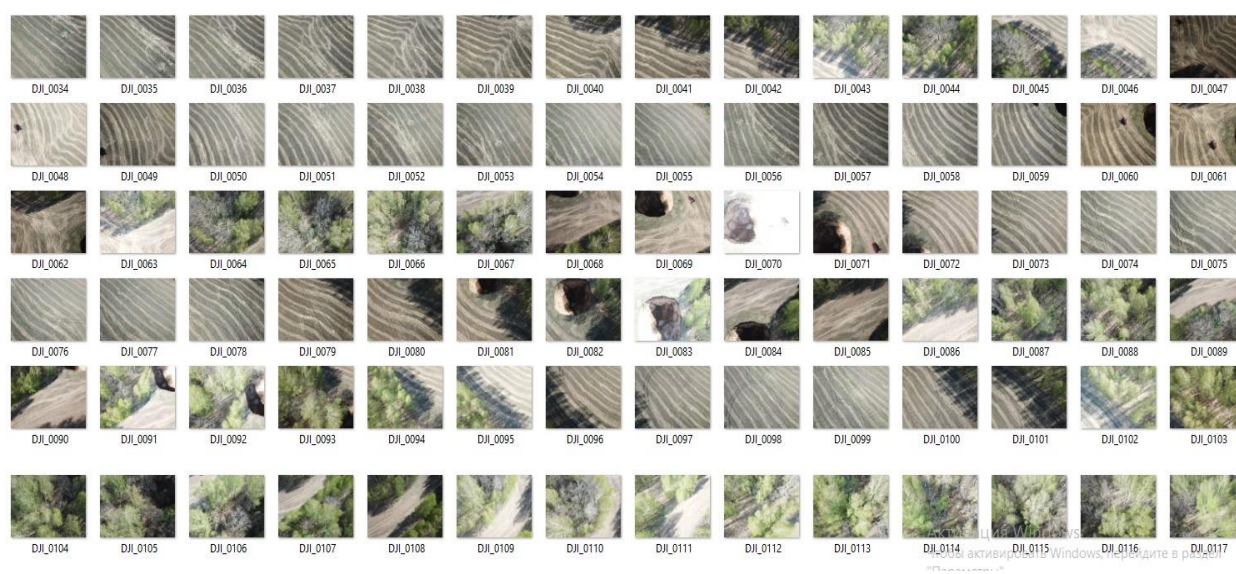
**Рисунок 3.** Результат аппроксимирования поверхности провала системы треугольников, по программе Autodesk Auto CAD Civil 3D 2018 год.

Для определения объема внутренней поверхности так же была использована программа Autodesk Auto CAD Civil 3D, из протокола вычисления объема (рисунок 4), объем составляет 6458.65 куб. м.

Статистика	Значение
Общие	
ТИП	
Объем	
Базовая поверхность	Поверхность 11
Поверхность сравнения	Поверхность 12
Коэффициент выемки	1.000
Коэффициент засыпки	1.000
Объем выемки (отрегулировано)	6458.56 Куб. м
Объем насыпи (отрегулировано)	0.04 Куб. м
Чистый объем (отрегулировано)	6458.52 Куб. м <Выемка >
Объем выемки (без поправок)	6458.56 Куб. м
Объем насыпи (без поправок)	0.04 Куб. м
Чистый объем (без поправок)	6458.52 Куб. м <Выемка >

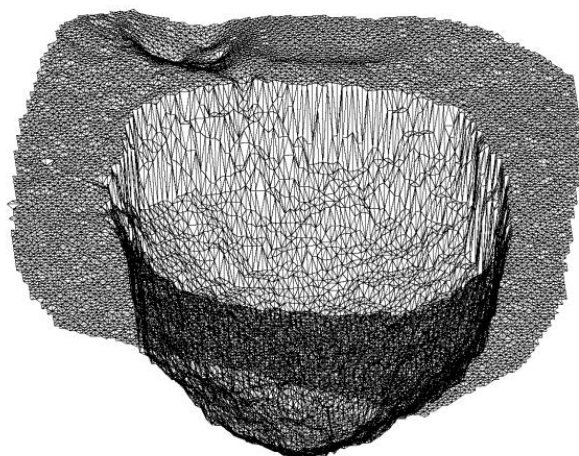
**Рисунок 4.** Протокол вычисления объема внутренней поверхности Нелединского провала, 2018 год.

Кроме тахеометрической съемки была выполнена маршрутно-площадная фотосъемка квадрокоптером. На рисунке 5 показано как выглядит массив раскадровки снимков (их более 200) снятых квадрокоптером на высоте 40 м. При фотосъемке на матрицу 12мегапикселей камерой с фокусным расстоянием объектива 28мм с высоты 40м получен масштаб 1:1470, размер пикселя на местности составляет 7мм, по стандарту BBC для изображения минимального элемента нужны 3 двойных линии, получаем разрешение изображения 42мм.



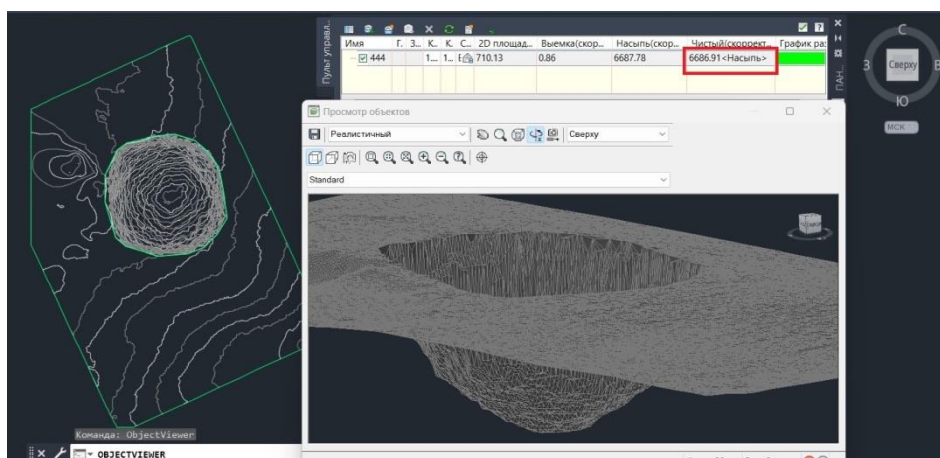
**Рисунок 5.** Массив раскадровки снимков маршрутно-площадной съемки.

Обработка результатов маршрутно-площадной фотосъемки квадрокоптером выполнялась с использованием программы AGISOFT PHOTOSCAN, в результате чего получена аппроксимированная поверхность провала в виде системы треугольников, рис. 6.



**Рисунок 6.** Результат аппроксимирования поверхности провала системы треугольников, по программе AGISO PHOTOSCAN.

Вычисление объема, полученной поверхности, представлено на рисунке 7.



**Рисунок 7.** Вычисление объема Нелединского провала по результатам маршрутно-площадной фотосъемки квадрокоптером.

Из протокола вычисления объема (рисунок 7) видно, что объем составляет 6686,91 куб.м. Объем по результатам съемки тахеометром 6458,56 куб м и объем по результатам маршрутно-площадной фотосъемки квадрокоптером 6686,91куб. м, их разница 228,35 куб. м, что составляет 3.5 %.

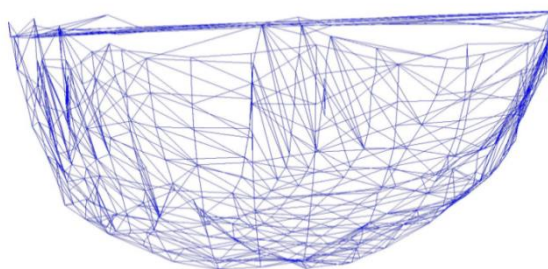
Для частоты эксперимента в апреле 2023 года была повторно выполнена съемка электронным тахеометром Leica TS06 R400 (2"). На рисунке 8, с борта провала видно дно воронки, которое нельзя было наблюдать тахеометром в 2018 году.





**Рисунок 8.** Состояние Нелединского провала, весна 2023 год

Результаты тахеометрической съемки 2023 года были обработаны по программе вычисления объемов, входящей в состав программы Autodesk AutoCAD Civil 3D данная программа аппроксимировала внутреннюю поверхность воронки треугольниками, рисунок 9. Согласно протоколу, вычисления объема внутренней поверхности, рисунок 10, объем внутренней поверхности Нелединского провала составляет 6175.61 куб. м учитывая достоверность определений выполненные в 2018 г можно сделать заключение, что за период до 2023 года объем карстовой воронки изменился не более чем на 325 куб. м это менее чем 4%



**Рисунок 9.** Результат аппроксимирования поверхности провала системы треугольников, по программе Autodesk AutoCAD Civil 3D, 2023 год

Статистика	Значение
Общие	
TIN	
Объем	
Базовая поверхность	Поверхность1
Поверхность сравнения	Поверхность6
Коэффициент выемки	1.000
Коэффициент засыпки	1.000
Объем выемки (отрегулировано)	6175.61 Куб. м
Объем насыпи (отрегулировано)	0.27 Куб. м
Чистый объем (отрегулировано)	6175.34 Куб. м <Выемка>
Объем выемки (без поправок)	6175.61 Куб. м
Объем насыпи (без поправок)	0.27 Куб. м
Чистый объем (без поправок)	6175.34 Куб. м <Выемка>

**Рисунок 10.** Протокол вычисления объема внутренней поверхности Нелединского провала, 2023 год

В этот же период, в апреле 2023 была выполнена съемка Нелединского провала методом наземного лазерного сканирования. При обработке материала сканирования программой Trimble real works 12.0м было получено изображение внутренней поверхности провала с очень высокой детальностью рисунок 11.



**Рисунок 11.** Результат съемки Нелединского провала, выполненной в 2023 году методом наземного лазерного сканирования.

## Отчет о расчете объема

Имя пользователя: admin

Дата: Thu Jun 8 20:35:17 2023

Имя проекта: неледино яма 1

Линейные единицы измерения: Миллиметр  
Координатная система: X, Y, Z

### GENERAL

Размер грида: 762 Колонок на 737 рядов  
DeltaX:50.000 mm  
DeltaY:50.000 mm  
X-диапазон:-34652.911 mm до 3447.089 mm  
Y-диапазон:-20484.729 mm до 16365.271 mm  
Z-диапазон:-15356.532 mm до 2344.628 mm

### ВЫРЕЗАТЬ & ЗАЛИТЬ ОБЪЕМ

Положительный объем: 37.429 m3  
Отрицательный объем: 6622.385 m3  
Положительный объем + отрицательный: -6584.955 m3  
Положительный объем + отрицательный: 6659.814 m3

### AREAS

Планарная зона (положительная часть): 219.512 m2  
Planar Area (Negative section): 831.413 m2  
Общая площадь: 1050.925 m2  
Comparison Area (Positive section): 253.287 m2  
Область сравнения (отрицательный раздел): 1648.258 m2

## Рисунок 12. Протокол вычисления объема Нелединского провала 2023 года по результатам съемки Нелединского провала методом наземного лазерного сканирования

Не смотря на резкое изменение формы воронки в период 2018г по 2023г изменение величины объема провала очевидно сопоставимо с расхождениями, связанными с погрешностями разных методов измерений. Но если учесть, что нормативная точность определения объемов в инженерной геодезии составляет 5% [5] величину наблюдаемого объема можно считать **постоянной**.

Итоги анализа применения современных геодезических методов исследования поверхностных карстовых проявлений:

Наиболее рациональным, результативным и перспективным, по нашему мнению, следует считать использование наземной и воздушной фотосъемки, показанное здесь в варианте съемки с квадрокоптера. Достоинствами этого метода являются высокая производительность, малые трудозатраты, высокая детальность при достаточной точности и умеренной стоимости аппаратуры и программного обеспечения.

В перспективе этого метода имеется возможность совместного использования не только их метрических, но и высоких изобразительных свойств современных фотоснимков. Это возможно путем одновременного измерения и геологического дешифрирования стереопар как воздушных, так и наземных фотоснимков при обработке их на аппаратуре программном обеспечении PHOTOMOD.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Из представленной работы можно сделать вывод, что использование описанных здесь методов позволяет более широко применять на практике показатели закарстованности, содержащие величины объемов поверхностных карстовых проявлений, что в конечном итоге повысит достоверность оценки карстовой опасности.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Леоненко М.В., Юргин О.В., Хоменко В.П., Лаврусевич А.А. Риск образования карста (на примере провала близ деревни Неледино Шатковского района Нижегородской области) // Материалы X Международной научно-практической конференции по проблемам снижения природных опасностей и рисков. Москва. Российский университет дружбы народов. 2018г. С.77-81
2. Ранов И.И. Устройство и способ съемки поверхности глубоко расположенных объектов шахтного типа // Москва. Журнал «Инновации и инвестиции». 2019. № 4. С.335-338.
3. Бебчук Л. Г., Богачев Ю. В., Заказнов Н. П. [и др.] ; «Прикладная оптика» ред. Заказнов Н. П. - 2-е изд., стер. СПб.: Лань. 2007. 311 с.
4. Борейша Е.В. Топографическая съемка внутренней поверхности карстовой шахты // Журнал «Разведка и охрана недр» 2020. № 9. с. 31-34.
5. СП 45.13330.2017. Свод правил. Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87" (утв. и введен в действие Приказом Минстроя России от 27.02.2017 N 125/пр) (ред. от 16.12.2021).



## **ВЛИЯНИЕ НАБУХАНИЯ ОКСФОРДСКИХ ГЛИН НА МЕХАНИЗМ ОПОЛЗНЕВОГО ПРОЦЕССА И РАЗРАБОТКУ МЕРОПРИЯТИЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА ФИЛИ-КУНЦЕВО**

**Орлова Н.А.**

*Младший научный сотрудник, Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук (ИГЭ РАН), 101000, г. Москва, Уланский переулоч, дом 13, строение 2, а/я 145*

**Карпенко Ф.С.**

*Заведующий лабораторией, к. геол.-мин. наук, Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук (ИГЭ РАН), 101000, г. Москва, Уланский переулоч, дом 13, строение 2, а/я 145*

**Прасолов А.А.**

*Старший инженер-геолог, ООО «Инженерная Геология и Геотехника», 119331, г. Москва, пр-кт Вернадского, дом 29*

### **АННОТАЦИЯ**

Изучение оползнеопасных участков характеризуется сложной комбинацией факторов, влияющих на достижение предельного равновесия склонов. В таких случаях даже незначительное изменение состояния грунтового массива может привести к возникновению и развитию оползневых процессов. Набухание глин оксфордского яруса верхней юры ОДГ оползней Московского региона может являться подобным фактором. Выявлено, что эти глины являются сильнонабухающими, а давление набухания достигает 52,6 кПа. Показано, что в случае скопления воды на поверхности глины становятся мягкопластичными, их прочностные характеристики снижаются, что вкупе с изменением НДС может привести к развитию оползней. Описаны рекомендации по расчётам и разработке мероприятий инженерной защиты оползней на примере участка Фили-Кунцево с учётом влияния набухания глин на поверхности скольжения.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** набухание, оползни, инженерная защита.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время в крупных городах в условиях плотной застройки осваиваются новые участки. Зачастую они характеризуются сложными инженерно-геологическими условиями, развитием опасных геологических и инженерно-геологических процессов, в том числе и оползневых. Определение механизма оползневого процесса и особенностей оползневых тел позволяет наиболее точно спрогнозировать возникновение и развитие оползней, а также наиболее рациональные мероприятия инженерной защиты. В этом случае актуальным становится изучение дополнительных факторов, влияющих на оползневой процесс, одним из которых может выступать набухание глин оксфордского яруса верхней юры, являющихся основным деформирующимся горизонтом (ОДГ) большинства оползней Московского региона, в том числе участка Фили-Кунцево.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Оползневой участок Фили-Кунцево расположен на правом склоне долины реки Москва в пределах Филёвской излучины. Это один из наиболее крупных оползневых участков в Москве, протяженность его вдоль склона составляет 3750 м, длина по оси движения – 220 м, высота – 47 м. Крутизна в центральной части, в районе бывшего дома Нарышкина – 12°. Надоползневой уступ повсеместно чётко выражен. Максимальная высота его достигает 35 м, крутизна – 33°. На большей части поверхности оползня, исключая краевые зоны, прослеживается до трех оползневых ступеней. Одним из важнейших факторов развития оползней на территории Москвы является особенность залегания юрских глин и степень их обводнённости. Грунтам юрской системы, слагающим склоны реки Москва, свойственно набухание при наличии обводнения. Литологический состав пород, слагающий массив, крайне неоднородный, как и его положение – оно характеризуется неровным залеганием кровли и подошвы.

Специфика рельефа оползневого склона участка Фили-Кунцево обусловлена залеганием в его подножии оксфордских глин [2]. Вода, просочившись сквозь толщу вышележащих песков (флювиогляциальных четвертичных, верхнеюрских), скапливается на поверхности юрских глин, являющихся водоупорным слоем. На приречных склонах вода выходит на поверхность в виде множества родников. В таких местах вышележащие толщи пород медленно сползают к реке по увлажненной поверхности скольжения оксфордских глин. Во время крупных и глубоких оползней происходит выпор пород, прилегающих к склону, и основание оползшего блока оказывается под водой, где подвергается размыву, поставляя в реку большое количество материала. В нижней части склона размыв оползневого блока вызывает изменение напряжённо-деформированного состояния (НДС) оксфордских глин, что вкупе с их дополнительным обводнением может привести к набуханию и дальнейшей активизации оползня.

Отложения яруса верхней юры (J<sub>3ox</sub>) представлен глинами тёмно-серыми, пылеватыми, слюдистыми, с обломками фауны, мощностью 16,0-17,4 м. Минералогический состав песчаного материала, следующий: глауконит, циркон, цоизит, кварц, полевые шпаты, пирит. Пылеватая фракция состоит из: кварца, полевых шпатов, гипса, карбонатов. Основной состав глинистой фракции – монтмориллонит, способный в случае насыщения водой к сильному набуханию, до 80 %, содержание органики – 2-7%, карбонатов – до 13%. Естественная влажность оксфордских глин выше, чем вышележающих, показатель текучести находится в значительных пределах 0,15-0,54.

Процесс набухания описан во многих учебных пособиях, научных трудах и учитывается при строительстве объектов различного назначения, выражается в увеличении объема глины за счет увеличения содержания влаги, и может приводить к активизации экзогенных геологических процессов. Процесс набухания широко распространен и в пределах России охватывает значительные территории. В США подсчитан ежегодный предполагаемый ущерб зданиям и инфраструктуре из-за набухания и оказалось, он превышает 15 миллиардов долларов. По оценкам Американского общества инженеров–строителей, каждый четвертый дом подвергался воздействию набухания грунтов. Такие грунты наносят больший финансовый ущерб, чем землетрясения, наводнения, ураганы и торнадо вместе взятые [6].

При изучении оползней, формирующих поверхность скольжения в набухающих глинах, происходит изменение прочности глинистых грунтов. В случае, если давление воды превышает расклинивающее давление пленок, происходит их рост (деформация набухания), что вызывает изменение строения глины, соответственно и их свойств, в том числе прочности.

Таким образом, величина расклинивающего давления гидратных пленок должна учитываться при определении прочностных характеристик глинистых грунтов. Толщина и строение пленок зависит от содержания влаги в грунтах [1]. В случае разрушения глинистого грунта, расклинивающее давление гидратных пленок влияет на величину касательного напряжения, при котором происходит разрушение. Именно поэтому значение этого давления должно вычитаться из значения касательного напряжения при определениях прочности глин.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

С целью изучения процесса набухания глинистых грунтов в теле оползня Фили-Кунцево проведены исследования глин с различной исходной влажностью по схеме не дренированного сдвига по методикам и на оборудовании, разработанным и принятым в ИГЭ РАН в качестве стандарта предприятия СТО 93.020-2013/7. В образцах создавалось дополнительное противодействие в поровой воде, что приводило к их гидратации. В результате в испытываемых глинах развивалось давление набухания, обусловленное расклинивающим давлением образующихся гидратных пленок. При достижении грунтом определённой деформации набухания (5, 10, 15 и 20%) давление набухания компенсировалось нормальной нагрузкой, после чего проводился одноплоскостной срез.

Проведённые испытания оксфордских глин на набухание показали, что при более низких значениях показателя текучести относительная деформация набухания может

доходить до 0,20, что позволяет отнести их к сильнонабухающим. Дополнительное водонасыщение глин приводит к изменению физических свойств и строения глин, так, влажность ( $W$ ) увеличивается на 28%, плотность ( $\rho$ ) уменьшается на 2% с 1,78 до 1,58 г/см<sup>3</sup>, коэффициент пористости ( $e$ ) увеличивается с 1,101 до 1,860, показатель текучести ( $I_p$ ) увеличивается с  $<0$  до 0,64, таким образом, глины переходят из твердых в мягкопластичные. Подобное изменение физических свойств глин приводит к снижению прочности, удельное сцепление падает с  $C=95$  кПа до  $C=15$  кПа, что приводит к снижению устойчивости и несущей способности.

Подобное явление может быть объяснено при помощи физико-технической теории ползучести Маслова [3], в которой удельное сцепление разделяется на структурное ( $C_s$ ) и сцепление связности ( $C_w$ ), обусловленного водно-коллоидными связями. В этом случае при набухании может значительно уменьшиться или вовсе исчезнуть сцепление связности, а для оползневого тела может быть достигнуто условие установившейся ползучести:  $\tau > \sigma \tan \varphi + C_s$ . Кроме того, в языковой части оползня при изменении НДС оползневого блока возможно большее влияние давление набухания, которое при относительной деформации набухания в 0,20 для оксфордских глин составляет 15 кПа. Это давление будет способствовать уменьшению нормальных напряжений, что может оказаться значительным фактором в случае нахождения этой части склона в состоянии, близком к предельному.

Основной причиной образования оползней вдоль берегов реки Москвы является возрастание касательных напряжений в оксфордских глинах, при уменьшении ширины оползневой террасы вследствие речной эрозии. Сопутствующим процессом можно считать разуплотнение глин в зоне склона, сопровождающимся уменьшением их прочности, одной из причин которой, как мы установили, происходит из-за набухания. Изменение гидродинамического режима при формировании оползневого блока и разная степень обводнённости как поверхности смещения, так и самих пород внутри блока вызвана тем, что центральная часть, постепенно оседая и запрокидываясь в сторону плато, начинает действовать как клин, перекрывая водоносный горизонт, направляя поток к краям блока, где и наблюдается разгрузка подземных вод – на склоне она проявлена в виде выходов родников. Таким образом, наиболее обводненными зонами оползневого блока будут: краевые и языковые части. Основной особенностью развития оползневого процесса на склонах Московского региона медленное протекание процесса, этап формирования блока сопровождается постепенным отделением его от массива. Верхние пласты пригружают деформируемый горизонт, постепенно давление нарастает и когда величина вертикальной пригрузки оказывается недостаточной для уравновешивания распорного давления,

результатом становится оседание блока, вдоль бровки на склоне формируется трещина. Специфическим свойством подобных оползней будет не просто оседание блока, а также его запрокидывание, движение вниз по склону происходит по траектории близко к круговой. На участке «Фили-Кунцево» выделяется несколько оползневых блоков, они создают естественный контрбанкет новому блоку.

В 1967 году на оползневом участке были проведены следующие противооползневые мероприятия: отсыпка в русло реки неширокого банкета, устройство стенки набережной на свайном основании, организация водовыпусков, устройство нагорной канавы. Опыт наблюдения за оползнями после проведения защитных мероприятий показывает, что при значительных размерах захвата грунта оползневыми массами, задача обеспечить надежную инженерную защиту на склоне становится крайне сложной из-за эффекта «саморазвития», при котором начавшееся развитие оползневых блоков может продолжаться без влияния внешних воздействий. Тем не менее, основной задачей противооползневой защиты для этих оползней будет водопонижение и отвод грунтовых вод от поверхности смещения и её закрепление анкерами или шпунтовым рядом.

При разработке мероприятий инженерной защиты становится важным не только изменение прочностных параметров грунтов основного деформирующего горизонта, но и напряженно-деформируемого состояния массива, в том числе нормальных напряжений. Особенно это важно при проектировании инженерной защиты сооружений от оползневого давления и планировки территории оползнеопасного склона.

В рассматриваемом оползневом цирке, приуроченном к краевой части участка в районе завода им. М.В.Хруничева, поверхность скольжения формируется в слое тугопластичных оксфордских глин с прочностными параметрами [4]:  $C=22,4$  кПа,  $\varphi=19^\circ$ .

В центральной части данного оползневого цирка абсолютная отметка бровки склона составляет 145,0 м, отметка оползневой террасы «верхнего оползневого блока», расположенного в средней части склона (склон находится в близком к предельному состоянию, учитывая начало формирования нового оползневого блока в верхней прибровочной части склона) – 133,0 м. Таким образом, критическая высота надоползневого уступа составляет  $H_{cr} = 145 \text{ м} - 133 \text{ м} = 12 \text{ м}$ . Используя формулу (1) для предварительной оценки глубины расположения в грунтовом массиве поверхности скольжения глубокого блокового оползня, получим:  $Z_a=27,5$  м (абс. отм. 117,5 м).

$$Z_a = \frac{\frac{\pi}{2} H_{cr} - \frac{\sigma_{str}}{\gamma}}{\frac{\pi}{2} - 1} \quad (1)$$

где  $Z_a$  – глубина до поверхности скольжения в коренном массиве;  $\sigma_{str}$  – структурная прочность грунта коренного массива;  $\gamma_i$  – средний удельный вес грунтов, залегающих в оползнеопасном коренном массиве,  $H_{cr}$  – предельная высота надоползневого уступа.

## ВЫВОДЫ

Начиная с 1970-х гг. геотехниками были поставлены задачи по стабилизации набухающих грунтов, несмотря на различные предложенные мероприятия [5], проблема остается нерешённой. На примере оползневого участка Фили-Кунцево показана возможность набухания оксфордских глин на поверхности скольжения, что с учётом уменьшения прочностных характеристик при дополнительном обводнении может привести к активизации оползней. Эти глины являются сильнонабухающими и обладают давлением набухания, способным изменить НДС массива преимущественно в языковой части оползня, в результате чего в нижней части склона может быть достигнуто условие установившейся ползучести. Основной задачей при выборе противооползневых мероприятий по результатам исследований становится своевременное выявление опасных участков, состояние которых приближено к предельному, определение положения поверхности скольжения и блока в массиве, его поступательные движения, а также выбор фундаментов и защиты, предотвращающих формирование новых блоков в массиве. Такие комплексные исследования позволяют принять наиболее надёжные проектные решения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Карпенко Ф.С., Кутергин В.Н, Кальбергенов Р.Г. Влияние расклинивающего действия гидратных пленок на прочностные свойства глинистых грунтов// Геозкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2018. № 4. с. 68-74.
2. Кюнтцель В.В. Эрозия берегов р. Москвы и ее влияние на оползневые процессы // Разведка и охрана недр. 1962. №3. С. 131-135.
3. Маслов Н.Н. Основы механики грунтов и инженерной геологии // М.: Высшая школа, 1968. 632 с.
4. ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ по результатам инженерно-геологических изысканий для подготовки проектной документации Раздел 3. Инженерно-геологические изыскания. ООО «Гипростроймост-Геотех». 2022 г.
5. Ako Daraei, Bengin M.A. Herki, Aryan Far H.Sherwani Slope Stability in Swelling Soils Using Cement Grout: A Case Study International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering 2018. №4. article number: 10.
6. Nelson J.D. and Miller D.J. Expansive soils-problems and practice in foundation and pavement engineering // Numerical and Analytical Methods in Geomechanics.1992. V.17. issue 10. Pp. 745-746.

## ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА СЕЙСМОСТОЙКИХ ЗДАНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

**Малюк Н.А.**

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

**Стрижевский И.А.**

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

**Озерова Н.В.**

- кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры ЭГТС, Национальный исследовательский университет «МЭИ», 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 14

### АННОТАЦИЯ

В данной статье рассмотрена проблема строительства сейсмостойких зданий на территории Северного Кавказа. Представлена характеристика грунта и анализ сейсмической активности. Предложены меры по повышению сейсмостойкости, системы активной сейсмозащиты, а также необходимые меры безопасности относительно зданий и сооружений.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Особенности строительства сейсмостойких зданий, Северный Кавказ, меры повышения сейсмостойкости и безопасности зданий и сооружений, системы активной сейсмозащиты.

### ВВЕДЕНИЕ

Северный Кавказ включает в себя северную часть склона Большого Кавказского хребта и Предкавказье, западную часть южного склона до реки Псоу (по которой проходит государственная граница России). В настоящее время на территории Северного Кавказа расположены 7 республик: Адыгея, Карачаево-Черкесия, Кабардино-Балкария, Северная Осетия-Алания, Ингушетия, Чечня и Дагестан, а также 2 края: Краснодарский и Ставропольский, входящие в Южный и Северо-Кавказский федеральные округа.

Кавказский регион является частью продолжающегося континентального столкновения между Аравийской и Евразийской плитами, местом умеренной и сильной сейсмичности [1].

Нами были рассмотрены возможные меры по обеспечению безопасности при строительстве зданий и сооружений в данном регионе.

### СЕЙСМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГРУНТА

Исходя из сейсмической классификации грунтов и их свойств, выясняем, что на Северном Кавказе преобладает грунт II-ой группы, а именно лессовые грунты.

II-я группа грунтов представляет собой скальные грунты выветрелые и сильновыветрелые; крупнообломочные грунты за исключением отнесенных к I категории; пески гравелистые, крупные и средней крупности плотные и средней плотности маловлажные и влажные; пески мелкие и пылеватые плотные и средней плотности маловлажные; пылевато-глинистые грунты с показателем текучести  $I_L \leq 0,5$  при

коэффициенте пористости  $e < 0,9$  - для глин и суглинков и  $e < 0,7$  - для супесей, предел прочности на одноосное сжатие менее 15 МПа [2].

На Северном Кавказе лессовые грунты составляют 80% площади. Их мощность достигает 130–140 м, а просадочная толщина – до 50–55 м. Происхождение лесса связано с его осадками, состоящими из пылеватых зёрен, имеющих светло-жёлтый или палевый цвет. Он распространен как покров на водоразделах, склонах и древних террасах долин с глубиной от нескольких метров до 50–100 м.

Лессовые грунты в естественном состоянии характеризуются высоким коэффициентом пористости  $e = 0,6 \dots 1,05$ , что указывает на их недостаточную плотность. Эти грунты относятся к категории макропористых, что означает наличие крупных пор, видимых невооруженным глазом (2 ... 6 % объема почвы), диаметр которых существенно превышает размеры твердых частиц. Модуль деформации при естественной влажности варьирует от 3 до 18 МПа [3].

В этих условиях многие здания и сооружения могут подвергаться аварийным деформациям.

## **АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ**

Профиль Кипр-Кавказ является ключевым для оценки сейсмической опасности на Северном Кавказе и в Предкавказье. Тектоника этого сегмента Альпийско-Гималайского складчатого пояса хорошо изучена. Имеются данные о крупных землетрясениях в юго-западной части профиля за более чем 3 тыс. лет (с 1356 г. до н. э.). За исторический период (526–1114 гг.) зарегистрировано четыре землетрясения с  $M \geq 7.8$  (526 г.,  $M=7.9$ ; 859 г.,  $M=8$ ; 1046 г.,  $M=7,8$ ; 1114 г.,  $M=8.0$ ), но с 1900 г. событий с магнитудой  $M \geq 6.8$  не происходило. Исходя из этого, сейсмическая активность в регионе оценивается в 7-8 баллов по шкале Рихтера.

Рассмотрим основные методы предотвращения разрушительного воздействия землетрясений [3].

## **ОСНОВНЫЕ МЕРЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ**

Снижение сейсмических воздействий перед на здание может быть достигнуто повышением сейсмостойкости его основания. Проектирование фундаментов следует проводить в соответствии с нормативными требованиями. Увеличение глубины заложения фундаментов рекомендуется осуществлять с помощью устройства подвальных этажей. При расчетной сейсмичности 7-8 баллов можно устроить подвал под частью здания, с учетом симметрии относительно главных осей.



Перекрытия и покрытия должны быть выполнены в виде жестких горизонтальных дисков, тщательно соединенных с вертикальными конструкциями здания для совместной работы при сейсмических воздействиях. Жесткость сборных железобетонных перекрытий следует обеспечивать с помощью сварных соединений, монолитных обвязок с армированием из плит и замоноличиванием швов. Покрытия зданий следует проектировать из конструкций, минимизирующих их массу. В одно- и двухэтажных зданиях при сейсмичности 7-8 баллов с расстоянием между стенами не более 6 м можно использовать деревянные перекрытия.

Перегородки в зданиях должны быть легкими, изготовленными из мелкогабаритных материалов, могут применяться в зданиях до 9 этажей при сейсмичности 7 и 8 баллов. Они должны быть надежно прикреплены к вертикальным и, при длине более 3 м, к горизонтальным конструкциям здания. Крепления перегородок не должны передавать им горизонтальные нагрузки. Антисейсмические швы следует предусмотреть для независимого деформирования перегородок. Прочность перегородок и их креплений должна быть подтверждена расчетами на местные сейсмические нагрузки [3].

## **СИСТЕМЫ АКТИВНОЙ СЕЙСМОЗАЩИТЫ**

Применение активной сейсмозащиты уменьшает сейсмические нагрузки на конструкции, повышая их надежность и снижая стоимость строительства. Необходимо учитывать, что исследования этих систем ведутся относительно недавно, поэтому окончательные выводы о их эффективности еще рано делать. К требованиям к системам сейсмоизоляции относятся: снижение сейсмических сил, уменьшение ускорений и предотвращение усиления вертикальных колебаний. Также важны надежность, долговечность и заменяемость элементов системы. Для рассмотрения приведены наиболее подходящие системы активной сейсмозащиты для сейсмичности 7 и 8 баллов.

**1. Резинометаллические опоры.** Устройство системы сейсмоизоляции с помощью резинометаллических опор не требует применения специальных конструкций зданий, однако предусматривает выполнение определенных правил при проектировании. Опоры устанавливают под колоннами или в местах пересечения несущих стен. При отсутствии подземного помещения резинометаллические опоры устанавливают на отдельно стоящие фундаментные плиты, постоянное расстояние между которыми во время возможного землетрясения обеспечивается достаточно жесткими соединительными фундаментными балками. При наличии подземного этажа опоры размещают на капители колонн подземной части здания, также соединенные между собой жесткими фундаментными блоками.

Для ограничения вертикальных и горизонтальных перемещений резинометаллических опор при землетрясении около каждой из них устанавливаются железобетонные ограничители, закеренные в фундаменте. Ограничители, рассчитанные на восприятие полной статической нагрузки на здание.

Более эффективными являются резинометаллические опоры, в конструкциях которых предусмотрены поглотители колебаний в виде вертикального цилиндрического свинцового сердечника. Наличие такого сердечника обеспечивает высокую жесткость в вертикальном направлении. У этих опор сопротивление сдвигу лучше, чем у опор без сердечника, и более эффективное поглощение энергии сейсмических колебаний; при сильных сейсмических воздействиях в свинцовом сердечнике возникают большие пластические деформации и интенсивно поглощается энергия колебаний. Применение в опоре свинцового сердечника позволяет увеличить в 3-5 раз затухание колебаний, повышая при этом сопротивление опоры ветровому воздействию. Считается, что эта система является наиболее экономичной системой сейсмоизоляции, существующей в настоящее время. Однако исследования показали, что в некоторых случаях возможно нарушение свинцового сердечника. В связи с этим ведутся по подбору заменяющего свинец материала для изготовления сердечников.

**2. Системы с кинематическими опорами.** Предложений об использовании опор качения как средства сейсмоизоляции зданий появилось очень много, но их применение в практике сейсмостойкого строительства встречается довольно редко. При землетрясениях здание с кинематическими опорами может получить значительные смещения, при которых может произойти потеря устойчивости всего здания и его полное обрушение. Таким образом, система сейсмоизоляции с кинематическими опорами может применяться только с дополнительными средствами сейсмозащиты.

**3. Системы с сейсмоизолирующими скользящими опорами и скользящими поясами.** Сейсмоизолирующий скользящий пояс выполняется в виде ряда опор, расположенных между фундаментом здания и надземными конструкциями, как правило, в местах пересечения продольных и поперечных стен. Для обеспечения надежности зданий в системе предусмотрены упругие и жесткие ограничители горизонтальных и вертикальных перемещений. В настоящее время для строительства зданий рекомендуются опоры совмещенного типа, в которых в пределах одного устройства размещаются сами опоры, упругие и жесткие ограничители перемещений. Упругие ограничители горизонтальных перемещений (демпферы) предназначены для смягчения соударений опор и жестких упоров. Жесткие ограничители горизонтальных перемещений (упоры) предназначены для ограничения горизонтальных подвижек надземных конструкций.

Благодаря наклонным участкам и возникновению при надвижке опоры на эти участки гравитационной восстанавливающей силы создаются благоприятные условия для уменьшения амплитуд колебаний надземных конструкций относительно фундамента и возвращения здания в исходное положение после окончания землетрясения. Испытания и расчетные исследования подтвердили правильность исходных предпосылок, позволили выявить механизм формирования сейсмических нагрузок на надземные конструкции и их существенного снижения (в 3-8 раз) по сравнению с нагрузками на здания традиционного типа.

**4. Системы с демпферами сухого трения.** Основным конструктивным решением таких систем, названных свайными фундаментами, имеющих повышенную диссипацию, является свайный фундамент с высоким ростверком, сопряжение которого со сваями осуществляется шарнирно. В целях обеспечения требуемой степени демпфирования горизонтальных сейсмических воздействий свайные фундаменты с высоким ростверком модифицированы путем введения элементов сухого трения — наклонных и горизонтальных свай, дисковых демпферов и других ограничителей колебаний. Демпфирование здания с жесткой конструктивной схемой на свайных фундаментах физически основано на том, что часть сейсмической энергии, передаваемой основанием, будет расходоваться на преодоление силы сухого трения в демпфере. В связи с этим доля энергии, затрачиваемая на деформацию несущих элементов здания, уменьшается. Повышение диссипации энергии происходит за счет демпфера сухого трения, энергоемкость которого практически неограниченна. Получены количественные данные об особенностях работы зданий на сейсмоизолирующих свайных фундаментах (ССФ) с демпфером сухого трения (ДСТ) при сейсмических движениях основания. Показано, что применение ССФ и ДСТ обеспечивает значительное снижение сейсмических нагрузок на надземную часть зданий, а также величины относительных перемещений. Проведенный анализ влияния величины силы сухого трения в ДСТ и жесткости систем на величину относительного перемещения надфундаментной части здания и инерционной нагрузки позволил установить рациональное сочетание значений силы сухого трения и жесткости системы, при котором достигается наибольшее снижение инерционной нагрузки.

**5. Системы с элементами повышенной пластической деформации.** Развивается направление сейсмозащиты, связанное с использованием специальных устройств, так называемых энергопоглотителей, способных поглощать энергию сейсмических воздействий за счет развития в материале конструкций неупругих деформаций. Такие поглотители проектируются в узлах конструкций с наиболее вероятным возникновением зон

пластических деформаций. Достоинство поглотителей в том, что они имеют небольшие размеры, возможность использования в зданиях различных конструктивных схем и возможность легкой замены в случае необходимости. Основным элементом поглотителей могут служить стальные балки, которые при пластических деформациях способны поглощать значительное количество энергии. Испытание таких поглотителей показало, что продолжительность их эффективной работы достигает от 70 до нескольких сотен циклов. Это ограничивает срок их службы одним, двумя землетрясениями. На основании исследования по изучению работы на знакопеременные циклические нагрузки различных конструктивных решений энергопоглотителей стержневого и рамного типов, доказано, что наибольшей энергоемкостью и долговечностью (55 циклов нагружения) обладает энергопоглотитель кольцевого типа, устанавливаемый в систему крестовых связей каркаса здания.

**6. Системы с включающимися связями.** Эти системы относятся к классу нелинейных динамических систем с жесткой характеристикой. В отличие от систем с выключающимися связями, в системах с включающимися связями не происходит разрушения связей, и нет необходимости их восстанавливать после землетрясения. Здание с включающимися связями проектируется таким образом, чтобы оно имело низкую частоту собственных колебаний. При землетрясении в случае возникновения значительных перемещений основных несущих конструкций здания происходит включение связей, что приводит к существенному изменению жесткости системы и к увеличению "мгновенной" частоты собственных колебаний здания, в результате чего здание "уходит" от опасного для него резонансного режима колебаний. Выполнить условие низкой частоты собственных колебаний системы можно практически для здания любой этажности. Для многоэтажного каркасного здания это условие выполняется автоматически, для здания малой этажности с жесткой конструктивной схемой следует применять гибкий первый этаж.

Осуществлять сейсмозащиту зданий с помощью включающихся связей целесообразно в районах, где возможно возникновение землетрясений как высокочастотных, так и низкочастотных. Достоинство системы с включающимися связями заключается в том, что она работает с полной нагрузкой лишь при землетрясениях, имеющих значительные ускорения на низких частотах, а такие землетрясения бывают довольно редко. При достаточно часто возникающих высокочастотных землетрясениях система с включающимися связями сохраняет все преимущества систем с сейсмоизоляцией. К недостатку системы с включающимися связями следует отнести возможность возникновения значительных усилий в конструкциях включающихся связей.

**7. Системы с гасителями колебаний.** Гасители колебаний относятся к специальным устройствам, применяемым для снижения уровня вибраций защищаемой конструкции. При работе гасителя энергия колебаний защищаемой конструкции передается гасителю, который благодаря этому колеблется с повышенной амплитудой. Применяются в строительстве для снижения колебаний сооружений, подверженных динамическим воздействиям от технологического оборудования и ветра. Гасители колебаний бывают активного и пассивного типа. Применение активного гасителя позволяет добиться максимального эффекта в снижении колебаний, однако конструкция такого гасителя обладает определенной сложностью, дорога и ненадежна в эксплуатации. По этим причинам гасители активного типа не нашли применения в практике строительства. В будущем при разработке более простых и надежных конструкций активного гасителя, а также при возрастании культуры строительного производства такой тип гасителя, возможно, получит право на внедрение в практику строительства. В настоящее время более экономичным является применение в строительстве гасителей пассивного типа, обладающих свойствами автономности и относительной безотказности в работе. По характеру взаимодействия гасителя с защищаемой конструкцией различают ударные и динамические гасители колебаний.

**8. Упруго-фрикционные системы.** Вид диаграммы деформирования таких систем зависит от количества и месторасположения в них узлов с сухим трением. Для системы с одним узлом трения характерна петля гистерезиса в форме параллелограмма. Системы, в которых возникновение зон с взаимным проскальзыванием элементов и их дальнейшее распространение происходит непрерывно по мере увеличения интенсивности внешнего воздействия, имеют петлю криволинейного очертания. Формой петли гистерезиса определяются дифференциальные уравнения движения системы.

На основании обзора работ, посвященных учету сухого трения при колебании системы, можно сделать вывод об эффективности таких систем в условиях динамических воздействий. В самом деле, сходство по виду квазистатических характеристик упруго-фрикционных и упругопластических систем дает основания полагать, что некоторые свойства обеих систем могут быть также сходными. Так, например, по аналогии с упругопластическими системами следует ожидать, что ускорения, возникающие в упруго-фрикционных системах, будут иметь меньшие величины, чем в чисто упругих системах. Отсюда следует, что сейсмическая реакция сооружения, запроектированного как упруго-фрикционная система, должна быть ниже, чем сооружения традиционной конструкции. Общим для рассматриваемых систем является их повышенная, по сравнению с упругими системами, энергопоглощающая способность.

Можно также ожидать, что мягкая реакция упруго-фрикционных систем, подобно упругопластическим, способствует предохранению несущих элементов, составляющих систему, от хрупкого разрушения. По-видимому, для такой системы менее опасны отдельные перегрузочные циклы, которые имеют место при землетрясениях.

Вместе с тем, упруго-фрикционные системы имеют и некоторые преимущества перед упругопластическими, наиболее важное из них – возможность регулировать величину потерь энергии в системе в зависимости от значения расчетного воздействия.

Назначая определенную величину взаимного прижатия элементов упруго-фрикционной системы, можно добиться максимальной диссипации энергии колебаний и, следовательно, наибольшего снижения динамической реакции сооружения.

Упруго-фрикционные системы могут быть запроектированы таким образом, что проскальзывание элементов будет наступать по зонам постепенно с момента начала нагружения по мере увеличения интенсивности внешнего воздействия. Достоинство такой конструкции состоит в том, что диссипация энергии происходит непрерывно в течение всего колебательного процесса. Снижение сейсмической реакции в такой системе за счет сухого трения в узлах происходит на всем диапазоне интенсивности воздействия. В упруго-фрикционных системах энергия, сообщенная сооружению, затрачивается не на преодоление сопротивления материала конструкции, а на преодоление сил сухого трения в специально предусмотренных швах. При этом такие системы могут переносить очень большое число циклов колебаний без существенного изменения механических свойств, соприкасающихся поверхностей. Обеспечение упруго-фрикционной работы конструкций может быть осуществлено путем создания в сооружении таких зон или отдельных узлов, в которых при деформациях, вызванных сейсмическими воздействиями, возникает взаимное проскальзывание элементов с сухим трением [4].

## **ВЫВОДЫ**

Для зданий с жесткой конструктивной схемой в районах с оценкой сейсмичности 7 и 8 баллов рекомендуется использовать различные системы сейсмозащиты. Это включает в себя сейсмоизоляцию с резинометаллическими опорами, кинематические фундаменты, а также системы с гибким первым этажом, оснащенные демпферами сухого трения. В случае зданий с металлическим каркасом рациональным является применение упругопластических поглотителей. Для высоких зданий с металлическим каркасом рекомендуются динамические гасители колебаний. Кроме того, для многоэтажных каркасно-панельных зданий можно рассмотреть использование фрикционных диафрагм. Перспективным подходом является комбинированное применение различных систем сейсмозащиты, что позволяет объединить

их преимущества и сократить воздействие неблагоприятных характеристик, присущих каждой из систем. Например, добавление в систему сейсмоизоляции включающихся связей и динамического гасителя колебаний позволяет снизить расчетную нагрузку на 1,5-2 балла при любом возможном спектральном составе землетрясения. В тех случаях, когда возможны землетрясения с значительными вертикальными ускорениями проектирование систем активной сейсмозащиты необходимо вести с учетом как горизонтальных, так и вертикальных колебаний.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Северный Кавказ. Интернет-ресурс: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Северо-Кавказский\\_федеральный\\_округ](https://ru.wikipedia.org/wiki/Северо-Кавказский_федеральный_округ) (дата обращения 10.10.2023).
2. Базаева А.В. Увеличение несущей способности грунтов для строительства в сейсмических районах URL.: <https://cyberleninka.ru/article/n/uvelichenie-nesuschey-sposobnosti-gruntov-dlya-stroitelstva-v-seysmicheskikh-rayonah> (дата обращения 10.10.2023).
3. Малюк Н.А., Стрижевский И.А., Озерова Н.В., Мамина Д.Х. Сейсмическая активность на Северном Кавказе и меры по повышению сейсмостойкости зданий и сооружений) // Сборник материалов VIII ежегодной Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора А.Д. Потапова (г. Москва, 16 мая 2023 г.) — Москва: Издательство МИСИ – МГСУ, 2023. — Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54220452> (дата обращения 10.10.2023).
4. Оценка гидрогеодинамического состояния сейсмоактивных регионов Российской Федерации URL.: [https://dgunh.ru/content/glavnay/ucheb\\_deyatel/uposob/uposob\\_ss\\_39.pdf?ysclid=lfkwtl7ry283669062](https://dgunh.ru/content/glavnay/ucheb_deyatel/uposob/uposob_ss_39.pdf?ysclid=lfkwtl7ry283669062) (дата обращения 10.10.2023).

## ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕФОРМИРОВАНИЯ БЕРЕГОВ ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

**Степанова М.В.**, *Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе (МГРИ), 117997, г. Москва ул. Миклухо-Маклая д.23*

**Научный руководитель: Экзарьян В.Н.**

*- доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и природопользования, Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе (МГРИ), 117997, г. Москва ул. Миклухо-Маклая д.23*

### АННОТАЦИЯ

Проблема организации и проведения режимных наблюдений за процессом переформирования берегов водохранилищ привела к отсутствию данных развития процесса с 1990 г. по настоящее время. Предложена новая методика предварительного прогноза процесса переформирования берегов водохранилищ (на примере Волгоградского водохранилища).

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** переформирование берегов водохранилищ, мониторинг, данные дистанционного зондирования, процесс переработки берегов.

### ВВЕДЕНИЕ

Большой размах строительства гидротехнических сооружений в СССР привел к созданию более чем сотни больших и малых водохранилищ. Это привело к существенным изменениям функционального использования прибрежных территорий [2]. Одним из основных процессов, оказывающих негативное влияние на береговую инфраструктуру, является: переформирование берегов. Характер распространения и интенсивность данного процесса различна на водохранилищах и определяется особенностями регионально-геологических и зонально-климатических условий территорий.

В 40-50 годы XX века после строительства водохранилищ ГЭС перед советскими специалистами возникла проблема организации и проведения наблюдений за развитием процесса переработки берегов [1]. В настоящее время ведутся бессистемные режимные наблюдения за процессами переформирования берегов на отдельных участках водохранилищ Волжского каскада.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

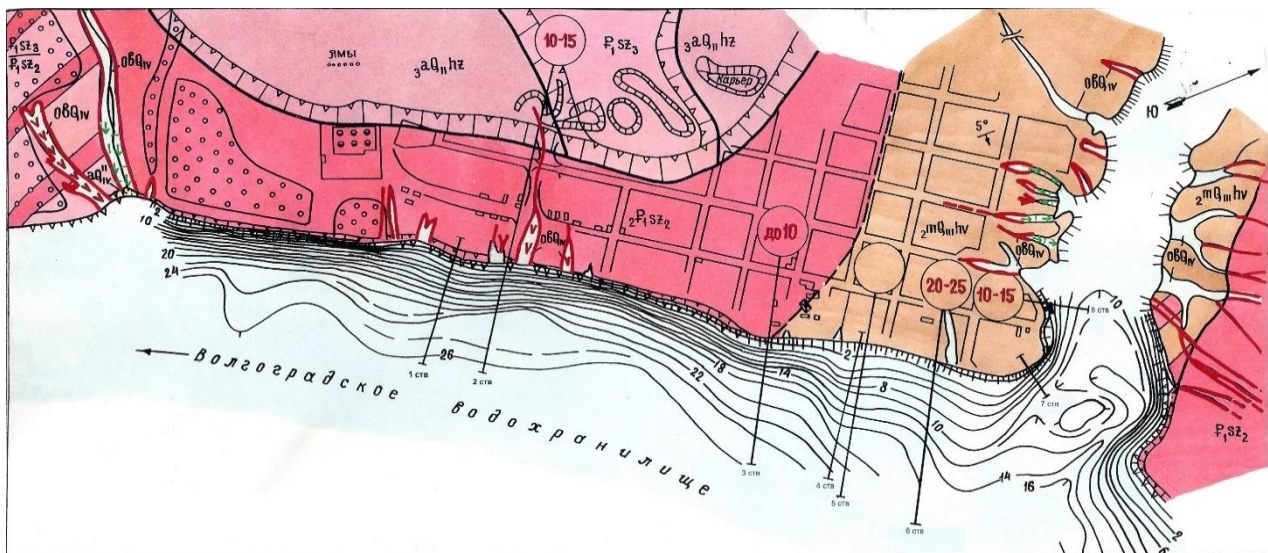
По Волгоградскому водохранилищу были собраны, проанализированы и обработаны материалы по 10 участкам (Новоникольское, Нижний Балыклей, Бережновка и др.). Были подобраны и проанализированы характеристики переработки берегов за период 80-90-х годов (фактические) [3]. За тот же период времени по данным дистанционного зондирования были определены величины переработки берегов.



С помощью методов математической статистики [5] фактическую величину переработки берега (среднюю по участку) сравнивали с величиной берегообрушения, полученной с помощью дешифрирования материалов дистанционного зондирования за тот же период времени по данной территории. Полученные коэффициенты корреляции указывают на достаточно хорошую взаимосвязь указанных показателей.

Таким образом, материалы дистанционного зондирования становятся дополнительной основой получения мониторинговых режимных наблюдений за процессом переформирования берегов водохранилищ.

Проведя инженерно-геологическое районирование прибрежной территории Волгоградского водохранилища, выделяли типы однородности участков побережья и уточняем их границы по интенсивности процесса (рис. 1).



**Рисунок 1.** Типизация прибрежной территории по степени активности процесса переработки берега.

Необходимо провести сравнительный анализ процесса переработки берегов по выделенным типам во времени. При идентичном протекании процесса, можем говорить о том, что типы выделены по геолого-литологическому строению склона, которые отражают физику процесса и могут быть использованы в качестве критериев подобия.

Исходя из этого, можем воспользоваться методом прогноза процесса переработки берегов водохранилищ Е.Г. Качугина [4]. Он ввел коэффициент размываемости пород берегового уступа как один из основных показателей активности процесса берегообрушения, который определяет литологию берегового склона.

С учетом этого по выявленным закономерностям для идентичных по геолого-литологическому строению береговых склонов возможно сделать предварительный прогноз переработки берегов, используя только данные дистанционного зондирования.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

Выполненное районирование прибрежных территорий позволило выделить различные типы участков, по которым проводились мониторинговые наблюдения за процессом переработки берегов водохранилищ в течении 10-летнего периода.

По материалам дистанционного зондирования за тот же период времени по тем же территориям были определены ориентировочные значения переработки берега.

Сопоставление данных позволило установить взаимосвязь между фактическими наблюдениями и показателями, полученными при дешифрировании материалов дистанционного зондирования.

Материалы лягут в основу построения математических моделей для выявленных типов участков, по которым с использованием метода приближенного инженерно-геологического подобия можно осуществить предварительный прогноз процесса переработки берегов водохранилищ.

## ВЫВОДЫ

С середины 90-х годов сеть режимных наблюдений за процессом на водохранилищах Волжского каскада пришла в упадок. В связи с этим, предложенная новая методика позволит восполнить мониторинговые данные с середины 90-х годов по настоящее время, а также дать предварительный прогноз процесса переработки берегов Волгоградского водохранилища на 2025-2035 гг.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Экзарьян В. Н. Геоэкология и охрана окружающей среды // Москва: Экология, 1997. 171с.
2. Епишин В.К., Экзарьян В.Н. Прогноз процесса формирования берегов водохранилищ // М.: Энергия. 1979. 113с.
3. Карточка изученности к геологическим материалам: Изучение переформирования берегов Волгоградского водохранилища. Прогноз переформирования берегов по периметру Волгоградского водохранилища. URL: <https://www.efgi.ru> (дата обращения: 20.10.2023).
4. Комаров И.С. Накопление и обработка информации при инженерно-геологических исследованиях // «Недра». М. 1972. 295 с.
5. Проблемы инженерной геодинамики и экологической геодинамики: труды Международной научной конференции, Москва, 2-3 февраля 2006 г / под ред. Трофимова В.Т., Королева В.А. // Москва: Изд-во Московского университета. 2006. 216 с.

## МЕТОДИКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

### **Филиппов Ю.А.**

- кандидат технических наук, доцент, Институт проблем комплексного освоения недр им. Н.В. Мельникова РАН, 111020 г. Москва, Крюковский тупик, д. 4,

### **Макеева Т.Г.**

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

### **Трофимов В.А.**

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

### **АННОТАЦИЯ**

Разработана методика математического моделирования устойчивости горнотехнических конструкций при их создании и развитии во времени. В рамках метода снижения прочности (SSR) выбрана билинейная модель пластичности. Произведена оценка состояния массива методом конечных элементов (либо методами конечных разностей) при каждой итерации с использованием выбранных критериев прочности и вычислен функционал Кулона-Мора. Установлен показатель, по которому можно судить о потере устойчивости (разрушение) массива. Получено описание развития напряженно-деформированного состояния горнотехнической конструкции во времени.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** методика, математическое моделирование, устойчивость откосов карьера, метод снижения прочности (SSR), метод конечных элементов, оценка, кинетика напряженно-деформированного состояния горнотехнической конструкции.

При оценке устойчивости горнотехнических конструкций в последние годы широкое применение получил метод снижения прочности (SSR) для анализа устойчивости откосов.

В традиционном методе LE (предельного равновесия), для анализа устойчивости склонов (конструкции) необходимо определить критическую поверхность скольжения. Метод SSR лишен этого, т.к. алгоритм предусматривает анализ прочности во всех точках массива с постепенным уменьшением прочности материала. Это уменьшение реализуется в итерационном процессе, на каждой итерации которого решается задача нахождения напряженно-деформированного состояния (н.-д.с.) исследуемой области с учетом соответствующих прочностных параметров. Уменьшение этих параметров происходит в соответствии с тем или иным критерием разрушения, что и в случае SSR порождает множество вариантов этого подхода.

При этом массив может быть неоднороден как по деформационным, так и прочностным свойствам. Важно чтобы н.-д.с. массива был определен с учетом его фактического строения.

Снижения прочности грунта до точки разрушения осуществляется посредством коэффициента снижения прочности (SRF). Параметр SRF можно рассматривать как фактор,

эквивалентный коэффициенту устойчивости в предельном анализе (LE). Один из простейших вариантов SSR может быть ассоциирован с соотношениями

$$c'_f = \frac{c'}{SRF}; \quad \varphi'_f = \arctan\left(\frac{\tan \varphi'}{SRF}\right),$$

где  $c'$  и  $\varphi'$  - прочностные параметры грунта на той или иной итерации;  $c'_f$  и  $\varphi'_f$  - измененные прочностные параметры грунта.

При анализе последовательное возрастание SRF уменьшает прочность грунта в модели до тех пор, пока решение не перестанет сходиться на некоторой итерации, что выражается в неограниченном росте смещений какой-либо части массива. Не сходящееся решение имеет место при достижении наибольшего коэффициента снижения прочности. Этот наибольший SRF рассматривается как коэффициент, эквивалентный коэффициенту устойчивости, используемому в LEM.

В настоящей работе в рамках SSR выбрана билинейная модель пластичности, в которой при определенном значении интенсивности деформаций значительно уменьшается предел пластичности  $\sigma^T$ , моделируя тем самым возможное разрушение массива, при этом модули деформирования до  $\sigma^T$  и после сохраняются прежними.

Таким образом, в качестве параметров, характеризующих прочностные свойства массива горных пород, был выбран предел прочности (текучести) при одноосном сжатии и модуль деформирования за пределом текучести. При этом на каждой итерации производится оценка состояния массива с использованием того или иного критерия прочности, например, вычисляется функционал Кулона-Мора.

Непрерывное уменьшение одного из упомянутых параметров (либо обоих одновременно) в последовательных итерациях, приводит к напряженно-деформированному состоянию, при котором очередной численный расчет расходится. Показателем приближения к неустойчивому состоянию служит рост смещений точек массива в некоторой области, где и реализуется в последующем потеря устойчивости (разрушение).

В качестве параметра, определяющего степень близости конструкции к разрушению, вводится запас устойчивости. Последний определяется отношением начального значения предела прочности (либо других прочностных параметров из упомянутых выше) на первой итерации, когда конструкция определено далека от разрушения, к пределу прочности на последующих итерациях, вплоть до разрушения. Многочисленные примеры использования метода SSR можно найти в публикациях [8-12].

**Оценка устойчивости борта карьера с использованием SSR.** Далее в качестве примера рассмотрим оценку устойчивости бортов некоторого модельного карьера, прототипом которого является один из реальных действующих карьеров.

Для расчета н.-д.с. массива использовался конечно элементный численный алгоритм, реализованный в программном комплексе ANSYS.

Отметим следующие общие важные обстоятельства, которые в той или иной степени могут повлиять на оценку устойчивости. Во-первых, это степень достоверности геологической модели, которая формируется с использованием известных данных. На любой стадии разработки модели всегда существует значительная неопределенность в строении массива ввиду его недостаточной изученности, которая постепенно уменьшается по мере развития горных работ.

Во-вторых, это масштабный эффект, суть которого в различии свойств породы, определенных в образцах, а также реализуемых в натуральных условиях.

В-третьих, это свойства контактов между блоками различных пород, которые могут варьироваться от полного сцепления до полного проскальзывания. Именно они играют решающую роль в определении устойчивости горнотехнической конструкции. И в тоже время они во многом неопределенны и трудно указать сколь-нибудь приемлемые геомеханические подходы к их определению. Возможно, геофизические методы могут в какой-то степени прояснить ситуацию.

Кроме сказанного заметим, что оценка устойчивости предполагает решение упругопластической задачи с использованием построенной геомеханической модели, в связи с чем встает вопрос о вычислительных ресурсах. Использование полной модели с детальным отображением всех особенностей строения массива и карьера представляется нецелесообразным ввиду множества необходимых итераций в алгоритме поиска неустойчивого состояния. В связи с этим была использована урезанная по объему модель, в которой расчетная область составила 4500\*4200\*1000 метров. Помимо этого, для оценки устойчивости борта в целом не имеет значения детализация уступов, в связи, с чем борта для расчетов были сглажены. При этом сглаженный контур карьера проходит примерно через середины горизонтальных участков всех уступов. При этом вся структура массива, отражающая взаимное расположение блоков пород, руд и разломов, сохраняется.

Методика позволяет рассчитывать параметры напряженно-деформированного состояния массива, выводить необходимые результаты во внешние файлы и в дальнейшем использовать их для анализа устойчивости как борта карьера в целом, так и отдельных его элементов. Полученные данные позволяют определить опасную зону развития деформационных процессов в карьере, что дает возможность заблаговременно разработать мероприятия по обеспечению устойчивости бортов горнотехнических сооружений.