

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН ПО ПРОБЛЕМАМ ГЕОЭКОЛОГИИ,
ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ГИДРОГЕОЛОГИИ
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

СЕРГЕЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ

**Роль инженерной геологии и изысканий
на предпроектных этапах
строительного освоения территорий**

Выпуск 14

Материалы годичной сессии
Научного совета РАН по проблемам геоэкологии,
инженерной геологии и гидрогеологии
(22–23 марта 2012 г.)

Москва
Российский университет дружбы народов
2012

УДК 62:55
ББК 26.323
С 32

С 32 Сергеевские чтения. Роль инженерной геологии и изысканий на предпроектных этапах строительного освоения территорий. Выпуск 14. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (22–23 марта 2012 г.). – М.: РУДН, 2012. – 377 с.: ил.

ISBN 978-5-209-04245-7

В сборнике опубликованы доклады, представленные на четырнадцатую ежегодную конференцию «Сергеевские чтения» памяти академика Е.М. Сергеева (г. Москва, 22-23 марта 2012 г.). Чтения были посвящены научному обоснованию роли инженерной геологии и инженерных изысканий на предпроектных этапах строительного освоения территорий. Обсуждаются проблемы сбора и анализа материалов региональных инженерно-геологических исследований; создания и ведения банков инженерно-геологических данных; вопросы типизации инженерно-геологических условий для предварительной оценки территорий строительства; проблемы мониторинга, моделирования и прогнозирования природных опасностей, оценки природных рисков. Рассмотрены возможные пути совершенствования нормативной базы инженерных изысканий на предпроектных этапах строительства.

ISBN 978-5-209-04245-7

УДК 62:55
ББК 26.323

Редакционная коллегия:

В.И. Осипов (ответственный редактор),
О.Н. Еремина (ответственный секретарь), **В.Г. Заиканов, Б.К. Лапочкин,**
Ю.А. Мамаев, И.И. Молодых, Г.П. Постоев,
В.А. Пырченко, Н.А. Румянцева

*Издание осуществлено при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований (грант №12-05-06012)*

© Научный совет РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии
и гидрогеологии, 2012
© Российский университет дружбы народов, Издательство, 2012



**Академик РАН
Евгений Михайлович СЕРГЕЕВ
(1914–1997)**

ПРЕДИСЛОВИЕ

Ежегодная научная конференция «Сергеевские чтения» проводится в 14-й раз. Она посвящена памяти выдающегося советского ученого и организатора науки академику Е.М.Сергееву. Одновременно она является годичной сессией Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии.

Конференция так же, как 2 года назад, посвящена проблеме нормативных документов – их актуализации и адаптации к зарубежным аналогичным документам. Эта проблема имеет исключительно большое значение для дальнейшего развития отечественной инженерной геологии. Поэтому она привлекает внимание научной общественности страны. Сама идея модификации нормативных документов и введение в них последних научных достижений, в том числе и тех, которые достигнуты в зарубежных странах, является прогрессивной. Она должна реализовываться по принципу: бери новые, но не отрекайся от уже проверенных, научно обоснованных и оправдавших себя идей. К сожалению, это не всегда удается. На министерском уровне, без какого-либо обсуждения с научной общественностью, принимаются решения, вынуждающие адаптироваться к западным нормам в ущерб положительной отечественной практике, многократно проверенной в российских природных условиях. К числу таких решений относится «Положение о составе разделов проектной документации и требований к их содержанию», утвержденное Постановлением Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 г. №87. В соответствии с этим Положением стадийность изысканий не предусматривается, а все работы производятся в рамках проектной и рабочей документации. Таким образом, исключаются предпроектные стадии исследований, на которых решается вопрос о выборе оптимального варианта размещения строительного объекта. С экономической и экологической стороны, а также с точки зрения безопасности решение этого вопроса имеет исключительно большое значение. Нередко, особенно при строительстве объектов атомной энергетики и гидросооружений затраты времени и финансовых средств на предварительной стадии превосходят затраты на стадии проектирования. В то же время, выбор площадки без предварительных исследований может привести к неоправданному ущербу. Ярким примером такой ситуации является строительство в 80-е годы прошлого столетия завода «Атоммаш» в Ростовской области.

За рубежом, особенно в странах с ограниченной территорией, условий для принятия вариантных решений меньше. По этой причине в их нормах предварительные стадии исследований отсутствуют.

Поэтому с профессиональной точки зрения Постановление Правительства РФ №87 для условий России является ошибочным. С этим связан выбор темы конференции «Роль инженерной геологии и изысканий на предпроектных этапах строительного освоения территории». В связи с предлагаемой модификацией отечественных нормативов возникла необходимость еще раз обсудить важность и необходимость проведения исследований на предварительных этапах изысканий в условиях Российской Федерации.

Предложенная тема получила широкий отклик среди специалистов в области инженерной геологии и инженерных изысканий. В оргкомитет конференции поступило 83 доклада из 27 городов России, Белоруссии, Армении, Азербайджана, Киргизии и Таджикистана, из которых 78 было включено в настоящий сборник.

Все доклады распределились по 5 секциям в пределах обсуждаемой темы:

1. Сбор и анализ материалов региональных инженерно-геологических исследования. Создание и ведение банков инженерно-геологических данных.
2. Типизация инженерно-геологических условий для предварительной оценки территорий строительства.
3. Мониторинг, моделирование и прогнозирование природных опасностей. Оценка природных рисков.
4. Комплексный анализ инженерно-экологических условий на предпроектных этапах строительства. Обоснование методов подготовки и инженерной защиты территорий при строительном освоении.
5. Совершенствование нормативной базы инженерных изысканий на предпроектных этапах строительства.

Все материалы, опубликованные в сборнике, приводятся в авторской редакции. Надеемся, что публикация настоящего сборника так же, как и сама конференция, позволит найти оптимальное решение обсуждаемой проблемы и будет способствовать дальнейшему развитию инженерной геологии.

*Председатель оргкомитета
конференции «Сергеевские чтения»
академик*

В.И. Осипов

1. СБОР И АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОВ РЕГИОНАЛЬНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ. СОЗДАНИЕ И ВЕДЕНИЕ БАНКОВ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

СЕЙСМИЧЕСКОЕ МИКРОРАЙОНИРОВАНИЕ КАК СИНТЕЗ МЕТОДОВ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

А.С. Алешин, С.Н. Никитин

Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия
Москва, Б. Грузинская 10, тел.(499) 254 24 85, asa@ifz.ru

Задачей сейсмического микрорайонирования является уточнение параметров сейсмического воздействия с учетом локальных (грунтовых, ландшафтных, гидрогеологических) условий. Значение инженерной геологии в деле картирования сейсмической опасности осознавалось с самого начала этого направления инженерной сейсмологии. Однако соотношение инженерно-геологических и геофизических методов и их конкретное наполнение изменялись в процессе развития сейсмического микрорайонирования. Проследивание соотношений инженерной геологии и геофизики в задачах сейсмического микрорайонирования (СМР) и определение современных тенденций в этом процессе является темой настоящего сообщения.

Основная цель геологических и инженерно-геологических исследований для целей СМР на площадках строительства заключается в получении комплекса данных о геологическом строении и инженерно-геологических условиях территории, включая геоморфологическое и геолого-тектоническое строение, литологический состав геологического разреза до фундамента, его физическое состояние, физико-механические свойства грунтов, глубину залегания грунтовых вод и характеристику водонасыщения пород, наличие неблагоприятных экзогенных и эндогенных процессов и явлений и др., а также для прогнозной оценки возможного изменения инженерно-геологических условий при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений.

На основании обобщения комплексных данных, полученных в результате бурения, лабораторного изучения образцов горных пород, данных полевых методов инженерно-геологических и геофизических исследований, гео-

логической и инженерно-геологической съемок составляется модель слоисто-блокового строения геологической среды площадки СМР, в предположении, что каждый блок обладает квазиоднородной, т.е. усредненной для этого блока реакцией на сейсмические воздействия. Данная модель геологической среды служит основой для постановки специальных инструментальных сейсмологических исследований, а также для определения интенсивности колебаний по расчетным методикам.

Описанная методика, при которой инженерно-геологические исследования являются первым этапом комплексных работ на площадке СМР, получила широкое распространение и вошла как методическая часть в корпус инженерных изысканий в строительном деле. Специально отметим, что такая ситуация имела место при проведении СМР на территории городов. В СССР практика проведения СМР при изысканиях на территории городов в сейсмоопасных регионах страны была законодательно утверждена.

Сказанным роль инженерной геологии в задачах СМР не исчерпывается. В последние годы в практике СМР все чаще приходится иметь дело с определением сейсмической опасности на строительных площадках под отдельные здания и сооружения повышенной ответственности, а также при СМР линейно-протяженных объектов (ЛПО), таких как трассы трубопроводов, автомобильные и железнодорожные магистрали, протяженные тоннели и т.п.

Прежде всего, отметим основные особенности инженерных изысканий под такие объекты. Инженерные изыскания в таком случае сосредоточены либо на сравнительно небольшой по площади территории, либо вдоль узкой полосы по трассе, поперечник которой составляет первые сотни метров. Плотность горных выработок на сосредоточенных площадках или вдоль линейных объектов весьма высока и значительно превышает соответствующую плотность при изысканиях на территории городов. Например, на площадке под компрессорную станцию КС "Русская" трубопровода "Южный поток" размерами 600x800 м было пробурено 176 скважин, а на 150 км трассы трубопроводной системы Восточная Сибирь – Тихий океан (ВСТО) приходилось свыше 2500 шурфов и скважин.

При таком количестве горных выработок роль геофизических исследований в комплексе работ по СМР меняется. Геофизика, главным образом сейсморазведка, нужна для определения сейсмических характеристик выделенных инженерно-геологических элементов (ИГЭ). В существующих в настоящее время нормативных документах по СМР [1, 2] отмечается как ведущий метод сейсморазведки малых глубин – метод преломленных волн. Практика современных работ по СМР позволяет уточнить это положение. Для целей СМР наиболее ценным для определения сейсмических свойств отдельных ИГЭ является сейсмический каротаж или вертикальное сейсмическое профилирование. Во многих случаях весьма полезным оказывается использование метода отраженных волн в различных модификациях – либо метода отраженных волн с использованием технологии многократных перекрытий (МОВ ОГТ), либо методики высокоразрешающей сейсморазведки на попе-

речных SH-волнах (ВСПВ), разработанной в институте криосферы Земли СО РАН [3]. Преимуществом метода отраженных волн в сравнении с методом преломленных волн является возможность изучения разрезов с инверсными слоями, т.е. слоями в которых скорость упругих волн уменьшается с глубиной. Как показывает опыт исследования свойств грунтовых массивов, скоростная инверсия встречается весьма часто. При этом имеет место явление "выпадения пласта". КМПВ не выделяет такие пласты, а с ними зачастую связаны наиболее опасные в сейсмическом отношении грунтовые пропластки. В то же время метод отраженных волн работает и в этом случае. Современные аппаратные возможности позволяют определить скоростной разрез при использовании метода отраженных волн, что ранее являлось прерогативой МПВ.

Наличие достаточно детальной и единообразной информации об инженерно-геологических свойствах разреза позволяет использовать для расчетов приращения сейсмической интенсивности метод сейсмических жесткостей. При этом сейсмические свойства разреза на необходимую глубину оцениваются в соответствии с параметрами слоев – их мощностью, плотностью и скоростями поперечных волн. Плотности берутся в соответствии с инженерно-геологическими элементами, которыми характеризуются конкретные слои на инженерно-геологическом разрезе. Значения скоростей поперечных волн берутся либо из данных сейсморазведки, проведенных непосредственно на исследуемой площадке, либо полученные расчетным путем на основе связи деформационных свойств, определяемых модулем деформации $E_{деф.}$ и упругими параметрами, характеризующимися значениями скорости поперечных волн V_s . Связь эта подтверждена многочисленными данными, полученными для грунтов различных типов в различных сейсмогеологических условиях [4]. В этой работе приводятся графики связи динамического модуля упругости и модуля деформации для дисперсных грунтов. Для глин и суглинков эта связь может быть выражена соотношением $E_{упр.} = 20 E_{деф.}$, где $E_{деф.}$ – модуль деформации, а $E_{упр.}$ – динамический модуль упругости. Отсюда можно, используя выражение связи модуля упругости E и модуля сдвига G , $E = 2(1 + \sigma) G$, где σ – коэффициент Пуассона для глин и суглинков равный 0,3, и подставив

$$G = \rho V_s^2 \text{ можно получить выражение для } V_s: V_s = \sqrt{\frac{10E_{деф.}}{\rho(1 + \sigma)}}.$$

Если $E_{деф.}$ выражено в Па, ρ – в кг/м³, то V_s получим в м/с.

При этом надо иметь в виду, что для СМР не имеет смысла определение величины V_s с высокой точностью. Из формулы метода сейсмических жесткостей $\Delta I = 1,67 \cdot \lg [(\rho V_s)_1 / (\rho V_s)_0]$, где индексами 0 и 1 обозначены параметры эталонного и исследуемого грунтов, следует, что даже при 20% точности определения значения V_s изменение приращения сейсмической интенсивности не превысит 0,1 балла. Тем самым можно сформулировать требование к определению значений скорости поперечных волн – надёжность имеет приоритет над точностью определения.

Далее рассчитываются усредненные параметры системы слоев путем взвешивания в соответствии с их мощностями. По усредненным параметрам рассчитывались величины сейсмических жесткостей и определялось приращение сейсмической интенсивности по отношению к параметрам "среднего грунта". Окончательно полученные оценки сглаживались до 0,1 балла, что согласуется с точностью оценки фоновой сейсмичности.

Таким образом, роль инженерной геологии при СМР в настоящее время заметно возрастает. В докладе эти общие тезисы подкреплены конкретными данными.

Литература

1. Республиканские строительные нормы. РСН-60-86. – М.: Стройиздат, 1986.
2. Рекомендации по сейсмическому микрорайонированию РСМ-73 // Влияние грунтов на интенсивность сейсмических колебаний (Вопросы инж. сейсмологии, вып. 15). – М.: Наука, 1973.
3. *Скворцов А.Г.* Особенности структуры поля упругих колебаний в нелигифицированных многолетнемерзлых породах // Криосфера Земли. – 1997. – № 3. – С. 66-72.
4. Применение сейсмоакустических методов в гидрогеологии и инженерной геологии. – М.: Недра, 1992.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ САРМАТСКИХ ГЛИН КРАЕВЫХ ПРОГИБОВ ЮГА РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ

**А.Н. Богомолов, Ю.И. Олянский, С.И. Шиян,
Е.В. Щекочихина, С.А. Чарыкова**

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет,
400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, тел. (8442) 97-40-83, факс: (8442) 97-49-33,
e-mail: info@vgasu.ru

Сарматские отложения широко распространены на территории России и в сопредельных странах и часто залегают в пределах глубин активной зоны фундаментов инженерных сооружений на территории от Карпат до Прикаспия. Наибольшую проблему для строительства представляют сарматские глины, относящиеся к структурно-неустойчивым грунтам.

Изучались два опорных региона: Северное Причерноморье (в пределах Молдовы) и Центральное Предкавказье (в пределах Ставропольской возвышенности). В соответствии с исследованиями Н.И. Андрусова, первый в сарматское время был приурочен к акватории Галицийского залива, а второй – Ставропольского пролива Сарматского морского бассейна.

В настоящее время эти два региона представляют собой Центрально-Молдавскую возвышенность и Ставропольскую возвышенность с прилегающими возвышенными равнинами. Отметки поверхности составляют: 300–400 м в Молдове и около 700 м – в Центральном Предкавказье. Климат обоих регионов умеренно-континентальный, однако вся территория Молдовы относится к зоне недостаточного увлажнения с коэффициентом увлажнения 0,72–0,80, а более высокая территория Центрального Предкавказья – к увлажнённой зоне и зоне избыточного увлажнения, коэффициент увлажнения здесь изменяется от 1,0 до 1,1.

Сарматские глины в обоих районах обнажаются на поверхности либо перекрыты маломощной толщей покровных грунтов. Проанализированы: литологический состав, степень засоления и физико-механические свойства глин.

Результаты гранулометрического анализа позволяют отнести глины из обоих регионов к группе высокодисперсных грунтов, содержащих более 50% глинистых частиц. По этому показателю сарматские глины из обоих регионов почти не различаются. Это свидетельствует о том, что снос терригенного материала в Сарматский морской бассейн проходил в основном из одного региона – Русской платформы.

Результаты микроагрегатного состава глин указывают на существенное их различие. Глины из Центрального Предкавказья менее дисперсные, содержание глинистой фракции у них 15–50%. Глины Северного Причерноморья более дисперсные, глинистой фракции у них в среднем 25–50%. Коэффициент агрегированности частиц менее 0,005 мм у первых составляет в среднем 4,45, а у вторых – 1,73.

Минеральный состав дисперсной фракции глин обоих регионов существенно отличен. В целом у глин обоих регионов дисперсная фракция состоит в основном из двух минералов: гидрослюда и монтмориллонита. Но у глин Центрального Предкавказья монтмориллонита больше на 10–20%. Это может служить доказательством более высокой вулканической активности в сарматские время Кавказских гор на востоке, чем Добруджской горной системы на западе. Однако более высокое содержание монтмориллонита может быть следствием более влажного климата в послесарматское время. Известно, что в таких условиях гидрослюда может преобразовываться в монтмориллонит.

Степень засоления глин определялась по данным водных и солянокислых вытяжек (табл. 1). Результаты свидетельствуют, что засоленность глин обеих регионов существенно различна. Глины из Центрального Предкавказья на 1,5 порядка более засолены (по сухому остатку), чем глины из Северного Причерноморья. Объяснение этому факту мы находим в фундаментальном труде Н.И. Андрусова «Южнорусские неогеновые отложения». Анализируя фауну и флору Сарматского моря, Н.И. Андрусов пришел к выводу, что вода в восточной части Сарматского морского бассейна была более соленая, чем в западной, где она опреснялась речным стоком с Русской платформы.

Таблица 1

Показатели засоления сарматских глин

Показатели	Центральное Предкавказье	Северное Причерноморье
Сухой остаток, г/100 г сух. пор.	5,14	0,12
	4,39	0,20
Карбонатность, %	11,61	12,47
	8,64	9,10
Содержание гипса, %	0,13	0,13
	0,07	0,08
Органический углерод, %	1,40	0,62
	1,19	0,43

Примечание: в числителе среднее значение для глин среднего сармата, в знаменателе, для глин нижнего сармата (Центральное Предкавказье) и верхнего сармата (Северное Причерноморье).

Анализ показателей физических свойств глин (табл. 2) свидетельствует о различии их для обоих регионов. Глины из Центрального Предкавказья, характеризующиеся повышенным содержанием монтмориллонита, более влажные, в среднем 0,33 и 0,36, невысокой плотности 1,74 и 1,89 г/см³. Глины из Северного Причерноморья менее влажные в среднем 0,23 и 0,24 и более плотные, в среднем 2,00 и 2,03 г/см³. Причина этому, на наш взгляд, кроется в постгенетических факторах, воздействующих на сарматские глины, главным из которых является степень увлажнения территории в послесарматское время. Сарматские глины по определению являются «сенсорными» породами, свойства которых тесно связаны с влажностью природной среды: более высокой в Центральном Предкавказье и меньшей в Северном Причерноморье. Не последнюю роль играет и содержание в глинах монтмориллонита. Там где его больше – глины более влажные, что обусловлено свойствами этого минерала.

Анализ показателей механических свойств показывает, что существенные различия в составе, состоянии и физических свойствах глин нашли свое отображение в показателях механических свойств и набухаемости. Глины из Северного Причерноморья более набухающие, чем одновозрастные отложения Центрального Предкавказья. Их давление набухания в 3–10 раз больше и составляет: в 0,20 – 0,421 МПа. Прочность первых в 2,5 – 3,0 раза больше по удельному сцеплению и в 1,5 – 3,0 раза меньше по углу внутреннего трения.

Таблица 2

Физико-механические характеристики сарматских глин

Показатели	Центральное Предкавказье	Северное Причерноморье
Плотность ρ , г/см ³	1,74	2,03
	1,89	2,00
Природная влажность, w	0,36	0,24
	0,33	0,23
Число пластичности J_p	0,27	0,28
	0,29	0,24
Пористость n , %	50,50	40,20
	48,50	40,50
Величина свободного набухания ϵ_{so}	0,12	0,33
	0,26	0,20
Давление набухания $P_{so} \cdot 10^5$ Па	0,36	4,29
	0,70	2,00
Удельное сцепление, $c \cdot 10^5$ Па	0,50	1,39
		1,34
Угол внутреннего трения ϕ , град	30,50	9,4
		20,3

Примечание: см. табл.1; одно значение показателя – для сарматской толщи в целом.

Анализировались показатели общей и остаточной прочности глин из обоих регионов. У глин Центрального Предкавказья остаточная прочность составляет 50–80% от общей, а у глин Северного Причерноморья – 20–25%, соответственно по удельному сцеплению и углу внутреннего трения. Факт вполне объясним, если вспомнить, что у первых более высокое содержание монтмориллонита и большая влажность, а следовательно у них большая доля водно-коллоидных связей в общем объеме структурного сцепления.

О ПРИНЦИПАХ ОЦЕНКИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ГОРНО-СКЛАДЧАТЫХ ОБЛАСТЕЙ

А.Я. Гаев*, И.Н. Алферов*, Н.С. Алферова*,
А.И. Рахимов**, Ю.М. Погосян*

* Оренбургский государственный университет, г.Оренбург, Россия.

Email: gayev@mail.ru

** Худжандский государственный университет, г. Худжанд, Таджикистан

Гидродинамика глубоко залегающих вод складчатых областей практически не изучена, и уже о водах, находящихся на глубине 200 – 600 м, гидрогеологическая информация крайне ограничена. В большинстве регионов планеты, включая изучаемые нами горно-складчатые районы Урала и Таджикистана, преобладают воды пресные сульфатного и карбонатного типов с растворенными газами окислительной обстановки – азотом, кислородом и углекислотой [3]. В краевых и внутренних областях погружения появляются метан и сероводород. Температура вод 4–6°С. В приповерхностной зоне (10–60 м) развиваются регионально-трещинные воды зон выветривания (Т₆). Глубина и характер развития трещиноватости зависят от литологического состава пород, их орографического положения, структурно-тектонического строения, неотектонического режима и физико-географических условий конкретного района. Эта глубина возрастает там, где подземные воды классов Т₆ и Т₇ взаимодействуют. Трещиноватость выветривания развита почти повсеместно, питая подземные воды классов Т₇ и Т₈, но обладает крайне низкой водоносностью [5-8].

Тектонические нарушения обычно представляют собой линейные системы основных и оперяющих разломов. В зоне разломов наиболее жесткие и не водоносные породы (например, массивы вторичных кварцитов) подвергаются дроблению и, дренируя на большой площади воды трещиноватости выветривания, становятся достаточно крупными коллекторами подземных вод класса Т₇. При залечивании трещин, они из водоносных превращаются в экранирующие (водоупорные). Открытая тектоническая трещиноватость пока прослеживается до глубин 400 – 800 м. Тектонические трещины без неотектонического обновления гидрогеологически живут не более нескольких сот тысяч лет [2]. Поэтому обязательным условием существования вод класса Т₇ являются положительные или разноплановые неотектонические движения. По тектоническим трещинам формируются так называемые линейные коры выветривания глубиной 200 – 400 м, водоносность которых может снижаться до нуля глинистыми продуктами выветривания.

Крупные скопления подземных вод класса Т₈ возникают в тех случаях, когда активные тектонические движения согласуются с хорошей растворимостью пород, например, известняков. Водообильны также зоны контактов карстующихся пород с не карстующимися. Геологически продолжительная под-

земная химическая денудация карбонатных пород обусловила их гипсометрически более низкое положение по сравнению с не карстующимися породами. Их трещинно-грунтовые воды обладают агрессивностью по отношению к карстующимся породам благодаря слабокислой реакции среды, наличием CO_2 агрессивной и пониженной минерализации. Все это благоприятствует подземной химической денудации карбонатных массивов и формированию бассейнов трещинно-карстовых и карстовых вод классов П_5 и T_8 до глубин 200 – 600 м, играющих роль регулятора водного стока [1, 2].

Воды аллювия имеют большое практическое значение, особенно там, где аллювий имеет большие объемы и площади развития, и здесь эффективны гидролого-гидрогеологические методы изучения стока [4], особенно с применением кинематических моделей стока разных масштабов [5]. Эта методика использована и нами. На Урале выделены: Печорский, Верхнекамский, Чусовской, Бельский, Павдинский, Туринский, Пышминский, Исетский, Верхнетобольский и Уральский макробассейны стока [2]. В Таджикистане исследованы Сырдарьинский и Амударьинский макробассейны стока. Оба бассейна являются трансграничными. Значительная часть Амударьинского бассейна приходится на территории соседних стран: Афганистан, Пакистан, Узбекистан и Казахстан. Сырдарьинский бассейн принадлежит так же Киргизии, Узбекистану и Казахстану. В Сырдарьинском макробассейне выделены и рассмотрены мезобассейны (Восточно-Сырдарьинский, Западно-Сырдарьинский и Белыйсникский) и группы мезобассейнов стока (Северо-Сырдарьинская, Лайлако-Аксунская и Исфарино-Кравшинская). Амударьинский макробассейн стока занимает большую часть территории республики и представлен следующими мезобассейнами стока: Зеравшанским, Кафирниганским, Сурхандарьинским, Вахшским, Пянджским, Бессточно-Каракулским, Бартангским, Рангулским бессточным, Гундтским и Верхне-Пянджским, а так же Язгулемо-Ванджской группой мезобассейнов стока. Каждый бассейн имеет свои области питания, формирования вод и их разгрузки и существенно отличается по доле подземной составляющей стока. Особенности поверхностного и подземного стока с территории республики определяются своеобразием рельефа, климата и коллекторских свойств горных пород. Четко проявляется высотная поясность в распределении осадков. Их количество увеличивается по мере роста отметок рельефа местности, снижения температуры воздуха и уменьшения величины испарения. Поверхностный сток формируется за счет дождей и таяния снега и ледников. В предгорьях раньше теплеет и выпадают дожди. Максимальные расходы воды в реках наблюдаются в марте-апреле. В горах в составе водного стока возрастает роль снеговых вод, и половодье удлиняется с марта до августа, но пик половодья приходится на апрель-май.

В мезобассейнах, имеющих на водосборных площадях ледники, сток на 50% формируется за счет таяния снегов и льдов. В предгорьях, в межгорных впадинах и на равнинах растет доля подземной составляющей в водном стоке, достигая в целом для региона 25 % от общего стока и возрастая на орошаемых землях. В горах ледниковое и снеговое питание превалирует над

грунтовым и дождевым [3]. В предгорьях с отметками 1,5–2,8 км увеличивается роль снегового питания, а на равнинах – роль снегов и дождей.

В режиме речного стока выделяются периоды весенне-летнего половодья и осенне-зимней межени. В период межени, когда питание рек осуществляется за счет подземной составляющей, расходы воды в реках почти не меняются. Продолжительность межени составляет от 130 до 280 суток и, если высота водосбора $\geq 2,0$ км, то межень тяготеет к холодному периоду, когда льды прекращают таять, и сток осуществляется за счет подземных вод. Межень заканчивается в феврале-мае. В предгорьях с отметками $\leq 2,0$ км межень длится с июля по февраль, а иногда до марта. Самый низкий уровень воды в реках в межень в горах длится 10–100 дней, в феврале-марте, а в предгорьях – от 7 до 70 дней с августа по ноябрь. Средний слой стока в межень варьирует от 4,3 мм (Восточный Памир) до 289 мм (на южных склонах Гиссарского хребта). Нами подсчитаны модули стока по мезобассейнам и построена карта поверхностного стока с территории Таджикистана. Подтверждено, что величина стока зависит от количества осадков, испарения и транспирации, а так же роли ледников и подземных вод. Решающую роль при этом играет горный рельеф территории.

Естественные ресурсы подземных вод в целом для республики оценены нами в количестве 45 млн. м³/сут, а эксплуатационные ресурсы пока не превышают 15 млн. м³/сут., но их можно увеличить в несколько раз.

Перевод поверхностного стока в подземный имеет преимущества перед другими способами сохранения водных ресурсов не только потому, что предотвращаются безвозвратные потери, но еще и потому, что инфильтрация воды через отложения конусов выноса способствует самоочищению вод и повышению их качества. Естественные фильтры конусов выноса играют роль геохимических барьеров или естественного очистного сооружения [1]. Этому направлению водохозяйственной политики нет альтернативы.

В Таджикистане пресные воды широко используются для орошения сельскохозяйственных земель, для энергетических, промышленных и коммунально-бытовых нужд населения. Водный сток с территории Таджикистана составляет 51,7 км³/год. Республика относится к аридной зоне, но обеспечена водой хорошо. Среднегодовой поверхностный сток с 1 км² территории Таджикистана составляет 354 тыс. м³/год (11,2 л/с), уступая только Грузии (769 тыс. м³/год, или 24,4 л/с с 1 км²). На хребте Памиро-Алая выпадает до 2500 мм в год [3] и формируется до 73% всего поверхностного стока республики в бассейнах рек Пяндж и Вахш. Эксплуатационные запасы подземных вод, пригодных для водоснабжения составляют 1,65 км³/год, или 52,4 м³/с, что больше годового расхода р. Варзоб. На одного жителя Таджикистана приходится 15 тыс. м³ воды в год. Но растет дефицит воды и ухудшается ее качество. Водные ресурсы в республике распределены крайне неравномерно и без регулирования стока развитие орошения вообще невозможно. Много воды потребляет промышленность. В осенне-летний период стоки с полей орошения снижают бактериальное качество и прозрачность воды практически повсеместно. Для аккумуляирования паводкового стока и рационального исполь-

зования водных ресурсов на реках созданы водохранилища [3]. В холодные периоды года, когда таяние ледников в горах прекращается, воды на гидроэлектростанциях не хватает для выработки электроэнергии даже в минимально необходимом объеме. Еще в советский период были приняты решения о переходе объектов хозяйственно-питьевого водоснабжения населения на использование подземных вод. Неравномерность распределения ресурсов подземных вод по сезонам года и в многолетнем плане требует систематического применения методов восполнения их запасов за счет поверхностных вод, или методов магазинирования. Наиболее простым способом внедрения методов магазинирования подземных вод служит обустройство инфильтрационных аллювиальных водозаборов в нижнем бьефе и по берегам существующих водохранилищ и природных водоемов. При инфильтрации воды из водоемов происходит самоочищение нередко загрязненных поверхностных вод. Качество их при этом значительно улучшается и использование магазинированных вод в хозяйственно-питьевых целях обычно не требует существенной дополнительной очистки и подготовки. Поэтому наряду с внедрением новых методов магазинирования вод и строительством лучевых водозаборов, было бы полезно использовать опыт предков по строительству и эксплуатации кяризов и других устройств по каптированию подземных вод.

Литература

1. *Бабушкин В.Д.* Научно-методические основы защиты от загрязнения водозаборов хозяйственно-питьевого назначения / В.Д. Бабушкин, А.Я. Гаев, В.Г. Гацков и др. – Пермь: ПГУ, 2003. – 264 с.
2. *Гаев А.Я.* Гидрогеохимия Урала и вопросы охраны подземных вод. – Свердловск: Изд-во Урал, ун-та, 1989. 368 с.
3. Гидрогеология СССР. Таджикистан. Том ХLI. – М.: Недра, 1972. – 374 с.
4. *Зекцер И.С.* Подземные воды как компонент окружающей среды. – М.: Научный мир, 2001. – 328 с.
5. *Кирюхин В.А.* Региональная гидрогеология: Учебник для вузов / В.А. Кирюхин. Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет). – СПб, 2005. – 344 с.
6. *Рахимов А.И., Абдурахимов С.Я.* О гидрогеоэкологических особенностях горнорудных районов // Известия АН РТ, отд. физ-мат., хим., геол. и техн наук. – 2009. – № 1(134). – С. 88-95.
7. *Рахимов А.И.* О водных ресурсах Таджикистана // Вестник Таджикского национального ун-та. (науч. ж.). – № 1 (49). – С. 250-252.
8. *Шварцев С.Л.* Гидрогеохимия зоны гипергенеза / С.Л. Шварцев. 2-е изд., испр. и доп. – М.: Недра, 1998. – 366 с.

ОЦЕНКА ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРЕДПРОЕКТНЫХ ЭТАПАХ СТРОИТЕЛЬНОГО ОСВОЕНИЯ

С.В. Григорьева, В.М. Макеев, И.В. Коробова

Институт геоэкологии им. Е.М.Сергеева РАН
101000 Москва, Уланский пер., 13, стр.2, тел. (495)607-80-63,
факс (495) 923-18-86, E-mail: makarov@geoenvironment.ru

При инженерно-геологических изысканиях на предпроектных этапах строительства требуется учет структурно-геодинамических условий территории освоения. Оценка геодинамической опасности базируется на выявлении, анализе и картировании выраженных в рельефе земной поверхности неотектонических структурных форм (морфоструктур) разного масштаба и возраста, активных на новейшем и современном этапах развития, среди которых особое значение принадлежит геодинамически активным зонам и различного рода аномалиям как важнейшего фактора геодинамической активности территории, оказывающим наибольшее влияние на инженерно-геологические условия территории и устойчивость инженерных сооружений.

ИГЭ РАН имеет многолетний опыт научно-исследовательских работ по оценке структурно-геодинамических условий и изучению геодинамически активных зон с составлением мелко-, средне и крупномасштабных карт как основы для инженерно-геологического районирования, а также связанных с проектированием и строительством инженерных объектов самого разного назначения (АЭС, ГЭС, трубопроводов, дорог, отвалов, хвостохранилищ и других объектов складирования токсичных отходов и др.). В настоящее время нами отработаны на целом ряде регионов с различным геолого-геоморфологическим строением принципы и методика изучения геодинамически активных зон, активных разрывов на территориях, связанных со строительством инженерных объектов, обоснования структурной позиции районов освоения, оценки геодинамической опасности и учета этих данных при инженерно-геологических исследованиях [1-9].

Для освещения этих вопросов в качестве примера рассматривается центральная часть Москвы, для которой в свое время в рамках Комплексной программы «Безопасность Москвы» была составлена структурно-геоморфологическая карта геодинамически активных и потенциально геопатогенных зон в масштабе 1:10 000 (рис.1). Этот участок Москвы расположен на границе двух региональных новейших тектонических структур – Центрально-Московского поднятия – части Московско-Клязьминской ступени (МК) и Москворецкой депрессионной зоны (МР) – части Мещерской низменности. [9]. Краевые швы Москворецкого прогиба, которые служат условной границей между этими структурами, имеют северо-западное простирание и подчеркнуты четко выраженными уступами погребенного рельефа коренных пород и земной поверхности. Участки, расположенные северо-восточнее и юго-

западнее этой границы резко отличаются по своей морфологии и структурному рисунку новейших деформаций, получивших отражение и в особенностях погребенного предчетвертичного рельефа.

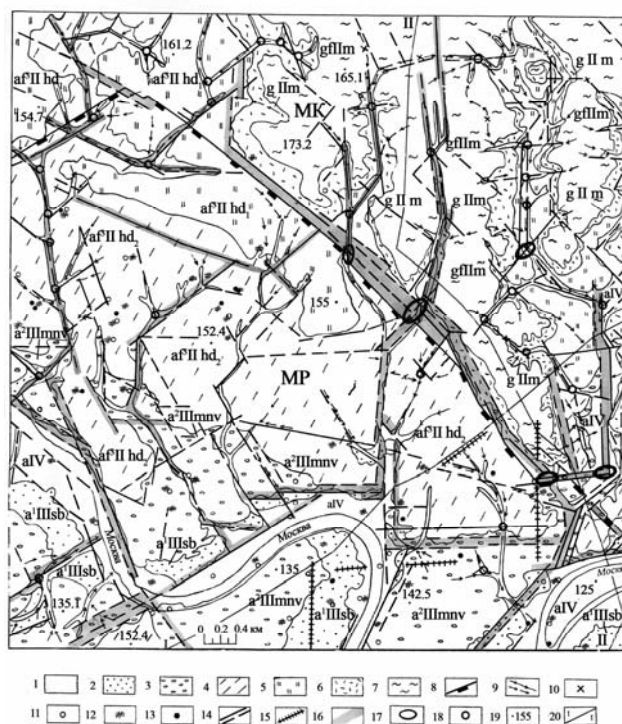


Рис. 1. Структурно-геоморфологическая схема центральной части Москвы.

Условные обозначения: 1-10 – структурно и геодинамически обусловленные элементы рельефа: 1 – пойма, 2-5 – надпойменные террасы р.Москвы и ее притоков: 2 – серебряноборская, 3 – мневниковская, 4-5 – ходынская (нижний и верхний уровни), 6-7 – моренно-флювиогляциальная равнина (нижний и верхний уровни), 8 – границы региональных геоблоков (МК – Московско-Клязьминская ступень, МР – Москворецкая депрессионная зона), 9 – элементы эрозионной сети, 10- седловины, 11-13 – аномалии геологического строения: 11 – разрушенные породы карбона, 12 – сильнотрещиноватые карбонатные породы карбона, 13 – карстовые проявления; 14-18 – геодинамически активные зоны: 14 – линеаменты, 15 – зоны разуплотнения, 16 -зоны повышенной активности экзогенных процессов, 17 – структурно-геодинамические «узлы», 18 – участки интенсивного водообмена; 19 – средняя абсолютная высота земной поверхности, 20 – линии геологических разрезов.

На представленной карте (рис. 1) отражены структурно и геодинамически обусловленные элементы рельефа: пойма, три надпойменные террасы реки Москвы и ее притоков (серебряноборская, мневниковская и ходынская – нижний и верхний уровни) и два уровня моренно-флювиогляциальной равнины. Независимо от местоположения и ориентировки структурных комплексов на карте выделены сгущения субпараллельных закономерно сме-

няющих друг друга по простиранию линеаментов в качестве геодинамически активных зон разрядки тектонических напряжений. Для этих зон в зависимости от масштаба деформаций присущи аномалии разного типа (структурные, гидрогеологические, газо- и флюидопроводимости, теплового потока, геохимических, геофизических, радиационных полей и др.) и вероятна активизация инженерно-геологических и природных процессов (карст, эрозия, оползни, просадки и пр.). При этом районами повышенного геозекологического риска являются «узлы» пересечения выделенных геодинамически активных зон, в особенности на участках перестройки структурного плана деформаций.

Для обоснования устойчивости природных комплексов и оценки степени геодинамической опасности и геозекологического риска к карте прилагаются опорные геологические разрезы, на которых отражено геологическое строение, мощность четвертичного чехла и разновозрастных комплексов с подробной литолого-формационной характеристикой, геодинамически активные зоны и аномалии геологического строения (рис. 2, 3).

Центрально-Московское поднятие сложено в основном ледниковыми моренными образованиями и представляет собой относительно устойчивую возвышенную часть Московско-Клязьминской равнины с абсолютными отметками земной поверхности 160 м и выше и отметками коренного ложа – 120-140 м. Здесь преобладают тектонические зоны, структурные линии (линеаменты) северо-западного, субмеридионального, реже широтного простирания.

Москворецкий прогиб представляет собой относительно низкую террасированную депрессию с абсолютными отметками кровли коренных пород от 100 м у русел палеодолин до 120–140 м. Структурно-геоморфологические линеаменты и другие формы приповерхностной структуры имеют здесь преобладающее северо-западное простирание вероятно сдвигового характера, но проявлены и субширотные зоны разуплотнения горных пород, которые могут косвенно отражать элементы разломного ограничения погребенного Подмосковского авлакогена. С этими зонами, а также с сопряженными меридиональными структурами связаны прадолины рек Москвы, Неглилки, Пресни.

Региональные и крупномасштабные структурно-геодинамические исследования позволяют утверждать, что субмеридиональные аномальные зоны испытывают растяжение, субширотные зоны – сжатие со сдвиговой компонентой, диагональные – находятся в режиме сдвиговых напряжений. При этом установлено различие напряженного состояния приповерхностной части геологической среды в пределах относительно приподнятых и опущенных новейших тектонических структур района.

Сведения о потенциальных геодинамически активных тектонических зонах, их взаимосвязи с элементами рельефа, эрозионной сетью и т.д. позволяют наметить участки повышенной проницаемости, изменения свойств горных пород, интенсивного водообмена и миграции компонентов техногенного загрязнения поверхностных и подземных вод, а также наметить участки возможных последующих деформаций инженерных сооружений, где необходи-

мы в будущем контрольные наблюдения при эксплуатации. Установлено, что наиболее тектонически напряжены и энергетически активны «узлы» пересечения геодинамически активных зон разных простираний и кинематических типов. Нередко на участках этих «узлов» наблюдается усиленный водообмен (гидравлическая связь поверхностных и подземных вод) с возможной активизацией карста и суффозии.

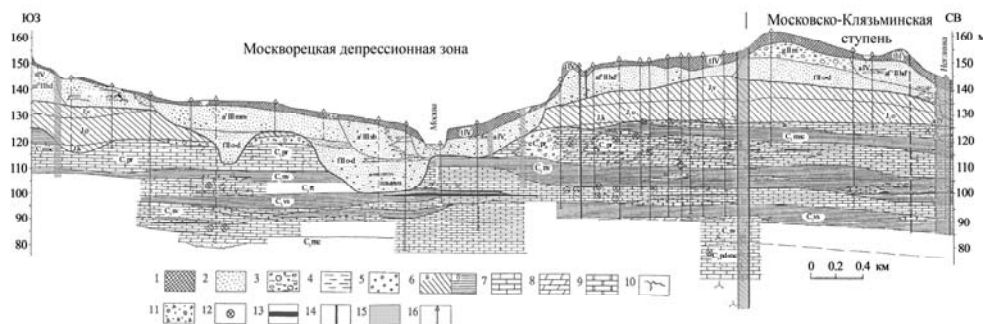


Рис. 2. Геологический разрез I-I

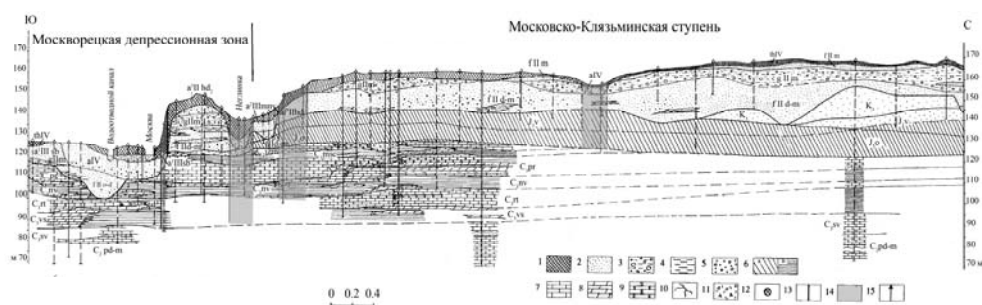


Рис. 3. Геологический разрез II-II

Условные обозначения: *Литология*: 1 – насыпные грунты, 2 – пески, 3 – морена, 4 – супеси, 5 – гравий, галька, 6 – глины юрские (а), каменноугольные (б), 7 – известняки, 8 – мергели, 9 – доломиты; *аномалии геологического строения*: 10 – трещины, 11 – разрушенные породы карбона, мука, 12 – каверны, 13 – карстовые полости; *геодинамически активные зоны*: 14 – линеаменты, 15 – зоны разуплотнения; *прочее*: 16 – буровые скважины. *Стратиграфия*: современные четвертичные отложения — техногенные (thIV), аллювий поймы (aIV); верхнечетвертичные отложения — аллювий первой (серебряноборской) надпойменной террасы р.Москвы (a¹IIIsb), аллювий второй (мневниковской) надпойменной террасы р.Москвы (a²IIImnv); среднечетвертичные отложения — аллювиально-флювиогляциальные нижнего уровня третьей (ходинской) надпойменной террасы р.Москвы и её притоков (af³IIhd₂), то же верхнего уровня (af³IIhd₁), флювиогляциальные отступления московского ледника (fIIм), морена московского оледенения (gIIм), флювиогляциальные отступления днепровского ледника (fII-d-m), окского ледника (fIIo-d); отложения нижнего мела (K₁), отложения верхней юры волжского (J_{3v}), оксфордского (J_{3o}) и келовейского (J_{3k}) горизонтов; верхнекаменноугольные отложения измайловского (C₃izm), мещериковского (C₃msh), перхуровского (C₃pr), неверовского (C₃nv), ратмировского (C₃rt), воскресенского (C₃vs) и суворовского (C₃sv) горизонтов, среднекаменноугольные отложения подольско-мячковского горизонта (C₂pd-m).

Расположение аномалий, их концентрация и ориентировка согласованы с планом тектонических деформаций и внутренним строением приповерхностной зоны земной коры. На участках природных аномалий наблюдается повышенная активность геологических процессов, а также более ярко проявляются наложенные техногенные изменения геологической среды, влияющие на устойчивость сооружений. Поэтому при проектировании зданий и сооружений необходимо учитывать структурный рисунок геодинамически активных зон.

Изложенный выше материал говорит о необходимости при инженерно-геологических изысканиях на предпроектных этапах строительного освоения территорий проводить оценку структурно-геодинамических условий, комплексный анализ геологического строения и детализацию исследований с учетом структурной позиции и природы геодинамически активных зон.

Литература

1. *Бабак В.И., Григорьева С.В., Котов Ф.С., Макаров В.И.* Геодинамически активные зоны г.Москвы (участок Лефортово) // «Сергеевские чтения». Вып.3. – М.: ГЕОС, 2001. – С. 201-205.
2. *Бабак В.И., Григорьева С.В., Макаров В.И.* Влияние геодинамически активных зон на экологию центральной части г. Москвы. // «Сергеевские чтения». Вып. 4. – М.: ГЕОС, 2002. – С. 183-186.
3. *Бабак В.И., Григорьева С.В., Макаров В.И.* Выявление природных и природно-техногенных аномалий геологической среды и оценка ее геоэкологического состояния на основе структурно-геоморфологического анализа (на примере Скопинского района Русской плиты) // «Сергеевские чтения». Вып.8. – М.: ГЕОС, 2006. – С. 263-267.
4. *Григорьева С.В., Бабак В.И.†, Макаров В.И.* Оценка геодинамических опасностей городских территорий (на примере Москвы) //Оценка и управление природными рисками. Мат-лы Общероссийской конференции «Риск-2009». Т. 1. РАН, МЧС России, МКНТ. – М.: АНКИЛ, 2009. – С.162-167.
5. *Григорьева С.В., Макаров В.И.* Крупномасштабное картографирование новейшей тектоники платформенных территорий (на примере Москвы) // Геоэкология. – 2010. – № 2. – С. 99-114.
6. *Макаров В.И., Григорьева С.В.* Оценка структурно-геодинамических условий территории освоения – необходимая составляющая при инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканиях // «Сергеевские чтения». Вып. 12. – М.: ГЕОС, 2010. – С. 56-61.
7. *Макаров В.И., Григорьева С.В.* Анализ закономерностей новейшей тектонической структуры Западной Сибири для выявления современных зон повышенной напряженности и потенциальной опасности. Геологические опасности. Материалы XV Всероссийской конференции с международным участием. РАН, МЧС России, администрация Архангельской области. – Архангельск, 2009. – С. 291-294.
8. *Макеев В.М., Макаров В.И.* Неотектонические основы оценки геодинамической опасности //Оценка и управление природными рисками. Мат-лы Общероссийской конференции «Риск-2003». Т. 1. РАН, МЧС России, МКНТ. – М.: АНКИЛ, 2003. – С. 182-186.
9. Москва. Геология и город. Ред. В.И. Осипов, О.П. Медведев. – М.: Московские учебники и картография, 1997. – С. 38-125.

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В УРАЛЬСКОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ

С.Н. Елохина, В.А. Елохин, Т.Е. Сеньота

Уральский государственный горный университет, 620144, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
тел. (343)2579271, факс (343) 2577585, E-mail: unwater@r66.ru

Система государственного мониторинга *экзогенных геологических процессов* (ЭГП) на территории Уральского федерального округа УрФО) находится в стадии становления. Наиболее продолжительные наблюдения за активностью ЭГП в пределах Ямало-Гыданской криолитозоны на территории западного Ямала проводятся институтом ВСЕГИНГЕО на стационаре Марре-Сале (более 30 лет). С 2008 г. государственная опорная наблюдательная сеть за активностью ЭГП пополнилась Каменским, Копейским и Шадринским полигонами, расположенными на восточном склоне Среднего Урала [1].

На *Каменском полигоне* в Свердловской области изучается активность карстово-суффозионных и оползневых процессов в пределах Восточного склона Среднего Урала. На полигоне инструментально закреплено 13 точек постоянного контроля. Средняя плотность карстово-суффозионных воронок на полигоне в 2010 году составила 21 воронку на км². По результатам первых наблюдений ежегодный прирост составляет около 1 проявления в год. Эрозионное увеличение диаметра воронок в среднем оценивается 0,1 м/год.

Исследование активности оползневых процессов на Каменском полигоне выполняется на Волковском оползне, развивающемся на берегу Волковского пруда на р. Исеть (г. Каменск-Уральский). Результаты наблюдений позволяют предварительно оценить продвижения оползневого цирка за последние 11 лет со скоростью около 0,8 м/год.

На *Шадринском полигоне*, расположенном в бассейне р. Исеть на территории Курганской области, исследуется активность оползневых эрозионных процессов. Оползневые процессы здесь развиваются в парагенезисе с овражной и береговой эрозией. В 2008-2010 гг. выявлены оползнеопасные участки на правом берегу р. Исеть, угрожающие частной жилой застройке. Непродуманные мероприятия по защите автодорог в отдельных случаях способствуют ещё большей активизации образования оврагов.

На *Копейском полигоне* в Челябинской области наблюдения сосредоточены за развитием процесса подтопления и сопровождающих его опасностей при ликвидации горнодобывающего комплекса. В 2008-2010 гг. кривая подъема уровня подземных вод в результате закрытия угольной шахты «Красная Горнячка» вышла на пологую ветвь, но ещё не достигла прогнозных отметок. Избыточный подземный сток Проектом ликвидации шахты предполагается отводить в построенную дренажную сеть, которая в 2010 г. оставалась ещё сухой, в том числе в результате аномальной засухи 2010 г.

Полигоном для изучения геокриологических процессов на территории Ямало-Ненецкого автономного округа является стационар «*Марре-Сале*», на котором ВСЕГИНГЕО выполняет наблюдения в скважинах за изменением температуры многолетнемерзлых пород и донных отложений Карского моря, ходом сезонного протаивания грунтов, активностью термоабразии и термоэрозии.

Наблюдения за развитием экзогенных геологических процессов проводятся также на объектном уровне отдельными организациями и предприятиями. В частности, наблюдательные сети объектного уровня имеются в пределах площади разработки твёрдых полезных ископаемых на СУБРе (Свердловская область).

В 2008-2010 гг. на участках активизации ЭГП в Свердловской области выполнены оперативные обследования на Крылатовском участке для фиксации активности подтопления; Качканарском участке для оценки влияния объектов ГОКа «Ванадий» на Усть-Выйского МППВ; Богдановичском участке – изучения причин сезонной активизации карстово-суфозионных провалов, угрожающих железной и автомобильной дорогам; Богословском и Режевском участках с ликвидированными и законсервированными горными объектами, создающими угрозу для безопасности жизнедеятельности людей, а также экологии окружающих ландшафтов.

Для учета и оценки состояния и прогнозирования активности опасных экзогенных геологических процессов на территории России и Уральского федерального округа, в частности, в рамках государственного мониторинга состояния недр (ГМСН) с 2011 года предусматривается развитие подсистемы мониторинга экзогенных геологических процессов (ЭГП) путем внедрения информационно-аналитической системы ИАС ГМСН ЭГП [2]. Система разработана федеральным центром ГМСН (ФГУГП «Гидроспецгеология») и предназначена для автоматизации функций, выполняемых специалистами по контролю, учету, анализу и представлению по запросам сведений о распространении и развитии проявлений ЭГП, наблюдательных сетях мониторинга, воздействиях ЭГП на населенные пункты и хозяйственные объекты и т.п. В Уральском федеральном округе с 2011 г. производится сбор, анализ и занесение в базу данных ИАС ГМСН ЭГП координат выявленных ранее проявлений экзогенных процессов и их параметров. Системой предусмотрен учет и пополнение данных о природных и технологических объектах, а также о воздействии ЭГП на инженерные сооружения.

К первой группе объектов относятся *паспорта шести видов проявлений ЭГП*: оползней, оврагов, селевых потоков, карстовых депрессий, абразионных и эрозионных уступов. В закладках паспорта сводится информация по привязке, условиям, факторам и характеристикам процесса и проявления (протяженность, высота, глубина и т.п.), а также общие сведения и фотодокументация.

К паспортам проявлений прикреплены закладки по *технологическим объектам*. Под технологическим объектом подразумевается часть окружаю-

щей среды с совокупностью средств измерения (или без них), выделенная с целью получения информации о проявлениях ЭГП, условиях и факторах их развития, или отдельное техническое устройство, созданное для аналогичной цели. Технологические объекты представлены участками инженерно-геологических обследований или наблюдений, измерительные створы, отдельные скважины и репера и т.д. Основной частью паспорта технологического объекта являются данные наблюдений, позволяющие накапливать и анализировать динамику процесса. Сводные данные о **воздействии ЭГП** формируются по видам воздействий на линейные сооружения, населенные пункты и земли различного назначения. В целом, внедряемая ИАС ГМСН ЭГП, представляет собой уникальный опыт обобщения, систематизации и изучения сведений об экзогенных процессах.

Региональная база данных формируется на основе территориальной информации, собираемой территориальными центрами ГМСН. Основным недостатком созданных на сегодняшний день баз данных является площадная неравномерность получаемой информации, а также отсутствие оперативной и сквозной системы сбора и учета проявлений ЭГП. За прошедшие полгода удалось заполнить территориальные базы данных паспортами проявлений следующим образом:

1. Свердловская область:

- карстово-суффозионные процессы (15 объектов);
- оползневые процессы (14 объектов).

2. Курганская область:

- оползневые процессы (2 объекта);
- овражная эрозия (2 объекта);
- эрозионные уступы (3 объекта).

3. Челябинская область:

- карстово-суффозионные процессы (72 объекта).

Банк данных по ЭГП и технологическим объектам продолжает пополняться. К 2012 году предполагается накопление в базе всех известных и значимых проявлений ЭГП на территории УрФО. Достоинством внедряемой ИАС ЭГП является её сопровождение ГИС-картами в формате ArcView. При надлежащем финансировании работ ГМСН региональная база данных ИАС ГМСН ЭГП может стать основой для региональных прогнозов активности ЭГП в зависимости от прогноза активности выделенных триггерных факторов.

Литература

1. Елохина С.Н., Цветов Н.В. и др. Аналитический обзор состояния недр территории Уральского федерального округа за период 2005-2009 гг. – Екатеринбург: ОАО «Уралгидроэкспедиция», 2010. – 249 с.

2. Информационно-аналитическая система государственного мониторинга состояния недр. Подсистема «Опасные экзогенные геологические процессы». Руководство пользователя. Версия 4.05. – ФГУГП «Гидроспецгеология», 2011. – 76 с.

ФОРМИРОВАНИЕ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛДАНСКОГО ШИТА

М.Н. Железняк, Л.И. Шипицына, И.Е. Мисайлов

Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН,
677010 Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Мерзлотная, 36, тел. 8(4112) 390809, 390800,
факс 8(4112) 390800, эл. почта: fe@mpi.ysn.ru, ventura-83@mail.ru

Температура горных пород и мощность многолетнемерзлых толщ (ММТ) определяются широким комплексом природных факторов. Даже в пределах идентичных элементов рельефа (склоны одинаковой экспозиции, водоразделы, долины и т.д.) вследствие отличия участка по литологическому составу, растительности и др. может формироваться широкий диапазон изменения температур и мощности многолетнемерзлых толщ. Для картирования, особенно крупномасштабного, территории криолитозоны необходимо выявление и количественная оценка признаков картирования. Это возможно на основании анализа массива геокриологических данных. Чем больше массив ориентированных данных и корректнее сведения, тем достовернее найденные зависимости и выражения, их описывающие. Причем в горных областях выявленные зависимости вследствие особенностей природных условий, как правило, специфичны [5].

В горных областях, где геотемпературные условия отличаются большой пестротой, необходимо детальное районирование и выявление зависимостей по характерным элементам рельефа с близкими климатическими условиями, т.е., нужна работа с массивами данных и их ранжирование. Если имеющиеся данные единичны, то работа с ними упрощается, а если этот массив насчитывает десятки и даже сотни измерений, сразу встает вопрос об их обработке, хранении и анализе [6]. Несомненно, создание базы данных (БД) на персональном компьютере (ПК) с возможностью вести оперативную работу с большим массивом материалов, их статистической и аналитической обработкой, является в настоящее время наиболее приемлемым решением в региональной геокриологии. База данных должна стать основой при региональном картировании криолитозоны, что дает возможность работающему с БД самостоятельно анализировать и вести поиск зависимостей между природными факторами.

В настоящее время ни в России, ни за рубежом нет завершенных геокриологических баз данных (ГБД). В стадии формирования находится Российская национальная геокриологическая база данных (РНГБД).

Лаборатория геотермии криолитозоны Института мерзлотоведения СО РАН с 1996 г. ведет разработку структуры и формирование ГБД, которая включает в себя структурированную геокриологическую информацию по мониторингу отдельных компонентов криолитозоны, полевым и лабораторным исследованиям, точкам маршрутных наблюдений и горным выработкам юга Сибирской платформы.

База данных формируется в программном продукте «DELPHI», который дает возможность визуальной разработки приложений на основе принципов объектно-ориентированного программирования. DELPHI ориентировано именно на создание приложений WINDOWS для работы с базами данных и имеет целый ряд инструментов разработки таких приложений [1 – 4].

Геокриологическая база данных железорудных месторождений Алданского щита может рассматриваться как элемент глобальной, так и региональной баз данных. В основе её систематизации заложен геолого-структурный принцип (рис. 1). Структурами первого порядка в этой базе являются Олекминский, Центральнo-Алданский и Предстановой мегаблоки; второго порядка – Чарский, Нимнырский, Сеймский, Чутинский, Суннагинский и Сутамский блоки; третьего порядка – участки работ (месторождения, рудопроявления, поисково-съёмочные) Тарыннах, Горкит, Дёс, Таежное.



Рис. 1. Положение железорудных месторождений в структурах Алданского щита

Разработка геокриологической базы данных железорудных месторождений Алданского щита направлена на систематизацию геотеплофизической информации, в основу которой положены первичные данные по техническим характеристикам выработок, температурному режиму и теплофизическим свойствам горных пород. На основе этих данных возможна аналитическая работа по выявлению особенностей и закономерностей распространения ММП по участкам, орографическим областям, геоструктурам, а предельные значения или осредненные данные помещены в геокриологическую базу Сибирской платформы и геокриологическую базу России.

С этой целью в настоящее время разработана структура базы данных, которая состоит из 3 взаимосвязанных систем (банков):

1 – банк данных по физико-географическим и техническим сведениям горных выработок, в которых проводились геотеплофизические исследования. В данном банке обобщена информация по 35 пунктам (№ скважины, местоположение, абсолютная отметка, дата проведения температурного замера и т.д.), в том числе приведены температурные данные на реперных глубинах, полученные непосредственно измерениями или расчетным путем (рис. 2);

2 – банк региональных данных по теплофизическим свойствам, которые включают в себя набор теплофизических и физических характеристик горных пород (коэффициент теплопроводности, коэффициент температуропроводности, теплоемкость, плотность скелета грунта, весовая влажность), а также эффективная теплопроводность пород для горизонтов мерзлой толщи (рис. 3).

3 – банк первичных данных по температурным измерениям в скважинах горных выработках.

Таким образом, создаваемая база данных будет содержать в себе полную, постоянно пополняемую информацию о геокриологических условиях, которые могут быть оперативно использованы при выработке проектных решений и организации системы разработки месторождений. Помимо этого, база геокриологических данных будет обладать пакетом аналитических программ, позволяющих вести информационный поиск и статистическую обработку инженерно-геокриологической информации.

Технические характеристики скважины

Название участка: **Таёжное** № скважины: **312** Источник информ: **Фонды ИМЗ**

Примечания:

Технические сведения по скважине

Дата нач. бурения: **25.02.1980** Метод определения ИП: **ТМ** Мощность ИП: (м)

Дата окон бурения: **25.07.1980** ТМ режим: **Многokrатн** Температура поверхности: (градус)

Абс. отм. устья скв. м: **1219** Термокаротаж: Дата: **14.06.1983** Макс. глубина: **677** Тем-ра пов-ти горн/пород: **0.3** (градус)

Глубина забоя скв. м: **1042** Термометрия: **14.06.1983** **677** Уровень воды, м: **78.50** (м)

Глубина теплооборотов: **12.5** (м)

Глубина сезонного (м)

протаивания: Дата промерзания: Вид: **Напочвенно-раст.**

промерзания: **2.5** Дата протаивания: **30.08.1980** Покровость: **40** %

Температура в градусах, соответственно на глубинах (м)

25 м	100 м	200 м	300 м	400 м	500 м	1000 м	1500 м	2000 м	3000 м	Снежный покров
1.1	1.2	1.4	2	3.6	8.7	19.5	32			Мощность (м): 1.58
										Плотность (г/куб.см): 0.25

Рельеф

Элемент рельефа: **Склон** Растительность

Морфология: **Южный** Древесная код+сомн(%): **л4**

Положение: **Верхняя часть** Кустарниковая код+сомн(%): **ке5**

Форма: **Пологий**

Информация для разъяснения: **ЕЛ**

Не заполнять:

Ввести, просмотреть температурные данные по скважине, показать график

Рис. 2. Технические и физико-географические сведения по скважине 312 (месторождение Таёжное)

Ввод теплофизических характеристик скважин

Корректная справка

№	Название	№ скв
25	Суэцкая площадь	372
304	Сулумат	373
105	Сунгар	374
29	Сухо-Тунгусская пл	375
20	Суходунская площ	377
136	Сухой Кумак-Чулак	379
305	Сухой Лог	382
222	Сылгылыр	385
68	Сындаско	389
106	Сыгыкан	390
107	Сюльдокар	391
	Табачинская	392
74	Тагильская площадь	393
124	Таежное	394
49	Тайгинская площадь	395
64	Талаканская площадь	399
56	Талнах	400
62	Танамская площадь	403
123	Тарынах	460
186	Тенкергин	466
238	Техтор	474
116	Тикси	493
119	Тойнохская	498
306	Токаринский	499
		507
		508
		509

Развернутый вид записи по скважине

Таежное **393**

Сезонно-талый слой

Дата полного промерзания	Глубина, м	Объемный вес скелета грунта	Влажность, %	Коэффициенты теплопроводности	
02.12	3,3	2400	10	мерзлый 2,4	мерзлый 0,95
				талый 2,1	талый 0,69

Сезонно-мерзлый слой

Глубина, м	Температура на подошве слоя	Объемный вес скелета грунта	Влажность, %	Коэффициенты теплопроводности	
23	-3,2	2650	0,8	3,5	1,57

Слой годовых теплооборотов

Глубина, м	Температура на подошве слоя	Объемный вес скелета грунта	Влажность, %	Коэффициенты теплопроводности	
23	-3,2	2650	0,8	3,5	1,57

Мерзлые породы

Мощность, м	Геотермический градиент	Объемный вес скелета грунта	Влажность, %	Коэффициенты теплопроводности	
240	0,7	2590	1,6	3,3	1,71

Подмерзлотный горизонт

Горизонт, м	Геотермический градиент	Объемный вес скелета грунта	Влажность, %	Коэффициенты теплопроводности	
до 500	1,2	2660	0,8	3,5	
500 - 1000	1,1	2560	0,6	3,3	
более 1000	1,1	2580	0,6	3,4	

Рис. 3. Теплофизическая характеристика горных пород по скважине № 393 (месторождение Таежное)

Данная база данных имеет интуитивно доступный интерфейс, удобна в обращении и не требует большого дискового пространства на любых системах персональных компьютеров.

Литература

1. Александровский А.Д. Delphi 5. Разработка корпоративных приложений. – М.: ДМК, 2000. – 250 с.
2. Архангельский А.Я. 100 компонентов общего назначения библиотеки Delphi 5. – М.: ЗАО Изд-во Бином, 1999. – 178 с.
3. Баас Р., Фервей Р., Гюнтер Х. Delphi 5 для пользователя (перевод с немецкого). – Киев: ВНУ, 2000. – 256 с.
4. Бобровский С. Delphi 5. Начальный курс. – М.: Изд-во «ДЕСС», Инфорком – Пресс, 1999. – 256 с.
5. Железняк М.Н. Геотермические условия формирования и существования криолитозоны в западной части Алданской антеклизы. – Якутск: Изд-во СО РАН, 1998. – 91 с.
6. Железняк М.Н. Геотемпературное поле и криолитозона юго-востока Сибирской платформы. – Новосибирск: Наука, 2005. – 227 с.

О НОВОМ ВИДЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ГРУНТОВ

Д.Ю. Здобин

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург
199034, Университетская набережная 7/9, 89219860757, zdobin_soil@mail.ru

В рамках проекта «Биологическая компонента грунта» Центр генетического грунтоведения проводит ежегодные исследования вопросов формирования состава и физико-химических свойств прибрежно-морских органо-минеральных грунтов на Морской биологической станции СПбГУ.

Комплексные исследования состава и свойств прибрежно-морских органо-минеральных осадков изучались на своеобразном природном образовании – литоральной лагунной ванне, встречающихся на приливном берегу (ватте) островов Керетского архипелага Кандалакшского залива Белого моря [2].

Исследования литоральной лагунной ванны проводятся ежегодно с 1997 г, и в этом отношении почти за 15-летний цикл наблюдений можно осторожно говорить об общей тенденции в динамике накопления осадочного материала на этом специфическом объекте.

Геологическое строение четвертичных отложений, в пределах которых располагается ватт, достаточно простое. В целом они имеют незначительную мощность (до 3 м) и залегают на выветрелых архейских гранитах и гранито-гнейсах. На базальном горизонте, представленным плотным слоем щебня скальных пород с песчаным заполнителем, залегают супесь голубовато-серая, пластичная, в верхней части гумусированная, мощностью 1,2 м. Выше по разрезу отмечается суглинок темно-серый, мягкопластичный, с редкими включениями дресвы. Завершает разрез серая текучая глина. Верхний горизонт разреза был исследован на глубину 0,55 м, шагом 1-3 мм.

Литоральная лагуна представляет собой практически замкнутый водоем (15x20 м), отшнурованный от моря песчаным баром с валунами, по всей видимости, ранее представляла собой бухту, но в процессе неотектонического поднятия претерпела значительные изменения. Лагуна расположена практически на марше. Нижний уровень лагуны совпадает со вторым уровнем современных литоральных ванн. Верхний уровень – с началом границы марша, частично заполняется водой (до 7-15 см) только во время сизигийного прилива (один раз в 28 дней).

В пределах собственно литоральной лагуны из-за общей неоднородности поверхности отмечаются отрицательные формы рельефа, которые нами названы литоральные лагунные ванны. Если литоральная лагуна периодически осушается и заливается водой во время приливно-отливных явлений, то литоральные лагунные ванны все время находятся под водой и в них происходит постоянная седиментация вещества.

По берегу лагуны, выходящей на марш, на траве, отмечается большое количество штормовых выбросов (*Cladophora sp.*, *Fucus vesiculosus*). Также сплошным покровом современные водоросли покрывают все дно литеральной ванны. Вода у кромки берега имеет коричневато-бурый оттенок с синеватой металлической железистой пленкой, что является явным признаком окислительных процессов. Поверхность дна бугристая с резкими и невысокими поднятиями (до 5-10 см). Кроме этого повсеместно по всей поверхности литеральной ванны (особенно в местах примыкания к отдельным валунам) отмечаются пятна и выцветы розового, малинового и охристо-коричневого цвета. В тех местах дна, где слой современных водорослевых матов достаточно велик (до 2-4 см), отмечаются отдельные вздутия (пузыри), при разрушении дающие резкий запах сероводорода.

В сизигийный отлив в летнее время температура воды в литеральной ванне из-за незначительной глубины последней (до 7-10 см) хорошо прогревается (температура воды колеблется в пределах +25+27°C), что создает благоприятные условия развитию биохимических процессов как в барьерной зоне «вода-осадок», так собственно в верхней части грунтовой толщи.

Под слоем коричнево-бурой нитевидно-волоконистой гелеобразной железистой пленки залегает черный органический грунт. Сначала слой черных водонасыщенных водорослей (1-2 мм), затем четко структурированного водорослевого субстрата (до 1-1,5 иногда до 3,5 см) и, наконец, ила черного, глинистого, текучего, бесструктурного (до 3-3,5 см). В конце интервала иссиня-черный цвет сереет и на глубине 7-10 см ил черный постепенно переходит в ил зеленовато-серый, глинистый, текучий с большим количеством фрагментов растительных тканей, который на глубине 35 см сменяется глиной серой, мягкопластичной.

0,0 – 0,1 см – Бурая, коричневато-бурая и коричневато-охристая пленка. Гелеобразная (студнеобразная), тонковолокнистая, отдельные нитевидные волокна.

0,1 – 1,0 см – Черные, водонасыщенные, слои водорослевых матов, (каждый слой около 1 мм). Внизу интервала степень разложения увеличивается. Резкий запах H₂S. Граница с вышележащим слоем четкая.

1,0 – 1,5 (3,5) см – Черный органический грунт (морские нитчатые водоросли – *Cladophora sp.*). Остатки растительных тканей. Водонасыщенный. В верхнем интервале еще сохраняется горизонтальная или субгоризонтальная структура параллельная поверхности морского дна. Граница с вышележащим слоем постепенная.

1,5 (3,5) – 3,0 (5,0) см – Постепенный переход полностью разложившихся черных текучих остатков морских водорослей (в низах параллельная структура полностью отсутствует) в ил органический, черный, глинистый, текучий, водонасыщенный с резким запахом H₂S. В самом конце интервала иссиня-черный цвет осадка постепенно сереет.

3,0 (5,0) – 10,0 см – Ил серовато-зеленый, серый и оливково-болотный, глинистый, текучий, водонасыщенный с большим количеством разноориентированных остатков корней прибрежных растений.

10,0 – 35,0 см – Постепенный переход от ила серовато-зеленого к глине серой, белесо-серой, текучей и текучепластичной. В низах интервала отмечается появление плохо окатанной мелкой гальки и мелкого щебня с одновременным резким уменьшением растительных тканей.

35,0 – 50,0 см – Постепенный переход от глины серой текучей к суглинку серому мягкопластичному. Единичная галька и створки моллюсков.

50,0 – 70,0 см (и ниже) – Супесь серая, пластичная, плотная, маловлажная с пятнами рыжевато-бурого ожелезнения, с редкими скоплениями линз мелкого песка (1,0-3,0 см), с мелким хорошо окатанным гравием и единичными створками двустворчатых моллюсков.

Максимальные значения естественной влажности у бурой пленки – до 1200%. Черный органический и серый органо-минеральный грунты характеризуются повышенными значениями естественной влажности: $W_e=489\%$ и 135% при влажности верхнего предела пластичности (W_l) 186% и 159% , и низкими значениями плотности и плотности твердых частиц грунта: $\rho=1,04 \text{ г/см}^3$, $\rho_s=2,13 \text{ г/см}^3$ и $1,04 \text{ г/см}^3$ и $2,60 \text{ г/см}^3$ соответственно. У суглинка и глины значения W_e и W_l резко падают и составляют $W_e=40\%$ и 36% , $W_l=43\%$ и 47% значения плотностей наоборот возрастают до $\rho=1,69 \text{ г/см}^3$, $\rho_s=2,52 \text{ г/см}^3$ и $1,87 \text{ г/см}^3$ и $2,65 \text{ г/см}^3$.

Анализируя результаты физико-химических и биохимических исследований, была выявлена прямая взаимосвязь между показателями и W_e , W_l , содержанием частиц $0,002 \text{ мм}$ и концентрацией органического вещества, представленными показателями содержания органического углерода ($C_{\text{орг}}$) и содержание суммарного белка СБ (интегральная характеристика, включающая все формы белковых соединений микроорганизмов (живых и мертвых клеток), белковые продукты их метаболизма, а так же белок, входящий в состав захороненных растительных остатков) [3].

Максимальные значения биохимических показателей приурочены к верхнему литологическому горизонту и к границам литологических разностей на границе черного и серого органо-минеральных грунтов: 1 горизонт $C_{\text{орг}} - 54\%$, 2 горизонт $C_{\text{орг}} - 31\%$, СБ – $392,7 \text{ мкг/г}$. На границе серого органо-минерального грунта и глины $C_{\text{орг}} - 7\%$, СБ – 196 мкг/г .

Таким образом, можно выделить две геохимических и биохимических обстановки: окислительную и восстановительную.

Окислительная обстановка – до глубины $0,1 \text{ см}$ – представлена бурой пленкой. Граница с бурой пленкой является границей изоляции от придонной, насыщенной кислородом морской воды и, собственно, границей осаждения и характеризуется аномально высокими значениями естественной влажности (до 1200%) и СБ до 950 мкг/г .

В этой обстановке наблюдается начало коагуляции твердых и органических частиц в присутствии растворенного органического вещества, которое и является главным фактором коагуляции. Рассматриваемая геохимическая

обстановка характеризуется наличием химических элементов высшей степени окисления, что подтверждается данными спектрального анализа. Отмечается резкое уменьшение содержания Mn и Fe вниз по разрезу при достаточно стабильном содержании Al_2O_3 , MgO, CaO, K_2O , Na_2O .

Восстановительная обстановка начинается с глубины 0,1 см и представлена черным органическим грунтом (до 3 см), ниже (до 10 см) серым органо-минеральным грунтом где происходит резкая смена окислительных условий на восстановительные. Здесь отмечается начало гравитационного уплотнения осадка – отжатие поровой воды; доминирует развитие анаэробных процессов, сопровождающихся переходом окисных соединений в закисные и сменой аэробной микрофлоры на анаэробную, что подтверждается высокими значениями биохимических показателей. Начиная с глубины 10 см и ниже, восстановительная обстановка представлена нормально уплотненными грунтами, прошедшими раннюю стадию диагенеза. Здесь анаэробные процессы развиты наиболее широко – $pH = 5.50-6.55$, и, вниз по разрезу, роль анаэробной микрофлоры является главенствующей.

Восстановительная обстановка, вниз по разрезу, не претерпевает существенных изменений показателей W_e , $C_{орг}$ и СБ.

Смена окислительно-восстановительной обстановки на аккумулятивных континентальных шельфах различного типа носит преимущественно физико-химический характер, прежде всего из-за гравитационного уплотнения и незначительного содержания органического вещества (до 7-10%). В нашем же случае в прибрежно-морской седиментационной обстановке данный процесс, вероятно, имеет существенно биохимический характер, и именно содержание биоты является катализатором геохимических процессов и изменения валентности катионов. Следовательно, в латеральной лагуне влияние органического вещества является определяющим на процесс формирования физико-химических свойств грунтов.

Отметим, что первоначально эта самая верхняя часть аквальной секвенции отложений определялась одним нейтральным термином «черный органо-минеральный грунт». В дальнейшем, при детальном лабораторном исследовании стало абсолютно понятно, что содержание органического вещества в этих грунтах всегда более 50%.

Еще раз оговоримся, что из-за уникальности данных объектов возникает определенная сложность их классифицирования. Но в целом они укладываются в таксон и смысловое наполнение термина «органический грунт», широко используемый в общей инженерно-геологической классификации грунтов [1].

Исходя из общей инженерно-геологической классификации грунтов в данном случае по всей совокупности факторов мы, по всей видимости, можем выделить новый вид органического грунта – морской торф (либо «морской фитолит» – название условное).

Перечислим основные, на наш взгляд, природные факторы, контролирующие образование и последующую геологическую эволюцию морских фитолитов:

- Степень биологической продуктивности прибрежных вод (количество выброшенных на берег в период штормов и приливно-отливных явлений водорослей);
- Гидрологической обстановки прилегающей акватории (постоянная вдольбереговая циркуляция вод);
- Приливно-отливные и сгонно-нагонные явления;
- Общее количество, направленность и сила осенних штормов;
- Мощность ледового покрова и дрейфовые процессы (чем суровее зима, тем более длительный период существования ледового покрова, якорение последнего в на уровне береговой линии и вынос льда со вмержших в него верхних горизонтов грунта, накопленного в летний период);
- Сезонные климатические температурные изменения погоды (продолжительность и степень летнего прогрева атмосферы: чем выше температура, тем больше прогрев ванн, и тем больше степень разложения органического вещества).

Нам представляется два пути дальнейшей эволюции данного вида органического дисперсного связного грунта:

1. При благоприятных условиях с учетом общего тектонического поднятия всей территории (до 5 мм в год) грунт превращается в маршевую гидроморфную почву. По нашим данным общий тренд в осадконакоплении исследованной латеральной лагунной ванны заключается в постепенном увеличении мощности фитолита (до 5 мм) за весь период наблюдений.

2. При неблагоприятных условиях он полностью разрушается вследствие либо штормовых размывов, либо ледовой абразии.

Понятно, что эти локально-фациальные короткоживущие прибрежные образования минимальной мощности достаточно экзотический вид органических грунтов, но, тем не менее, они существуют и занимают свое определенное положение в общей классификации грунтов.

Автор признателен А.Э. Фатееву (СПбГУ) за помощь в проведении полевых работ.

Литература

1. *ГОСТ 25100-95. «Грунты. Классификация».* – М.: МНТКС, 1996. – 30 с.
2. *Здобин Д.Ю.* Физико-химические свойства отложений латеральных лагун Кандалакшского залива Белого моря. Труды XIX Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. – Т. IV. – С. 77-82.
3. *Нижарадзе Т.Н., Пушинова Е.А., Кнатько В.М* и др. Методические указания по количественному учету влияния жизнедеятельности микроорганизмов на физико-механические свойства. – Л., 1988.

СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ НАДМЕРЗЛОТНЫХ, МЕЖМЕРЗЛОТНЫХ И ГРУНТОВЫХ ВОД ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРО- ВОСТОКА РОССИИ В ЦЕЛЯХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Л.Д. Иванова, Н.А. Павлова

Институт мерзлотоведения им. акад. П.И. Мельникова СО РАН, Россия, Республика Саха
(Якутия), 677010, г. Якутск, ул. Мерзлотная, 36; тел.: (4112)334696, факс: (4112)334476,
e-mail: ldivanova@mpi.ysn.ru, pavlova@mpi.ysn.ru

Формирование автоматизированной базы данных надмерзлотных, межмерзлотных и грунтовых вод территории развития мерзлой зоны было начато при создании электронной модели «Инженерно-геологической карты России» в масштабе 1:2 500 000, завершенной в 2010 г. (редакторы д.г.-м.н. В.С. Круподеров и д.г.-м.н. В.Т. Трофимов). В настоящее время база данных используется при составлении цифровой «Инженерно-геокриологической карты РС (Я) и прилегающих территорий» в масштабе 1:2 500 000, работа над которой ведется в Институте мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН [1]. Структура базы данных была разработана в соответствии с легендой к данному масштабу, необходимостью районирования надмерзлотных, межмерзлотных и грунтовых вод территории развития мерзлой зоны по их агрессивности к строительным материалам и конструкциям (общекислотная, сульфатная, углекислотная) и создания банка данных наиболее крупных наледей региона.

В процессе работы по созданию базы данных и вероятной возможности использования ее в дальнейшем, возникла идея дополнить базу сведениями не только по гигантским наледям, вызывающим всеобщий интерес и восхищение, но и по мелким и средним наледям, которые иногда являются непреодолимым препятствием при строительстве линейных сооружений. Внесение в базу данных сведений о мелких и средних наледях даст возможность графически выделить наледоопасные районы. Также в базу данных дополнительно вводятся сведения о выщелачивающей агрессивности, характерной для надмерзлотных вод.

Информационной основой для решения поставленных задач послужил фактический материал, полученный в разные годы при проведении мерзлотно-гидрогеологических, инженерно-геологических и других работ Институтом мерзлотоведения СО РАН, различными подразделениями Государственного комитета по геологии и недропользованию Республики Саха (Якутия), Московского Государственного университета, научно-исследовательского института геологии Арктики и Антарктики и др. Из использованных материалов наиболее полный вклад по площадной характеристике надмерзлотных вод был получен из серии карт масштаба 1:200 000 «Геологическая карта СССР». Систематизация и анализ большого объема разностороннего факти-

ческого материала о составе и свойствах надмерзлотных, межмерзлотных и грунтовых вод территории распространения сплошной, прерывистой и островной мерзлой зоны в целях районирования их по агрессивности к строительным материалам и конструкциям позволили внести в базу данных информацию на территорию РС (Я) более чем по 400 пунктам наблюдений. Из них источников подземных вод – 165, вод сезонно-талого слоя – 130, таликов – 110, наледей площадью более 10 км² – 66. По Магаданской области, северу Хабаровского края и Читинской области источников подземных вод – 165, вод сезонно-талого слоя – 130, таликов – 110, наледей площадью более 10 км² – 19. Для выделения районов с площадным распространением наледей и районирования наледоопасных территорий планируется дополнительно ввести в базу данных сведения о наледях площадью от 1 до 10 км².

Формирование и ведение базы данных производится в системе управления баз данных (СУБД) – Microsoft Office Access. СУБД способствуют упрощению и унификации информации и структуры данных, что облегчает выполнение работ по подготовке информации к ее дальнейшему использованию. Это позволяет оперативно извлекать, анализировать, группировать по заданным условиям и производить объективную оценку данных, выборки, создавать эталонные объекты для различного рода исследований [2]. Составляемая база данных полностью совместима с другими приложениями Microsoft Office и с большинством других популярных форматов баз данных. Она содержит набор связанных между собой таблиц, форм, запросов, отчетов, которые позволяют быстро обновлять данные, осуществлять поиск, анализ, группировку, вычисления и построение диаграмм.

Специальные средства, входящие в состав Access, позволяют вводить данные в режиме таблицы, или, что значительно удобнее, в подготовленную форму (рис. 1, 2), осуществлять поиск записей в базе данных, удовлетворяющих необходимым условиям, производить необходимые расчеты, создавать сводные отчеты в наиболее удобном виде, отвечающем конкретным задачам.

При создании базы данных использовался аналитический и интуитивный подход к определению состава и структуры данных. Использование такой технологии оправдано тем, что гибкие средства создания реляционной базы данных в Access позволяют на любом этапе разработки внести изменения в базу данных и трансформировать ее структуру без ущерба для введенных ранее данных.

Использование базы данных позволяет оперативно найти сведения по конкретной точке наблюдения: получить характеристику водоносного горизонта, выявить связь с многолетнемерзлыми породами (ММП), построить диаграммы гидрохимических характеристик, в том числе по типам агрессивности подземных вод, выявить площадное распространение наледей в конкретных геоморфологических, гидрогеологических и геологических условиях. Сформированная база данных надмерзлотных, надмерзлотно-межмерзлотных и грунтовых вод позволила вести моделирование геологической, гидрогеологической, гидрохимической и геокриологической информации стандартными методами в программах ArcGis и ArcView [1, 2].

Индекс	Петрографический тип пород	Дебит, л/с	Минер_г/дм	Анионы	Катионы	PH	Агр_CO2	Агр_общести	Агр_выщел	Агр_SO4	Туре
С	доломиты, мергели, известняки	<0,3	0,100-0,201	HCO398	Mg55 Ca35	7,7	не опр.	не агр.	не агр.	не агр.	101
С	доломиты, мергели, известняки	0,1-25,0	0,288-0,464	HCO3	Ca Mg	7,7	не опр.	не агр.	не агр.	не агр.	101
Р13 -См1	доломиты, песчаники	1,0-7,0	0,15-0,57	HCO3	Ca Mg	8,4	не опр.	не агр.	не агр.	не агр.	101
С1jd	доломиты, известковые доломиты,	1-3,5	0,57	HCO3	Ca Mg	8,4	не опр.	не агр.	не агр.	не агр.	101
С1jd	доломиты, известковые доломиты,	7	0,57	HCO3	Ca Mg	8,4	не опр.	не агр.	не агр.	не агр.	101
С1-Р3	доломиты, песчаники, известняки		0,1-0,3	HCO3	Ca Mg	6,7	не агр.	не агр.	не агр.	не агр.	101
аQIV-Е	супесчано-суглинистые отложения,	70	0,2645	HCO388 CO36 SO44 Cl 1	Ca42 Mg41 (Na+K)16	8,4	не агр.	не агр.	не агр.	не агр.	101
С	доломиты, мергели, известняки	0,1-25,0	0,463-0,648	HCO3 SO4	Ca Mg	8,4	не опр.	не агр.	не агр.	не агр.	101
J	песчаники, аргиллиты, углисто-		0,3	HCO3 50 SO447 Cl 3	Na63 Ca20 Mg17	6,6	не опр.	не агр.	не агр.	не агр.	101
аQIV	щель карбонатных пород		0,22	HCO3 87 SO4 8 CO3 4 Cl 1	Mg 53 Ca 46	7,4	не агр.	не агр.	не агр.	не агр.	101
аQIV	пески, супеси гравий, обломки		0,21	HCO3 80 Cl 1 6SO4 4	Ca60 Mg30(Na+K)10	8,4	не агр.	не агр.	не агр.	не агр.	101
аQIII	галечники, пески, суглинки, илы	1	0,23	HCO3 84 Cl 16	Ca66 Mg22(Na+K)12	7,4	не агр.	не агр.	не агр.	не агр.	101
J1	песчаники	до 1100	0,134	HCO380 SO4 14 Cl 6	Mg50 Ca44 (Na+K)6	7,2	не агр.	не агр.	не агр.	не агр.	101
С2-J1	известняки, аргиллиты	1,0-10,0	0,16	HCO394 Cl 6	Ca89 Mg6 (Na+K)5	7,4	не агр.	не агр.	не агр.	не агр.	101
PR-С	доломиты, песчаники,	0,5-1,0	0,122	HCO3	Ca Mg	7,1	не опр.	не агр.	не агр.	не агр.	101
O1	известняки, доломиты	125-200	0,43	HCO3 62 SO4 38	Ca54Mg29(Na+K)17	6,5	не опр.	агр.	не агр.	не агр.	102
PR3-PZ	известняки, доломиты, аргиллиты,	20-30	0,18	HCO3	Mg Ca	6,3	не агр.	агр.	не агр.	не агр.	102
A	гнейсы, сланцы, граниты	<0,1	0,066	HCO389 SO46 Cl2	Mg51Ca37(Na+K)9	7,1	не опр.	не агр.	агр.	не агр.	103
аQIV-Е1	щель карбонатных пород		0,051	HCO3 91 SO4 5 Cl 4	Ca 90 Mg 10	8	не опр.	не агр.	агр.	не агр.	103
J	песчаники, аргиллиты сланцы,	~Σ300	0,04	Cl HCO3	Na	7	не опр.	не агр.	агр.	не агр.	103
D2	известняки, доломиты	112	0,21	HCO3 85 SO412 Cl 3	Ca73 Mg27	6,8	не опр.	не агр.	агр.	не агр.	103
P	глыбы долеритов	15-19	0,06	HCO3 88 SO4 10	Ca61 Mg38	6,9	не опр.	не агр.	агр.	не агр.	103
g.I QIII	суглинки, супеси, пески с галькой	2-3 до10	0,11	HCO3 92	Ca57 Mg41	7	не агр.	не агр.	агр.	не агр.	103
A	гнейсы, кристаллические сланцы	1	0,084	HCO3	Ca Mg	7	не опр.	не агр.	агр.	не агр.	103
O+S	мергели, аргиллиты, песчаники	400	1,1	SO4 75 HCO3 16 Cl 9	Ca60Mg32(Na+K)8	7,1	не опр.	не агр.	не агр.	агр.	104
С1I	доломиты, известняки, ангидриты,		7,89	Cl 79 SO4 18 HCO3 3	(Na+K)77Ca14Mg9	7,2	не опр.	не агр.	не агр.	агр.	104
O1	известняки, доломиты	400	1,3	SO470 HCO3 20 Cl 10	Ca70 Mg25(Na+K)5	6,5-7	не опр.	не агр.	не агр.	агр.	104
D3km	алевролиты, аргиллиты,	3,76	305	Cl 98 SO4 1,5	(Na+K)98,2 Ca1,5	6,1	не опр.	не опр.	не агр.	агр.	104
O+S	мергели, аргиллиты, песчаники	200	2,7	SO4 82 Cl 10 HCO3 8	Ca54Mg26(Na+K)20	7,2	не опр.	не агр.	не агр.	агр.	104
O+S	мергели, аргиллиты, песчаники	3,0	2,4	SO4 58 Cl 29 HCO3 13	Ca64(Na+K)21Mg15	6,9	не опр.	не агр.	не агр.	агр.	104
С1I	доломиты, известняки, ангидриты,	не опр.	1,7	SO4 86 HCO3 13 Cl 1	Ca79Mg19(Na+K)2	7,2	не опр.	не агр.	не агр.	агр.	104
аQIV	супесчано-суглинистые отложения	н. опр	0,76	SO4 70 HCO327 CO32 Cl 1	Mg52 Ca45 (Na+K)3	7,9	не опр.	не агр.	не агр.	агр.	104
С	доломиты	не опр.	18,6	Cl SO4	(Na+K) Ca Mg	6,7	не опр.	не опр.	не агр.	агр.	104
аQIV	щель карбонатных пород	не опр.	3,4	Cl 49 SO4 34 HCO3 17	(Na+K) 36 Mg33 Ca40	6,9	не агр.	не агр.	не агр.	агр.	104
С1а	известняки, доломиты, ангидриты,	не опр.	2,07	SO4 88 HCO3 11 Cl 1	Ca 71 Mg 28 (Na+K)1	7	не опр.	не агр.	не агр.	агр.	104
J-С1	известняки, доломиты, ангидриты,	не опр.	1,65	SO4 92 HCO3 6 Cl 2	Ca 78 (Na+K)24 Mg 1	не опр	не опр.	не опр	не агр.	агр.	104
аQ-С	пески, галечники, известняки	126	0,17	HCO3 96	Ca 63Mg33	7,4	не опр.	не агр.	не агр.	не агр.	104
A	гнейсы, сланцы, амфиболиты	20-100	0,03-0,1	HCO3	(Na+K)	6,5	не опр.	агр.	агр.	не агр.	105

Рис. 1. Фрагмент таблицы данных источников

Реляционная модель базы данных представлена в виде двумерных таблиц. Набор таблиц точечных объектов по агрессивности подземных вод включает следующие поля по точкам наблюдений (рис. 2):

- общие сведения (№ точки наблюдения, координаты, абсолютная отметка, источник сведений, местоположение);
- литологический состав, геологический возраст и генезис водовмещающих отложений;
- характер водоносности;
- условия формирования таликов (подрусловые и подозерные, сквозные и несквозные);

- глубину вскрытия водоносного горизонта надмерзлотно-межмерзлотных вод в сплошной и прерывистой мерзлой зоне (в грациях меньше 3 м, от 3 до 10 м);
- глубину вскрытия водоносного горизонта грунтовых вод в прерывистой и островной мерзлой зоне (больше 10 м);
- интервал залегания талых пород (для несквозных надмерзлотных таликов);
- глубину залегания подошвы водоносного горизонта (для вод СТС);
- дебит, л/с;
- гидрохимическую характеристику (минерализацию и химический состав воды, активную кислотность);
- вид агрессивности по отношению к бетону (сульфатную, углекислотную, общекислотную, выщелачивающую) в грациях: агрессивный-неагрессивный;
- идентификационный номер;
- поле «Type» – служит для визуализации объектов в графическом приложении.

Источник сведений	
Госгеолкарта, м-б 1:200 000, ред. А.Л.Резенкранц, М., 1978, лист Q-57-ХIII, XIV	
№ т/н	
Местоположение	
склон долины р. Супри, верховье(правый приток р. Березовки)	
Индекс	
dQIII-IV	
Петрографический тип пород	
щебень коренных пород	
Водоносность	Тал_подрусл_сквозной
постоянная	
Тал_подрусл_нескв.м	Тал_подозерн_сквозн
Тал_подозерн_несквозн.м	Тал_над-межмерз, ин-л.м
	межмерзлотный
Дебит, л/с	Минер_г/дм3
8	0,014
Анионы	
НСО3100	
Катионы	
Са60 (Na+K)30 NH410	
РН	Агр_СО2
6,4	не опр.
Агр_общекисл	Агр_вышел
агр.	агр.
Агр_СО4	Type
не агр.	105

Запись: 52 из 105

Рис. 2. Пример формы для ввода данных

Каждому из объектов в поле «Туре», в зависимости от агрессивности жидкой среды к бетону, присвоено шесть соответствующих значений: 101 – неагрессивные, 102 – агрессивность общекислотная, 103 – выщелачивающая, 104 – сульфатная, 105 – общекислотная и выщелачивающая, 106 – общекислотная и сульфатная, 107 – общекислотная и углекислотная. Критериями для выделения показателей агрессивности жидкой среды к строительным материалам и конструкциям послужили концентрации соответствующих компонентов согласно СНиП 2.03.11-85: углекислотная агрессивность, $\text{CO}_2 > 10$ мг/л; общекислотная, $\text{pH} < 6,5$; сульфатная, $\text{SO}_4^{2-} > 250$ мг/л; выщелачивающая $< 0,064$, 0 г/л [1].

При создании таблиц точечных объектов «Наледи площадью ≥ 10 км²» и «Наледи площадью 1–9 км²» по точкам наблюдений включены следующие поля:

- общие сведения (№ т/н, координаты, источник сведений, местоположение, абсолютная отметка);
- параметры наледи (длина, ширина, площадь).

Предлагаемое геоинформационное обеспечение может быть использовано как для создания самостоятельной электронной модели, так и при создании карт инженерно-геологической и мерзлотно-гидрогеологической направленности разных масштабов. Информация, внесенная в базу данных, послужит основой для проведения различных видов инженерно-гидрогеологического и мерзлотно-гидрогеологического моделирования, прогнозной оценки изменения природной среды, ведения экологического мониторинга и планирования природоохранных мероприятий.

Литература

1. Р.В. Чжан, В.Б. Спектор, О.И. Алексеева и др. Инженерно-геокриологическая карта РС (Я) и прилегающих территорий м-ба 1:2 500 000 // Проблемы инженерного мерзлотоведения: Материалы IX Международного симпозиума, 3-7 сентября 2011 г., г. Мирный, Россия. – Якутск: Издательство Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, 2011. – С. 18-23.

2. Дейт К. Введение в системы баз данных. – М.: Наука, 1980.

СТАТИЧЕСКОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ КАК ОДИН ИЗ ИНСТРУМЕНТОВ ОЦЕНКИ КАРСТОВОЙ ОПАСНОСТИ

В.С. Крашенинников

Московский государственный строительный университет, 129337, Москва, Ярославское шоссе,
26. Тел. 8-906-731-96-56, e-mail: driller-kvs@yandex.ru

При проведении инженерно-геологических изысканий особое внимание следует уделять опасным геологическим процессам, которые происходят или потенциально могут развиваться на исследуемом участке. Этим процессам, к которым относятся и карстовые, посвящена часть II, СП 11-105-97 [3]. В пункте 5.2.7 этого документа указывается на необходимость использования, помимо бурения и геофизических исследований, полевых испытаний грунтов для «выявления и оконтуривания в толще покрывающих пород ослабленных и разуплотненных зон, определения свойств грунтов, изучения рельефа кровли карстующихся пород при их залегании на доступной для зондирования глубине». Для этих целей отлично подходит статическое зондирование, которое является одним из основных и, пожалуй, самым распространенным видом полевых испытаний грунтов.

Как правило, большинство изыскательских организаций, при анализе данных полевых испытаний грунтов, ограничиваются неким минимумом манипуляций, т.е. зондирование используется для определения характеристик грунта и выделения в разрезе зон разуплотнения, отображаемых на единичных графиках зондирования и на инженерно-геологических разрезах в виде отдельных инженерно-геологических элементов (ИГЭ). Проблема заключается в том, что каждая точка испытания рассматривается по отдельности. Взаимосвязь между отдельными точками испытаний прослеживается только при статистической обработке данных для назначения характеристик ИГЭ в пределах участка изысканий. Такой подход к анализу данных статического зондирования в значительной мере суживает возможности самого метода. Между тем, статическое (равно как и динамическое) зондирование, совместно с другими геологическими методами, позволяет решить такую важную (особенно на начальных этапах изысканий) задачу как оценка карстовой опасности.

В качестве примера использования данных статического зондирования для оценки карстовой опасности автором рассматриваются материалы изысканий, выполненных на одной из площадок Москвы, расположенной в районе станции метро «Улица 1905 года».

О присутствии ослабленных зон над пустотами и полостями известно довольно давно и об этом есть упоминания в научной литературе [3]. Такие зоны довольно хорошо идентифицируются с помощью статического и динамического зондирования, т.е. путем регистрации удельного сопротивления грунта погружению соответствующими нагрузками конуса зонда. Причем,

как отмечает В.П. Хоменко [5]: 1) на одной и той же глубине сопротивление грунта проникновению конуса зонда тем меньше, чем ближе к провалу расположена точка зондирования; 2) при характерном нарастании сопротивления конусу с увеличением глубины его проникновения, градиент такого нарастания падает по мере приближения точки зондирования к провалу. Причина в образовании ослабленных зон заключается в изменении напряженного состояния дисперсных пород над полостью, то есть, согласно теории Г.К. Бондарика [1], мы имеем дело с параметрами геологического поля напряжений которые, соответственно, могут быть измерены. В.П. Хоменко [5] делает вывод о том, что анализируя структуру полей напряжений, косвенно выраженную через пространственную изменчивость сопротивления грунта Q конусу зонда, можно заранее определять места образования ожидаемых провалов. Помимо этого, в работах исследователя приводится описание математического аппарата по локализации и идентификации, как всей аномальной зоны, так и её центральной части [6].

На рассматриваемом автором участке, размером примерно 50 x 70 м, помимо буровых работ и геофизических исследований, было выполнено 10 испытаний грунта статическим зондированием, глубиной от 13,0 до 25,0 м. Согласно данным бурения, в геологическом разрезе, до глубины 60,0 м, присутствуют верхнекаменноугольные, верхнеюрские и четвертичные отложения. Карбон представлен известняками, доломитами, мергелями и глинами. Верхняя пачка (3,0-4,0 м) каменноугольной толщи сложена трещиноватыми доломитами, сильно разрушенными, местами до щебня, муки, с прослоями мергелей и мергелистых глин. Именно в этих доломитах одной из буровых скважин вскрыта карстовая полость (что подтверждено данными геофизических исследований) высотой не менее 1,8 м, заполненная грунтовыми водами. В двух других скважинах, примерно в этом же интервале глубин, отмечены полости меньшего размера, высотой порядка 0,5 м, заполненные щебнем и доломитовой мукой. Выше залегают верхнеюрские полутвердые глины. Глины распространены не повсеместно и имеют очень небольшую, до 1,4 м, мощность. Они перекрыты четвертичными песками, в основном, средней крупности и крупными. Ближе к подошве встречаются прослой гравелистого песка. Уровень грунтовых вод расположен на глубине 10,0 м.

Рельеф кровли карбона (рис. 1) имеет резкое понижение (примерно на 2,0 м) в юго-западном углу площадки. Эта же тенденция прослеживается и в вышележащих верхнеюрских глинах. Такого рода понижение может свидетельствовать о наличии реликтовой карстовой полости, обрушение которой произошло в послееюрское время. Более точно определить возраст затруднительно, т.к. поверхность земли претерпела значительные техногенные изменения и видимых следов провалов на ней не наблюдается.

По результатам статического зондирования были составлены модели, отражающие распределение полей напряжений.

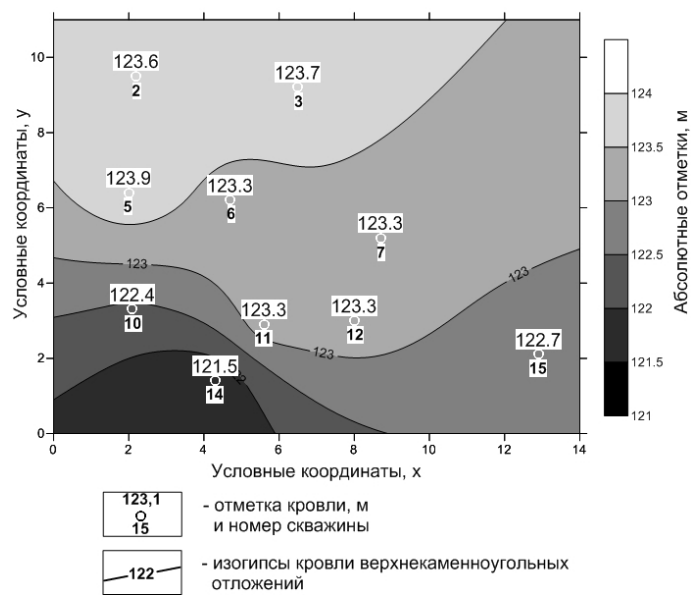


Рис. 1. Карта кровли верхнекаменноугольных отложений

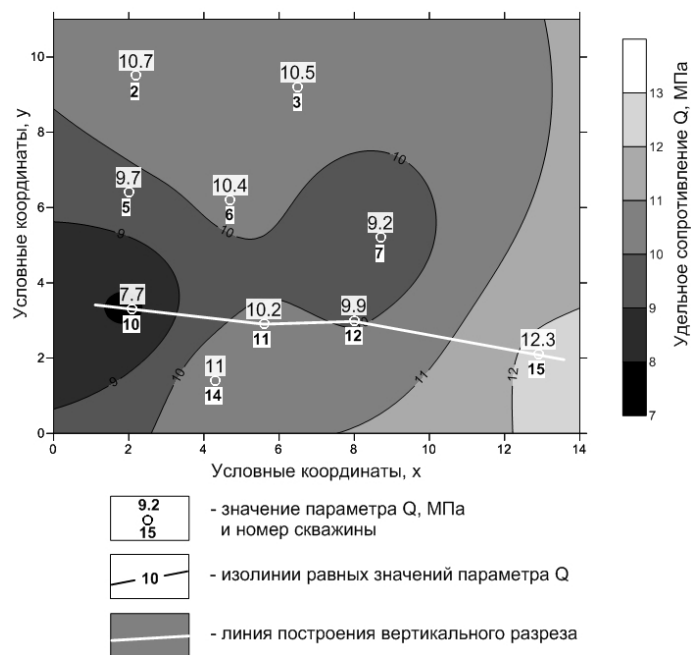


Рис. 2. Карта средних значений удельного сопротивления грунта Q погружению конуса зонда в интервале глубин с 2,6 до 13,0 м

На одной из моделей (рис. 2) в горизонтальной плоскости показано распределение средних значений параметра Q , в интервале глубин с 2,6 до 13,0 м, охватывающем и зону аэрации, и зону водонасыщения. Верхнее значение интервала – 2,6 м соответствует максимальной глубине залегания техногенных грунтов, которые, ввиду своей неоднородности, необходимо исключить из расчета, нижнее – 13,0 м соответствует минимальной глубине погружения зонда. На рис. видно что, в юго-западной части площадки изысканий, наблюдается значительное, по сравнению с фоновым, снижение параметра Q . Те же закономерности прослеживаются и при анализе других интервалов глубин, как в зоне аэрации, так и в зоне полного водонасыщения. Положению грунтовых вод не напрасно придается особое значение, т.к. грунтовые воды являются основным фактором, влияющим на механизмы карстовых процессов.

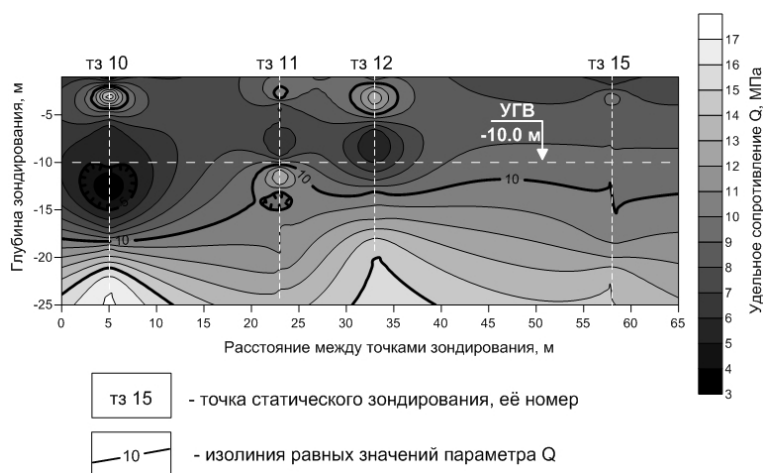


Рис. 3. Распределение плотности дисперсных грунтов в зависимости от удельного сопротивления грунта Q под конусом зонда

Следующим шагом является построение модели с применением тех же параметров сопротивления грунта, но в вертикальной плоскости и через одно сечение. Разумеется, выбранное сечение должно проходить через ослабленную зону, выявленную с помощью первой модели (рис. 2), в данном случае с запада на восток. Как видно на разрезе (рис. 3), в левой, западной, части модели присутствует зона аномально низких (< 5 МПа) значений удельного сопротивления грунта Q , в то время как фоновое значение на этой глубине порядка 10-12 МПа. Тот факт, что зона разуплотнения расположена ниже свободной поверхности грунтовых вод может свидетельствовать о нисходящей фильтрации воды и механическом выносе пылеватых частиц грунта в нижележащие слои, т.е. о суффозии. А такой процесс не возможен без наличия полости-приемника и (или) сети сообщающихся трещин и пор, готовых принять в себя выносимый материал. Для подтверждения факта перемещения

частиц грунта, анализируется его гранулометрический состав. Для этого строятся дифференциальные кривые, на которых отражено процентное соотношение фракций в каждой из проб, отобранных с разной глубины. На графиках (рис. 4), представленных ниже, четко прослеживается, как в пробе крупнозернистого песка увеличивается количество пылеватых частиц и степень неоднородности гранулометрического состава с ростом глубины.

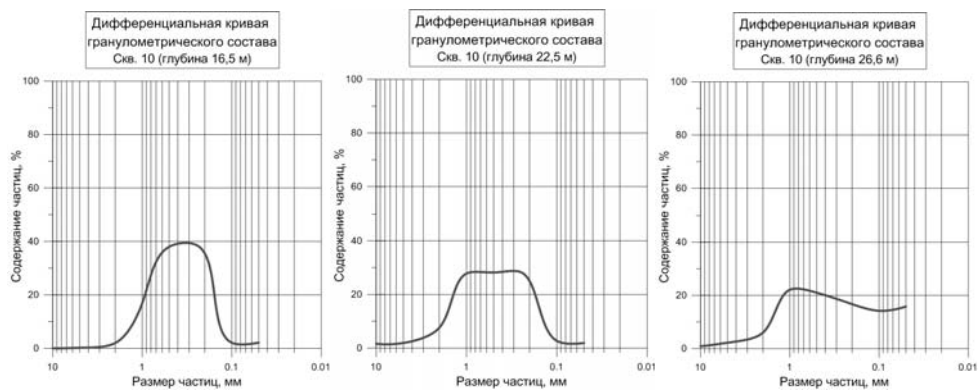


Рис. 4. Дифференциальные кривые, отражающие увеличение процентного соотношения пылеватых частиц в пробе с глубиной

Согласно «Карте карстовой и карстово-суффозионной опасности на территории г. Москвы» [2] этот участок относится к категории весьма опасной по возможности проявления карстовых процессов. Выполненный на основе статического зондирования анализ подтверждает наличие карстово-суффозионных процессов в юго-западной части площадки. Таким образом, можно сделать вывод о целесообразности использования статического и динамического зондирования для оценки карстовой опасности.

Литература

1. *Бондарик Г.К.* Основы теории изменчивости инженерно-геологических свойств горных пород. – М.: Недра, 1971.
2. Москва: геология и город / Гл. ред. В.И. Осипов, О.П. Медведев. – М.: АО «Московские учебники и Картолитография», 1997.
3. *Саваренский И.А., Миронов Н.А.* Руководство по инженерно-геологическим изысканиям в районах развития карста. – М.: ПНИИИС Минстроя России, 1995.
4. СНиП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. – М., Госстрой России, 2000.
5. *Хоменко В.П.* Закономерности и прогноз суффозионных процессов. – М.: ГЕОС, 2003.
6. *Khomenko V.P.* Forecast of a collapse location: new approach // Quarterly journal of engineering geology and hydrogeology. – 2008. – Vol. 41. – Part 3. – P. 393-401.

**ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ ВЫВЕТРИВАНИЯ
КАК ВАЖНЕЙШЕГО ФАКТОРА РАЗВИТИЯ ЭКЗОГЕННЫХ
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА УЧАСТКАХ
ПРЕДПОЛАГАЕМОГО РАЗМЕЩЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ
ОБЪЕКТОВ (НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА)**

И.В. Мальнева

ФГУП «ВСЕГИНГЕО», Московская область, Ногинский район, пос. Зеленый,
тел. (495) 521 2000, факс (495) 521 0950, E-mail ysegingeo@rambler.ru, irmaln@rambler.ru

В настоящее время на территории Северного Кавказа предполагается значительное увеличение количества строительных объектов, в частности, расширение строительства в городах с целью переориентации района на создание новых рабочих мест. В первую очередь это рекреационные объекты. При этом для любых объектов в проектной документации должен разрабатываться прогноз изменения состояния природной среды. Прогноз должен включать характер нарушений геологической среды, возможность активизации опасных геологических процессов. Наиболее сложной эта проблема является для горных территорий, которые занимают почти 70% территории России. Значительная часть их относится к площадям либо современного, либо потенциального активного освоения. Практически все они на Северном Кавказе являются также площадями интенсивного и активного развития опасных экзогенных и эндогенных геологических процессов (ОГП). Так на территории Большого Сочи и Черноморского побережья в целом площадная и линейная пораженность региона процессами составляет 50–70%, достигая на отдельных участках 80–90%. Большинство населенных пунктов, в том числе практически все города, дороги, ЛЭП, другие хозяйственные объекты подвержены воздействию ОГП. Периодически проявление ОГП носит катастрофический характер, сопровождается значительным материальным ущербом, нередко человеческими жертвами. Актуальность работ особенно возрастает в связи с созданием на исследуемой территории объектов Олимпийской инфраструктуры.

Повсеместно распространенным и одним из важных геологических процессов на территории Северного Кавказа является выветривание. Оно обуславливает глубокие изменения физико-механических, прочностных свойств и состава пород коренного субстрата в приповерхностной зоне.

Выветривание в значительной степени обуславливает характер и степень активизации селевых, оползневых и других процессов. Изменчивость его во времени зависит от основных факторов, определяющих его скорость.

К сожалению, режимных наблюдений за этим процессом практически нет. И.В. Мальневой, Е.А. Толстых и А.А. Клюкиным предложен метод прогнозирования выветривания по основным метеорологическим факторам, определяющим скорость данного процесса. В этом случае следует подобрать

такие факторы, от которых однозначно зависит скорость выветривания [3]. При совпадении повышенных показателей этих факторов будет наблюдаться и максимальная скорость выветривания.

На крутых обрывистых склонах на Кавказе и в других горных странах выветривание горных пород при наличии воды обусловлено только двумя причинами: замораживанием – оттаиванием и увлажнением – высушиванием, которые приводят к растрескиванию пород и последующему сносу продуктов выветривания к подножию склонов. В цикле «увлажнение – высушивание» максимальная величина усадки и, как следствие этого – растрескивания пород обеспечивается при наибольшем увлажнении и наибольшей скорости высушивания. При этом метеорологическим аналогом физического выветривания являются количество осадков за теплый период года и число дней с осадками более 10 мм. Максимальная скорость выветривания наблюдается при максимальных значениях увлажнения и числа дней с осадками, совпадающими во времени.

Метеорологическими аналогами морозного выветривания горных пород в цикле замораживание – оттаивание является увлажнение горных пород атмосферными осадками и отрицательные температуры воздуха холодного периода. Увлажнение пород происходит во время оттепелей. Максимальная скорость морозного выветривания наблюдается при максимальных значениях увлажнения и низких температурах воздуха, совпадающих во времени.

Достоверность прогнозов выветривания, составленных указанным методом можно существенно повысить, так как установлено, что условия, необходимые для интенсивного увлажнения – высушивания и замораживания – оттаивания пород характеризуются определенным типом погоды. Эта погода может быть количественно оценена при применении какой-либо типизации атмосферной циркуляции. В результате совместных исследований автора с Н.К.Кононовой отмечено, что для целей прогнозирования ЭГП, в том числе и выветривания, оптимальной является типизация циркуляционных процессов северного полушария Б.Л. Дзердзеевского, по которой все их многообразие представлено 41 элементарным циркуляционным механизмом (ЭЦМ) [1, 2, 4].

По указанной методике имеется возможность составлять как долговременный, так и краткосрочный прогноз активности выветривания. Содержанием долгосрочного прогноза является предсказание лет с повышенной или пониженной активностью процесса выветривания. Предсказание повышенной или пониженной активности выветривания на каждый год, или отдельные отрезки времени, является, является содержанием краткосрочного прогноза.

Постоянным в данном случае можно определить тот или иной петрографический состав горных пород; изменяющимися – метеорологические условия, конкретно тот или иной тип погоды, соответствующий элементарным циркуляционным механизмам по Б.Л. Дзердзеевскому (ЭЦМ).

Условия изучения выветривания для его прогнозирования определяются, исходя из соотношения указанных факторов:

1) при физическом выветривании любых пород на крутых склонах, решающее значение имеет наличие воды. Отсутствие воды означает практическое отсутствие выветривания;

2) все породы по отношению к изменяющимся факторам (метеорологическим) делятся на две категории: не содержащие глинистого материала и содержащие глинистые частицы. В первых единственным фактором физического выветривания является замораживание – оттаивание. Во вторых объективно проявляется два фактора: замораживание – оттаивание и замачивание – высушивание;

3) скорость выветривания существенно увеличивается с ростом «градиента воздействия изменяющихся факторов», а именно – значительными отрицательными температурами и переходами через 0 град., а также степенью увлажнения и скоростью высушивания.

Важно, что к настоящему времени опубликован календарь ЭЦМ с 1899 года по настоящее время, позволяющий составить достаточно длительные и представительные временные ряды, имеющие большое значение для прогнозирования. Продолжительность действия одного макропроцесса в среднем составляет 3,5 суток при колебаниях от 1 до 11 суток и более. Вследствие смены характера макроциркуляционных процессов на полушарии, ЭЦМ обладают свойством «скачкообразно» переходить один в другой. Так, например, ЭЦМ 13з может переходить в современной эпохе с достаточно высокой вероятностью в ЭЦМ 11в, 11г, 12г [2].

В результате исследования суточных показателей морозного выветривания (атмосферных осадков, температуры воздуха) по данным ГМС «Красная Поляна» нами установлены периоды, наиболее благоприятные для развития процесса – когда за обильным увлажнением (суточные суммы осадков более 10 мм) следуют отрицательные температуры воздуха. Указанный тип погоды наблюдался при меридиональных ЭЦМ, характерных для зимнего периода: 11а, 11г, 12а, 12бз, 12вз, 13з и др. Особенно благоприятна для развития выветривания погода при ЭЦМ 13з, при котором частые оттепели чередуются с обильными осадками и похолоданием. При ЭЦМ 13з, 11г, 12бз, 11а, 11б, 12а, 12г особенно часто температура воздуха понижается ниже -5 град., что является весьма важным моментом в цикле замораживание – оттаивание. В цикле «увлажнение – высушивание» выветриванию будет способствовать погода при ЭЦМ 13л (обильные ливни сменяются сухой погодой), 9а (переменная погода с частой сменой влажных и засушливых периодов, ливневыми кратковременными осадками, не достигающими значительной величины). При составлении краткосрочных прогнозов (в рамках 1 года) следует обратиться к годовому ходу этих ЭЦМ, позволяющему оценить вероятность активности выветривания. Максимальная продолжительность каждого ЭЦМ наблюдается в определенный сезон и месяцы года. В первом случае – это летний период (июнь – август) с наибольшим увеличением активности выветривания в июле и августе. Во втором случае – это зима и начало весны, наибольшее увеличение активности с ноября по март.

Породы, содержащие глинистый материал, в основном – аргиллиты, свойства которых очень сильно зависят от увлажнения, преобладают в бассейне р. Мзымты. Они имеют два пика активности выветривания в году – зимой и летом, что обусловлено влиянием как замораживания – оттаивания, так и замачивания – высушивания. Нулевая активность будет иметь место только в процессе постоянных длительных сухих или дождливых периодов. Смена их означает резкую активизацию выветривания.

Для изучения погодных условий, способствующих развитию выветривания, были проанализированы суточные показатели метеорологических факторов морозного выветривания по данным ГМС Красная Поляна за зимний период (ноябрь – март). Установлены периоды, наиболее благоприятные для развития процесса, когда за обильным увлажнением (суточное количество осадков более 10 мм) следуют отрицательные температуры воздуха. Данный тип погоды чаще всего наблюдается при ЭЦМ 13з, характерного для зимнего периода: 11а, 11г, 12а, 12бз, 12вз, 13з и др. Особенно благоприятна для развития выветривания погода при ЭЦМ 13з, при которой частые оттепели чередуются с обильными осадками и похолоданием. Переход одного ЭЦМ в другой с достаточно высокой вероятностью позволяет прогнозировать характер погоды и, следовательно, активность выветривания на несколько дней вперед. При этом используются для уточнения прогнозы метеорологических показателей на 1 – 3 дня, выпускаемые Росгидрометом.

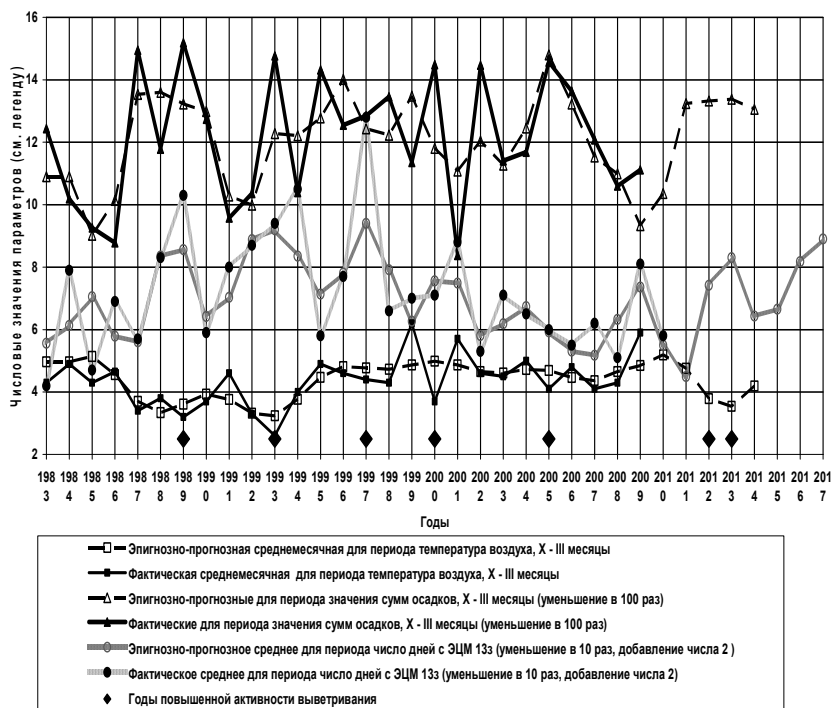


Рис. 1. Взаимодействие метеорологических факторов и долговременный прогноз выветривания в районе Красной Поляны

На рис. 1 приведен прогноз выветривания в районе строительства олимпийских объектов в районе ГМС Красная Поляна по основным метеорологическим факторам. Наибольшая скорость выветривания аргиллитов, глинистых сланцев, наиболее распространенных пород на данной территории предполагается в 2012–2013 гг. При составлении прогноза использовались только короткие временные ряды метеорологических факторов – с 1983 г. С этого года произошли очень большие изменения в многолетнем режиме указанных факторов, поэтому использовать период с 1983 г. наиболее целесообразно. За рассматриваемый период наиболее благоприятные условия для развития морозного выветривания сложились в 1989 г., также в 1993, 1997, 2000, 2005 гг.

Следует отметить особенно большую роль указанного метода прогнозирования выветривания для регионов, где нет достаточно длинных рядов наблюдений за метеорологическими факторами, прежде всего, для Прибайкалья, Забайкалья, Якутии.

Литература

1. *Дзержевский Б.Л.* Циркуляционные механизмы в Северном полушарии в XX веке // Материалы метеоролог. исследований. – М., 1968. – 240 с.
2. *Кононова Н.К.* Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзержевскому / отв. ред. А.Б. Шмакин; Российская акад. наук, Ин-т географии. – М.: Воентехиниздат, 2009. – 372 с. Приложение 1. Календарь последовательной смены ЭЦМ за 1899-2008 гг.
3. *Мальнева И.В., Клюкин А.А., Толстых Е.А.* Долговременное прогнозирование выветривания по основным метеорологическим факторам // Долговременные прогнозы экзогенных геологических процессов. – М.: Наука, 1985. – С. 22-24.
4. *Природные опасности России. Экзогенные геологические опасности* / Под ред. В.М. Кутепова, А.И. Шеко. – М.: Издат. фирма «КРУК», 2002. – 345 с

ОПЫТ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ ФОНДОВОЙ ИЗЫСКАТЕЛЬСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

О.К. Миронов

Институт геоэкологии им.Е.М. Сергеева РАН, Москва, 101000, Уланский пер. 13 а/я 145
тел.624-80-21, факс 623-18-86, e-mail geoinf@geoenvironment.ru

В настоящее время в различных фондах геологической и инженерно-геологической информации содержится большой объем фактических данных. Предоставление один раз полученной изыскательской информации для повторного использования является основной задачей геологических фондов. Решение этой задачи немыслимо без применения современных информаци-

онных технологий, в частности, географических информационных систем и баз данных.

В проекте крупномасштабного геологического картографирования территории Москвы в ИГЭ РАН была разработана информационная система, которая обеспечивает интеграцию ведения фондовой информации и технологического процесса составления крупномасштабных (1:10000) геологических и других карт инженерно-геологической и геоэкологической тематики [1, 2].

Опыт ИГЭ РАН представляет интерес и в тех случаях, когда создание цифровых фондов геологической информации преследует иные цели или предназначено для работ в других масштабах. Проблемы обработки фондовой информации и способы их решения не слишком зависят от специфики внешних по отношению к фонду задач.

При создании базы данных в ИГЭ РАН использовались следующие общеметодологические принципы.

1. *Содержание и структура базы данных определяются целью ее создания.* Несмотря на очевидность этого требования, часто задача создания компьютерной базы данных ставится без четкого представления о возможных ее пользователях и необходимых взаимодействиях.

Применительно к функционированию фондовых организаций можно поставить следующие задачи обработки информации:

- информационное обслуживание (поиск и выдача информации);
- анализ собранной информации (составление карт изученности и т.п.);
- составление геологических и других карт.

Список задач может быть расширен в зависимости от территории и специфики фонда.

2. *В базе данных информация хранится в аналоговом и цифровом форматах.* Под аналоговым далее понимается формат хранения информации на машинных носителях, предусматривающий только непосредственное ее визуальное восприятие и выдачу на печать. В базе данных ИГЭ РАН это – отсканированные копии исходных документов в формате .pdf.

Современные технические средства сканирования и емкость запоминающих устройств позволяют эффективно решить задачу ввода и хранения электронных копий первичной информации.

Цифровой формат предусматривает возможность автоматизированной обработки информации средствами систем управления базами данных и географических информационных систем (ГИС). Типовые средства – формирование запросов и визуализация их результатов в табличном или картографическом виде.

Хранение информации в аналоговом формате является обязательным по следующим причинам:

- необходимость хранения исходных документов, которые фиксируют точку зрения изыскателя на момент проведения исследований и не могут изменяться;

– при проведении последующих исследований исходная информация может быть проинтерпретирована по-иному, при этом необходимо повторное рассмотрение первичной информации.

Требование обязательного хранения первичной информации распространяется и на ситуации, когда информация передается в фонд в цифровом формате автоматизированной системы подготовки изыскательской информации.

3. В цифровом формате хранится «паспортная» информация единиц хранения. Паспортная информация содержит наименование (уникальный идентификатор) единицы хранения, географическую привязку (обязательно в тех случаях, когда она осмыслена) и другую информацию, относящуюся к единице хранения в целом. Применительно к изыскательским скважинам в паспорт входят следующие основные атрибуты: номер, координаты, абсолютная отметка устья, глубина, название организации, проводившей изыскания, даты начала и окончания бурения.

На основе паспортной информации осуществляется связь базы данных с географическими информационными системами и выполнение поисковых запросов.

3. Структура остальной цифровой части базы данных формируется для решения задач, поставленных перед информационной системой. Структура должна предусматривать хранение необходимой информации и эффективное выполнение запросов, необходимых при эксплуатации системы. В ИГЭ РАН основную часть цифровой базы данных составляют описания слоев колонок скважин в формате, обеспечивающем эффективную работу составителей карт.

4. В цифровую часть базы данных вводится только та информация, которая необходима в процессе автоматизированного использования для решения поставленных задач. Этот принцип берет начало из методологии экстремального программирования. Ограничение информации и операций с ней позволяет, во-первых, сократить затраты на разработку и ведение базы данных, во-вторых, более качественно сформулировать требования к информационной системе. Основные методы автоматизированного использования информации – выполнение запросов к базе данных, проведение вычислений и картографические построения на основе их результатов. При проектировании системы определяется набор типовых запросов пользователя и необходимая для этого информация. Информация, по которой запросы не формализованы, остается доступной пользователям в аналоговом формате.

Перевод информации в цифровую форму означает переход к специальной информационной модели, то есть интерпретацию первичной информации с определенной точки зрения. Различные исследователи от изыскателя, непосредственно проводившего работы, до экспертов, выполняющих обобщение информации, могут по-разному интерпретировать первичные данные. Значительные трудности возникают при повторной интерпретации архивных документов. Поэтому, в отличие от первичной информации, цифровая информа-

ция не может считаться окончательной, а отражает точку зрения экспертов в текущий момент. Некоторые информационные системы геологических фондов предусматривают хранение точек зрения разных экспертов.

При повторной интерпретации данных необходимо оперативное обращение к первичным документам. В практике ИГЭ РАН оперативный доступ к оригиналу документа применяется в процессе составления карт для решения спорных вопросов.

5. *База данных фондовой информации интегрирована в единую географическую информационную систему с инфраструктурными, геологическими и другими картами.* Запрос информации по местоположению является самым распространенным для поиска в геологическом фонде. Подобные запросы реализуются средствами географических информационных систем. Использование существующих геологических и других карт позволяют повысить информативность запросов и обеспечить проверку достоверности фондовой информации.

6. *Окончательная верификация информации в цифровой части базы геологических фондовых данных может быть выполнена только после построения достаточного количества геологических карт и разрезов, в идеале – 3-мерной модели геологической среды.* Всякий первичный документ содержит данные непосредственных измерений в процессе изысканий и данные, получаемые в результате регионального обобщения (например, возраст пород). В соответствии с одним из основных принципов системного подхода: «интерпретация части зависит от целого» – эксперт не может правильно классифицировать информацию в отдельно взятом исходном документе без привлечения дополнительной информации об общем геологическом строении в окрестности данной горной выработки. Поэтому окончательно верифицировать данные можно только после сравнения данных в соседних выработках и формирования общей картины геологического строения. В процессе этой работы могут быть также обнаружены ошибки и неточности в первичных документах.

Необходимость и реализация обратной связи между результатами исследований и первичной информацией есть основное отличие эксплуатации базы фондовых данных в процессе проведения исследований от чисто справочно-информационной схемы функционирования фонда. База данных фондовой геологической информации и геологические карты составляют единую информационную систему. Окончательная версия базы данных и карт получается только согласованно и только после нескольких итераций обработки информации.

Перечислим основные проблемы, возникавшие при формировании цифровой части фондовой информации на основе архивных документов для крупномасштабного геологического картографирования Москвы. Насколько можно судить, аналогичные проблемы с большой вероятностью будут возникать при работе любых геологических фондов.

1. Информация доступна только в виде бумажных документов. Контакт с авторами документов невозможен. Поэтому обработка ошибок и неточно-

стей в исходной информации относится целиком к компетенции специалистов, выполняющих анализ данных.

2. Информация в исходных документах отражает точку зрения неизвестного геолога, соглашаться с которой можно только после тщательной проверки. Уровень компетентности составителей исходных документов также неясен. Встречаются документы, в которых исходная информация проинтерпретирована несколькими экспертами противоречивым образом.

3. Значительная часть информации, в особенности за отдаленные годы, представлена в рукописном виде. Это приводит к различным ошибкам при описании единиц хранения, определении координат, фактических данных и т. п., например, из-за трудностей прочтения неразборчивого почерка, а также делает невозможным применение методов автоматического распознавания текстов.

4. Изыскания, как правило, предназначались для решения задач, отличных от крупномасштабного геологического картографирования, поэтому в исходных данных присутствуют лакуны и неточности в части информации, необходимой для составления карт.

5. За прошедшее с момента изысканий время неоднократно менялись терминология и геологические представления о строении исследуемой территории, определении возраста пород. Поэтому необходимо приведение разновременной по сбору геологической информации к единой классификации.

6. В традиционной работе геологического фонда до последнего времени не применялись компьютерные технологии. Как следствие, хранимая информация не проходила автоматизированный формальный контроль, поэтому в ней могут содержаться разнообразные ошибки, в том числе арифметические несоответствия мощности пласта и глубин его кровли и подошвы.

7. В отчетах о результатах изысканий, как правило, не приводятся координаты изыскательских скважин, приведенные к местной координатной системе, поэтому возникают трудности с локализацией скважин.

8. Информация городского геологического фонда устаревает, так как антропогенное воздействие на геологическую среду и повышение вследствие него активности геологических процессов, происходящих на территории города, приводят к изменению свойств пород и инженерно-геологических условий.

Нетрудно видеть, что все эти проблемы могут быть разрешены только экспертом-геологом. Средства автоматизированной обработки данных не могут заменить эксперта, но могут максимально облегчить его работу.

Для технологической поддержки процесса составления крупномасштабных геологических карт были разработаны перечисленные ниже основные технологические средства рабочего места составителя карт:

– автоматическое построение тематической карты фактического материала, на которой показаны отобранные по заданному критерию скважины и исходные или расчетные данные для этих скважин;

- автоматическое составление эскизов для построения геологических разрезов (вынесение на чертеж профиля колонок скважин и другой информации);
- инструменты интерактивного составления и редактирования тематических слоев карт и разрезов;
- оперативный доступ к базе данных в процессе редактирования карт и разрезов для просмотра исходной информации и возможной корректировки цифровой части базы данных;
- развитая система проверки соответствия составляемых тематических слоев между собой и с исходной информацией;
- автоматизированное построение эскизов синтетических карт;
- окончательное оформление картографического произведения (карты или разреза).

Для обеспечения дальнейшего развития базы данных фондовой информации и последующего ее использования в задачах, решение которых изначально не планировалось, при организации работ по созданию и эксплуатации базы данных применены:

- открытые для пользователей классификаторы;
- документированный формат реляционной базы данных;
- открытые для пользователя средства управления базой данных;
- документированный интерфейс базы данных с ГИС-оболочкой;
- открытые для пользователя средства географической информационной системы.

Наличие достаточной документации и общеупотребительных программных средств позволяет квалифицированному пользователю и/или разработчику с небольшими трудозатратами провести модификацию базы данных для решения новых задач, а также выполнять нестандартизованные запросы.

Не должна представлять трудностей также процедура адаптации базы данных для фондов, действующих в других регионах. Смена геологического содержания (литологических, стратиграфических и других классификаторов) не отражается на структуре и функционировании базы данных.

Литература

1. *Миронов О.К.* Геоинформационные технологии для составления крупномасштабных геологических карт территории Москвы // *Геоэкология*. – 2011. – № 3. – С. 200-216.
2. *Миронов О.К., Викторов А.А., Фесель К.И.* О проблемах ведения баз данных фондовой информации // *Геоэкология*. – 2011. – № 5. – С. 455-464.

АСПЕКТЫ СИСТЕМАТИЗАЦИИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ О СВОЙСТВАХ ГРУНТОВ СРЕДНЕГО ПРИДНЕПРОВЬЯ

Т.П. Мокрицкая

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, 49050, пр. Гагарина, 72,
г. Днепропетровск, Украина, e-mail: mokritska@i.ua

Введение. Важным условием снижения риска при инвестициях является уменьшение неопределенности [1-3], в частности, недостатка информации о состоянии, свойствах и изменчивости компонентов геологической среды. Неопределенность оценок временной изменчивости свойств грунтов, несомненно, выше, чем других компонентов геологической среды: период наблюдений в редких случаях сопоставим с периодом прогноза. Анализ изменчивости во времени требует наличия представительной информации, структурированной в виде банка данных о компонентах, условиях и факторах инженерно-геологических условий.

Представление о геологической среде как «...многокомпонентной системе... находящейся под воздействием инженерно-хозяйственной деятельности» [4] указывает на необходимость изучения объекта как меняющейся во времени динамической системы. Модель динамической системы может быть создана, если «задан закон эволюции, присутствует однозначное соответствие между переменными и состоянием»[5]. Возникают дополнительные требования к информации, образующей банк данных:

- необходимо исследование временных рядов достаточной длительности, характеризующих изменчивость пространственно упорядоченных переменных, важных для оценки состояния;

- должен быть обеспечен объективный выбор системы признаков, характеризующих состояние геологической среды как динамической системы.

Систематическое изучение инженерно-геологических условий Среднего Приднепровья было начато в 20-х годах XX века в связи с проектированием и строительством гидротехнических сооружений, крупных предприятий металлургической и горной промышленности. Инженерно-геологическая съемка масштаба 1:50 000 была выполнена в 60-х годах, в 80-х годах выполнено доизучение отдельных компонентов инженерно-геологических условий. Начиная с 2000 г., выполняется обновление информации о геологическом строении. Результаты инженерно-геологических исследований, выполненных на протяжении указанного периода для проектирования и строительства объектов промышленно-гражданского и транспортного назначения, образуют нерегулярную сеть. Непрерывный ряд наблюдений за изменчивостью во времени свойств горных пород отсутствует. Выходом из сложившейся ситуации может быть применение метода аналогий, изучение направленных изменений отдельных компонентов и их влияния на состояние геологической среды.

Основные результаты исследований. Анализ изменчивости структуры информации о свойствах грунтов выполнен по материалам изысканий и инженерно-геологических исследований, выполненных геологическими и изыскательскими организациями за период 1931-2010 гг. Изыскания выполнялись для проектирования жилых домов, линейных сооружений (автомобильные, железные дороги) в городах Днепропетровск, Запорожье, Никополь, на территории крупных природно-техногенных систем «ArselorMittal», ПО «Евраз-ДМЗ им. Петровского», ОАО «Никопольский завод ферросплавов», ОАО «Запорожский металлургический комбинат «Запорожсталь». Немаловажно, что организации, относящиеся к разным ведомствам, используют различные методологические подходы к изучению среды. Данные инженерно-геологических съемок, выполненных геологическими организациями, детальнее характеризуют обстановки с относительно низкой степенью техногенных воздействий. Количественный состав определенных при съемочных работах показателей свойств недостаточен, так как позволяет выполнить анализ закономерностей пространственной изменчивости на уровне отдельных маркирующих стратиграфо-генетических разностей или формации перигляциальных лессовидных отложений. Материалы инженерно-геологических изысканий для проектирования объектов промышленно-гражданского строительства характеризуются избыточностью данных о свойствах на отдельных площадках, по сравнению с материалами съемочных работ, но нерегулярностью в пространстве. Выборочные результаты, полученные на опытных и наблюдательных полигонах, зачастую, являются временными рядами данных о развитии экзогенных процессов, изменчивости гидродинамического и гидрохимического режима подземных вод. Закономерности временных изменений свойств горных пород среды редко являются предметом изучения. Ограничение числа переменных, как следствие представлений о большей инертности горных пород по сравнению с другими компонентами инженерно-геологических условий, может привести к некорректному выбору функции состояния для характеристики эмерджентных свойств. Оценка свойств как функций состояния необходима для количественной оценки надсистемных свойств: устойчивости, уязвимости. На необходимость анализа уязвимости среды при решении геоэкологических задач указывал В.И. Осипов [6]. Упрощение задачи (анализ свойств как одномерных случайных величин без достаточного обоснования выбранной модели; уменьшение количества переменных; отсутствие анализа связей между функцией состояния и переменными) вряд ли позволят объективно оценить эмерджентные свойства.

Природно-техногенные системы (ПТС) разного целевого назначения трудно сопоставить, взяв за основу общие показатели интенсивности техногенных воздействий [7], особенно при реконструкции состояний. Реконструкция интенсивности механических воздействий зачастую представляет собой трудно реализуемую задачу из-за фактического отсутствия исторических данных требуемой детальности. Создание моделей полей техногенных воздействий в целом представляет собой нерешенную научную проблему. В не-

которых случаях возможно, на основании исторических данных, выделить этапы разной интенсивности техногенных воздействий [8].

Учитывая, что результатом взаимодействия подсистем ПТС является равновесное или неравновесное состояние, а предметом инженерно-геологических исследований – свойства геологической среды, в настоящей работе основное внимание уделено методическим аспектам анализа изменений свойств горных пород. Информационное обеспечение региональных банков и баз данных реляционного типа, для обеспечения свободного внешнего использования должно иметь унифицированную структуру [9]. При создании баз данных о компонентах инженерно-геологических условий возникающие трудности можно разделить на группы: технические, методические, социально-экономические. Первые связаны с необходимостью привлечения ручного труда, значительными трудозатратами на этапе преобразования вида носителей информации, особенно, исторических данных (1930-1980 гг.) имеющих разную степень сохранности. Методические проблемы возникают из-за отсутствия научно обоснованных рекомендаций по созданию временных рядов инженерно-геологических данных, обработки специфических нерегулярных данных, выбору переменных, однозначно характеризующих состояние системы.

Временной ряд, как правило, представляет собой нерегулярную последовательность дискретных значений. Особенностью базы данных о свойствах грунтов является не стационарность системы признаков, заданная изменениями состава переменных, их размерности, методики определения за длительный временной интервал. Информация о показателях физических свойств, гранулометрического состава, как правило, может приниматься к обработке данных для изучения временного ряда с незначительными преобразованиями. Привлечение расчетных показателей некорректно, так как затруднительно оценить величину погрешности. Использование материалов изысканий, выполненных в 1950-1960 гг. для проектирования объектов ПГС, ограничено из-за несовпадения ступеней нормального давления для определения деформационных и прочностных свойств. Иногда наблюдается совпадение ступеней передачи нагрузки и не совпадает интервал, в котором определяют показатели. Традиционно используемые показатели механических свойств (модуль деформации, коэффициент уплотнения, угол внутреннего трения и удельное сцепление) зачастую приведены в разных системах измерений (СГС, СИ). Некоторые показатели являются «утраченными»: показатели молекулярной влагоемкости, размокаемости широко определялись в 1950-1970 гг. Методика определения показателей специфических реакций (просадочных свойств) кардинально менялась дважды. В 1930-х гг. инженер Ю.М. Абелев определял просадочность при испытаниях штампом, по методу двух кривых, на промышленной площадке Криворожского металлургического завода им. Ленина [см. 8; 10, с. 260]. В дальнейшем, до конца 60-х годов XX века, просадочные свойства характеризовались макропористостью, оценивались по расчетным показателям. До настоящего момента, как правило, просадочные свойства определяются методом двух кривых при испытаниях в

лаборатории. Во всех случаях, использование прямых показателей – абсолютных или относительных деформаций, определенных экспериментально, приводит к меньшей погрешности в оценках, чем использование традиционных расчетных [11] – коэффициента пористости, модуля деформации и т.д.

После 1980-х гг., в связи с изменением социально-экономических условий, наблюдается сокращение разнообразия определяемых показателей свойств, методов исследований и уменьшение количества допустимых объемов. Недостаточная разработанность научно обоснованных критериев для оценки измененности инженерно-геологических условий привела к многократному использованию материалов изысканий для проектирования новых объектов. По нашим оценкам, ошибки нормативных и расчетных значений из-за таких операций могут достигать 30-40%.

Научную ценность имеют работы, выполненные в конце 1920-х годов на промышленной площадке Брянского завода, Криворожского металлургического завода, в зоне исторического центра г. Днепропетровска (1976 г.). Это уникальные для региона эксперименты по оценке плотности дисперсной подзоны коры выветривания в шурфах; статическое зондирование, оценка сжимаемости, оценка просадочности, анизотропности просадочных грунтов и др. Описание методики и результатов уникальных экспериментов должны составлять отдельную подсистему.

В результате многолетних работ по сбору информации инженерно-геологического характера предложена структура базы данных «данные о свойствах грунтов» (рис. 1). Элементами базы являются подсистемы: данные о геологическом строении; данные о результатах лабораторных исследований; данные о полевых исследованиях.

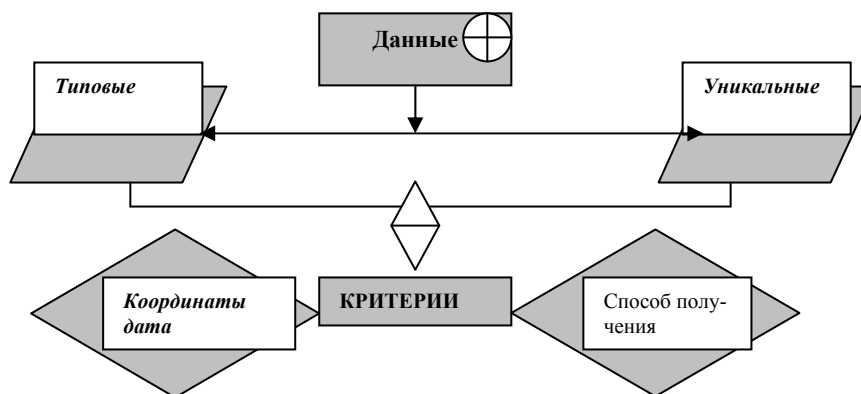


Рис. 1. Структура базы данных «Инженерно-геологические свойства горных пород»

Примечания: \oplus – классификация; \diamond – сортировка по критериям.

Базы данных представляют собой электронные таблицы. В первой приведена информация, необходимая для решения пространственных задач: условные региональные и локальные координаты; номера отчета, скважины, дата, абсолютная отметка, глубина, мощность подошвы слоя, индекс, наименование, данные о глубине и абсолютной отметке уровня подземных вод. Поля второй таблицы заполнены показателями: плотность грунта и частиц, природная влажность, пределы пластичности, данные о гранулометрическом составе, органических включениях, абсолютные деформации при компрессии и сдвиге в двух состояниях, характеристики начального просадочного давления, коэффициенты просадочности. Третья таблица включает результаты полевых экспериментов. Использование стандартных процедур статистической обработки данных, изучение связей между переменными с привлечением известных прикладных программ (ПО STATISTICA, STATIST), позволяет выполнять визуализацию, сортировку и преобразование (стандартизацию) данных. Наборы переменных оптимальны, так как избыточности нет, они образуют стационарную систему (по условию составления баз данных). Хранение первичной информации в структурированном виде совокупности прямых показателей физических, физико-химических и физико-механических свойств предоставляет большие возможности, по мере возникшей необходимости, для интерпретации новыми методами.

Выводы. (1) Изучение временных рядов изменчивости свойств предъявляет дополнительные требования к первичной информации. (2) Информационная основа базы данных о свойствах должна включать сведения о результатах экспериментов.

Литература

1. *Кориков А.М., Сергеев В.Л., Севостьянов Д.В., Сергеев П.В., Анкианов А.С.* Адаптивные динамические системы идентификации и управления в условиях неопределенности / Доклады ТУСУРа, № 2 (22), часть 2. – 2010, декабрь. – С. 230-232.
2. *Рамазанов Д.Н.* Оценка экономической и геологической неопределенности проектов по увеличению нефтеотдачи // Нефтегазовое дело. – 2007. – www.odbus.ru
3. *Михайлова В.А., Баддур А.Х.* Структуризация и анализ возможных подходов к решению проблемы многокритериальной оптимизации в условиях неопределенности // Проблемы информационных технологий. – 2009. – № 1 (005).
4. *Сергеев Е.М.* Инженерная геология. – М.: Изд-во МГУ, 1982. – 248 с.
5. *Анищенко В.С.* Знакомство с нелинейной динамикой. Лекции соросовского профессора: Учеб. пособие. – Москва – Ижевск: Инст. комп. исслед., 2002. – 144 с.
6. *Osipov V.I.* Natural risk management. Environmental geosciences and Engineering Survey for Territory Protection and Population Safety // Engeopro-2011. – Delegate papers. – P. 29-38.
7. *Королев В.А.* Мониторинг геологической среды. – М.: МГУ, 1995. – 132 с.
8. *Мокрицкая Т.П.* Закономерности изменений геологической среды на примере Криворожской промышленно-городской агломерации: Автореферат. К.ИГН НАНУ. – 2003. – 18 с.

9. Дейт К.Дж. Введение в системы баз данных. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2001. – 1072 с.

10. Ващенко Т.Я., Ткачук Э.И. Влияние качества инженерно-геологической информации на ее количество // Сергеевские чтения. Вып. 10. – М.: ГЕОС, 2008. – С. 24-29

11. Ларионов А.К., Приклонский В.А., Ананьев В.П. Лессовые породы и их строительные свойства. – М.: Госгеотехиздат, 1959. – 367 с.

ГИС-ТЕХНОЛОГИИ И АНАЛИЗ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОТЕКТОНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ НА ТЕРРИТОРИИ БОЛЬШОГО СОЧИ

А.А. Мурый

Институт геоэкологии им. Е.М.Сергеева РАН, Москва, 101000, Уланский пер. 13 а/я 145
тел. (495) 607-9187, e-mail: amuriy@gmail.com

Инженерная геотектоника, по С.А. Несмеянову [4] – раздел инженерной геологии, изучающий влияние тектонических структур и процессов на условия строительства, эксплуатации и ликвидации инженерных объектов.

Особенности применения геоинформационных технологий и анализа цифровых моделей рельефа (ЦМР) для инженерно-геотектонических исследований рассматриваются в [1, 2] и включают следующие основные методические положения:

- *создание ЦМР* с использованием разных исходных материалов: данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), топографических карт, данных лазерной съёмки местности;
- *коррекцию ЦМР* методами растрового анализа (генерализация растров методом «скользящего окна», переинтерполяция растров и т. д.);
- *анализ ЦМР*:
 - получение морфометрических характеристик рельефа;
 - бассейновый анализ гидросети и выделение водотоков;
 - работа с геоморфологическими профилями:
 - составление сетей геоморфологических профилей;
 - графическое построение геоморфологических профилей.
- *векторный анализ* в ГИС;
- реализация *алгоритмов* обработки цифровых данных в виде специализированных программ.

Рассмотрим подробнее основные положения методики на примере инженерно-геотектонических исследований на территории Большого Сочи, проводимых лабораторией эндогенной геодинамики и неотектоники ИГЭ РАН.

Агломерация Большого Сочи и особенно бассейн р. Мзымты – район расположения горного кластера олимпийских объектов Сочи-2014 – отличаются особой сложностью тектонических условий строительства. На эту территорию в период 2008-2011 гг. создан ряд цифровых моделей рельефа разного масштаба. В качестве вычислительной среды использовалась ГИС GRASS – свободная ГИС с открытым исходным кодом [7].

Основными источниками исходных материалов являлись открытые данные – мелкомасштабные данные GTOPO30 и ETOPO (разрешение до 500 м), среднемасштабные SRTM [11] (разрешение 90 м) и ASTER Global Digital Elevation Model (ASTER GDEM) [5] (разрешение 30 м). Для неструктурных исследований в условиях горно-приморского района необходимо также создание ЦМР, захватывающих как территорию суши, так и участки акватории. Подобная комплексная ЦМР создана на основе данных Global Multi-Resolution Topography (GMRT) [10] и использовалась при неструктурном анализе зоны сочленения мегасвода Большого Кавказа и впадины Чёрного моря в районе Большого Сочи.

Растровые ЦМР по данным космосъёмки могут иметь разные геодезические датумы (наборы геодезических параметров), что влияет на определение высот. Так, например, данные SRTM и ASTER GDEM распространяются в системе координат WGS84 с вертикальным датумом EGM96 [5, 11], в то время как традиционно используемые топокарты Генштаба имеют Балтийскую систему высот. Однако пересчёт высот относительно разных геоидов для инженерно-геотектонических исследований не имеет практического смысла, т. к. в большинстве случаев не требуется достижение геодезических точностей, и даже при различии абсолютных высот отдельных отметок рельефа (например, горных вершин) соотношения относительных высот сохраняются.

Было установлено, что цифровые модели на основе данных SRTM и ASTER GDEM по степени детальности рельефа в целом соответствуют топокартам масштаба 1:100 000, для некоторых участков до 1:50 000 (сравнение проводилось по горным районам). Характерно, что участки с пропущенными данными в моделях SRTM сосредоточены в пределах крутых эрозионных склонов и в целом слабо затрагивают водораздельные поверхности. Допустимая вертикальная погрешность съёмки SRTM составляет, согласно документации [9], до 10-15 м, а для ASTER GDEM – до 20 м [6]. Сравнив погрешности высот со средними амплитудами по разрывным нарушениям в горной части Большого Сочи за неоген-четвертичное этапы рельефообразования (десятки, иногда сотни метров), можно утверждать, что эти материалы могут быть использованы, например, для среднемасштабных палеоорграфических реконструкций.

Построенные цифровые модели на ряде участков корректировались методом т. н. «скользящего окна» (модуль GRASS *r.neighbors*) и переинтерполяцией методами «регуляризованного сплайна с натяжением» [8] (модули GRASS *r.surf.rst* и *v.vol.rst*) и «естественных соседей» (модуль GRASS *r.surf.nnbathy*).

На основе ЦМР создана методика составления сетей водораздельных геоморфологических профилей и графического построения профилей (с использованием бассейнового анализа современной гидросети, средств растровой алгебры и сетевого векторного анализа). Алгоритм с указанием модулей GRASS представлен на рис. 1.

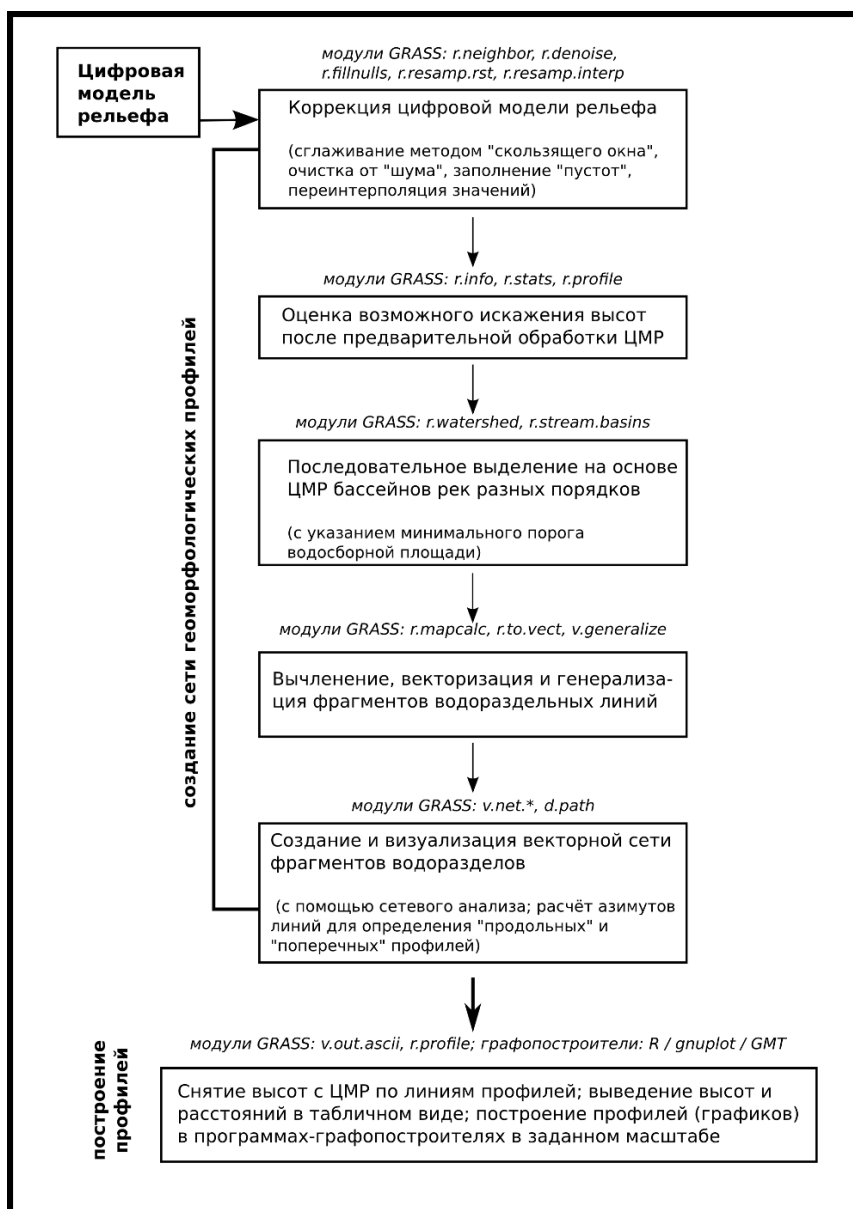


Рис. 1. Алгоритм построения по ЦМР сети водораздельных геоморфологических профилей (с использованием ГИС GRASS)

Приведённый алгоритм применён для уточнения локальной сети геоморфологических профилей при изучении детализации схем активных разрывов на территории бассейна р. Мзымты [3].

ГИС-технологии позволяют использовать различные средства визуализации полученных геолого-геоморфологических данных. Для территории бассейна р. Мзымты по соответствующей методике [4] проведено возрастное расчленение рельефа и построена детальная схема новейших разрывов. С использованием ЦМР и серии производных морфометрических карт (уклонов, кривизны поверхности и т.д.) уточнено положение ряда геоморфологических уровней, которые на топографических картах выражены недостаточно четко. Объёмная визуализация схемы возрастного расчленения рельефа и разрывной тектоники на район Красной Поляны, выполненная в NVIZ (модуль GRASS для 3D-визуализации), представлена на рис. 2.

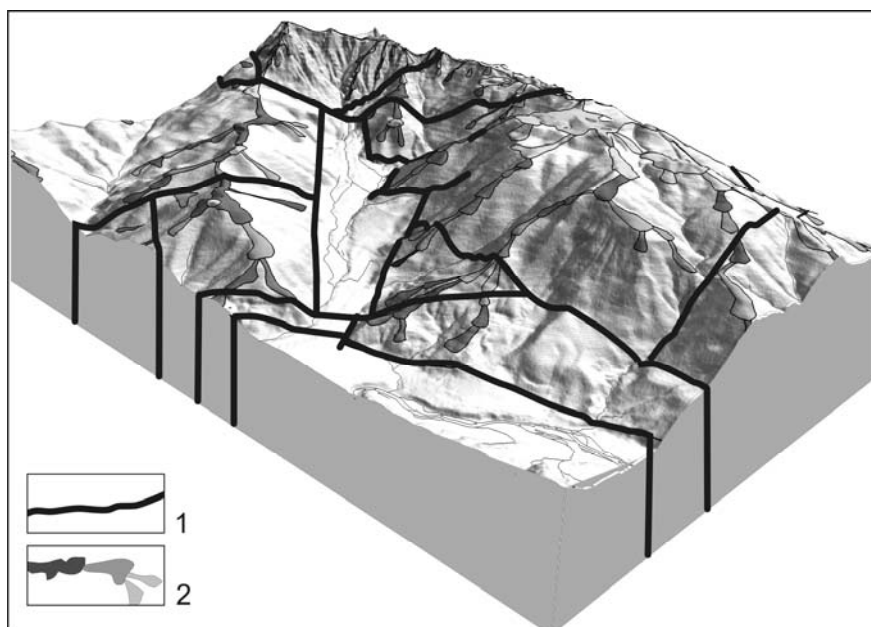


Рис. 2. Объёмная визуализация схемы возрастного расчленения рельефа и разрывной тектоники района Красной Поляны:

1 – новейшие разрывы, *2* – останцы разновозрастных террасовых уровней

В перспективе использование ЦМР позволит уделить внимание отдельным геоморфологическим аспектам, изучение которых при традиционных («нецифровых») методах исследований могут быть весьма трудозатратны. К ним можно отнести бассейновый анализ водотоков, расчёт уклонов рек для уточнения трассировки новейших разрывов, поиск типичных морфометрических характеристик геоморфологических водораздельных уровней для автоматизации их выделения.

Литература

1. Вадачкоря О.А., Воейкова О.А., Муры́й А.А., Несмеянов С.А. Объемное моделирование горного рельефа при инженерно-геотектонических исследованиях // Сергеевские чтения. Вып. 11. – М.: ГЕОС, 2009. – С. 105-109.
2. Муры́й А.А. Перспективные направления в исследованиях неотектоники и геоморфологии района Большого Сочи // Строение литосферы и геодинамика: Материалы XXIII Всероссийской молодежной конференции (Иркутск, 21-26 апреля 2009 г.). – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2009. – С. 39-40.
3. Несмеянов С.А., О.А. Воейкова, А.А. Муры́й. Детализация схемы активных разрывов для инженерных изысканий в горной области (на примере бассейна р. Мзымты на Кавказе) // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2011. – № 5. – С. 450-454.
4. Несмеянов С.А. Инженерная геотектоника. – М.: Наука, 2004. – 780 с.
5. ASTER Global Digital Elevation Model [<http://www.ersdac.or.jp/GDEM/E/2.html>]. [Электронный ресурс]. 2011.
6. ASTER Global DEM Validation. Summary Report. [http://www.ersdac.or.jp/GDEM/E/image/ASTERGDEM_ValidationSummaryReport_Ver1.pdf]. [Электронный ресурс]. 2009.
7. GRASS Development Team, 2011. Geographic Resources Analysis Support System (GRASS) Software, Version 6.4.1. Open Source Geospatial Foundation. [<http://grass.osgeo.org>].
8. Mitasova H., Hofierka L. Interpolation by regularized spline with tension: II. Application to terrain modeling and surface geometry analysis // Mathematical Geology. – 1993. – № 25. – P. 657-667.
9. Rodriguez E., Morris C.S., Belz J.E., Chapin E.C., Martin J.M., Daffer W., Hensley S. An assessment of the SRTM topographic products. Technical Report JPL D-31639. Jet Propulsion Laboratory. Pasadena. California. – 2005. – 143 pp.
10. Ryan, William B.F. et al. Global Multi-Resolution Topography (GMRT). – 2009.
11. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) [<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/index.html>]. [Электронный ресурс]. 2011.

ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ГРУНТОВ

С.К. Николаева*, Е.Н. Огородникова**

* Геологический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, 119899, Ленинские горы, Москва, тел. (495)939-24-00, sk.niko@geol.msu.ru

** Экологический факультет Российского университета дружбы народов, 115093, Москва, Подольское ш., д. 8/5, тел. (495)952-89-01

Инженерно-экологические изыскания для разработки предпроектной документации одной из задач определяют «предварительный качественный прогноз возможных изменений окружающей среды при реализации намечае-

мой деятельности и ее негативных последствий» [3]. Исходными данными для экологического обоснования на предпроектных этапах строительства являются опубликованные и фондовые материалы. Однако среди многообразия грунтов, инженерно-геологическая характеристика которых является неотъемлемой частью отчетных материалов, существуют техногенные разности, формирующие массивы, которые оказывают непосредственное влияние на окружающую природную среду.

Под техногенными грунтами понимают измененные или перемещенные в результате производственной и хозяйственной деятельности человека естественные грунты, а также антропогенные образования. Характерными особенностями, объединяющими техногенные грунты и отличающими их от природных разностей, являются следующие.

1. Массивы техногенных грунтов формируют специфические формы техногенного рельефа.

2. Состав и строение техногенных грунтов отличается от природных разностей. В составе техногенных грунтов присутствуют отдельные минералы или их сочетания, которые отсутствуют в природных минералогических ассоциациях.

3. В массивах техногенных грунтов формируются грунтовые воды, состав которых отличен от природных. В их составе часто присутствуют загрязняющие компоненты.

4. Для техногенных грунтов характерны процессы, связанные с литогенетическими преобразованиями их состава и строения, что соответствует природным процессам прогрессивного и регрессивного литогенеза.

5. Изменение состава и строения техногенных грунтов приводит к изменению их свойств.

6. Все вышеперечисленные особенности техногенных грунтов протекают «мгновенно» в геологическом времени.

Таким образом, техногенные грунты относятся к специфическим грунтам, что вынуждает проводить полевые исследования с целью детального описания их распространения, определения состава и свойств и прогноза взаимоотношений с окружающей природной средой уже на предпроектных этапах строительства. Специальные исследования техногенных грунтов также необходимы, так как нормативная база, регламентирующая производство изысканий на таких грунтах, практически не разработана из-за существующего многообразия техногенных грунтов и их малой изученности. В подтверждение вышесказанного приведем несколько примеров.

Изменение рельефа. Самым крупным источником образования техногенных грунтов является горнодобывающая и перерабатывающая промышленность. Только отечественные горные предприятия ежегодно складировывают около 5 млрд. т вскрышных пород и около 700 млн. т направляют в отвалы обогатительных фабрик [1]. Отвалы техногенных грунтов формируют специфические формы рельефа, которые ежегодно изменяют природный ландшафт. В табл. 1 показаны типы техногенного рельефа, сформировавшегося при добыче полезных ископаемых открытым способом.

Таблица 1

**Типы рельефа, сформировавшегося при добыче полезных ископаемых
открытыми горными выработками (ГОСТ 17.5.1.02-78. Нарушенные земли)**

Типы отвалов	Формы рельефа	Техногенные факторы, обуславливающие формирование рельефа	Элементы рельефа
Внутренние	Платообразные, близкие к уровню естественной поверхности	Отсыпка отвалов при добыче полезных ископаемых при пологом падении пластов, малой мощности (до 20 м), мощности вскрыши до 30м	Плато
	Платообразные, террасированные	Отсыпка в несколько ярусов, Мощность вскрыши более 40 м	Плато по рабочему бою
	Гребневидные	Формирование вскрыши экскаваторами, отвалообразователями или транспортно-отвальными мостами	Системы гребней
Внешние	Платообразные террасированные средневысокие	Формирование одноярусных отвалов транспортными системами	Плато, террасы по откосам
	Высокие	Отсыпка 2-х ярусных отвалов при транспортных системах разработки	
	Гребневидные с террасированными склонами	Отсыпка верхнего яруса на многоярусных отвалах отвалообразователями	Системы гребней террасы по откосу

Состав и строение техногенных грунтов описаны в отдельных публикациях [1, 2]. Эти описания и систематизация приводятся для техногенно образованных и техногенно переотложенных разностей. Экологическую опасность представляют техногенно образованные разности, так как этот класс техногенных грунтов по составу и свойствам отличается от природных; такие грунты иногда не имеют природных аналогов. Приведенные соображения заставляют проводить инженерно-экологические изыскания на участках распространения техногенно образованных грунтов на предпроектных этапах строительства. В качестве примера, подтверждающего высказанные предположения, приведем минеральный состав золошлаков Березовской ГРЭС, работающей на бурых углях КАТЭКа (табл. 2). Исследованные образцы отобраны на золоотвале.

Строение техногенных грунтов и их массивов связано с технологией их накопления. Массивы как техногенно образованных, так и техногенно переотложенных разностей, сформированные намывом, характеризуются неоднородностью как по площади, так и по глубине. В этих массивах обычно выделяются три зоны: зона сброса, зона пруда-отстойника и промежуточная зона. Для каждой зоны характерны отличные гранулометрические и минеральные ассоциации (см. рис. 1).

Таблица 2

Минеральный состав золошлаков

Группы минералов	Место отбора проб	Фазово-минеральный состав
I. Минералы угля	Золоотвал Березовской ГРЭС, зона сброса пульпы	Кварц
II. Минералы сухой золы, образовавшиеся в процессе сжигания		Магнетит, гематит
		Оксид кальция (CaO)
		Трехкальциевый алюминат ($3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$)
		Силикаты кальция (2CaOSiO_2 , 3CaOSiO_2)
		Рентгеноаморфная фаза (стекло, уголь-недожег)
III. Минералы, образовавшиеся в процессе водной транспортировки и хранения на золоотвале	Золоотвал Березовской ГРЭС, промежуточная зона действующего золоотвала	Портландит ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)
		Четырехкальциевый алюминат, водный $4\text{CaOAl}_2\text{O}_3 \cdot 19\text{H}_2\text{O}$
		Гидросиликаты кальция $m\text{CaOSiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
		Гидросульфоалюминат двенадцативодный ($3\text{CaOAl}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$)
		Этрингит ($3\text{CaOAl}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$)
Рентгеноаморфная фаза (стекло, уголь-недожег)		
IV. Минералы, образовавшиеся в процессе длительного хранения на золоотвале	Отработанный золоотвал Березовской ГРЭС	Кальцит Гипс

Гидрогеологические особенности. Гидрохимический состав подземных вод, которые формируются в массивах техногенного грунта, определяется составом водовмещающих грунтов. С экологических позиций наиболее опасными (в том числе, токсичными) являются воды, сформировавшиеся в техногенно образованных разностях [2]. К ним относятся воды (фильтрат) массивов ТБО, золошлакотвалов, шлакоотвалов металлургических производств, шламоотвалов, массивов «хвостов» обогащения полезных ископаемых. В табл. 3 приведены результаты химического состава воды из техногенного водоносного горизонта, сформировавшегося в пределах золоотвала Кураховской ГРЭС. На Кураховской ГРЭС сжигаются низкосортные донецкие угли; золоотвал балочного типа. Как видно из приведенных данных, вода имеет высокую степень минерализации – 2530 мг/л – в зоне сброса пульпы и 2112 г/л – в зоне пруда-отстойника. Причем в зоне сброса наблюдаются высокая щелочность воды и, соответственно, повышенное содержание сульфатов. В центральной части отвала щелочность снижается, содержание сульфатов уменьшается. Эти данные свидетельствуют о том, что в едином времен-

ном интервале состав вод техногенного водоносного горизонта изменяется, а уменьшение степени минерализации воды позволяет судить об изменении минерального состава твердой фазы и накоплении гипса.

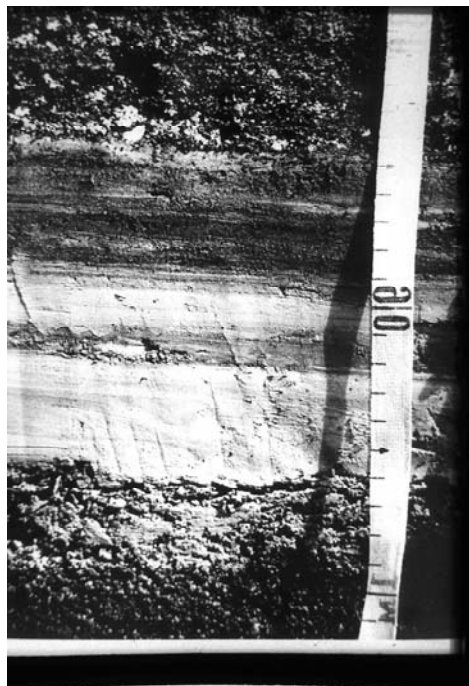


Рис. 1. Слоистость техногенных грунтов золоотвала (цвет и дисперсность слоев определяются фазово-минеральным составом)

Таблица 3

Химический состав проб воды, отобранных на золоотвале Кураховской ГРЭС

Место отбора	Содержание компонентов, мг/л								С*	рН
	ОН ⁻	СО ₃ ⁻	НСО ₃ ⁻	СГ	SO ₄ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺		
Зона сброса	3	72	-	322	1233	344	27	473	2530	12
Прудковая зона	-	12	61	331	966	170	73	391	2112	8,5

Примечание: * – значение сухого остатка (степень минерализации).

Литогенетические преобразования в техногенных грунтах. Среди выделенных типов техногенных грунтов техногенно образованные различия являются наименее термодинамически устойчивыми, следствием чего являются их литогенетические преобразования во времени. В табл. 4 приводятся значения рН водной вытяжки из зол, отобранных на разных золоотвалах Канско-Ачинского бурогоугольного бассейна. Выделенные и описанные выше четыре генерации минерального состава (см. табл. 1) в сочетании с соответст-

вующими значениями рН свидетельствуют о трансформации различных минеральных форм. Особенно отчетливо литогенетические преобразования проявляются в активных золах. Это связано с процессом складирования пульпы, последующими процессами взаимодействия активных компонентов между собой, а также с газами атмосферы и природными водами. Минеральный состав зол с повышенным содержанием кальция представлен неустойчивыми системами, которые при хранении трансформируются в карбонаты и сульфаты, способные к поглощению катионов химических элементов (тяжелых металлов), что предотвращает их водную миграцию.

Таблица 4

Изменение рН водной вытяжки из зол, отобранных в зоне сброса пульпы, промежуточной зоне и на старом, отработанном золоотвале

Место отбора проб	рН
Зона сброса пульпы	12,3
Промежуточная зона	11,5
Старый, отработанный золоотвал	9,2

Литература

1. Огородникова Е.Н., Николаева С.К. Техногенные грунты. – М., МГУ, 2004.
2. Огородникова Е.Н., Барабошкина Т.А., Николаева С.К. Особенности минерального состава золошлакоотвалов – продуктов техногенеза // Вестник РУДН. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». – 2011. – № 3. – С. 20-25
3. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. – М.: ГОССТРОЙ РОССИИ, 1997.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ВЛИЯНИЯ НЕКОТОРЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ
НА ДИСПЕРСНЫЕ ГРУНТЫ КАК ИСТОЧНИК ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ
ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
НА ПРЕДПРОЕКТНОЙ СТАДИИ ИЗЫСКАНИЙ**

К.В. Панкратова, А.М. Жукова

СПГГУ, кафедра Г и ИГ. 199106. Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия д. 2
тел: (812) 328-82-88. E-mail: pan-ksenia@yandex.ru

В действующем нормативном акте на инженерно-экологические изыскания для строительства СП 11-105-97 для предпроектной стадии акцент сделан на оценку существующего экологического состояния грунтов и подземных вод, определяемую такими показателями как содержание тяжелых металлов и ряда органических соединений, а также интенсивности радионук-

лидного заражения. Однако по этим параметрам инженерно-экологических изысканий сложно дать прогноз динамики изменения компонентов подземной среды.

Для мегаполисов актуальна проблема действующих и ликвидированных кладбищ, с территории которых в подземные воды и водоупоры поступают органические компоненты (белки, липиды, углеводы), соединения азота, фосфаты, сероводород, микроорганизмы, среди которых преобладают сапрофиты [1]. Глубина распространения контаминантов с территории кладбищ может составлять 50-70 м и более, в зависимости от геологического разреза, степени проницаемости пород, а также периода функционирования кладбища.

Экспериментальные исследования, выполненные автором работы, показали, что грунты в районе действующих кладбищ имеют высокую микробную пораженность и коррозионную активность (табл. 1). Важно отметить, что водонасыщение породы за счет подъема уровня грунтовых вод способствует увеличению микробной массы за счет поступления дополнительных питательных субстратов, а также способствуют повышению степени коррозионной агрессивности.

Таблица 1

Оценка агрессивности грунтов (супесей четвертичного возраста) и их микробной пораженности в районе действующих кладбищ (на примере Ломоносовского р-на Ленинградской области, дер. Б. Горки)

Определяемый показатель	Количественная характеристика**	Степень агрессивности
Микробная масса (ММ)*	$\frac{320 \text{ мкг/г}}{250 \text{ мкг/г}}$	Высокая степень микробной пораженности
Плотность катодного тока	$\frac{0,49 \text{ А/м}^2}{0,28 \text{ А/м}^2}$	Высокая коррозионная активность
Удельное электрическое сопротивление	$\frac{15 \text{ Ом*м}}{35 \text{ Ом*м}}$	Высокая коррозионная активность Средняя коррозионная активность

* Определение микробной массы проводилось методом Дж. Бредфорда по величине микробного белка.

** В числителе – определяемый показатель в период подъема уровня грунтовых вод, в знаменателе – в период понижения.

Серия экспериментов была выполнена для решения вопроса влияния заболачивания на подстилающие грунты в условиях затененности и при действии солнечных лучей, т.е. ультрафиолетового облучения, на образцах нижнекембрийских синих глин. Еще ранее было показано, что существует разница в содержании микробной массы в песчано-глинистых грунтах в пределах территории, подвергающейся инсоляции и при ее отсутствии. Это положение подтверждается экспериментально. Под действием ультрафиолета (длина

волны 305-315 нм) прослежено снижение величины микробной массы почти в 4 раза (от 114 до 30 мкг/г) (рис. 1). Кроме ультрафиолета активное влияние на развитие микроорганизмов в грунтах оказывает вибрационное воздействие (частота колебаний 1500 n^{-1}), снижающее содержание микробного белка в 2 раза (от 133 до 70 мкг/г) (рис. 2). По данным биофизических исследований постоянное вибрационное воздействие приводит к уменьшению количества живых клеток микроорганизмов за счет нарушения процесса их размножения, что приводит также к снижению содержания продуктов метаболизма.

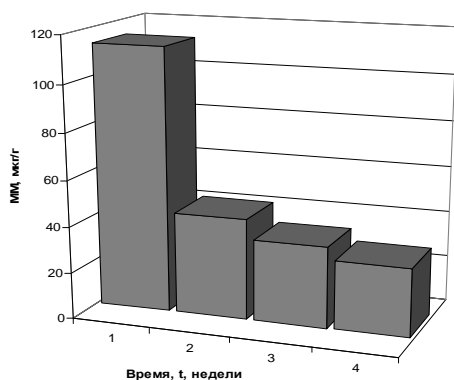


Рис. 1. Влияние ультрафиолетового излучения на микробную пораженность грунтов

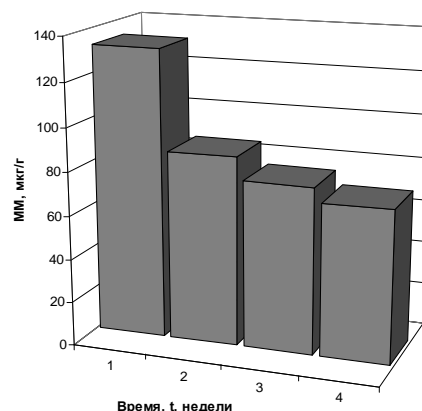


Рис. 2. Влияние вибрационного воздействия на микробную пораженность грунтов

Полученные закономерности позволяют сделать вывод, что ультрафиолетовое излучение и вибрационное воздействие существенно влияют на активность и численность микроорганизмов в грунтах. Оценка численности и активности микробной компоненты в грунтах должна учитываться в прогнозировании изменения инженерно-геологических условий, поскольку интенсификация жизнедеятельности микробиоты способствует разуплотнению песчано-глинистых дисперсных грунтов, снижению их прочности, повышению деформационной реактивности, развитию плавунных и тиксотропных явлений [1].

Влияние органических поллютантов (белки и углеводы) и хорошо разложившегося торфа на водонасыщенные среднезернистые пески изучалось на основе проведения экспериментальных исследований. На начальной стадии в песках микробная масса отсутствовала, коэффициент фильтрации варьировал в пределах 12-18 м/сут. После длительного воздействия органических поллютантов и микробной деятельности отмечено повышение содержания мелкозернистой фракции. Микробная масса возросла до 50 мкг/г, коэффициент фильтрации снизился до 5,3-7,5 м/сут (табл. 2). Снижение коэффициента фильтрации объясняется тем, что живые и мертвые клетки микроорганизмов,

а также продукты их метаболизма не только сорбируются на дисперсных частицах, но и заполняют поровое пространство.

Таблица 2

Влияние органических поллютантов на физико-механические и водные свойства песков

Порода	Микробная масса	Содержание преобладающей фракции	Коэффициент фильтрации	Угол внутреннего трения
	ММ, мкг/г	%	Кф м/сут	φ , град.
Песок чистый	0	64,7 – 60,4 (0,5 – 0,25 мм)	12,1 17,9	23
Песок после воздействия органических поллютантов	33,9 49,9	52,3 – 50,5 (0,25 – 0,1 мм)	5,3 7,5	11

Примечание: Продолжительность опыта – 6 месяцев.

Таблица 3

Влияние нефтяных загрязнителей (соляровое масло) на физико-механические свойства выветрелых ожелезненных кембрийских песчаников

Порода	Параметры сопротивления сдвигу		Содержание микробной массы
	Сцепление с, МПа	Угол внутреннего трения φ , град	ММ, мкг/г
Выветрелый ожелезненный кембрийский песчаник	0,024 – 0,049	23 – 26	13 – 20
Выветрелый ожелезненный кембрийский песчаник после воздействия нефтяных загрязнителей	0,011 – 0,029	10 – 15	25 – 68

Примечание: Продолжительность опыта – 6 месяцев.

Снижение угла внутреннего трения (с 23° до 11°) объясняется процессами механического и биохимического поглощения тонких взвесей, что приводит к образованию коллоидно-глинистых рубашек, а также биопленок на поверхности зерен песка. Снижение углов внутреннего трения способствует уменьшению несущей способности песков в основании сооружений согласно определению величины расчетного сопротивления (R).

Оценка влияния нефтяных загрязнителей (соляровое масло) проводилась на выветрелых ожелезненных кембрийских песчаниках (табл. 3). Проч-

ность данных отложений определяется цементационными связями за счет соединений трехвалентного железа; его восстановление до двухвалентной подвижной формы действует как фактор дополнительного снижения прочности. Первоначальное содержание микробной массы варьировало в пределах 13–20 мкг/г. Повышение микробного белка в 2-3 раза приводит к существенному снижению параметров прочности песчаников. При этом следует отметить снижение интенсивности окраски, что свидетельствует о начальной фазе восстановления железа [2].

Полученные результаты должны послужить основой для прогнозирования, а также установления закономерностей негативной трансформации грунтов, подземных вод, активности и разнообразия микробиоты, с последующим использованием этих данных в оценке устойчивости сооружений. Кроме того, необходимо изучать преобразование существующих окислительно-восстановительных и кислотно-щелочных условий (Eh и pH) по глубине [2]. По величине Eh выделять аэробные, переходные и анаэробные условия, которые определяют характер изменения грунтов и развития ряда негативных процессов. Для оценки степени микробной пораженности грунтов в повседневной практике инженерно-экологических исследований необходимо определения ХПК и БПК₅ (в воде) и количественное содержание микробиоты в грунтах.

Литература

1. Дашко Р.Э. Микробиота в геологической среде: ее роль и последствия // Сергеевские чтения. Материалы годичной сессии научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. – М.: ГЕОС, 2000. – С. 72-77.
2. Дашко Р.Э. Некоторые научно-практические положения совершенствования системы инженерно-экологических изысканий при строительстве на песчано-глинистых породах // Сергеевские чтения. Материалы годичной сессии научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. – М.: ГЕОС, 2006. – С. 17-21.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ В ПРОЦЕССЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Е.А. Пикулик, О.К. Миронов

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН (ИГЭ РАН), Москва, Уланский переулок,
дом 13, строение 2, а/я 145, тел.: +7 (495) 623-31-11, факс: +7 (495) 623-18-86,
Elena_pikulik@bk.ru, geoinf@geoenv.ru

Визуализация – наглядное представление информации – широко применяется на всех стадиях геологических исследований. Геолог постоянно оперирует пространственно привязанными данными, как первичными, так и

результатами их интерпретации. Благодаря психологическим особенностям зрительного восприятия, разнообразные изображения, получаемые в процессе исследований, позволяют оценить целостную картину изучаемой ситуации и распознать новые сущности или допущенные ошибки.

В практике изысканий принято выполнение разнообразных картографических произведений: карт фактического материала, геологических карт и разрезов. Однако часто эти работы нацелены только на получение заранее заданных выходных документов. Ориентация изобразительных (чертежных, картографических) работ на окончательный чертеж или карту, ввиду значительных трудозатрат на оформление исключает проведение многовариантных графических построений и рассмотрение достаточного для принятия обоснованного решения вариантов.

Развитые компьютерные технологии 2-мерного и 3-мерного картографического моделирования позволяют со сравнительно небольшими затратами получить разнообразные графические изображения, помогающие исследователю в его непосредственной работе.

Различные способы визуализации применяются на всех стадиях изучения геологической среды:

- при анализе фондовой и другой полученной ранее информации для определения ее достаточности, определении необходимых объемов изыскательских работ, выработке детального плана изысканий, формулирования предварительных гипотез;

- в процессе проведения изысканий для проверки корректности выполненных работ и сравнения их результатов с предшествующими данными;

- при проведении собственно исследований – анализе и обобщении всей фондовой и вновь полученной информации;

- при подготовке окончательного представления результатов исследования в виде картографических произведений, презентаций и т. п.

Технология визуализации должна входить как составная часть в общую геоинформационную технологию обработки геологических данных, так как необходимый объем операций по визуализации может быть выполнен только с применением современных компьютерных технологий. В частности, необходимой составной частью информационной системы должна являться база данных первичной информации.

Средства визуализации должны быть доступны и легко управляемы на рабочем месте специалиста-геолога.

Основой для любых тематических исследований служит некий набор первичных данных, представляющий собой разнородную информацию, представленную в бумажном или цифровом виде. Качество конечного результата исследований зависит не только от объема и достоверности первичных данных, но и в значительной мере от того, как эти данные будут обработаны и использованы. Для того чтобы получить, например, достоверную, не противоречащую самой себе карту, необходимо активно использовать первичные данные на всем протяжении процесса ее создания, вплоть до вывода на пе-

чать. При большом объеме исходных данных этот процесс представляется весьма трудоемким и длительным. Это становится возможным только в том случае, если автоматизировать процесс проверки непротиворечивости, обработав предварительно первичные данные и поместив их в единую базу данных.

Информация, собранная при предшествующих изысканиях, должна использоваться для обоснования программы текущих детальных исследований и при обработке новой информации для повышения достоверности результатов. Трудности обработки информации геологических фондов описаны в [1, 2].

Наряду с формализованными средствами проверки непротиворечивости информации в базе данных, средства визуализации являются мощным средством контроля, так как при рассмотрении графических образов специалист может легко заметить содержательно недопустимые ситуации, которые не могут быть выявлены средствами формальных проверок.

Для удобства представления первичной информации существуют различные способы. Цель визуализации – графическое представление информации в виде, удобном для восприятия и работы исследователя. Поэтому выбор конкретного метода визуализации зависит от задач, которые ставит перед собой исследователь.

Визуализация используется для решения следующих задач:

- оценка качества первичной информации;
- представление информации, полученной из разных источников и изначально классифицированной различным образом, в едином ключе;
- определение причин повышенной изменчивости информации, чтобы в каждом конкретном случае понять, имеем ли мы дело с геологической аномалией или с неточностями или ошибками интерпретации первичных данных;
- выбор из всех первичных данных лишь тех, которые содержат необходимую в текущий момент исследований информацию, например, скважины, вскрывшие исследуемый горизонт в заданном интервале глубин;
- контроль: выявление ошибок, которые были допущены из-за неправильной интерпретации первичных данных.

Визуализация в геологии может быть как двумерной, так и трехмерной [3]. Для простых задач обычно используется двумерная визуализация первичных данных. Типичный пример – тематические карты фактического материала. Для их составления проводится выборка исходных данных согласно заданному критерию и выбор или расчет значений для подписей объектов на карте (рис. 1).

К трехмерной визуализации первичных данных обращаются в более сложных случаях, когда, например, необходимо оценить пространственное расположение и объем погребенных геологических тел (рис. 2).

Для анализа первичных данных еще более эффективна визуализация эскизов геологических разрезов – вынесенные на чертеж в заданном верти-

кальном и горизонтальном масштабе колонки изыскательских скважин. В дальнейшем по этому эскизу выполняется составление геологического разреза (рис. 3).

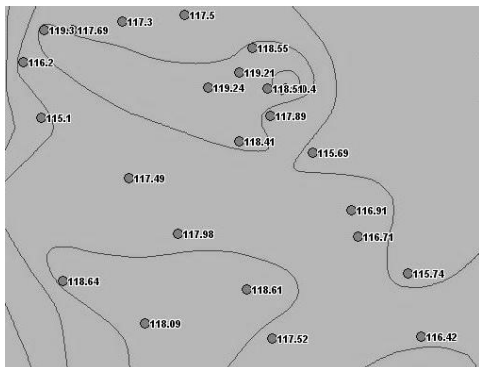


Рис. 1. Двумерная визуализация информации колонок скважин при построении карты рельефа кровли каменноугольных отложений (для каждой скважины указана абсолютная отметка кровли каменноугольных отложений)

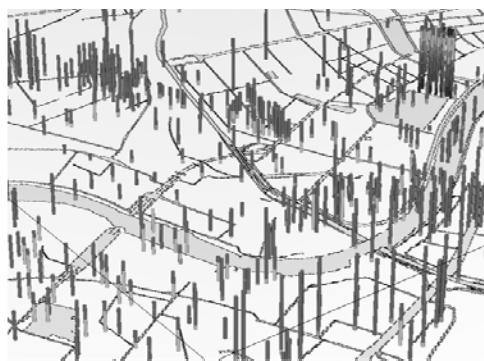


Рис. 2. Трехмерная визуализация колонок скважин на топографической карте (карта условно отображается на абсолютной высоте 80м), цвет в колонках обозначает геологический возраст.

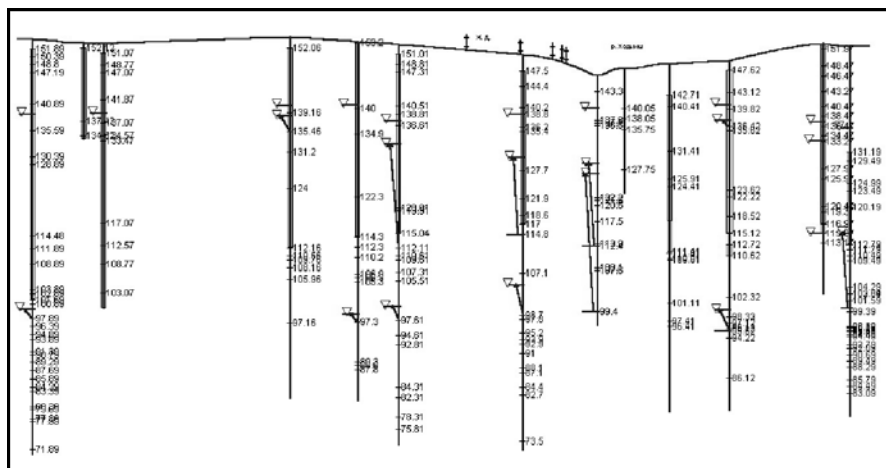


Рис. 3. Эскиз для построения геологического разреза

Трехмерная визуализация может использоваться для совместной демонстрации вертикальных и горизонтальных сечений рассматриваемой толщи (рис. 4), для демонстрации погребенного рельефа (рис. 5) и других модельных рассматриваний.

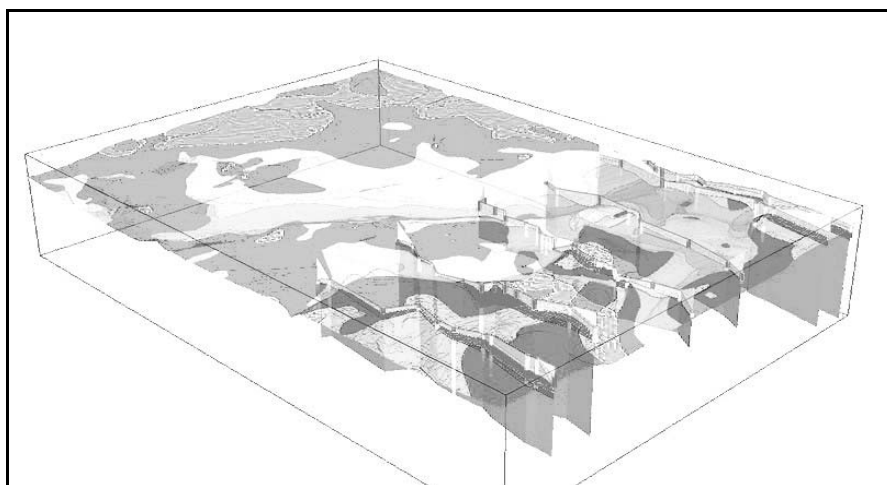


Рис. 4. Визуализация геологических разрезов и поверхности кровли коренных отложений

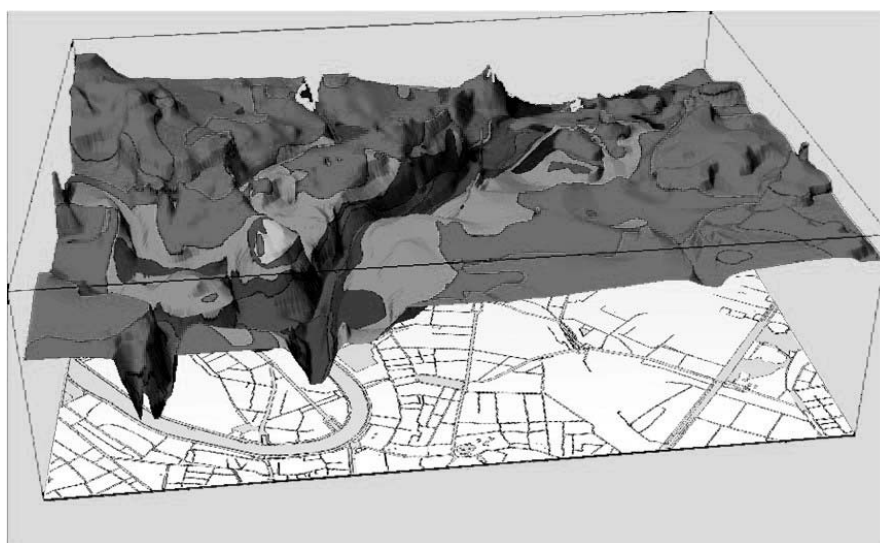


Рис. 5. Визуализация геологической карты и поверхности кровли коренных отложений

Визуализация первичных данных была активно использована при создании комплекта тематических геологических крупномасштабных карт территории города Москвы (масштаб 1:10000). При огромном объеме первичных данных, представленных главным образом в виде буровых журналов скважин, необходимо было отобрать наиболее информативные данные, предста-

вить их в едином ключе, классифицировав по ряду признаков. Поскольку все карты комплекта взаимосвязаны (наследуют информацию с других карт или служат таким источником информации), необходимо было на всех этапах исследования иметь доступ к первичным данным, дабы не вступить с ними в противоречие.

Для построения карт широко использовалась технология тематических карт фактического материала. В процессе составления карт было использовано более 20 вариантов подписей скважин.

Для составления обобщенных описаний геологического строения таксонов карты инженерно-геологического районирования ("паспортов мезомассивов") [4] систематически использовались технологии составления небольших (3-4 скважины) эскизов геологических разрезов.

Литература

1. *Миронов О.К.* Геоинформационные технологии для составления крупномасштабных геологических карт территории Москвы // *Геоэкология*. – 2011. – № 3. – С. 200-216.

2. *Миронов О.К., Викторов А.А., Фесель К.И.* О проблемах ведения баз данных фондовой информации // *Геоэкология*. – 2011. – № 5. – С. 455-464.

3. *Миронов О.К., Пикулик Е.А., Фесель К.И.* О понятии трехмерной геологической карты // *Геодезия и картография*. – 2011. – № 6. – С. 36-41.

4. *Осипов В.И., Антипов А.В.* Принципы инженерно-геологического районирования территории Москвы // *Геоэкология*. – 2009. – № 1. – С. 3-13.

КАРСТОВЫЙ МОНИТОРИНГ КАК ОСНОВА ДЛЯ ИЗЫСКАНИЙ НА ПРЕДПРОЕКТНЫХ ЭТАПАХ СТРОИТЕЛЬНОГО ОСВОЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

В. В. Толмачев, Р.Б. Давыдько

ОАО «Противокарстовая и береговая защита», Россия, 606019, г. Дзержинск, ул. Гастелло, 10.
Тел./факс: (8313) 259801; E-mail: altolm@sinn.ru

Необходимость проведения специального мониторинга на закарстованных территориях как основы инженерных изысканий на предпроектном этапе инженерно-строительного освоения территорий вызывается следующими обстоятельствами:

- В большинстве случаев карстовые процессы и подземные карстопроявления скрыты от «глаз» проектно-изыскательских организаций и застройщиков.

- Поверхностные карстопроявления имеют вероятностный характер (как в пространстве, так и во времени). Поэтому их отсутствие на участке

строительства или в непосредственной близости от него не является основанием для утверждения о том, что карстоопасности на площадке нет или она минимальна.

- Оценить состав реальной карстовой опасности на заданном участке возможно лишь на основе выявления пространственно-временных закономерностей карстопоявлений на примыкающих территориях (с учетом специфики инженерно-геологических условий на участке). Существуют способы объективного переноса этих закономерностей на конкретные участки строительства, что повышает эффективность проектно-изыскательских работ на последующих стадиях, в том числе при выборе вариантов размещения объектов или трассирования линейных сооружений.

- Такой подход позволит целенаправленно проводить оценку карстоопасности с учетом возможных неблагоприятных техногенных воздействий на геологическую среду. Своеобразным негативным уроком в этом отношении является выбор площадки расположения Ровенской АЭС [3].

На территории Нижегородской области крайне необходимо проводить:

- а) региональный (областной) мониторинг; б) в пределах территорий городов и населенных пунктах – муниципальный мониторинг; в) для особо ответственных сооружений или уникальных природных явлений – объектный мониторинг.

После окончания Великой Отечественной войны в ряде карстовых регионов страны были созданы карстовые стационары (в Предуралье, Крыму, Горьковской области и других районах). Некоторые из этих стационаров в настоящее время полностью переведены на хозяйственный расчет и даже приватизированы. В этих условиях выполнение работ по карстомониторингу целиком определяется степенью понимания проблемы губернаторами, мэрами городов, руководителями предприятий и специалистами стационаров. Поэтому работы по карстологическому мониторингу проводятся в большинстве районов в крайне ограниченном объеме, нерегулярно или совсем свернуты. Это относится и к Нижегородской области.

В то же время, необходимо отметить, что специальные стационары для проведения карстомониторинга успешно функционируют в настоящее время во многих странах мира (Германия, Иран, Китай, Словения, США, Франция, Швейцария и др.) [4]. В ряде стран созданы национальные банки карстологических данных (Великобритания, Германия, Италия, Китай Хорватия и др.). Эти данные достаточно эффективно используются при осуществлении природоохранных мероприятий и решении инженерно-строительных задач [5].

В Нижегородской области карстомониторингом с 1953 г. занималась Дзержинская карстовая станция (ныне ОАО «Противокарстовая и береговая защита»), которая проводила такого рода работы с некоторыми перерывами до 2009 г. Однако позднее работы по мониторингу практически прекратились, хотя в нем есть острая необходимость, прежде всего, в целях обеспечения безопасности строительных объектов.

Такое странное положение можно объяснить лишь плохим знанием муниципальных и региональными управленцами требований Федеральных законов, нежеланием их реализовывать на практике или и тем и другим. В числе этих законов, в первую очередь, следует назвать: Градостроительный кодекс (190-ФЗ), Технический регламент по безопасности зданий и сооружений (384-ФЗ), Об охране окружающей среды (7-ФЗ), согласно которым проведение мониторинга опасных природных процессов является обязательным. В настоящее время в соответствии с этими законами были разработаны Региональные нормативы Нижегородской области по вопросам инженерно-строительного освоения закарстованных территорий [2], которые в конце 2011 г. утверждены Правительством Нижегородской области. Согласно этому документу установлена обязательность проведения регионального карстомониторинга в шести наиболее карстоопасных районах области, где предполагается интенсивное строительство, а муниципальный карстомониторинг при необходимости должен организовываться в городах и населенных пунктах, расположенных на закарстованных территориях по планам местных администраций. Проведение же карстомониторинга на территориях городов Дзержинск, Павлово, Арзамас, Саров, а также в Сормовском и Автозаводском районах Нижнего Новгорода является обязательным.

Карстовые районы в Нижегородской области занимают около 30% её площади. Характерно, что именно в этих районах находится наиболее развитая в промышленном отношении часть области.

Инженерно-геологические условия развития карста в Нижегородской области весьма разнообразны:

- Карстующимися породами являются карбонаты и сульфаты, которые залегают на глубинах от 5 до 70 м и более. При этом на большей части территории эта глубина составляет более 20 м (так называемый «глубокий» карст). В этом случае изучение закарстованности, без проведения карстологического мониторинга, неэффективно как с инженерно-геологической, так и с экономической точек зрения.

- На значительной части закарстованной территории имеют место карстово-суффозионные процессы. Понимание их закономерностей позволяет внести новые элементы в традиционные методы прогноза карстоопасности. Достоверность такого прогноза во многом зависит от своевременного учета результатов карстологического мониторинга.

- На земной поверхности имеют место различные проявления карста: провальные воронки, мульды оседания, карстово-суффозионные просадки и др. Анализ этих карстопроявлений в рамках регионального мониторинга позволяет достаточно эффективно, прежде всего, с экономической точки зрения, прогнозировать характер и тип карстоопасности на конкретных участках строительства.

В целом карстовая опасность практически значима в 23 районах Нижегородской области, на территории которой только за период с 1990 по 1999 годы произошло более 20 разрушений различных зданий и сооружений.

На наиболее карстоопасной территории находится г. Дзержинск, где в среднем происходит около 5 провалов в год. По нашим данным, только в прибрежной, наиболее карстоопасной части селитебной территории Дзержинска, за последние два года обнаружено более двадцати свежих деформаций карстового происхождения: карстово-суффозионные просадки, провалы, неравномерные осадки оснований сооружений [1]. За последние 50 лет в Дзержинске вследствие карстовых деформаций получили существенные повреждения и разрушения около 80 сооружений.

Основная опасность карста на рассматриваемой территории заключается в образовании карстовых провалов под сооружениями, в результате чего могут происходить аварии и катастрофы различной степени тяжести. В связи с этим следует сказать о периодическом возникновении на закарстованных территориях Нижегородской области крупных карстовых провалов диаметром более 40 м. Само собой разумеется, защита от таких провалов принципиально невозможна. По нашим данным, с 1956 по 2011 гг. на территории площадью около 14,5 тыс. км², образовалось 20 крупных карстовых провалов, большинство из которых произошли внезапно. Таким образом, на данной территории, в среднем каждые 2,5 года, возникает новый крупный провал. Такие провалы имели место в Арзамасском, Ардатовском, Вачском, Павловском, Володарском и Навашинском районах, в окрестностях г. Дзержинска и в других районах области. Конечно, вероятность возникновения гигантских провалов относительно невелика (примерно $3 \cdot 10^{-7}$ на 1 га в год). Но она вполне сопоставима с допустимыми рисками повреждения таких экологически опасных и социально значимых объектов, как атомные электростанции (10^{-7} в год).

В настоящее время затруднительно ответить на вопрос, при каких условиях внезапно происходят крупные провалы. Их изучение в рамках природно-объектного мониторинга позволит установить закономерности и объяснить причины их возникновения, что имеет важное значение как в теоретическом, так и в практическом отношении.

В заключение, необходимо отметить, что карст служит достаточно серьезным препятствием для безопасного развития и функционирования таких городов, как Нижний Новгород, Дзержинск, Арзамас, Павлово, Саров. Дефицит свободной площади вынуждает осваивать карстоопасные участки или ранее недостаточно изученные территории, что удорожает строительство и эксплуатацию сооружений. В то же время следует иметь в виду, что обеспечение безопасности сооружений сравнительно легко достигается, если учитывать реальную карстовую опасность и располагать сооружения на менее опасных участках, выявленных, прежде всего в результате карстологического мониторинга.

Изучение карста в его динамике и оперативное использование всей карстологической информации открывает возможности существенного снижения расходов, вызываемых необходимостью учета карстоопасности. Это может быть достигнуто за счет применения разумного комплекса противокар-

стовой защиты и разработки эффективных способов снижения техногенных воздействий, активизирующих карстовый процесс. Эффективно решать эти задачи можно лишь путем организации мониторинга на предпроектных стадиях строительного освоения закарстованных территорий.

Литература

1. *Давыдько Р.Б.* Карстомониторинг — основа безопасного развития г. Дзержинска // Карстовые процессы: закономерности развития, мониторинг, инженерно-геологические методы исследований. Материалы научно-практической конференции. – Кунгур, 2010. – С. 7.
2. Региональные нормативы по проведению инженерных изысканий, проектированию, строительству и эксплуатации зданий и сооружений на закарстованных территориях Нижегородской области. Н. Новгород, Департамент градостроительного развития территории Нижегородской области. Администрации Нижегородской области, 2011.
3. *Толмачев В.В.* Учет карстовой опасности при выборе площадок размещения АЭС в свете нормативных требований Атомнадзора и МАГАТЭ // Сергеевские чтения, вып. 12. Научное обоснование актуализации нормативных документов инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий. – 2010. – С. 182-186.
4. Karst management (Editor P. E. van Beynen). Springer, Dordrecht – Heidelberg – London – New York, 2011.
5. Proceedings of International conference EngeoPro-2011 “Environmental geosciences and engineering survey for territory protection and population safety” Moscow, 6-8 September 2011.

КОМПЛЕКСНАЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА ПОЛЯХ ПРОЕКТИРУЕМЫХ ШАХТ И ПРИ ОСВОЕНИИ ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ

Г.Н. Фейт

Московский государственный горный университет. 119991 Москва, Ленинский пр.-т, 6.
Тел.: (495)230-27-49, (495) 336-46-32; e-mail: matlakhov@kmail.ru

Кардинальное техническое и технологическое перевооружение горного производства на угольных шахтах России привело к резкому увеличению скорости подвигания подготовительных и капитальных горных выработок до 15-25 м/сут и производительности очистных забоев до 20 и более тысяч тонн в сутки. Мощность применяемой для достижения таких показателей современной горной техники в несколько раз превышает мощность ранее применявшейся. Практика ведения горных работ показывает, что при таком сильном техногенном воздействии и увеличении протяженности очистных забоев

до 250 – 300 м все геомеханические и газодинамические процессы, происходящие в массиве горных пород, приобретают иной более динамичный и сложный характер. На опасность возникновения газодинамических явлений существенное влияние оказывает увеличение природной газоносности и горного давления с ростом глубины ведения горных работ, особенности физико-механических и газокинетических свойств тектонически нарушенного углепородного массива. При этом, как в России, так и за рубежом, практически еще нет опыта работы современных высокопроизводительных шахт на больших глубинах при отработке сильно газоносных, тектонически нарушенных угольных месторождений.

Это обстоятельство делает весьма актуальным необходимость надежной инженерно-геологической оценки опасности газодинамических явлений на полях проектируемых и уже действующих шахт при освоении более глубоких горизонтов разработки. Примером могут служить катастрофические газодинамические явления, произошедшие недавно в Кузбассе на шахтах Распадская, Зыряновская, Тайжина.

Характерным свойством угля, определяющим его прочностные, упругие и газодинамические свойства является нарушение строения (трещиноватость). Наиболее широко используется классификация тектонической нарушенности углей Донбасса, предложенная Геологическим институтом РАН [7] на основе обследования 63 шахт, изучения строения 170 шахтопластов и микроскопического изучения шлифов и аншлифов более 3000 образцов, в соответствии с которой различаются пять степеней нарушенности строения углей разных стадий метаморфизма (марки Т, ПЖ, К, О, С, Т и А). Аналогичная классификация тектонической нарушенности углей применяется на шахтах Кузбасса и Воркуты.

Наиболее полный комплекс исследований взаимосвязи тектонической нарушенности углей с их физико-механическими свойствами и выбросоопасностью выполнялся на протяжении ряда лет в ИГД им. А.А. Скочинского, а затем в ИПКОН РАН [1, 3-6]. Обобщенную на основе этих исследований классификационную таблицу взаимосвязи тектонической нарушенности углей с их физико-механическими свойствами можно представить в следующем виде (см. табл. 1).

Пределы прочности углей на сжатие и разрыв и модули упругости определялись на образцах стандартными методами. Показатели прочности угля в натуральных условиях определялись в забоях горных выработок прочностным мером П-1 по величине динамического внедрения в угольный массив стального конуса, получающего определенную энергию удара от пружинного механизма [3, 2]. Прочностные и газодинамические характеристики угольных пластов на стадии геологоразведочных работ оценивались методом кавернометрии [5, 6].

Достоинством представленной сводной таблицы является то, что в ней дана комплексная количественная оценка основных физико-механических свойств углей разных степеней тектонической нарушенности, позволяющая делать инженерные расчеты прогноза и предотвращения газодинамических

явлений, в том числе в зонах геологических нарушений. Так, например, коэффициент газоотдачи b_{30} , модуль Юнга E и показатели прочности угля по каверномерии f_k и по прочностному номеру П-1 q используются в геоэнергетических [4, 5] и сейсмогеомеханических методах прогноза газодинамических явлений, а коэффициент газопроницаемости k , коэффициент газоотдачи b_{30} и показатели прочности q и f_k в геолого-физическом методе оценки перспективности дегазации и извлечения метана из угольных пластов [6].

Таблица 1

Физико-механические свойства углей различной степени трещиноватости и тектонической нарушенности

Показатель	Значения показателей для типа нарушенности угля				
	I	II	III	IV	V
Показатель прочности по каверномерии, f_k	0,85	0,73	0,44	0,28	0,29
Показатель прочности по прочностному номеру П-1, q	84	79	70	43	48
Предел прочности при сжатии R_1 , МПа	7,8	4,5	3,7	-	1,3
Предел прочности при отрыве R_2 МПа	0,32	0,23	0,18	-	$0,3 \cdot 10^3$
Модуль Юнга, E , МПа	$0,8 \cdot 10^3$	-	$0,5 \cdot 10^3$	-	$0,3 \cdot 10^3$
Среднее расстояние между микротрещинами в аншлифе, h , мм	4,00	1,90	1,32	0,88	0,56
Удельная длина трещин, L , мм^{-1} .	0,50	1,05	1,66	2,28	3,60
Среднее зияние трещин, b , мм	0,027	0,015	0,010	0,006	0,004
Коэффициент газоотдачи, b_{30}	0,026	0,040	0,090	0,130	0,130
Расчетный коэффициент газопроницаемости, k , мД	0,870	0,270	0,045	0,021	0,018

Можно отметить также, что показатель прочности q по прочностному номеру П-1 применяется в качестве нормативного при текущем прогнозе выбросоопасности угольных пластов в подготовительных выработках п.п. 2.4.4-2.4.9 и приложение 5 «Инструкции» [2]. При этом потенциально выбросоопасной считается пачка угля или совокупность смежных пачек угля прочностью $q \leq 75$

условных единиц и общей максимальной мощностью не менее 0,2 м на шахтах Кузбасса и 0,1 м на шахтах Печорского бассейна (п.2.4.6.). Задачей дальнейших исследований является использование имеющейся базы инженерно-геологических данных и ее развитие для разработки новых, отвечающих современным требованиям рейтинговых классификаций нормативных Инструкций и Регламентов по прогнозу и предотвращению опасных геодинамических явлений в шахтах и при подземном строительстве.

Литература

1. *Иванов Б.М., Фейт Г.Н., Яновская М.Ф.* Механические и физико-химические свойства углей выбросоопасных пластов. – М.: Наука. – 1979. – 195 с.
2. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля (породы) и газа (РД 05-350-00) / НТЦ по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России. – М., 2001.
3. *Фейт Г.Н.* Прочностные свойства и устойчивость выбросоопасных угольных пластов. – М.: Наука, 1966.
4. *Фейт Г.Н.* Геомеханические аспекты решения проблемы прогноза и предотвращения геодинамических явлений при добыче полезных ископаемых. III Всемирный конгресс по экологии в горном деле: Труды конгресса. Т. I. – 1999. – С. 198-2008.
5. *Фейт Г.Н., Малинникова О.Н., Зыков В.С., Рудаков В.А.* Прогноз опасности внезапных выбросов и горных ударов по энергии массива // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2002. – № 1. – С. 67-70.
6. *Фейт Г.Н., Малинникова О.Н.* Геолого-физический метод оценки перспективности добычи метана из угольных пластов // Наука и техника в газовой промышленности. – 2009. – № 3. С. 43-48.
7. *Штеренберг Л.Е., Яблоков В.С.* Особенности строения угольных пластов Донбасса, подверженных внезапным выбросам // Научные исследования в области борьбы с внезапными выбросами угля и газа. – М.: Углетехиздат, 1958. – С. 367-387.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛОТНОСТИ СЕТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ОПРОБОВАНИЯ И РАЙОНИРОВАНИЕ НАМЫВНЫХ МАССИВОВ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

В.В. Ческидов, С.А. Пуневский, В.А. Астапова

Московский государственный горный университет, Ленинский проспект, д.6, тел:
8(499)2302485, e-mail: vcheskidov@yandex.ru

Проведение инженерно-геологических исследований (ИГИ) – это неотъемлемая составляющая горного производства, строительства и других отраслей народного хозяйства. Техногенные намывные массивы: гидроотвалы, хвостохранилища – обладают высокой степенью пространственной и времен-

ной изменчивости. Владение необходимым объемом информации о техногенном массиве позволит на каждой стадии ведения отвалных работ управлять его состоянием. Получение достоверной и полной информации можно обеспечить только с помощью проведения инженерно-геологических изысканий, одним из важнейших результатов которых является районирование техногенного массива. Его цель – выделение в массиве участков, имеющих по всей площади одинаковые или близкие свойства или закономерности их изменения. Например, для гидроотвалов это может быть несущая способность, вещественный состав, время достижения необходимой несущей способности и т.п. Для хвостохранилищ может быть добавлено содержание ценных компонентов (в результате намыва и фракционирования формируются участки с высоким содержанием легирующих и редкоземельных металлов, золота и др.), с целью разработки технологии и способов использования этого массива как техногенного месторождения. Выделение зон позволяет вести планирование работ во времени и способствует принятию наиболее перспективных решений.

Одной из основных задач при ведении инженерно-геологических работ является построение сети опробования, от ее качества зависит полнота полученной информации, а также материальные и временные затраты. На сегодняшний день рекомендации по размещению пунктов получения информации (скважин, горных выработок и др.) на объекте исследования, содержащиеся в нормативных документах, регламентирующих методику инженерно-геологических исследований для намывных массивов, научно не обоснованы. Они не учитывают свойства геологической среды, в том числе свойства грунтов и их пространственную изменчивость. Многолетний опыт проведения инженерно-геологических работ МГГУ, ВНИМИ, ВИОГЕМ, ВСЕГИНГЕО и др. показывает, что до 30% точек опробования не дают информации о массиве [1].

Плотность и геометрия сетей инженерно-геологического опробования при исследовании техногенных намывных массивов на сегодняшний день в основном определяется методом аналогий или выборочной детализации. Их использование базируется на опыте исследователя, поэтому параметры сети имеют субъективный характер. Выбор объектов-аналогов и участков с высокой плотностью в методе выборочной детализации – задача, не имеющая строгого решения на современном этапе развития методологии ИГИ.

Математико-аналитические способы расчета параметров сети изысканий базируются на применении статистики, теории вероятностей и других методов оценки степени изменчивости характеристик пространственной и временной исследуемого объекта. Широкое использование этих способов сдерживается в настоящее время слабой степенью изученности данного вопроса. Для техногенных массивов не установлены количественные закономерности изменчивости их свойств от технологии формирования и слагающих отложений.

В данной работе предлагается метод определения плотности сети инженерно-геологического опробования при проведении районирования на

техногенных массивах. Процесс обработки натуральных данных и определения положения границ зон на гидроотвале или хвостохранилище в разработанном методе на каждом из этапов сгущения сети можно представить в виде блок-схемы (рис. 1). Определение статистического расстояния (степени отличия) между пробами после нормировки шкал измерения определяется с помощью Евклидовой меры – расстояние между точками в n-мерном пространстве. Далее объекты опробования с помощью иерархического метода кластеризации разбиваются на группы, которые в конечном итоге определяют расположение выделяемых зон на намывном массиве.

Апробация разработанного способа на объектах горного производства проводилась в два этапа. Первый включал анализ изысканий прошлых лет, при этом были выявлены точки опробования, которые не дают информации о состоянии объекта при проведении инженерно-геологического районирования. Были построены новые сети ИГИ на гидроотвалах «Лог Шамаровский» Михайловского ГОКа (КМА) и «Бековский» Бачатского угольного разреза (Кузбасс).

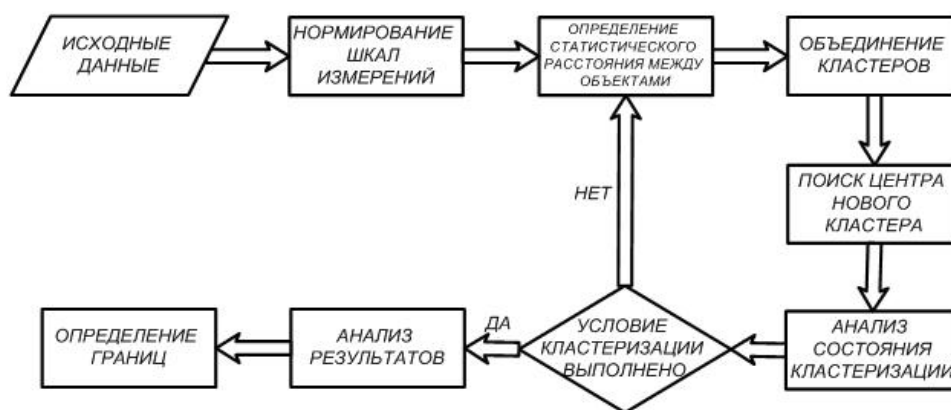


Рис. 1. Анализ данных при определении границ инженерно-геологических зон

Рассмотрим проектирование сети на гидроотвале «Лог Шамаровский» Михайловского ГОКа КМА, который эксплуатировался с 1977 по 1993 гг., занимает площадь 250 га, вмещает 21,0 млн. м³ суглинистых пород, мощность намывных масс в тальвеге достигает 28 м. В теле намывного массива было пройдено 44 скважины (всего более 420 погонных метров) и 18 шурфов, отобрано около 50 проб для лабораторных исследований грунтов. Инженерно-геологическая сеть опробования была построена традиционным методом последовательного сгущения.

На рис. 2 представлена сеть, полученная с помощью разработанного способа, в нее входят 39 скважин. На основе моделирования пространственной изменчивости характеристик массива были выделены три основных (пляжная, промежуточная и прудковая) и одна дополнительная (пляжно-промежуточная) зона.

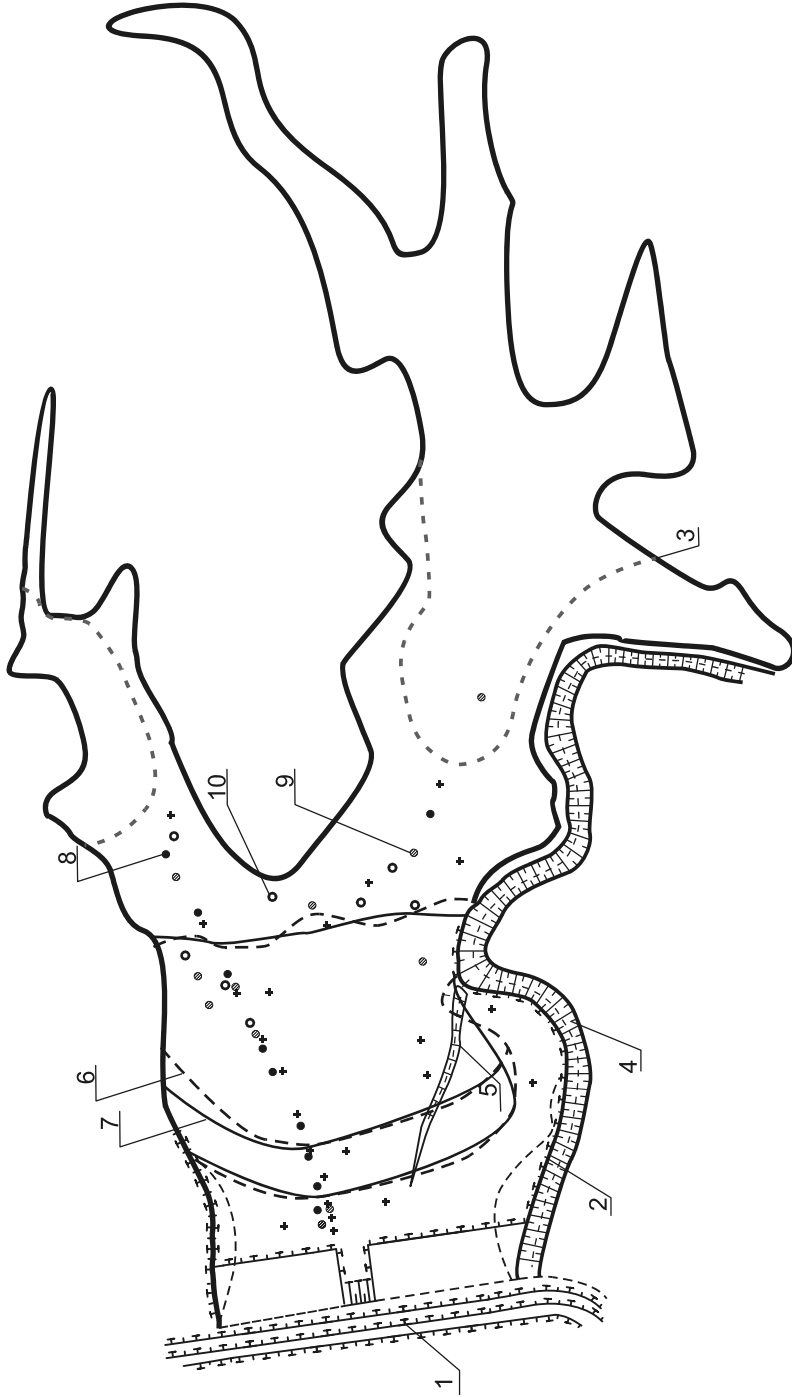


Рис. 2. Сеть инженерно-геологического опробования гидроузла

«Лог Самаровский», построенная с помощью разработанного метода:

- 1 – упорная призма; 2 – вспомогательные дамбы обваловала; 3 – границы заполнения гидроузла; 4 – водоотводная канава;
 5 – промоина; 6 – границы ИГ зон, полученные обычным способом; 7 – границы ИГ зон, полученные с помощью
 разработанного метода; 8, 9, 10 – точки опробования первой, второй и третьей итераций соответственно

Проведенные исследования показали, что моделирование пространственной изменчивости характеристик гидроотвала с использованием кластерного анализа позволяет сократить объемы полевых исследований на 10-15%. Проектирование сетей опробования на объектах КМА и Кузбасса проводилось в три этапа сгущения. Разница между результатами, полученными по традиционной методике и разработанной, не превышает 5%, что укладывается в статистическую погрешность расчетов.

Второй этап апробации реализован при проектировании сетей инженерно-геологических исследований на гидроотвале №3 разреза Кедровский. В марте 2011 г. в рамках проведения работ по проведению дополнительных изысканий намывного массива было произведено позиционирование шести скважин (4 зондировочных и 2 инженерно-геологических). Районирование техногенного массива производилось с целью уточнения физико-механических свойств техногенных отложений массива для последующего их удаления гидромеханизированным способом.

Разработанная математическая модель построения ИГ сетей с распределенной плотностью отличается гибкостью, соответственно легко расширяема. Любой из этапов нормирования данных или разбиения объектов на кластеры может быть заменен другим статистическим способом, что позволяет применять полученный метод для различных объектов, обладающих пространственной изменчивостью. Оба этапа апробации разработанного метода показали высокую сходимость результатов. Способ проектирования сетей позволяет значительно сократить объем изысканий, также необходимо отметить, что используемый математический аппарат однозначен и легко формализуем. Одним из главных преимуществ метода является исключение субъективного мнения исследователя, которое является основной причиной возникновения избыточности при построении инженерно-геологических сетей традиционными способами.

Литература

1. *Бондарик Г.К., Ярг Л.А.* Инженерно-геологические изыскания. – М.: Университет, 2008.
2. *Гальперин А.М.* Геомеханика открытых горных работ. – М.: МГГУ, 2003.
3. *Гальперин А.М., Кириченко Ю.В., Фёрстер В., Шеф Х.-Ю.* Геоэкологическое обоснование рекультивации намывных горнотехнических сооружений. – М.: Горный журнал, 1988. – № 7.
4. *Гальперин А.М., Панфилов А.Ю., Пуневский С.А., Пелагеин И.В.* Гидрогеомеханический мониторинг намывных сооружений горных предприятий // Гидротехническое строительство. – 2011. – № 1.
5. *Ческидов В.В.* Использование статистических и математических методов при исследованиях намывных массивов // ГИАБ. – М.: МГГУ, 2009. – Т. 1. – № 12.

2. ТИПИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ТЕРРИТОРИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА

ЦИФРОВЫЕ МОДЕЛИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ КАК ОСНОВА СТРАТЕГИЧЕСКОГО ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А.В. Гридневский

Ростовский государственный строительный университет, 344022 Ростов-на-Дону,
ул. Социалистическая, д.162, т. (863) 263-14-82, igof-rgsu@mail.ru

Ростовская область занимает сто тысяч квадратных километров и имеет хорошо развитую транспортную инфраструктуру, промышленное и сельское хозяйство. Ее динамичное развитие опирается на долгосрочное стратегическое планирование, которое учитывает взаимодействие геологической среды и техногенных объектов. Эффективное планирование предполагает геотехнический мониторинг территорий, включающий оценку геологических рисков. С этой целью необходимо обеспечение инженерно-геологической информацией, равномерно и равноценно представляющей все участки территории. Однако, сведения о геологической среде достаточно полны лишь на застроенных территориях, что порождает дефицит информации и затруднения при выполнении геотехнического мониторинга.

В настоящей работе излагается опыт комплексного использования результатов инженерно-геологических изысканий и математических моделей, описывающих пространственное распределение параметров геологической среды. Такой подход существенно повышает качество сведений о геологической среде за счет привлечения системной информации о геологическом строении, динамике подземных вод, закономерностях развития инженерно-геологических процессов и распределения свойств грунтов. Стратегическое планирование развития территории Ростовской области обеспечивается при этом лучшим качеством информации о свойствах геологической среды и повышением достоверности в оценках геологического риска промышленного и гражданского строительства.

Поверхностные отложения региона представлены четвертичными лесовидными суглинками, в которых активно проявляется эрозия (плоскостная

и линейная), суффозия, подмыв берегов реками. На городских территориях, в сельских районах с широко развитым орошаемым земледелием под влиянием инженерной деятельности сформировалось подтопление и просадочные деформации грунтов. В Донбассе систематически проявляются осадки поверхности земли на подработанных территориях.

Исследования выполнены на территориях Волгодонской системы расселения и Восточно-Донбасской агломерации, занимающих площадь около 30000 км² и включающих шестнадцать муниципальных районов. В работе использованы материалы инженерно-геологических изысканий за период с 1947 по 2007 гг., выполненных на 500 площадках Ростовской области. Учитывались сведения о литологии, возрасте, геологическом строении толщ, физико-механических свойствах грунтов, уровнях грунтовых вод, параметрах водоносных горизонтов, эрозионных процессах. Дополнительно привлечены результаты геофизических исследований (электроразведка) и дистанционного зондирования Земли.

Конечная цель состояла в формировании интегральной цифровой карты распределения интенсивности геологических рисков. На первом этапе решение задачи включало обобщение результатов изысканий и разработку тематических цифровых карт на основе ГИС-технологии и математического моделирования геодинамических процессов. На втором этапе, интенсивность действующих геологических факторов ранжировалась, а карты интегрировались. Каждая точка итоговой карты отображает индивидуальный вклад каждого учтенного фактора в формирование суммарного геологического риска.

На основе анализа картографических материалов и методов интерполяции, реализованных в Geostatistical Analyst ArcGIS 9.2, разработаны цифровые карты плоскостной и линейной эрозии. Выделены участки с интенсивной линейной эрозией, средней линейной эрозией, интенсивным плоскостным смывом и отсутствием эрозии.

Для обширной площади построены карты распределения мощности лессовых отложений и суммарной просадки грунтов от собственного веса. С этой целью обработаны сведения о залегании и свойствах лессов по 1400 инженерно-геологическим скважинам, привлечены картографические материалы о морфологии рельефа, мощности плейстоценовых отложений и распространению их генетических типов. Качество аппроксимации данных оценивалось статистическими параметрами. На карте распространения просадочных толщ выделены области с мощностью грунтов более 10м, 5-10м, менее 5м и отсутствием грунтов. Разработана карта распределения просадочности лессовых грунтов с указанием интервалов общей просадки от собственного веса: более 10 см, 5-10 см, 1-5 см и отсутствия просадки. Обращение к любой точке в пределах карт представляет сведения об указанных выше характеристиках. В этом смысле цифровые карты являются инструментом интерактивного анализа территории, помогают принимать оперативные и обоснованные решения на разных этапах проектирования или разработки инвестиционных программ. Разработанные карты могут постоянно актуализироваться внесением изменений в базу данных.

Для характеристики гидрогеологических условий привлечены результаты инженерно-геологических изысканий, данные паспортов 2500 гидрогеологических скважин, сведения из мелиоративного кадастра Ростовской области о состоянии подземных вод сельскохозяйственных земель. Для картирования участков, подверженных подтоплению применен ландшафтно-индикационный анализ по материалам дистанционного зондирования Земли. Исходной информацией являлись спутниковые снимки, полученные аппаратом КФА-1000, с разрешением 5 м в спектральном диапазоне 450–810 нм. Площадь исследования составила 450 км². Фрагменты спутниковых снимков классифицировались по спектральной отражательной способности поверхности Земли в диапазонах 0,7-1,0 мкм для влажных грунтов и 0,4-0,6 мкм для влаголюбивой растительности. Классификация выполнена по алгоритму, основанному на обучении по эталонным фрагментам участков. По результатам анализа, на основе программного продукта ArcGIS, подготовлен комплект карт, отражающих распределение заболоченных, избыточно увлажненных и пораженных засолением участков. Установлено, что существенное влияние на переувлажнение земель оказывает функционирование оросительных систем: нарушение режима полива и утечки из каналов.

К югу от Цимлянского водохранилища, в пределах Ергенинской возвышенности, оценивался режим фильтрации грунтовых вод плейстоценовых отложений. Особенностью территории является неравномерное распределение хозяйственной деятельности и фрагментарный характер гидрогеологической информации. Построение цифровых моделей поверхности грунтовых вод методом интерполяции недопустимо из-за больших ошибок. Для повышения достоверности информации о режиме подземных вод разработана математическая гидрогеологическая модель, системно отражающая не только распределение уровней подземных вод, но сам процесс их формирования с учетом закона геофильтрации. Модель включает сведения о геологическом строении Ергенинского артезианского бассейна, фильтрационных параметрах горных пород, количестве атмосферных осадков, гидрологии, положении уровней грунтовых вод в отдельных скважинах и т.д. Гидродинамические расчеты выполнены методом конечных разностей (программа Modtech 3.12). Исследуемая территория дискретизирована прямоугольной сеткой с шагом 2500 метров. В районе г.Волгодонска и Цимлянского водохранилища сетка сгущена до 300 x 300 м. Модель включает четыре слоя: верхнечетвертичные отложения слабопроницаемых суглинков, нижнечетвертичные водонепроницаемые скифские глины, неогеновые ергенинские пески и майкопские глины. Последние являются региональным водоупором. Речная система рек Дон, Кумшак, Сал и их притоков задавалась граничными условиями I-го рода. Модель верифицировалась решением эпигнозных задач и сравнением расчетных значений уровней подземных вод с натурными измерениями по скважинам.

Разработанная модель является одновременно инструментом для исследования эффекта техногенного воздействия на динамику подземных вод. Мощное влияние оказывают антропогенные объекты: Верхне-Сальская оро-

сительная система, Цимлянское водохранилище, г. Волгодонск, другие населенные пункты. Анализ динамики геофильтрации позволяет выделить участки территории наиболее чувствительные к техногенной нагрузке, создать оптимальную систему режимных наблюдений и с помощью имитационного моделирования осуществлять поиск эффективных решений территориального планирования и развития хозяйственной деятельности.

Сочетание материалов ландшафтно-индикационного анализа, инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий, кадастровых работ и моделирования явилось основанием для построения карты поверхности грунтовых вод рыхлых отложений на обширном пространстве Волгодонской системы расселения.

Подобная модель была построена и для территории Восточно-Донбасской агломерации, отличающейся неоднородностью геологического строения, сложностью интерпретации отдельных гидрогеологических изысканий. Схематизация выполнена таким образом, чтобы воссоздать гидрогеологические условия до 1990 г. – периода стабильной работы водоотлива почти всех горнодобывающих предприятий. Границы модели определены с учетом естественных потоков подземных вод: по Северо-Донецкому надвигу, по рекам Северский Донец, Быстрая, Дон, по водоразделу рек Большой Несветай, Безымянной, Миус и Северский Донец. Область модели дискретизировалась равномерной прямоугольной сеткой с шагом 1000 м. В вертикальном сечении рассматривались отложения неоген-четвертичного комплекса водопроницаемых отложений и группа водоносных песчаников и известняков каменноугольного возраста, разделенных водоупорными аргиллитами и алевролитами. Привлечены сведения об инфильтрационном питании, абсолютных отметках дна и урезов рек, значениях водопроницаемости ложа рек, параметрах водоносных горизонтов.

Математическая модель реализована методом конечных разностей (программа Modtech 3.12). Ее калибровка выполнена по значениям уровней грунтовых вод, замеренных в период с 1985 по 1994 гг. при проведении разведочных работ, а также замеров уровней воды в колодцах. Прогнозная оценка динамики грунтовых вод Восточно-Донбасской дает представление о развитии подтопления территории и просадочных деформациях широко распространенных здесь лессовых грунтов.

Подтопление характерно и для крупных муниципальных образований Восточно-Донбасской агломерации. Для профилактики и стабилизации этого процесса необходимы детальные цифровые гидрогеологические модели. Подобная задача решена на примере города Шахты, расположенного в пределах агломерации. Разработанная модель учитывает только природные гидрогеологические условия, но и техногенную нагрузку города: особенности стока поверхностных вод, структуру водонесущих коммуникаций и степень их износа, вероятность инфильтрации поверхностных вод в промышленных и жилые зоны города. Границы модели проведены по водораздельным пространствам и охватывают площадь около 1000 км². Дискретизация территории выполнена по километровой сетке за городом и сгущена внутри него до

250 м. Многослойность модели отражает взаимодействие относительно слабопроницаемых четвертичных отложений, с подстилающими их водоупорными скифскими глинами, частично эродированными и залегающими, на высокопроницаемых понтических известняках. Моделирование выполнялось средствами Modtech 3.12. Достоверность результатов оценивалась сравнением расчетных и фактических уровней грунтовых вод за двадцатилетний период. Решение на модели прогнозных задач подтвердило идею о высокой вероятности смещения водного баланса в сторону избыточного питания подземных вод за счет техногенного режима на городской территории.

Угледобывающая промышленность порождает риск промышленного и гражданского строительства на подработанных территориях. С учетом положений СНиП 2.01.09-9 разработаны обобщенные геометрические параметры для горных выработок 65 шахт. Они учитывают сложность геометрии разветвленных горных выработок, среднюю мощность выработанного пространства и глубину отработки первых от поверхности земли горизонтов угля. В значительной степени от этих факторов зависят вертикальные и горизонтальные деформации поверхностных слоев горных пород, а, следовательно, и риск наземного строительства. Средствами ArcGIS 9.2 построены цифровые растровые карты, отображающие распределение указанных параметров по площади. Полученная информация интегрирована методом калькуляции растров Spatial Analyst. На итоговой карте выделено четыре типа зон: повышенной опасности, очень опасные, опасные и мало опасные. Полученные результаты не могут конкурировать с точными геодезическими измерениями осадок поверхности земли, но являются эффективным инструментом для решения задач стратегического планирования развития обширных территорий.

Разработка описанных выше карт завершила обобщение параметров геологической среды. На следующем этапе выполнен анализ совместного влияния ее компонентов. Все электронные карты преобразованы в тематические растры с элементарной ячейкой 120 x 120 м. Число обработанных точек по территории превысило 1500000. Проявления свойств геологической среды классифицированы по четырех балльной шкале, а растры просуммированы методом калькуляции Spatial Analyst. Итоговая электронная карта отражает совместное проявление неблагоприятных факторов геологической среды и техногенных условий в каждой точке с учетом их интенсивности. Условия риска, складывающиеся на территории, объединены в четыре группы: неопасные, малоопасные, опасные и очень опасные. Каждая группа отражает воздействие разнородных факторов, например суммарной просадки лессовых грунтов от собственного веса, мощности просадочной толщи, положения уровня грунтовых вод, интенсивности развития процессов эрозии и др.

Карты оценки геотехнического риска необходимы для принятия проектных решений, оценки стабильности функционирования и долговечности промышленных и гражданских сооружений. Комплексное использование моделирования и результатов изысканий обеспечивает при этом существенное повышение качества сведений о геологической среде и более равномерное информационное покрытие больших территорий. Математические модели

позволяют имитировать варианты техногенных изменений геологической среды на стадии принятия управленческих решений и избежать развития негативных явлений в будущем.

ПРИНЦИПЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ СРЕДНЕГО УРАЛА

О.Н. Грязнов, О.М. Гуман, И.А. Долинина, А.В. Захаров

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет», 620144, г. Екатеринбург,
ул. Куйбышева 30, 8-343-257-75-85, guman2007@mail.ru

Основной принцип минимизации негативного воздействия на окружающую среду (ОС) полигонов твердых бытовых отходов (ТБО) можно сформулировать следующим образом – удержать воздействие полигона на ориентировочно-прогнозируемом допустимом уровне на ОС благодаря регулирующим процессам естественного самоочищения (разбавление, сорбция, ионный обмен, осаждение и др.) и управляющим инженерным мероприятиям.

Концепция контролируемого воздействия должна “покоиться на трех китах” – самоочищении, инженерной профилактике и мониторинге, увязанных между собой последовательно уточняемыми (на основе результатов наблюдений) прогнозами [1].

Применительно к полигонам ТБО Среднего Урала эта концепция может быть реализована, т.к. полигоны нередко приурочены к «горнодобывающим элементам рельефа»; по размерам они, в основном, средние, это обуславливает возможность восстановления состава подземных вод за счет процессов разбавления; в регионе есть естественные грунты, которые способны ограничить распространение загрязнения; строение массивов основания полигонов характеризуется наличием участков, имеющих защитные геологические свойства от загрязнения.

С современных позиций полигоны могут рассматриваться как системы целостные (связи между составляющими элементами прочнее, чем связи элементов со средой) и суммативные (связи между элементами одного и того же порядка равны связям элементов со средой); органические и механические; динамические и статические; “открытые” и “закрытые”; “самоорганизующиеся” и “неорганизованные” и т.д. [2]. В этом сложность системного анализа объекта деятельности. Необходимо уметь выделить и «принять в расчет» минимум только те факторы, которые обеспечат успешное решение задачи, и отбросить те, которые хотя и влияют на результат, но степень влияния которых можно пренебречь.

Типологическая классификация полигонов ТБО и типологическое районирование геологической среды Свердловской области должны служить

основой для использования метода аналогий и метода экспертных оценок при прогнозе загрязнения ОС на полигонах ТБО. Так, комплексный мониторинг целесообразно выполнять на самых крупных объектах области, а на мелких полигонах достаточно использовать вышеперечисленные методы прогноза.

Выбор мест размещения полигонов (ТБО) является основой предупреждения и минимизации загрязнения окружающей среды – почв, подземных и поверхностных вод. Как правило, при их сооружении учитывается только глубина залегания подземных вод, но не принимаются во внимание особенности геологического, геоморфологического, инженерно-геологического и гидрогеологического строения территорий.

В пределах крупных мегазон при выборе участка под полигон ТБО необходимо производить детальное типологическое районирование территории по геолого-гидрогеологическим, инженерно-геологическим и геоэкологическим условиям в масштабе 1:50000 и крупнее. Критерии выбора участка детализируются, так как при укрупнении масштаба появляется возможность введения количественных характеристик. Вначале рассматриваются те из них, которые однозначно исключают возможность размещения полигона, затем – критерии с позиции благоприятности и предпочтительности.

По геологическим признакам в структурах Среднего Урала из рассмотрения следует исключать следующие территории [3]:

- непосредственного проявления экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов: оползней, осыпей, овражной эрозии, карстово-суффозионных процессов, воронок обрушения на подрабатываемых территориях;

- на которых неизбежен контакт отходов и поверхностных вод: поймы рек, овраги, тальвеги постоянных и временных водотоков, болота, а также территории, расположенные на расстоянии не менее 100-500 м от них (в зависимости от условий);

- распространения с поверхности высокопроницаемых водоносных грунтов (галечники, трещиноватые известняки и другие скальные породы, щебенистые грунты);

- с уклонами рельефа более 15°;

- водозаборов в границах 1-3 поясов зон санитарной охраны, а при наличии поверхностных водозаборов на расстоянии 3-5 км от последних по боковым границам вдоль линии водозаборов;

- участки распространения полезных ископаемых;

- пожароопасные участки (торфяники).

К неблагоприятным относятся территории:

- с высоким залеганием грунтовых вод (менее 3 м от дневной поверхности);

- с зоной аэрации, сложенной проницаемыми грунтами (дресвяно-щебенистыми, песками, галькой);

- с отсутствием водоупорных глинистых отложений, перекрывающих эксплуатируемые водоносные горизонты;

- территории, расположенные в радиусе до 500 м от водоемов, пойм, временных водотоков;
- территории возможной активизации экзогенных геологических процессов.

Неблагоприятные условия могут быть компенсированы устройством природоохранных сооружений, но включать данные территории в число выбранных участков допустимо лишь при полном отсутствии площадей с более благоприятными характеристиками.

Примером удачного выбора участка для размещения полигона ТБО в пределах Тагильского мегасинклиория со сложной техногенной ситуацией может служить г. Североуральск. Город вытянут в меридиональном направлении, в западной его части расположены крутые горные вершины, в восточной – Североуральский бокситовый рудник (СУБР), в южной – источники хозяйственно-питьевого водоснабжения с их зонами санитарной охраны. Город попадает в зону развития депрессионной воронки шахтного водоотлива и поля закарстованных известняков (32 карстовых воронки на 1 км²). Толща эффузивно-пирокластических пород, в пределах которой возможно осуществлять складирование отходов, полосой километровой ширины огибает западную часть селитебной застройки. Только здесь после анализа экономических показателей можно выбрать участок для размещения полигона ТБО.

В пределах Тагильского мегасинклиория, наряду с Североуральским удачно выбран участок расположения полигона ТБО г. Качканара. Он находится на склоне водораздела, сложенного андезитом-базальтами, выветрелыми до глинистого состояния. Поверхностный и подземный поток вод, а также аэрогенное загрязнение направлены в сторону шламохранилища Качканарского ГОКа.

Примерами неудачного выбора места размещения полигона являются полигон ТБО г. Серова, расположенный на границе чехла западной части Западно-Сибирской плиты, в области питания основного источника хозяйственно-питьевого водоснабжения региона – опокового эоценового водоносного горизонта; полигоны в городах Реж и Полевской, расположенные в отработанных карьерах силикатно-никелевых руд; полигоны «Прометей» г. Каменск-Уральский и г. Михайловский, расположенные в карьерах, сложенных закарстованными известняками; полигон Ирбитского мотоциклетного завода, расположенный в бывшем карьере песка.

Типологическая классификация полигонов твердых бытовых отходов Среднего Урала учитывает факторы, влияющие на характер протекающих процессов и степень их опасности для окружающей среды и человека: площадь и объем отходов, состав складироваемых отходов, способ их накопления, условия размещения, водный режим геосистемы, свойства подстилающих пород, местоположение в регионе, таблица [4].

Морфологический состав твердых бытовых отходов в Свердловской области идентичен среднестатистическому по России. Бытовые отходы неоднородны по гранулометрическому составу, физическим и механическим свойствам. С уменьшением содержания органических веществ и с падением

влажности (в основном при «старении» отходов) происходит «улучшение» механических и плотностных свойств. По составу преобладают полигоны, содержащие до 30% промышленных отходов. Их состав определен отраслевой принадлежностью промышленных предприятий.

В Свердловской области преобладают средние и мелкие по размерам полигоны ТБО. Крупные полигоны сформировались в Екатеринбурге и Н.Тагиле. Средние полигоны формируются в городах и районных центрах с населением более 50000 человек, мелкие – в остальных населенных пунктах.

Способы накопления отходов разнообразны: преобладают полигоны, сформированные в карьерах по добыче строительных материалов, рудных полезных ископаемых, насыпи на заболоченных территориях. В последние годы для размещения полигонов ТБО используют накопленные промышленные отходы – отвалы вскрышных пород, хвосты – и шламохранилища и т.п.

Таким образом, типологическая классификация полигонов ТБО и типологическое районирование геологической среды Свердловской области должны служить основой для использования метода аналогий и метода экспертных оценок при прогнозе загрязнения ОС на полигонах ТБО.

Литература

1. *Мироненко В. А.* Проблемы гидрогеоэкологии. Том 3. Прикладные исследования (книга 1) / Мироненко В. А., Румынин В. Г. – М.: Изд-во МГГУ, 1998. – С. 29-103.
2. *Фурман А. Е.* Материалистическая диалектика : (Основные категории и законы) / Фурман Алексей Евгеньевич. – М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1969. – 222 с.
3. *Грибанова Л. П.* Инженерно-геоэкологические изыскания полигонов твердых бытовых и промышленных отходов. Учебное пособие / Грибанова Л. П., Грязнов О. Н., Гуман О. М., Панин Н. Н., Табаксблат Л. С., Шабалина Н.С. – УГГГА, 2000. – 50 с.
4. *Грязнов О. Н.* Управление процессом захоронения твердых бытовых и промышленных отходов в геологических структурах Среднего Урала / Грязнов О. Н., Гуман О. М., Долинина И. А. // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2006. № 5. – С. 446-458.

Сводная классификация полигонов ТБО Свердловской области

Классификационные признаки	Типы полигонов ТБО			
	Мелкие (0,3-4,0 га; < 100000 м ³) ТБО	ТБО+ЖБО**	Средние (4,0 – 10 га; п • 100000 м ³) ТБО + ПО*** (<30%)	Крупные (10-65 га; п • 1000000 м ³) Не известен
Состав складированных отходов*	Траншейным способом			
Способ накопления	Траншейным способом			
Условия размещения	Навалом на рельефе На площадях с нарушенными природными условиями	На техногенных грунтах	В понижениях рельефа природного и техногенного происхождения	На заболоченных территориях
Инженерно-геологическая характеристика подстилающих пород основания	Глинистые породы	Скальные молитные	Скальные трещиноватые	Крупнообломочные Закарстованные
Положение в региональных структурах	Предуральский краевой прогиб		Чехол мезо-кайнозойских платформенных отложений Зауралья	Открытые структуры складчатого Урала
Водный режим геотехнической системы «полигон – геологическая среда»	Непромывной	Промывной	Паводковый	Водозастойный
Контроль за воздействием на окружающую среду	Контролируемые		Частично контролируемые	Неконтролируемые
Степень опасности	Неопасные			Опасные

* здесь и ниже классификационные характеристики могут быть свойственны любым типам по крупности полигонов

** ЖБО – жидкие бытовые отходы

*** ПО – промышленные отходы

ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ КРУПНЫХ ГОРОДОВ КАК ОСНОВА ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫСОТНЫХ И ЗАГЛУБЛЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Р.Ю. Жидков

РГГРУ им С. Орджоникидзе, Экологический факультет,
кафедра Экологии и природопользования, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23.
E-mail: rzhidkov@gmail.com

Практика проведения инженерных изысканий для строительства зданий и сооружений предполагает соблюдение некоторой стадийности, увязанной с процессом проектирования. Каждая из стадий включает в себя комплекс полевых, лабораторных и камеральных работ, обеспечивающий постепенную детализацию изучения массива. Однако в современных условиях, в особенности в крупных городах эта этапность соблюдается редко, что обусловлено сжатостью сроков строительства объектов и сложностью процедуры регистрации и проведения полевых исследований в пределах городской черты. Работы на предпроектной стадии, как правило, не проводятся вовсе, а на стадиях «Проект» и «Рабочая документация» часто объединяются. При проектировании таких ответственных сооружений, как высотные здания и подземные сооружения, такая экономия времени, скорее всего, окажется мнимой и приведет либо к необходимости проведения дополнительных исследований на завершающих этапах проектирования, либо к вынужденной необходимости заложения в проект значительных коэффициентов запаса прочности, исключающих строительные риски, но существенно удорожающие строительство.

Инженерно-геологические изыскания для разработки предпроектной документации проводятся при составлении схем, концепций и программ развития регионов, при разработке градостроительной документации и обосновании инвестиций в строительство предприятий, зданий и сооружений. Работы на этой стадии могут быть разделены на две большие группы:

1. Исследования, направленные на выбор участков, характеризующихся благоприятными для строительства высотных сооружений инженерно-геологическими условиями, осуществляемые в рамках Генерального планирования. В соответствии с Градостроительным кодексом г. Москвы [2], «разработка Генерального плана должна осуществляться с учетом результатов реализации действующего Генплана, результатов инженерных изысканий, нормативно-правовых актов и региональных планов и программ». По существу же, механизм геологического обоснования осуществления деятельности на этапе градостроительного проектирования не описан ни в одном документе, и можно сказать, что размещение строительных объектов в пределах го-

родской территории сегодня ведется исключительно в соответствии с функциональными соображениями.

2. Изыскания на стадии предварительного проектирования, проводимые с целью разработки эскизного проекта сооружения, осуществления первичного выбора конфигурации фундаментного основания и составления программы инженерно-геологических изысканий на стадии «Проект» с учетом особенностей геологических условий строительного участка.

Наблюдаемая тенденция к симплификации процесса проведения инженерно-геологических изысканий для строительства, заключающаяся в сокращении их стадийности и обусловленная в первую очередь сложностью оформления и проведения полевых работ в городской черте, увеличивает риск возникновения ошибок при проектировании ответственных сооружений и в перспективе увеличивает сроки и стоимость строительства

Выход из сложившейся ситуации может быть найден путем вовлечения в процесс на ранних стадиях проектирования массивов архивной информации, накопление которой осуществляется во всех крупных городах по мере их застройки. Однако прямое ее применение, как правило, невозможно – фондовые материалы разрознены, распределены по городской территории неравномерно и имеют недостаточную глубину изучения. Первый шаг на пути решения этой проблемы – систематизация, унификация и критический анализ имеющихся материалов. После этого, на основе обработанных данных должна быть осуществлена разработка геологической основы для проектирования, охватывающей всю городскую территорию или значительные ее части (например, районы перспективного освоения). Традиционный метод представления такой информации – разработка карт и схем инженерно-геологических условий и районирования. Однако на современном этапе развития строительной отрасли, когда подземное пространство представляет собой сложную многоярусную систему, включающую в себя существующие сооружения и коммуникации, этот метод становится все менее информативным. Условия освоения подземного пространства зависят от типа и параметров проектируемых сооружений и могут принципиальным образом меняться с глубиной. Наиболее актуальный и функциональный способ вовлечения архивных данных в процесс осуществления градостроительной деятельности заключается в разработке баз геотехнических данных и трехмерных компьютерных моделей геологического пространства городских территорий.

Компьютерная модель геологического пространства, по сути, представляет собой набор трехмерных тел, описывающих пространственное распространение геологических формаций, литотипов, стратотипов и их комплексов, водоносных горизонтов, областей распространения опасных геологических процессов, инженерно-геологических элементов и т.д., взаимоотношение которых определяет особенности геолого-гидрогеологических условий в каждой точке пространства. В свою очередь, их соотношение с модельными телами проектируемых сооружений с учетом зон влияния характеризует условия освоения подземного пространства. Критерии оценки этих условий при этом могут гибко варьироваться в зависимости от решаемых задач.

Разработка таких моделей ведется с использованием существующих или специально разработанных геоинформационных программных продуктов. Основой для разработки трехмерной модели геологической среды всегда служит база данных, включающая в себя обработанные и унифицированные фондовые материалы (как точечные (скважины), так и площадные картографические).

Опыт зарубежных (прежде всего европейских) городов, таких как Лондон, Глазго, Турин и пр. свидетельствует о том, что трехмерные модели геологической среды находят широкое применение в процессе осуществления градостроительной деятельности. По сравнению с классической картографией трехмерное моделирование характеризуется рядом преимуществ, в том числе:

- существенно большей информационной емкостью;
- возможностью перманентного пополнения базы данных и оперативной корректировки материалов;
- широкими возможностями информационного анализа и геологического прогнозирования;
- возможностью оперативного доступа и визуализации больших объемов фактографической информации;
- возможность интеграции с моделями подземных и наземных сооружений, коммуникаций и т.д.

Методика и средства разработки таких моделей могут быть самыми разными, однако несомненно, что трехмерная модель геологического пространства должна выполнять функции геологической основы для Генерального планирования. Однако одной лишь основы для эффективного функционирования системы такого обоснования градостроительной деятельности в масштабе города недостаточно – необходима разработка критериев оценки условий освоения подземного пространства, одновременно учитывающих специфику высотных зданий и региональные геолого-гидрогеологические условия. Это позволит при разработке программ размещения высотных зданий в пределах городской территории наряду с соображениями функциональности осуществлять учет удорожания и технического усложнения строительного процесса за счет геологических факторов. С учетом особенностей взаимодействия зданий и сооружений различного типа с геологической средой, механизм такого учета может быть достаточно гибок.

Применение технологий трехмерного моделирования геологической среды для задач градостроительного проектирования прогрессивно и актуально, но на первом этапе может быть затруднено в связи с отсутствием или непроработанностью инструментов визуализации и интерпретации данных. Однако при наличии разработанных критериев оценки условий освоения подземного пространства модель может быть с легкостью преобразована в комплект более привычных специальных карт и схем, процесс актуализации которых будет происходить перманентно по мере пополнения базы данных.

Следующая стадия проектирования, которая должна быть обеспечена геологической информацией – разработка предварительного (эскизного) про-

екта сооружения. На этом этапе локализация объекта до уровня строительного участка уже выполнена. В рамках работ осуществляется первичное «виртуальное» размещение подземной части высотного здания в геологической среде в пределах ограниченного участка, по результатам которого со стороны проектирующей организации принимаются принципиальные объемно-планировочные решения, а со стороны изыскательской осуществляется предварительная инженерно-геологическая схематизация массива и разрабатывается комплекс полевых и лабораторных исследований.

При условии открытости данных, достаточной технической оснащенности изыскательских и проектирующих организаций и совместимости форматов, наиболее логичное решение этих задач заключается в детализации участка региональной крупномасштабной модели, разработанной для обеспечения градостроительного проектирования. Конечно, часто эти же задачи могут быть решены с использованием картографического материала и результатов ранее проведенных на прилегающих территориях изысканий, однако ряд соображений свидетельствует в пользу применения трехмерных моделей геологического пространства и на этом этапе.

Одна из отличительных особенностей инженерно-геологических изысканий для строительства высотных и заглубленных сооружений заключается в том, что они направлены на обеспечение данными процесса осуществления прогнозного моделирования изменения природно-технических условий в результате строительства – геомеханического и геофильтрационного. В зарубежных и отечественных публикациях часто отмечается, что эти два вида моделей неразрывно связаны между собой и только учет взаимовлияния между гидрогеодинамическими параметрами строительной площадки и напряженно-деформированным состоянием массива ее грунтов позволяет получить достоверные результаты такого прогноза. Занесение в трехмерную модель геологического пространства, разработанную на стадии предварительного проектирования результатов специальных исследований, полученных по результатам проведения инженерно-геологических изысканий на поздних стадиях (результатов трехосных испытаний, опытно-фильтрационных работ и т.д.) позволит достигнуть максимальной степени ее детализации и обеспечить ее использование для целей прогнозирования. Необходимо отметить, что, с учетом величины радиуса влияния высотных и заглубленных зданий, площадь моделируемой на этом этапе территории должна в десятки, а иногда и в сотни раз превышать размеры участка проектируемого строительства.

Таким образом, процесс проведения инженерно-геологических изысканий и исследований для строительства высотных зданий на всех стадиях связан с построением компьютерных моделей разного вида и детальности. Достижение их комплементарности позволит с одной стороны повысить точность моделирования, а с другой – обеспечить процесс пополнения первичной модели, данными полученными в результате проведения изысканий. Постепенно, по мере накопления материала, этот процесс может быть автоматизирован и возможна разработка постоянно действующих геофильтрационной

и геомеханической моделей на территорию города или значительные его участки.

Все вышеизложенное позволяет сформулировать принцип перманентного моделирования: в процессе проведения инженерно-геологических изысканий и исследований целесообразно осуществления трехмерного компьютерного моделирования геологической среды на всех этапах. Модели при этом должны быть комплементарны и взаимополняемы, а их детализация и информационная емкость – возрастать с каждой стадией. Детальность моделирования на стадии градостроительного проектирования должна позволять осуществлять пространственный анализ условий освоения подземного пространства в региональном масштабе (1:25 000 – 1:10 000), в то время как прогнозное моделирование влияния строительства на окружающую среду целесообразно вести в масштабах 1:1000 – 1:500. В перспективе этот подход переведет процесс геологического обеспечения градостроительной деятельности на качественно новый уровень и обеспечит максимально возможную его автоматизацию, (не отменяющую участие в нем квалифицированных специалистов в области инженерных изысканий, геотехники и проектирования).

Литература

1. *Жидков Р.Ю.* Методика инженерно-геологического обоснования строительства высотных зданий на этапе градостроительного проектирования с применением ГИС-технологий (на примере г. Москвы) // Инженерные изыскания. – 2011. – № 8.
2. Закон г. Москвы № 28 от 25.06.2008 «Градостроительный кодекс г. Москвы».
3. *Козловский С.В., Павлович Г.Д., Экзарьян В.Н.* Применение геоинформационных систем в инженерной геологии // Материалы второй общероссийской конференции изыскательских организаций «Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации». Министерство регионального развития РФ, ОАО «ПНИИИС». – М., 2007.
4. *Ford, J., Burke, H., Royse, K. & S.J. Mathers.* The 3D geology of London and the Thames Gateway : a modern approach to geological surveying and its relevance in the urban environment // Cities and their underground environment : 2nd European conference of International Association of engineering geology: Euroengeo 2008, Madrid, Spain, 15-20 Sept 2008.
5. *Merritt, J., Entwistle, D. & A. Monaghan.* Integrated geoscience data, maps and 3D models for the City of Glasgow, UK // IAEG 2006 Conference Paper No. 394.
6. *Rienzo F., Oreste P. & Pelizza S.* 3D GIS Supporting Underground Urbanisation in the City of Turin (Italy) // Geotechnical and geological engineering, vol.27, 2002, 539-547.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ГЕНПЛАНОВ ГОРОДОВ (на примере ГО Дальнеречинск)

**В.Г. Заиканов, Т.Б. Минакова, И.Н. Заиканова,
Е.В. Булдакова, И.С. Сависько**

Институт геоэкологии им. Е.М.Сергеева РАН, 101000, Москва, Уланский пер. д.13, стр. 2.
Тел.: (495)623 3111, Факс: (495) 623 18 86, e-mail: zaikanov@geoenv.ru

В настоящее время все более актуальное значение приобретают мероприятия по повышению эффективности использования городских территорий и ландшафтно-рекреационного и градостроительного потенциала городских округов (ГО). В целях перспективного социально-экономического развития территорий поселений разрабатываются генеральные планы. Они должны стать основой проведения градостроительной политики, повышающей статус городского округа в регионе, способствовать повышению эффективности управления развитием его территории и предотвращению градостроительных ошибок.

Основным принципом градостроительной деятельности является обеспечение устойчивого развития территорий, базирующееся на сбалансированном учете экологических, экономических и социальных факторов [1]. Известно, что территориальное планирование направлено на определение функционального назначения территорий (жилая застройка, объекты промышленные, энергетики, транспорта и др.). Кроме того, выделяются территории, подверженные риску возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

В последнее время актуальность комплексной оценки территории вызвана расширением прав муниципальных образований, повышением роли самоорганизации, самофинансирования и самоуправления, определяющих потребность в научно-практическом обеспечении стратегии их социально-экономического развития. В связи с этим появился спрос на комплексные исследования территорий городских и сельских поселений, обоснование концепций их устойчивого развития на основе комплексной оценки территорий. Однако в существующих проектно-нормативных документах, являющихся методическим руководством по оценке экологического состояния отдельных компонентов природных систем, ничего не говорится о комплексной оценке территории. А ведь такая интегральная оценка необходима, так как она позволяет перейти к прогнозу геоэкологического состояния в зависимости от концепции освоения территории.

Основой для выбора оптимального варианта использования освоенных и резервных территорий поселений и ГО в составе их генпланов может явиться комплексная геоэкологическая оценка территории [2]. Ниже приводится пример реализации геоэкологического подхода при выборе оптимального варианта развития Дальнереченского городского округа.

Особенностью рассматриваемой территории является ее приграничное положение и транзитно-транспортная роль.

Дальнереченский городской округ (ДГО) является центральным в Дальнереченском районе Приморского края и представляет собой крупный транспортный узел в северной его части. В состав ДГО входит г. Дальнереченск, пос. Лазо, Грушевое и Кольцевое. Сам город занимает площадь 108 км². Его территория раздроблена, отдельные промплощадки и жилые поселки расположены в радиусе 10 км от центрального ядра города. Плотность застройки изменяется от 75% в центральной части города до 40% на периферии. К городу примыкают сельскохозяйственные земли, а с запада леса ГЛФ. Долины и поймы рек освоены под сельскохозяйственные угодья. В ДГО проживает более 30 тыс. человек, из них 88% в самом городе.

Основными отраслями промышленности являются деревообрабатывающая и пищевая.

Несмотря на спад промышленного производства в ДГО в последние годы, экологическая ситуация остается напряженной. Среднесуточные концентрации загрязняющих веществ в атмосфере центрального района города часто превышают допустимые значения. Кроме промышленных предприятий большой вклад в объем выбросов загрязняющих веществ в воздушный бассейн вносят отопительно-коммунальные котельные центральной части города и автотранспорт. Основным источником загрязнения поверхностных и подземных вод – сброс неочищенных и недоочищенных промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод в водоемы и водотоки.

Природной особенностью рассматриваемой территории является ежегодное затопление данной территории. Город Дальнереченск расположен на левом берегу реки Большая Уссурка. Она, ее приток – река Малиновка и впадающая в последнюю река Кедровка охватывает территорию города полукольцом с севера и востока.

Муссонный тип климата формирует особый гидрологический режим этих рек. Наводнения, ведущие к затоплению, происходят в июле-августе, средняя продолжительность паводков 7-10 дней. Большие наводнения повторяются 1 раз в 3 года, очень большие 1 раз в 5-6 лет.

Существующими дамбами и насыпями автомобильных и железных дорог, фактически используемых в качестве противопаводковых сооружений, территория разбита на отдельные автономные польдеры, которые не обеспечивают защиты, в связи с незавершенностью строительства, низкими отметками гребней дамб обвалования и недостаточной устойчивостью материала дамб к размыву.

С деятельностью поверхностных вод связано и проявление экзогенных геологических процессов. Заболачивание распространено на 1/2 площади ГО в поймах рек. Оно связано с плоским слабо дренируемым рельефом, гидрологическими особенностями речной сети и наличием в верхней части геологического разреза пойм отложений суглинистого и глинистого состава. Мощность болотных отложений достигает 1,4-2,0 м. Частично болотные массивы осушаются.

С началом застройки территории, отсыпкой техногенных грунтов эти территории частично были выведены из категорий постоянно подтопленных и перешли в категорию сезонно подтопляемых. Процесс подтопления усугубляет утечки из водонесущих коммуникаций и отсутствие ливневой канализации на большей части территории населенных пунктов.

Сильное меандрирование рек Уссури, Большая Уссурка и их притоков в равнинной части предопределило активное развитие береговых процессов. Высокие скорости течения рек в меженный и, особенно в паводковый периоды определяют интенсивный размыв уступов. При существующем геологическом строении и гидрогеологическом режиме на поверхности высоких пойм и надпойменных террас возможно развитие, а в особых случаях активизация процесса механической суффозии.

Вся территория Дальнереченского района лежит в пределах одного ландшафта – долины р. Уссури, имеющего сложное строение. Энергия водного потока р. Уссури и близость Сихотэ-Алиньского хребта обусловили большую неоднородность и даже контрастность ландшафтных условий.

Геоэкологическая оценка осуществлялась в два этапа. Как при оценке существующих геоэкологических условий, так и проектных – двух вариантов концепции – оценка осуществлялась, на основе геосистемного принципа. В зависимости от устойчивости природных комплексов и антропогенной нагрузки изменяется геоэкологическая обстановка. Геоэкологическая стабильность геосистем, под которой понимается такое состояние системы, когда она функционирует в естественном режиме и возможна незначительная перестройка ее структуры в результате антропогенного воздействия, определяется, в первую очередь, устойчивостью литогенной основы. Последняя включает геологическое строение и гидрогеологические условия, рельеф и почвенный покров.

При выполнении геоэкологической оценки согласно методике [2] необходимо иметь дифференциацию территории на относительно однородные комплексные природные образования – геосистемы. Поэтому в качестве картографической основы геоэкологической оценки используется ландшафтная карта. Всего на территории ДГО было выделено 10 геосистем. Основная часть исследуемой территории представлена поймами и террасами рек, в пределах которых выделилось 26 ландшафтно-геоэкологических участков (ЛГУ).

При оценке геоэкологического состояния территории каждого ЛГУ учитывалось состояние лесных массивов и земель сельскохозяйственного использования, а также воздействие на них антропогенных факторов, экзогенных геологических процессов (ЭГП) и затопление.

В целом развитие рассматриваемой территории весьма ограничено природными условиями и негативными природными процессами. В общей геоэкологической оценке на долю ЭГП и затопления приходится 57% ущерба. Оценки ухудшаются в поймах рек, наиболее подверженных затоплению, береговым процессам, заболачиванию. Геоэкологическая обстановка, включая и изменение состояния биоценозов, ухудшается не только в результате

природных процессов, но и под антропогенным воздействием. В результате геоэкологической оценки современного состояния ЛГУ, характеризующиеся минимальной стабильностью или минимальной нестабильностью, занимают более половины рассматриваемой территории, что является существенным ограничением для ее хозяйственного развития. Возникает острая необходимость применения новых технологий улучшения качества окружающей среды. Для нестабильных территорий рекомендуются природоохранные (в том числе защита от затопления) и природовосстановительные (в том числе лесовосстановительные и мелиоративные) мероприятия, ограничение антропогенной нагрузки.

Современная геоэкологическая оценка ДГО выявила ряд природных и техногенных ограничений его развития, которые затем были учтены в проекте генплана. Окончательная геоэкологическая оценка проводилась с учетом проектных решений.

Согласно проекту дальнейшее социально-экономическое развитие данной территории ориентируется на статус округа – как центра северной городской агломерации Приморского края, благодаря своему географическому положению и транспортному развитию. Предлагаемая в генплане ДГО стратегия развития территории состоит в переходе к инновационному социально-ориентированному типу развития в сельскохозяйственной отрасли, в пищевой, деревоперерабатывающей промышленности и логистике, связанной с транзитным положением округа.

Развитию инфраструктуры города способствует его удачное расположение. Через город проходит Транссибирская магистраль и автомобильная трасса федерального значения Хабаровск-Владивосток (М-60), которые связывают его с центральной частью РФ, автомагистраль Дальнереченск – Ракитное и дороги местного значения.

Территория ДГО характеризуется благоприятными агро-климатическими условиями, наличием трудовых ресурсов (как собственных, так и миграционных) для развития сельского хозяйства и предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции.

На основе выполненных исследований в проекте обосновывался целый комплекс природозащитных мероприятий, существенно снижающих негативное воздействие на территорию округа воздействия затопления и дальнейшей активизации подтопления застроенных площадей, заболачивания, береговых процессов. Одновременно планируется создание природных парков к востоку и югу от города, дополнительное озеленение населенных пунктов, а также предусматривается снижение загрязнения атмосферного воздуха путем перевода отопительно-коммунальных котельных центральной части город на другой вид топлива.

Для окончательного выбора варианта генплана была осуществлена оценка ожидаемой геоэкологической обстановки при реализации проектных решений различных вариантов.

Результаты оценки показали, что при реализации проектных решений восемь ЛГУ переходят на более высокий уровень геоэкологической стабиль-

ности. Например, в долинах малых рек геоэкологические условия улучшаются более чем на 30%. Переходит с уровня минимальной стабильности на средний уровень болотный комплекс, благодаря планируемым мелиоративным мероприятиям и включения его северной части в ландшафтный парк. Предлагаемые площади для городской застройки по обоим вариантам концепции отличаются высоким и средним уровнем геоэкологической стабильности, следовательно, с геоэкологической точки зрения ограничений нет.

В результате реализации проектных решений около 70% площади рассматриваемой территории будет отличаться средним и высоким уровнем геоэкологической стабильности, что указывает на оптимальность предлагаемых направлений дальнейшего хозяйственного использования и развития ДГО (табл. 1).

Таблица 1

Современное и проектное распределение площадей УЛУ по уровням геоэкологической стабильности (нестабильности)

Уровни стабильности/нестабильности	Современные геоэкологические условия		Проектные геоэкологические условия	
	Количество ландшафтов	Доля площади, %	Количество ландшафтов	Доля площади, %
Высокий стабильный	4	21,9	4	21,9
Средний стабильный	7	25,0	13	46,4
Минимальный стабильный	11	35,1	6	17,4
Минимальный нестабильный	4	18,0	3	14,3

Повышение уровня стабильности геосистем на большей части территории ДГО доказывает, что предлагаемые проектные решения улучшают геоэкологическую обстановку территории намечаемой деятельности.

Таким образом, геоэкологическая оценка территории не только является основой для разработки рекомендаций по ее текущему использованию и проведению природоохранных мероприятий, направленных на улучшение геоэкологической обстановки, но и обеспечивает выбор оптимального проектного решения.

Литература

1. Градостроительный Кодекс РФ, от 29.12.2004, № 190-ФЗ, «Собрание законодательства РФ» от 03.01.2005, № 1, с. 16.
2. Заиканов В.Г., Минакова Т.Б. Методические основы комплексной геоэкологической оценки территорий. – М.: Наука, 2008.

ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ПОДЗЕМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В МОСКВЕ НА ОСНОВАНИИ АНАЛИЗА РАЗНОВОЗРАСТНОГО ЭРОЗИОННОГО РЕЛЬЕФА

И.В. Козлякова

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева, Уланский пер. 13, стр. 2, Москва, Россия
Тел. (495) 607-45-43, факс (495) 631-18-86, email: Kozlyakova@rambler.ru

Современное комплексное освоение подземного пространства Москвы предъявляет особые требования к схематизации геологической среды города. В зависимости от инженерно-геологических условий территории с целью предотвращения негативного воздействия современных природных и природно-техногенных геологических процессов определяются ограничения по площади, глубине и объему вторжения в подземное пространство, конструктивным решениям и технологиям производства работ. Типизация геологической среды города проводится с целью наиболее безопасного и эффективного размещения подземных сооружений и учитывает особенности геологического строения с одной стороны и вертикальное зонирование подземного пространства с другой.

Существуют общие принципы вертикального зонирования подземного пространства. На глубине 4 – 6 м располагаются пешеходные переходы, коллекторы подземных коммуникаций мелкого заложения, подземные автомобильные парковки. Строительство подземных сооружений на этом уровне осуществляется практически всегда открытым способом.

На глубине от 6 до 15 м размещают автотранспортные тоннели, станции метро мелкого заложения, коллекторы подземных коммуникаций глубокого заложения, различные подсобные помещения, гаражи, предназначенные для постоянного хранения транспортных средств.

На глубине от 15 до 40 м и ниже располагаются автотранспортные тоннели и станции метрополитена глубокого заложения, крупные склады и другие объекты без значительного количества посетителей и обслуживающего персонала. Освоение подземного пространства на этих уровнях осуществляется как посредством создания глубоких котлованов, так и тоннельной проходкой [2].

На территории Москвы выделяются три литолого-стратиграфических комплекса пород, существенно различающиеся по своему составу, строению, свойствам и условиям обводненности. Сверху вниз это: глинисто-песчаный комплекс четвертичных отложений, песчано-глинистый комплекс пород мезозойского возраста, терригенно-карбонатный комплекс пород каменноугольного возраста. Особенности распространения, мощность и глубина залегания этих комплексов очень изменчивы, что обусловлено влиянием древней и современной речной эрозии. Выделяются три разновозрастные генерации речных долин, эрозионная деятельность которых обусловила строение современного и древнего рельефа. Доюрские эрозионные врез прослеживаются

ся на поверхности терригенно-карбонатных отложений каменноугольного возраста, в их центральных частях юрские песчано-глинистые породы характеризуются повышенной мощностью. Доледниковые эрозионные врезы выделяются на дочетвертичной поверхности и заполнены водноледниковыми песчаными отложениями четвертичного возраста. На территории города развита довольно разветвленная современная речная сеть, представленная рекой Москвой и ее притоками.

Взаимное расположение разновозрастных эрозионных врезов является одним из ведущих факторов формирования инженерно-геологических условий на территории мегаполиса [1]. В зоне влияния подземных сооружений могут находиться породы всех трех комплексов (табл. 1).

Среди четвертичных отложений на территории Москвы можно выделить следующие достаточно мощные толщи: толщу ледниковых средне-верхнечетвертичных отложений (f,g II-III), представленную водноледниковыми песками и моренными суглинками, и слагающую современные и доледниковые водоразделы и склоны; преимущественно песчаную толщу аллювиальных и водноледниковых средне-верхнечетвертичных отложений (a,f II-III), заполняющую доледниковые и современные речные долины; толщу верхнечетвертичных – современных песков с прослоями супесей, суглинков, заторфованных грунтов, гравия и гальки (a III-IV), слагающую пойму р. Москвы и её крупных притоков.

Мезозойская толща представлена сверху вниз: меловыми песками (К), верхнеюрскими песчано-глинистыми отложениями волжского яруса, верхнеюрскими глинами келловейского и оксфордского ярусов, средне-верхнеюрскими бат-келловейскими песчано-глинистыми отложениями (J).

Каменноугольный массив (С) представляет собой чередование карбонатных трещиноватых и закарстованных толщ, включающих известняки и доломиты, и терригенных толщ, представленных глинами и мергелями.

В зависимости от того, какие породы будут служить основанием или вмещателем подземных сооружений можно оценить степень благоприятности той или иной части территории города для подземного строительства [3].

Среди пород четвертичного возраста самым надежным основанием и вмещающей средой инженерных сооружений служат моренные суглинки, представляющие плотные и прочные грунты тугопластичной консистенции. Наиболее сложными в освоении является аллювий поймы и водноледниковые отложения, в разрезе которых встречаются значительные по мощности прослои суффозионно неустойчивых песков, а также песчано-глинистых пылеватых пород, обладающих способностью к разжижению при динамических воздействиях.

Хорошим основанием и вмещающей средой для инженерных сооружений являются средне-верхнеюрские келловей-оксфордские глины. Меловые пески, верхнеюрские пески и глины волжского яруса, бат-келловейские песчано-глинистые породы не могут служить надежным основанием, так как часто обладают тиксотропными и плавунными свойствами и способны разжижаться при динамических воздействиях.

Таблица 1

Разновозрастный эрозионный рельеф и строение подземного пространства Москвы

Взаимное расположение элементов разновозрастного эрозионного рельефа	Дюорские водоразделы	Главная Московская дюорская ложбина и долины её наиболее крупных притоков	Дюорские водоразделы	
	Склоны и водоразделы долины р. Москвы и её крупных притоков	Склоны и водоразделы долины р. Москвы и её крупных притоков	Склоны и водоразделы долины р. Москвы и её крупных притоков	Склоны и водоразделы долины р. Москвы и её крупных притоков
Глубина освоения подземного пространства	Склоны и водоразделы долины р. Москвы и её крупных притоков	Современные долины р. Москвы и её крупных притоков	Склоны и водоразделы современной долины р. Москвы и её крупных притоков	Современная долина р. Москвы и её крупных притоков
4-6 м	f,g II-III	a, f, II-III	f,g II-III	a III-IV
6-15 м				
15 – 40 м	J-K	f,g II-III	f,g II-III	a III-IV
Глубже 40 м	C	J-K	C	C

На территории Москвы типизация геологической среды, базирующаяся на анализе строения разновозрастного эрозионного рельефа, может использоваться при планировании освоения подземного пространства всего города, отдельных его районов, а также участков строительства конкретных сооружений.

Литература

1. *Кутепов В.М., Анисимова Н.Г., Козлякова И.В., Кожевникова И.А.* Влияние эрозионных врезов на особенности строения геологической среды и развитие опасных геологических процессов в столичном мегаполисе // Уникальные и специальные технологии в строительстве. – 2006. – № 1(4). – С. 32-37.
2. Руководство по комплексному освоению подземного пространства крупных городов. – М., 2004.
3. *Осипов В.И., Кутепов В.М., Анисимова Н.Г., Кожевникова И.А., Козлякова И.В.* Методика районирования территории Москвы для строительства объектов с заглубленными основаниями // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2010. – № 4. – С. 8-14.

РАЙОНИРОВАНИЕ СЛОЖНОПОСТРОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ОСНОВЕ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ВЫРАЖЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Р.П. Кривошеев, Т.В. Любимова

Кубанский государственный университет, 350040 г. Краснодар,
ул. Ставропольская 149, тел/факс 88612199634, TV-Luy@yandex.ru

Анализ изменений свойств геологической среды на основе количественной оценки инженерно-геологической информации и представление результатов в трехмерном пространстве для районирования территорий по сложности строения на сегодняшний день представляется наиболее перспективным направлением в инженерных изысканиях. Известно, что при проведении инженерно-геологических изысканий нередко возникают ошибки при оценках инженерной опасности и сложности освоения территорий, приводящие либо к излишним затратам на строительство, либо к возведению заведомо ненадежных инженерных сооружений. Несмотря на большое количество работ, в которых рассматриваются различные аспекты этой проблемы, общее состояние теории и практики количественного анализа в инженерной геологии нельзя признать удовлетворительным ввиду отсутствия проверки адекватности используемых моделей природным оригиналам.

Объектом исследования послужили грунтовые толщи северного склона хр. Аибга в районе Красной поляны Большого Сочи. В качестве предмета исследований выступила информация о литолого-физических свойствах грун-

тов. Цель изучения – совершенствование методических приемов районирования территорий по степени сложности строения грунтовых толщ, как основы для инженерного освоения геологического пространства. Для разработки обозначенной проблемы были решены задачи: а) тестирование применяемых в инженерной геологии формул случайных событий и величин; б) статистическая обработка данных по литолого-физическим свойствам грунтов и их количественная оценка для определения степени сложности строения инженерно-геологического разреза; в) построение модели карты-схемы районирования территории по степени сложности строения разреза.

Фактический материал, положенный в основу – это электронная база данных лабораторных опробований грунта 40 скважин, каждая из которых вскрыла 15-метровую толщу разреза [1]. В базу были включены такие показатели, как мощности слоев, литологическое наименование грунтов и их плотность в естественном состоянии. Для статистической обработки и вычисления энтропии литолого-физических свойств грунтов в качестве основы использована формула относительной энтропии, предложенная В.В. Пендиным [2], которая учитывает вероятность встречи литологических разностей в разрезе. Для более полной количественной оценки грунтовых условий авторами в данную формулу были введены дополнительные параметры: 1) m – мощность литологической разности (м); 2) $\Delta\rho$ – отклонение плотности литологической разности i -ого слоя от средней плотности литологической разности.

Таблица 1

Фрагмент расчетов энтропии разреза

№ скв.	m (м)	Наименование грунта по ГОСТ 25100-95	ρ (кг/м ³)	$\Delta\rho$	Hr
2	4,00	Суглинок полутвердый	0,0028	0,03	0,84
2	2,00	Дресвяный грунт с суглинистым полутвердым заполнителем	0,0027	0,13	
2	9,00	Дресвяный грунт	0,0028	0,07	
3	5,50	Дресвяный грунт	0,0027	-0,24	0,99
3	9,50	Щебенистый грунт	0,0028	0,22	
4	5,50	Дресвяный грунт	0,0029	-0,11	0,99
4	9,50	Щебенистый грунт	0,0029	0,33	

В табл. 1 в качестве примера приведены расчеты по 3 скважинам с указанием литологической разности грунтов по ГОСТ 25100-95 и величин m (м), ρ (кг/м³) и $\Delta\rho$. Так же, для более сложной инженерно-геологической обстановки с грунтами, имеющими меньшую несущую способность, модифицированная формула предусматривает случай, если i -ый слой имеет отклонение плотности с отрицательным знаком. Тогда по алгоритму заданному для расчета в знаменатель формулы, добавляется эмпирический коэффициент равный 0,98, увеличивающий значение энтропии в разрезе. Кроме этого, формула в некоторой степени отражает характер распространения результатов ин-

женерно-геологических процессов. Например, в скважине №4 толща в 15 м представлена только лишь дресвяным грунтом. Но верхняя ее часть до 4,0 м подвержена более интенсивному выветриванию, из-за чего имеет меньшую плотность. Как следствие, значение энтропии в разрезе на порядок больше.

После обработки данных вышеизложенным методом в программе AutoCAD 2010 была построена карта–схема, позволяющая выделить участки, отличающиеся по величине энтропии литолого-физических характеристик толщи. Районирование показало, что исследуемая территория носит весьма сложный характер в первую очередь за счёт широкого распространения различных генетических типов четвертичных отложений.

Выводы. Впервые для сложно построенной территории Черноморского побережья Кавказа выполнено инженерно-геологическое районирование, которое на новом качественном уровне позволило подойти к решению актуальных проблем инженерной геологии. Научная новизна исследования состоит в функциональном учёте более широкого спектра параметров, характеризующих особенности строения инженерно-геологического разреза, положенных в основу предлагаемой модели энтропии территории и подтверждении модели реальным условиям.

Практическая значимость полученных результатов состоит в возможности оценивать степень сложности строения района на стадиях инженерно-геологических изысканий для разработки проектной документации, определить дальнейшие направления освоения и застройки сложных горных территорий, определить примерные объёмы и осуществить их оптимизацию. Преимуществом предлагаемой методики является ее внедрение с минимальными финансовыми затратами, поскольку она базируется на камеральной обработке материалов, получаемых в обязательном порядке при инженерных изысканиях. При дальнейшем совершенствовании предлагаемой методики возможны не только доработка формулы исчисления энтропии с учётом других инженерно-геологических компонентов, но и оценка характера распространения продуктов инженерно-геологических процессов по площади и степени их динамики, что непосредственно связано с инженерно-геологическим прогнозом.

Литература

1. Горная Олимпийская деревня Роза Хутор г. Сочи: Отчет по инженерно-геологическим изысканиям. – Сочи: ООО «Инжзащита», 2009.
2. Пендин В.В. Комплексный и количественный анализ информации в инженерной геологии: Учеб. пособие. – М.: КДУ, 2009. – 350 с. – С. 71-84.

ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА

Т.В. Любимова

Кубанский государственный университет,
г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, тел./факс 861219963, TV-Luy@yandex.ru

Как известно, Краснодарский край является значимой структурной единицей юга России. Здесь хорошо развит промышленный и сельскохозяйственный сектор экономики, располагается густая сеть железнодорожных и шоссейных дорог, а в последние годы все активнее эксплуатируется трубопроводный транспорт. Наибольшую техногенную нагрузку испытывает Черноморское побережье края. Этот участок протяженностью 400 км является одним из крупнейших курортных районов страны, где одновременно сосредоточены крупные автомагистрали, морские порты, железнодорожные узлы и магистральные трубопроводы. Учитывая, что эта территория характеризуется расчлененным горным рельефом, повышенной сейсмичностью и осадочными толщами, обладающими выдержанной специфической ритмичностью строения, ее инженерно-геологическое изучение является весьма актуальной задачей для обеспечения безопасности функционирования различных инженерных сооружений.

В ходе данной работы проводилось исследование инженерно-геологических условий в районе Большого Геленджика с целью типизации территории по общим инженерно-геологическим признакам. В предметную область вошло изучение компонентов инженерно-геологических условий.

В результате анализа накопленных материалов по фондовым и литературным источникам, изучения региональных и зональных геологических компонентов инженерно-геологических условий была проведена типизация инженерно-геологических условий Черноморского побережья на отрезке Геленджик – Джубга. Было произведено обоснование типа инженерно-геологического районирования и разработана легенда для инженерно-геологического районирования типизированных участков. Проведенное инженерно-геологическое районирование Краснодарского края является результатом общего типологического генетико-морфологического районирования, с выделением на карте территориальных единиц на уровне типологических регионов, областей районов и участков [1].

Выделение инженерно-геологических регионов проводилось по геотектоническим структурам. Инженерно-геологические области выделены по геоморфологическим условиям и рельефу. Инженерно-геологические районы определялись по формационной принадлежности для дочетвертичных пород и генетическому признаку для пород четвертичного возраста.

Классификационным признаком при выделении участков послужил литологический состав и специфические свойства рельефообразующих пород, изменчивость их свойств в зависимости от микрорельефа, субстрата подстилающих пород и факторов доминирующих процессов.

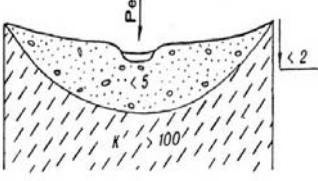
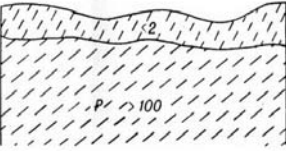
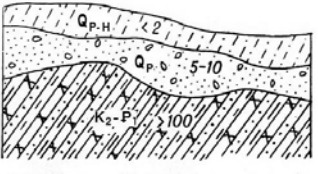
Стр.-тект.	Литолог.-стратигр.	Типовой разрез	Гидрог.	Экзодин. процессы	Сейсм.
Геленджикский	Породы свит мергельного, известнякового и аргиллитового флиша, мощность более 100 м, на расчлененном и холмистом рельефе перекрытые дисперсными грунтами		Грунтовые воды имеют спорадическое распространение, либо располагаются в аллювии на глубине 1-2 м	Обводнение в период паводков, просадка суглинков, образование оплывин	8
Джанхотский					8
Архипо-Осиповский					8

Рис. 1. Пример инженерно-геологической типизации

В отличие от других подходов к инженерно-геологическому районированию данной территории, предлагаемый вариант не учитывает степень обводненности грунтов. Это связано с тем, что на изучаемой территории не существует единого водоносного горизонта, а степень обводненности пород флишевой формации обусловлена их трещиноватостью. Учет уровня залегания грунтовых вод может быть эффективен только при районировании крупных речных долин, с широкими долинами в приустьевой своей части. В связи с этим, инженерно-геологические участки выделены по стратиграфогенетическому комплексу отложений (грунтовым условиям).

Апробация предлагаемой методики была проведена на трех типовых участках: Геленджик, Джанхот, Бетта. Выбор этих участков сделан, исходя из их принадлежности к разным тектоническим блокам (рис. 1). Эти блоки сложены различными свитами, отличающимися друг от друга литологическим набором внутри флишевых циклитов, что обуславливает специфические гео-

морфологические и гидрогеологические условия, а, следовательно, и инженерно-геологические условия. Такой подход, в основе которого лежит учет стратиграфо-литологических особенностей позволяет более эффективно определять разнообразие инженерно-геологических условий.

В ходе выполнения работы были получены следующие основные результаты:

1. В отношении инженерно-геологического изучения на территории Северо-Западного Кавказа в последние годы не проводилось каких-либо широкомасштабных или комплексных исследований. Все работы велись различными инженерно-геологическими организациями под конкретные инженерно-строительные объекты. Следовательно, накопленная информация характеризуется разномасштабностью исследований, которые не согласованы между собой.

2. Среди региональных компонентов инженерно-геологических условий наибольшую важность представляют стратифицированные тела и геотектонические структуры. Роль зональных компонентов определяется составом и состоянием горных пород, и наибольшее влияние оказывает на развитие экзогенных процессов.

3. Установлено, что наиболее оптимальным для крупномасштабного изучения инженерно-геологического строения территории горно-складчатых сооружений следует признать генетико-морфологический тип районирования, который позволяет наиболее полно рассмотреть пестроту инженерно-геологических условий.

4. Основным классификационным признаком при выделении участков может служить литологический состав пород флишевой формации, т.к. именно по этим породам формируются перекрывающие их другие генетические типы отложений. От их литологического состава зависят также основные характеристики, влияющие на инженерно-геологические условия территории, а именно – на степень трещиноватости и характер их обводненности. Это позволило предложить новый подход к инженерно-геологическому районированию горно-складчатых территорий.

5. Самым сложным из выбранных типологических участков является площадь пос. Джанхот, где литологическое разнообразие пород флишевой формации представлено максимально. Самым простым по инженерно-геологическому строению является территория г. Геленджика в районе Толстого Мыса. Типологический участок района пос. Бетта по своему инженерно-геологическому строению ближе к условиям типологического участка пос. Джанхот.

6. Полученные данные по трем выделенным типовым массивам могут соответственно быть экстраполированы на другие территории такого же инженерно-геологического типа, а именно: Новороссийский, Туапсинский и Анапский участки.

Литература

1. Трофимов В.Т., Аверкина Т.И. Теоретические основы региональной инженерной геологии. – М.: ГЕОС, 2007. – С. 192-206.

**СТРУКТУРНО-ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
ЗОНЫ СОПРЯЖЕНИЯ ОКСКО-МОКШИНСКОГО ПРОГИБА
И ПРИВОЛЖСКОГО ПОДНЯТИЯ КАК ОСНОВА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ**

В.М. Макеев*, Н.В. Макарова, А.Л. Дорожко*, Т.В. Суханова**,
П.С. Микляев*, И.В. Коробова***

* Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, (495) 607-80-63, vmakeev@mail.ru;

** МГУ им. М.В.Ломоносова, геологический факультет

В данной работе современная геодинамика зоны сопряжения Окско-Мокшинского прогиба и Приволжского поднятия рассматривается с учетом различных сил и напряжений, приводящих к образованию разнородных структур, или структурно-геодинамической зональности. Происхождение этих сил и напряжений, в свою очередь, связано с внутренними и внешними факторами или с их суперпозицией, к примеру, с тектоно-гравитационным фактором. Вклад каждой силы в современное напряженное состояние земной коры исследуемой территории в случае их суммирования может быть очень разным, и суммарный геодинамический эффект выражается в деформациях приповерхностной зоны.

Древние (докайнозойские) структуры рассматриваются с целью выявления закономерностей и особенностей образования структурно-вещественных формаций, различающихся по возрасту и происхождению. В строении фундамента и его осадочного чехла выделяются латеральные и вертикальные структурно-вещественные несогласия и дислокации, которые, с точки зрения современной геодинамики, считаются древними неоднородностями. Не исключено, что в условиях новейших и современных полей напряжений они могут стать очагами концентрации повышенных (добавочных) напряжений и деформаций. В древней структуре рассматриваемая территория расположена в пределах северо-западной части Токмовского свода, которая в течение фанерозоя находилась в разных геодинамических условиях. В венде, неоднородная по строению кровля фундамента, на северо-западе претерпела погружение, на юго-востоке оставалась приподнятой. В девоне, карбоне и перми рассматриваемая территория испытала относительное погружение с увеличением вверх по разрезу карбонатных пород. В это время погружались преимущественно северная и северо-восточная части Токмовского поднятия, сопряженные с Московской синеклизой. В конце перми и в мезозое территория испытала поднятие в связи с движениями, произошедшими сначала на востоке (на Урале), и затем на юге. В этой связи принципиальными древними зонами латеральных структурно-вещественных несогласий являются:

1) цоколь кристаллического фундамента, с преимущественным погружением на север, в сторону Нижегородской ступени;

2) кровля вендских терригенных отложений, с преимущественным погружением на северо-запад, в сторону Балтийско-Московской впадины;

3) кровля девонских терригенно-карбонатных отложений и пермских карбонатно-сульфатных отложений с преимущественным погружением на север и северо-восток, в сторону оси прогиба Московской синеклизы;

4) кровля палеозойских отложений, подвергшаяся в мезозое размыву, с преимущественным наклоном на юг и юго-запад, в сторону Пачелмского прогиба.

Важными древними неоднородностями (дислокациями) являются суб-вертикальные разломы фундамента и чехла, и изгибные деформации, осложняющие Токмовское поднятие.

В региональной новейшей структуре исследуемая территория находится в пределах северо-западного склона новейшего Токмовского поднятия, наследующего древний Токмовский свод. В рельефе – это склон Приволжской возвышенности, сопряженный с Окско-Мокшинской низменностью. Новейшая структура рассматриваемой территории неоднородна. Основываясь на схеме В.И. Макарова [1], здесь выделяются три области, существенно отличающиеся новейшим тектоническим строением: I – Восточная, II – Западная (Окско-Цнинский вал) и III – Центральная (Окско-Мокшинский прогиб) (рис. 1). Восточная область характеризуется развитием крупных субширотных структур. В Западной преобладают структуры субмеридионального простирания. В пределах третьей области сопрягаются, взаимодействуют друг с другом структуры субмеридионального и широтного простирания.

Новейшая структура *Восточной области* (I на рис. 1), была намечена В.И. Макаровым [1]. Им выделены основные (главные) субширотные поднятия и прогибы, осложняющие северо-западный склон Токмовского новейшего поднятия. С севера на юг выделяются (названные нами) Павловское, Степуриновское, Ардатское поднятия, разделенные Сережинским и Тешинским прогибами. Общим для них является большая ширина поднятий, по сравнению с прогибами, и асимметричное их строение. Почти все поднятия имеют пологие северные склоны и крутые южные. По простиранию с востока на запад наблюдается снижение всех структур к Окско-Мокшинскому прогибу (III), с которым они торцово сочленяются. Однако, как показали наши исследования, практически все структуры, подходя к Окско-Мокшинскому прогибу, меняют свою ориентировку на юго-западную. Существование всех выделенных структур подтверждается, помимо геоморфологических данных, и геологическими, в частности, изменением, хотя местами и незначительным, положения маркирующего горизонта (кровли карстующихся пород сакмарского яруса нижней перми и казанского яруса средней перми): подъемом его на поднятиях и снижением его в пределах прогибов. Таким образом, можно говорить о наследовании в целом новейшими структурами многих крупных пермских структур, но при этом оси новейших структур не всегда совпадают с осями древних структур. Отдельные небольшие складки в пермских отложениях практически не наследуются. Наблюдается наследование и некото-

рых крупных структур фундамента, его выступов, впадин и разрывных деформаций.

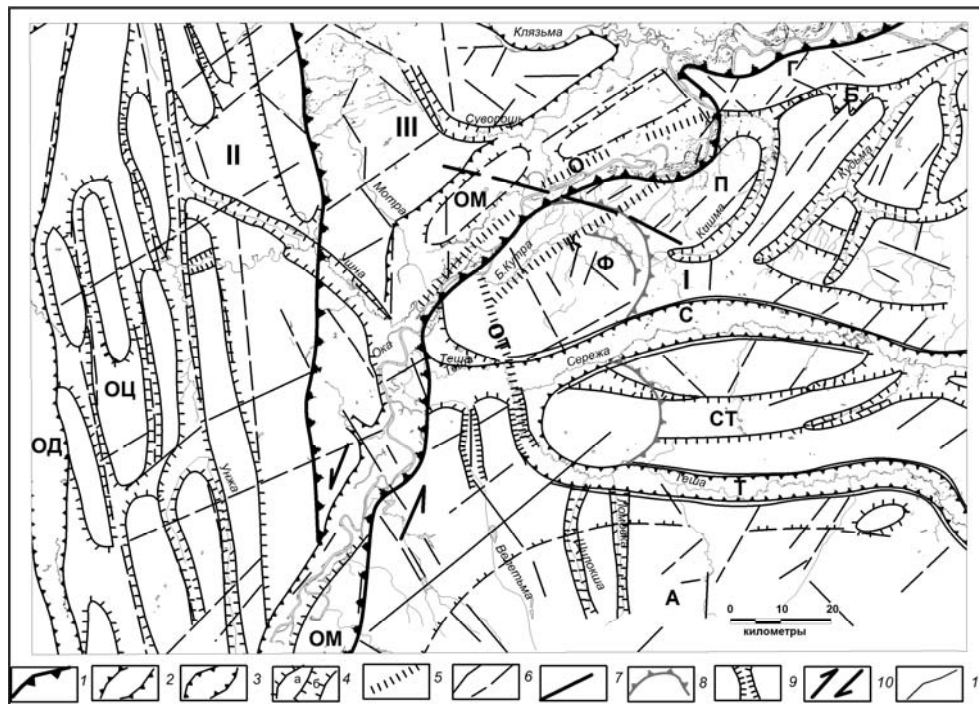


Рис. 1. Схема структурно-геоморфологического районирования зоны сопряжения Окско-Мокшинского прогиба и Приволжского поднятия:

- 1 – границы неотектонических областей; обобщенные контуры новейших структур;
- 2 – крупных поднятий, 3 – прогибов; 4а – локальных поднятий, 4б – прогибов;
- 5 – линеаментные зоны; 6 – линеаменты; 7 – разлом в фундаменте предполагаемый;
- 8 – контуры кольцевых структур; 9 – antecedentные участки долин;
- 10 – предполагаемые направления сдвиговых напряжений; 11 – гидросеть.

Римскими цифрами обозначены неотектонические области:

I – Восточная, II – Западная (Окско-Цнинская), III – Центральная (Окско-Мокшинская).

Буквами обозначены: поднятия: П – Павловское, СТ – Степуриное, А – Ардатовское,

Г – Горбатовское, ОЦ – Окско-Цнинский вал, Ф – Филимоновский купол; прогибы:

С – Серезжинский, Т – Тешинский, ОД – Окско-Донской, ОМ – Окско-Мокшинский,

Б – Богородский; линеаментные зоны: ОТ – Окско-Тешинская, К – Кутринская, О – Окская

Западная область (II на рис. 1) расположена в левобережье Оки, по морфологии и структурному положению относится к новейшему Окско-Цнинскому валу, наследующему герцинскую структуру. Для всей области характерна преобладающая ярко выраженная субмеридиональная зональность, резко контрастирующая с широтной зональностью Восточной области. В новейшей структуре Окско-Цнинского вала выделяются два основных протяженных субмеридиональных параллельных поднятия – Центральное более

высокое и относительно древнее (миоцен-плиоценовое) и Восточное более низкое и более молодое (плиоцен-четвертичное). Они разделены Унжа-Ушнинским прогибом. На севере структуры срезаются субширотным отрезком р. Клязьмы, следующей по глубинному разлому фундамента. Субмеридиональные линеаменты являются зонами растяжения. На фоне общего субмеридионального простирания основных поднятий, в их пределах выделяется ряд локальных кулисно сочлененных структур (Касимовское, Соколевское и др.), многие из которых наследуют древние герцинские складки. Они отделены друг от друга линеаментами северо-западного простирания, тогда как линеаменты северо-восточного простирания обуславливают развитие в их пределах разновысотных ступеней. Для Окско-Цнинского вала установлено сбросовое поле напряжений в западной его части, пограничной с Окско-Донским прогибом, и сдвиговое поле напряжений в его центральной осевой и восточной частях. При этом по северо-западным линеаментам фиксируется правосдвиговое поле напряжений, а по северо-восточным – левосдвиговое.

Центральная область (Окско-Мокшинская, III на рис. 1) охватывает одноименный прогиб. Представленные выше поднятия и прогибы Восточной и Западной областей исследуемой территории сочленяются в крупной отрицательной структуре, какой является Окско-Мокшинский новейший прогиб. К нему приурочена современная долина р. Оки в ее нижнем течении, а также ее более древние погребенные долины. В рельефе это обширное понижение, занятое аллювиальными позднеплейстоценовыми (поверхности I и II террас) и голоценовой (поверхность поймы) равнинами. Западная часть прогиба представляет собой повышенную ступень с развитой среднеплейстоценовой флювиогляциальной равниной, вовлеченной в поднятие Окско-Цнинского вала. Это вызывает общий наклон поверхности прогиба к востоку, направленное его смещение в этом направлении и миграцию долины р. Оки к ее правому берегу на протяжении всего четвертичного периода. Миграция, возможно, еще усиливается действием сил Кориолиса. Этот наклон (с запада на восток) не согласуется с региональным наклоном поверхности кристаллического фундамента и всех более высоких слоев палеозойского покрова Токмовского свода, и вызван значительной кайнозойской (практически четвертичной) перестройкой структуры прогиба. Четвертичная структура Окско-Мокшинского прогиба имеет перекрестный (или решетчатый) структурный план, образованный пересечением линеаментов субмеридионального и северо-восточного простирания. Вследствие этого здесь выделяются относительно поднятые и опущенные участки, в сочленении которых прослеживается левокулидность. Общий характер структуры Окско-Мокшинского прогиба, подчеркнутый сеткой линеаментов, позволяет предполагать левостороннее сдвиговое поле напряжений в его пределах.

Таким образом, Восточная, Западная и Центральная области отличаются друг от друга морфологией новейших структурных форм и структурно-геодинамическими (современными) условиями образования. В Восточной области преобладают крупные субширотные поднятия, разделенные сравнительно узкими прогибами. Значительное влияние на инженерные объекты

здесь могут оказывать две линеаментные зоны (рис. 1) Окско-Тешинская и Кутринская, которые, по всей вероятности, являются зонами повышенной трещиноватости. Восточная область формируется в условиях главного субмеридионального сжатия с образованием субширотных деформаций (поднятий и прогибов), пересекаемых косыми зонами повышенной трещиноватости. Происхождение напряжений сжатия связывается с усилиями, наведенными одновременно с юга и с севера. Не исключено, что северным источником деформаций является Фенноскандинавская геодинамическая система, южным источником – Кавказский сегмент Альпийской геодинамической системы. В целом, по своим структурно-геодинамическим условиям Восточная область является наиболее благоприятной для строительства инженерных сооружений за исключением вышеупомянутых линеаментных зон, поскольку напряжениям сжатия сопутствует закрытая трещиноватость и, соответственно, менее интенсивная миграция подземных вод и химических элементов.

В Западной области преобладают субмеридиональные структуры, образующиеся в условиях главного субширотного растяжения. Происхождение напряжений растяжения связывается с внутренней активностью Окско-Донского глубинного прогиба. В структурах растяжения преобладает открытая трещиноватость, способствующая миграции подземных вод и агрессивных химических элементов, и, соответственно, развитию экзогенных процессов, негативно влияющих на инженерные сооружения. Таким образом, Западная область имеет менее благоприятные инженерно-геологические условия, по сравнению с Восточной областью.

Центральная область представляет собой длительно унаследованно развивающуюся с протерозоя до четвертичного времени структуру, формирующуюся в условиях взаимодействия Восточной и Западной областей (блоков), т.е. под действием различных по происхождению сил. В ее пределах образуются деформации северо-восток–юго-западного простирания, отвечающие суммарному геодинамическому эффекту взаимодействия по-разному ориентированных напряжений. Центральная область может рассматриваться как геодинамически активная зона, для которой характерна повышенная напряженность и трещиноватость геологической среды, вследствие чего эта область является наименее благоприятной территорией для строительства инженерных сооружений.

Таким образом, изучение современной геодинамики и структурно-геодинамической зональности платформенных территорий позволяет выявить основные закономерности формирования их инженерно-геологических условий.

Литература

1. Москва: геология и город / Гл. ред. В.И. Осипов, О.П. Медведев. – М.: АО «Московские учебники и Картолиитография», 1997. – 400 с.

РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ОПОЛЗНЕВОГО ПОТЕНЦИАЛА С ЦЕЛЬЮ ОБОСНОВАНИЯ СИСТЕМЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ПРОТИВООПОЛЗНЕВОЙ ЗАЩИТЫ

М.В. Минина, В.А. Королёв

МГУ им. М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра инженерной и экологической геологии; 119991. Москва, Ленинские горы, д. 1, minina86@yandex.ru, vakorolev1@rambler.ru

Обоснование систем инженерной защиты территорий и сооружений от опасных природных процессов на сегодняшний день является одной из важнейших и актуальных задач инженерной геологии. В её основе лежит предварительный анализ инженерно-геологических условий и прогнозных оценок оползневой опасности. На фоне общего прогноза более обоснованными являются прогнозные оценки устойчивости территории отдельных регионов, областей и районов, выделяемых на картах инженерно-геологического районирования [1].

Известно, что для предварительной региональной оценки устойчивости или состояния отдельных территорий необходимым является составление карт инженерно-геологического районирования, содержащих элементы прогноза. Один из лучших образцов подобного способа прогноза – прогнозное районирование территории по степени устойчивости с учетом главнейших оползневых факторов [3]. Суть данного метода заключается в количественной оценке устойчивости территории по отношению к активному проявлению оползневого процесса на основе учета совокупности определяющих развитие этого процессов факторов. Получаемый интегральный показатель дает возможность судить об относительной общей устойчивости территории и о роли в ее переформировании отдельных экзогенных геологических процессов.

В 1970-1972 гг. К.А. Гулакян, В.В. Кюнтцель, Г.П. Постоев разработали методику по составлению прогнозных карт районирования по геодинамическому (оползневому) потенциалу, основанную на количественном учете влияния природных и антропогенных факторов на распространение экзогенных геологических процессов [2]. На сегодняшний день, большинство исследователей сходятся во мнении, что это одна из лучших методик количественного прогнозного анализа оползневой опасности территории [4]. Так как получаемый коэффициент пораженности, с одной стороны, интегрально отражает влияние всех факторов на развитие геологических процессов, а с другой – он характеризует предрасположенность территории к развитию экзогенных геологических процессов, т. е. потенциальную возможность их проявления. Величина коэффициента пораженности характеризует вероятность или степень активизации процесса в границах обособленной территории (участка).

Указанная методика была применена нами для обоснования системы инженерной защиты от оползней в районе «Красной Поляны», в том числе вдоль проектируемой транспортной трассы.

На сегодняшний день этот район, охватывающий область высокогорного рельефа, является наиболее стратегически значимым с позиции обеспечения безопасности строящихся олимпийских объектов, поэтому оценка оползневой опасности именно для этой территории является необходимым условием для грамотного инженерно-хозяйственного освоения и геологического обоснования проектируемых мероприятий инженерной защиты.

Процедура вычисления оползневого потенциала и составления карты районирования территории по оползневому потенциалу масштаба 1:10000 (так как именно этот масштаб позволяет отобразить детально информацию) заключалась в следующем:

1. *Построение карты распространения оползней по их типам.* Среди оползней, распространенных на территории Красной Поляны можно выделить следующие разновидности: 1) dl QIV, 2) c-dl QIV, 3) d-dl QIV, 4) dl QIII-IV, 5) dl QIII.

2. *Выделение факторов оползнеобразования.* Факторами-условиями оползнеобразования на территории района «Красная Поляна» являются: 1) литологический тип пород, 2) уровень грунтовых вод, 3) водообильность подземных вод, 4) уклон рельефа, 5) годовые атмосферные осадки, 6) мощность отложений, 7) экспозиция склонов, 8) неотектонический режим территории, 9) сейсмичность территории, 10) густота тектонических нарушений; факторами-процессами являются: 11) эрозионный процесс, 12) техногенная нагрузка на территорию.

3. *Разбиение факторов на классы.* Из набора 12 (m) факторов для каждого из них были построены гистограммы распределения каждого фактора на исследуемой территории. Число классов определялось с учетом полученных экстремумов на кривой распределения. Если же последняя – плавная с одним максимумом, то число классов условно принималось в пределах 3-7. При разделении на классы фактора «литологический тип» использовались классификации И.В. Попова и Н.В. Коломенского.

4. *Построение аналитических карт распределения классов отдельных факторов.* Были составлены карты и схемы районирования: по литолого-петрографическому составу, по величине мощности отложений, по значениям уровней грунтовых вод, по величине водообильности подземных вод, по величине уклона поверхности рельефа (рис. 1), по величине экспозиции склонов, по степени антропогенного воздействия, по степени интенсивности эрозионного фактора, по суммарной величине годовых атмосферных осадков, а также неотектоническая карта и карта микросейсмического районирования.

5. *Определение вероятности оползней.* Вероятность p_{ji} возникновения или активизации оползней в пределах площади i -го класса фактора B_j определялась как отношение площади оползней в пределах класса N_{onji} к площади всего класса по формуле:

$$p_{ji} = p(A/N_{ji}) = N_{onji} / N_{ji}. \quad (1)$$

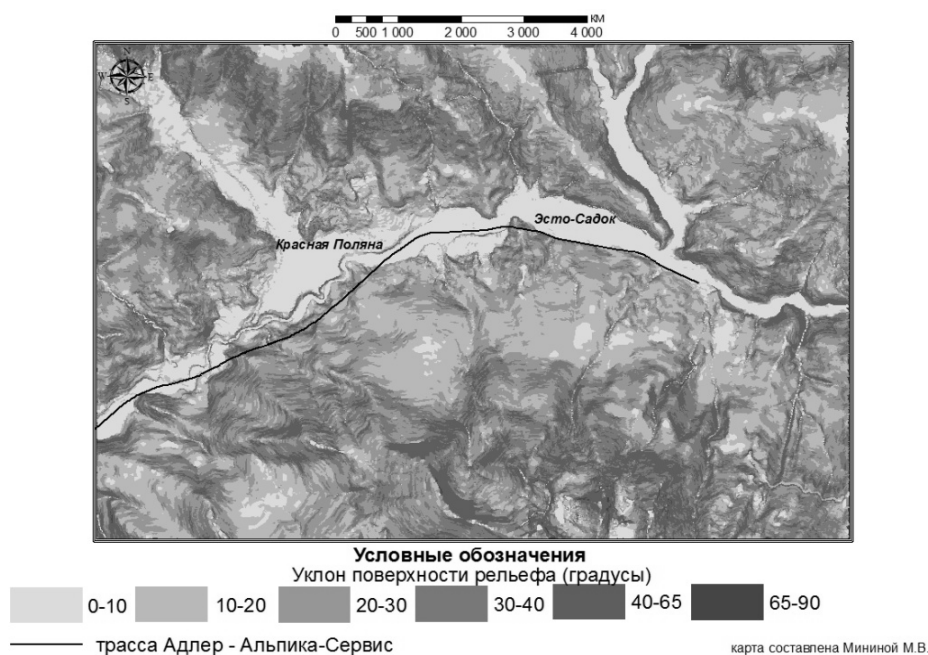


Рис. 1. Карта рельефа со значениями уклонов поверхности.

6. Оценка влияния отдельных факторов на развитие оползней. Для оценки степени влияния факторов на оползневой процесс, необходимо было рассчитать весовой коэффициент V_j , определяемый из выражения:

$$V_j = I_j * p_i, \quad (2)$$

где I_j – информационный коэффициент, предложенный А.Б. Вистелиусом, который показывает степень влияния фактора на оползнеобразование; p_i – нормированная вероятность возникновения или активизации оползней для классов j – фактора. Коэффициент Вистелиуса (I_j) определялся по значениям энтропии (H), которая показывает степень неопределенности системы:

$$I_j = (H_{max} - H_j) / H_{max}, \quad (3)$$

где H_j – энтропия j – го фактора; $H_{max} = \log S$, где s – это количество классов. Величина H_j определялась по формуле:

$$H_j = -\sum(p_{ji}) * \log(p_{ji}) \quad (4)$$

По коэффициенту Вистелиуса факторы ранжируются следующим образом: сейсмичность (0,8586), мощность отложений (0,7285), литология (0,3438), уровень грунтовых вод (0,3122), антропогенная деятельность (0,2585), водообильность (0,2449), густота тектонической сети (0,2303), годовые атмосферные осадки (0,1822), крутизна склонов (0,1404), неотектоника (0,0934), эрозия (0,0591), экспозиция склонов (0,0352). Необходимо отметить,

что коэффициент Вистелиуса – это лишь информационный коэффициент, при этом, чем он ближе к 1, тем сильнее влияние данного фактора на оползневой процесс.

По весовому коэффициенту V_j ранжирование факторов в соответствии с их значимостью для развития оползневого процесса на территории «Красной Поляны» является наиболее объективным: сейсмичность (0,2619), мощность отложений (0,1290), уровень грунтовых вод (0,1034), водообильность (0,0941), литология (0,0660), антропогенная деятельность (0,0623), годовые атмосферные осадки (0,0426), крутизна склонов (0,0352), густота тектонической сети (0,0243), неотектоника (0,0177), эрозия (0,0141), экспозиция склонов (0,0078).

Как и следовало ожидать, наиболее существенными факторами оказались сейсмичность территории, наличие потенциально-оползневого материала и гидрогеологические условия. Весовые коэффициенты у них больше, чем у остальных.

7. *Расчет оползневого потенциала.* Соответствующая результирующая вероятность (оползневой потенциал) W_{on} возникновения или активизации рассматриваемого типа оползней, для каждого выделенного участка пересечения различных классов определяется как вероятность суммы конечного числа событий с допущением независимости факторов:

$$W_{on} = 1 - \prod_{k=1}^m (1 - p_k) \quad (5)$$

где Π – знак произведения; p_k – вероятность p_{ji} в совокупности m классов различных факторов конкретного сочетания из приведенного выше числа.

8. *Построение карты районирования по значениям оползневых потенциалов.* Для этого все карты и схемы факторов были разбиты равномерной сеткой точек 40 x 60 (всего получилось порядка 2400) (прим.: шаг сетки составлял 2 см, согласно методики [2]). В пределах каждой точки каждого фактора были рассчитаны вероятности оползней. Таким образом, в каждой точке было получено 12 вероятностей «случаев оползней» (так как в анализе участвовало 12 факторов оползнеобразования). Далее по формуле (5) были рассчитаны оползневые потенциалы во всех 2400 точках.

Число выделенных на заключительной карте районов было установлено априорно равным 4. Для этого весь диапазон изменения величины оползневого потенциала был разбит на четыре интервала, и участки с известными значениями потенциалов, попадающие в один из этих интервалов, объединялись в соответствующие районы, которым была присвоена качественная характеристика (участки с чрезвычайно высокой, очень высокой, высокой, средней и низкой степенью потенциальной оползневой опасности) (рис. 2). Отсюда вытекает необходимость дифференцированного подхода при проектировании инженерного освоения территории и осуществлении комплексов противооползневых мероприятий.

Построенная заключительная карта районирования территории района «Красная Поляна» по оползневому потенциалу является достаточно строгим

количественным способом оценки устойчивости территории. При этом достоверность результатов прогноза во многом зависит от полноты и достоверности исходной информации.

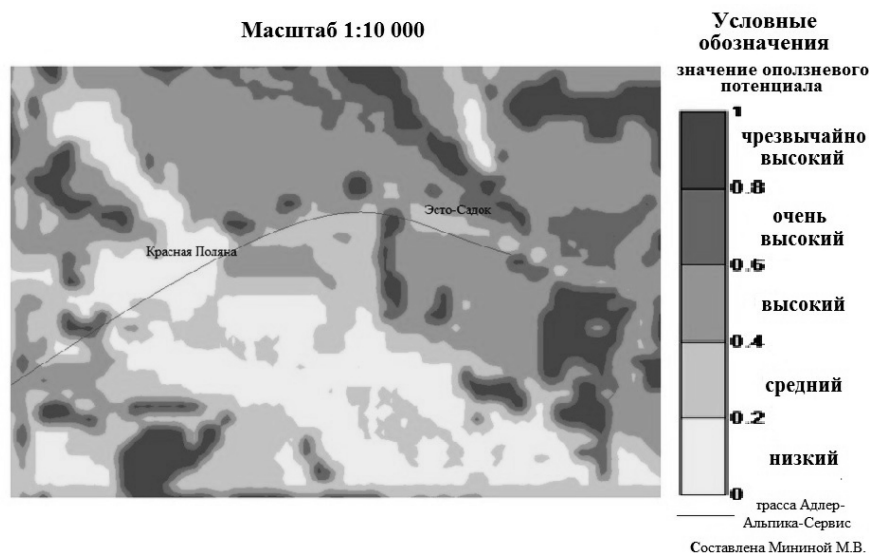


Рис. 2. Карта районирования по оползневому потенциалу территории района «Красная Поляна»

Анализ карты районирования по оползневому потенциалу (рис. 2) территории района «Красная Поляна» свидетельствует о необходимости организации инженерной защиты на участках, где проектируемая транспортная трасса пересекает участки со значениями оползневых потенциалов более 0,4. Поэтому с ПК 420,5 и до ПК 470,5 необходимо минимизировать влияние транспортных путей на оползнеопасные склоны и соорудить противооползневые сооружения.

В целом необходим дифференцированный подход при проектировании системы инженерной защиты на основе составленной карты районирования по оползневому потенциалу (рис. 2). Полученные данные можно также экстраполировать на территорию южного склона северо-западного Кавказа.

Литература

1. *Арешидзе Г.М.* Прогнозирование проявления оползней (на примере южной части Верхней Имеретии). – М.: АН СССР, 1970. – 78 с.
2. *Гулакян К.А., Кюнцель В.В., Постоев Г.П.* Прогнозирование оползневых процессов. – М.: Недра, 1977. – 135 с.
3. *Пальшин Г.Б., Островский А.Б., Осипов А.Е., Коробкина Н.С.* О принципах районирования и прогноза оползневых явлений в горно-складчатых районах (на примере Черноморского побережья Западного Кавказа). – М.: Наука, 1961. – 87 с.
4. *Трофимов В.Т., Красилова Н.С.* Инженерно-геологические карты. – М.: Изд-во МГУ, 2008. – 409 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОТРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ВЫБОРА МЕСТ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ

**В.Н.Морозов, А.И. Каган, И.Ю. Колесников,
В.Н. Татарinov, Т.А.Татаринова**

Геофизический центр РАН, 119296 г. Москва, ул. Молодежная д.3,
тел.: (495) 930-05-46, (495) 930-05-06, victat@wdcb.ru

При проектировании отработки месторождений полезных ископаемых приходится учитывать два взаимоисключающих аспекта: необходимость повышения эффективности и рентабельности горных работ и соблюдение требований их экологической и технологической безопасности. Такие опасные явления как горные удары, выбросы газа, обрушение горных выработок, гидропрорывы, сдвигание земной поверхности над выработанным пространством часто приводят, с одной стороны к катастрофическим последствиям с гибелью горнорабочих, а с другой – к большим экономическим потерям. Поэтому важнейшим этапом при проектировании отработки месторождений полезных ископаемых и строительстве подземных объектов должен быть этап, называемый *геодинамическое районирование*.

В основу концепции геодинамического районирования был положен метод, разработанный в конце 70-х годов XX века во ВНИМИ (И.М. Петухов, И.М. Батугина и др.) [1] для предупреждения горных ударов при разработке рудных месторождений. Позднее метод стал применяться и при проектировании газо- и нефтепроводов, транспортных объектов, гидростанций, подземных сооружений и рудников и т.д. Принципы геодинамического районирования были также заложены в ряд нормативных документов Ростехнадзора, определяющих геоэкологическую безопасность при выборе мест расположения радиационно-опасных объектов.

Метод основан на последовательном решении следующих задач:

1. Выявление блочной структуры строения верхней части земной коры в ее иерархической подчиненности с выделением тектонически напряженных и разгруженных зон;
2. Оценка динамики взаимодействия блоков с определением параметров смещений и деформаций;
3. Оценка напряженного состояния блочного массива;
4. Ранжирование участков земной коры по степени напряженно-деформированного состояния и уровня геодинамической опасности;
5. Разработка мероприятий по управлению геодинамической опасностью земных недр и земной поверхности.

При геодинамическом районировании широко используются методы математического моделирования напряженно-деформированного состояния (НДС), позволяющие анализировать различные варианты распределения полей напряжений.

В этой связи представляется целесообразным использовать в проектных решениях новые методологические подходы.

1. Необходимо ввести в алгоритм моделирования НДС *вероятностный фактор*, отражающий неоднозначность задания граничных условий в площадном аспекте (физико-механических свойств, анизотропии и структурной блочности массива, направления действия главных напряжений) и позволяющий ранжировать геодинамические блоки по уровню опасности.

2. Другая сторона проблемы заключается в том, что геологическая среда эволюционирует во времени (происходят подвижки блоков, активизируются разломы, изменяется гидрогеологический режим подземных вод и т.д.). При этом происходит изменение исходного поля напряжений (на отдельных участках весьма сильное). Учет этого «временного» фактора практически не ведется. В тоже время возникают задачи, когда мы должны спрогнозировать устойчивость геологической среды на длительные периоды времени в тысячи и десятки тысяч лет, например, при выборе мест подземной изоляции высокоактивных радиоактивных отходов.

3. И, наконец, третий аспект заключается в том, что на начальной стадии проектирования из-за неполноты исходных данных мы не можем дать ответа на вопрос: произойдут ли на самом деле какие-либо разрушения в породном массиве или нет, а даем лишь ответ на другой вопрос: во сколько раз степень опасности для одних блоков больше, чем для других. Поэтому для описания НДС следует привлекать энергетические параметры, связанные с сопротивлением пород возможному разрушению: накопленную потенциальную энергию деформации (за счет которой и могут происходить нарушения сплошности среды); модуль градиента энергии (являющегося мерой наибольшего убывания энергии по направлению, противоположному направлению градиента энергии). Принимая во внимание принципиальное различие в сопротивлении объема материала его сдвигу и всестороннему растяжению-сжатию, следует еще добавить и девиаторную составляющую энергии – потенциальную энергию формоизменения. Тем самым, в геодинамических моделях формируется определенная совокупность из трех дополняющих друг друга энергетических характеристик.

Нами разработана технология инженерно-геологического районирования территорий, позволяющая в той или иной мере учесть эти методологические положения [2, 3]. Проиллюстрировать это можно на примере второго в мире по запасам Эльконского урановорудного района (юг республики Саха), проектирование отработки которого только начинается [4].

Эльконский урановорудный район, расположенный в районе Восточного Забайкалья, по 15 основным рудным зонам имеет запасы урана около 350 тыс. т, при среднем содержании урана 0,15%. Отработку рудных тел, до глубины 500 м, планируется вести тремя системами разработки: горизонтальные слои с породной закладкой; поэтажно-щелевая система разработки; поэтажно-слоевая система разработки. Породы представлены кристаллическими сланцами, гранитизированными гнейсами, гранитоидами и метасоматитами.

Характерным для всех участков является широкое развитие тектонических нарушений и большая мощность многолетнемерзлых пород.

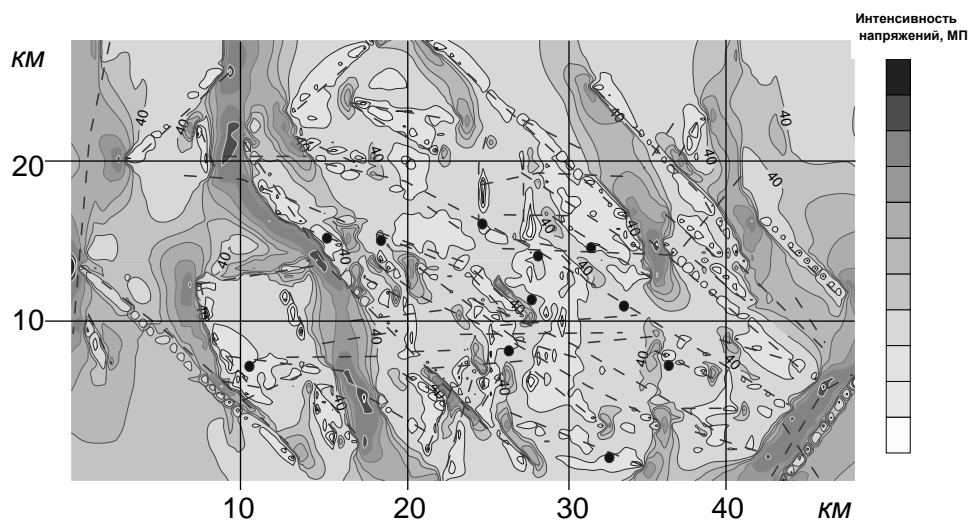


Рис. 1. Распределение интенсивности напряжений в районе Эльконского уранорудного поля (тектонические усилия ориентированы под углом 28 градусов к оси X)

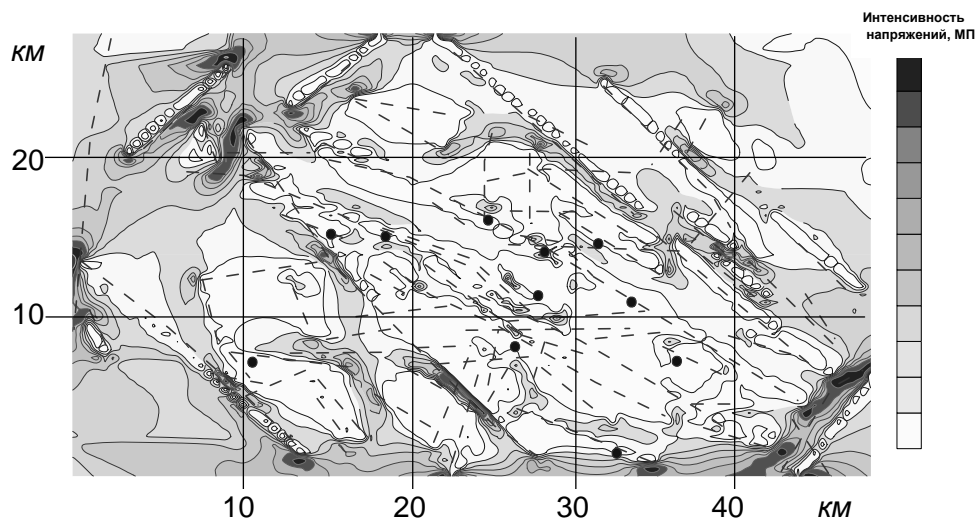


Рис. 2. Распределение интенсивности напряжений в районе Эльконского уранорудного поля (тектонические усилия ориентированы под углом 61 градусов к оси X)

Граничные условия, т.е. ориентация главных усилий и величина среднего главного тектонического напряжения, для Эльконского уранорудного поля не является абсолютно достоверной. Можно утверждать, что возможная ошибка в определении направления действующих напряжений составляет 20 градусов. На рис. 1 и 2 показаны распределения интенсивности напряжений в районе Эльконского уранорудного поля при разных ориентациях действующих напряжений.

Видно, что получившиеся решения сильно отличаются друг от друга. Однако имеются участки, сохраняющие примерно одинаковую концентрацию напряжений при различных граничных данных. Таким образом, появляется задача вероятностного моделирования, целью которой является выделения наиболее стабильных участков при различных граничных условиях.

Использованный нами энергетический подход в оценках вероятности деструкции горных пород массива и направлений возможного «стока» потенциальной энергии [5] включает:

- оценку накопленной потенциальной энергии деформации в локальной зоне концентрации напряжений;
- величину модуля градиента энергии являющегося мерой скорости высвобождения потенциальной энергии при реализации разрушения в динамической форме;
- объем зоны концентрации накопленной потенциальной энергии и пространственное положение взаимодействующих областей.

Опасность локальной концентрации напряжений оценивается с помощью энергетического концентрационного базиса, компонентами которого являются концентрации полной потенциальной энергии деформации, модуля ее градиента и потенциальной энергии ее формоизменения. Для Эльконского уранорудного поля существенное значение имеет плотность расположения потенциальных зон, склонных к динамическому разрушению породного массива.

На основе предложенного критерия произведено ранжирование блоков по признаку убывания степени опасности напряженно-деформированного состояния. Для ответа на вопрос какова вероятность разрушения пород в динамической форме с позиций проведенного прочностного моделирования полезно учитывать следующее [5].

1. Участки считаются максимально пригодными, если на них не попали очаги разрушения.

2. Наиболее опасным считается тот участок, на котором плотность распределения очагов больше, а концентрационные вектора длиннее (с учетом различия нормировок векторов для случаев больших и малых напряжений).

3. Если известно, что на участке нет активных разломов, то наиболее важна для определения пригодности этого участка оценка по концентрации потенциальной энергии, которая, как оказалось, для больших напряжений практически совпадает с суммарной оценкой по концентрации интенсивности энергии.

4. Если имеется информация об активности разломов, следует дополнительно учитывать оценку концентраций напряжений по потенциальной энергии и скорости ее изменения.

5. Основной вывод об опасности участка следует из диаграмм суммарной оценки концентрации интенсивности энергии, которые включают все составные энергетические оценки и охватывают как поле больших, так и малых напряжений.

6. Если имеются внешние воздействия (например, сейсмического характера), то следует наложить их энергетические характеристики (выраженные в терминах введенных энергетических концентраций) на стационарные диаграммы концентрации интенсивности энергии.

Таким образом, разработанная технология ранжирования структурно-тектонических блоков по уровню опасности деструкции на основе энергетического подхода показала перспективность нового «виртуального подхода» к проектированию отработки месторождения, обеспечивающим как безопасность ведения горных работ, так и экономическую эффективность.

Литература

1. Батугина И.М., Петухов И.М. Геодинамическое районирование месторождений при проектировании и эксплуатации рудников. – М., 1988. – 166 с.

2. Морозов В.Н., Белов С.В., Колесников М.Ю., Татаринов В.Н., Татаринова Т.А. Возможности геодинамического районирования при выборе мест подземной изоляции высокоактивных радиоактивных отходов на примере Нижнеканского массива // Инженерная экология. – 2008. – № 5. – С. 17-25.

3. Морозов В.Н., Татаринов В.Н. Палеотектоническая реконструкция напряженно-деформированного состояния пород Стрельцовского урановорудного поля // Горный журнал. – 2009. – № 5. – С. 68-71.

4. Камнев Е.Н., Морозов В.Н., Белов С.В., Колесников И.Ю., Лукишов Б.Г., Татаринов В.Н. К разработке месторождений урана в зонах активного тектогенеза. Уран России. Сб. докладов научно-технического совещания. – М.: ФГУП «ЦНИИА-ТОМИНФОРМ», 2008. – С. 16-25.

5. Морозов В.Н., Колесников И.Ю., Татаринов В.Н. Моделирование уровней опасности напряженно-деформированного состояния в структурных блоках Нижнеканского гранитоидного массива (к выбору участков захоронения радиоактивных отходов) // Геоэкология. – 2011. – № 6.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ КУЗНЕЦКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СТРОИТЕЛЬСТВУ КРУПНЫХ КАРЬЕРОВ

В.Е. Ольховатенко

Томский государственный архитектурно-строительный университет, каф. ИГиГ,
г. Томск, 634003, пл. Соляная 2, Тел./факс (382) 265-24-71, e-mail: igg@tsuab.ru

Вопросы инженерно-геологического районирования в связи с массовой застройкой территорий приобретают исключительно актуальное значение. Однако большая часть работ в данной области посвящена вопросам инженерно-геологического районирования и типизации условий применительно к промышленному и гражданскому строительству. Значительный вклад в разработку методики инженерно-геологического картирования и районирования внесли Е.М. Сергеев, И.В. Попов, В.И. Осипов, Г.С. Золотарев, Г.А. Голодковская, В.Т. Трофимов и другие.

Применительно к угленосным провинциям вопросы районирования и оценки условий строительства угледобывающих предприятий рассмотрены в работах В.Д. Ломтадзе, И.П. Иванова, В.Е. Ольховатенко и других [1, 2, 3].

Инженерно-геологическое районирование угленосных провинций, применительно к строительству крупных карьеров имеет свои особенности, обусловленные тем, что среди всего многообразия природных геологических условий, определяющих выбор района и места сооружения, на первый план выступают: наличие достаточных запасов углей и их качество, а также сравнительно небольшие коэффициенты вскрыши, позволяющие вести разработку угольных месторождений открытым способом. Совершенно очевидно, что при отсутствии угольных месторождений вообще, или же при плохом качестве углей, равно как и при наличии угольных пластов с нерабочей угленосностью, отпадает необходимость в оценке условий строительства карьеров. Этот вопрос также может отпасть в случае больших коэффициентов вскрыши (более чем 1:10), хотя разработка месторождений подземным способом может оказаться вполне рентабельной.

Инженерно-геологическое районирование Кузнецкого угольного бассейна выполнено нами с учетом основных факторов, определяющих поведение и устойчивость пород в бортах угольных карьеров. Такими факторами являются: геотектоническое строение различных частей территорий бассейна, физико-географические и гидрогеологические особенности, условия залегания, состав и физико-механические свойства горных пород, слагающих борта карьеров.

По степени угленасыщенности, предопределяющей необходимость строительства карьеров, территория Кузнецкого угольного бассейна разделена нами на три области (рис. 1).

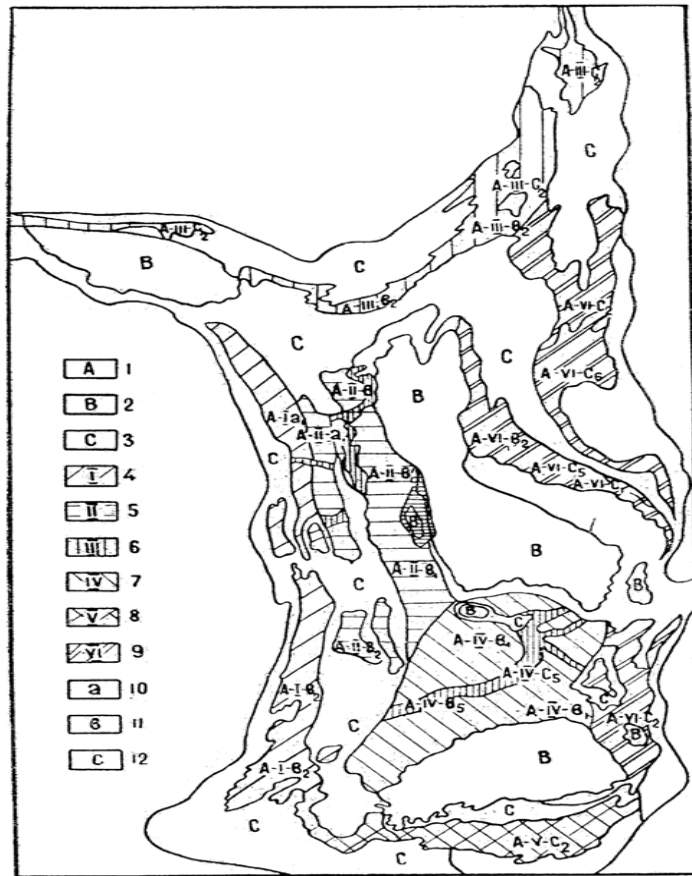


Рис. 1. Схематическая карта инженерно-геологического районирования Кузнецкого угольного бассейна:

1, 2, 3 – инженерно-геологические области; А – область распространения отложений терригенно-угленосной формации (балахонской и кольчугинской серий) с промышленной угленосностью; В – область распространения отложений тарбаганской серии с угленосностью, представленной залежами бурых углей; С – область распространения неугленосных отложений и угленосных отложений с нерабочей угленосностью; 4-9 – инженерно-геологические зоны: I – Присалаирская зона линейной складчатости (подзона пологой линейной складчатости); II – Присалаирская зона линейной складчатости (подзона пологой линейной складчатости); III – Приколывань-Томская зона интенсивной линейной складчатости; IV – Центральная зона пологих складок и куполовидных поднятий; V – Пригорношорская зона моноклиналей; VI – Прикузнецко-Алатауская зона моноклиналей; 10, 11, 12 – инженерно-геологические районы: а – район открытой степи с плоско-волнистым рельефом и недостаточно увлажненным климатом; б – район лесостепи с холмистоувалистым, слаборасчлененным рельефом и умеренно увлажненным климатом; в – район тайги со слаборасчлененным и низкогорным типами рельефа с избыточно увлажненным климатом. Инженерно-геологические участки: 1 – с преобладающим развитием в бортах карьеров отложений кольчугинской серии; 2 – балахонской; 3 – кольчугинской и балахонской; 4 – кольчугинской и тарбаганской; 5 – кольчугинской и аллювиальных четвертичных отложений; б – балахонской и аллювиальных четвертичных отложений.

В пределах первой инженерно-геологической области выделено шесть инженерно-геологических зон:

1. Присалаирская зона линейной складчатости (подзона интенсивной линейной складчатости);

2. Присалаирская зона линейной складчатости (подзона пологой линейной складчатости);

3. Приколывань-Томская зона интенсивной линейной складчатости;

4. Центральная зона пологих складок и куполовидных поднятий;

5. Пригорношорская зона моноклиналей;

6. Прикузнецко-Алатауская зона моноклиналей.

Первая инженерно-геологическая зона характеризуется сложным тектоническим строением и широким развитием узких, кулисообразных брахискладок с углами падения крыльев 60-90°. Горные породы интенсивно дислоцированы, собраны в складки и разорваны крупными продольными нарушениями с углами падения 40-80°. Тектоническое строение данной территории и условия залегания пород будут оказывать решающее значение при строительстве карьеров и оценке устойчивости их бортов.

Вторая инженерно-геологическая зона характеризуется более простым тектоническим строением. В ее пределах развиты брахисинклинальные складки асимметричного строения с крутыми западными (45-70°) и пологими восточными крыльями. Степень нарушенности пород дизъюнктивной тектоникой различная. Наиболее перспективные для строительства карьеров угольные месторождения приурочены к брахисинклинальным структурам и отличаются сравнительно невысокой нарушенностью горных пород. Наибольшим распространением в пределах зоны пользуется водоносный комплекс континентальных отложений кольчугинской серии. Средние удельные дебиты скважины на водораздельных участках, составляют для песчаников 1,0-3,0 л/с при глубине залегания подземных вод до 100 м и не превышает 0,1 л/с для глубин свыше 100 м. Высокой обводненностью в данной зоне характеризуются конгломераты и песчаники тарбаганской серии. Удельные дебиты скважин в данном случае составляют 2,0-2,5 л/с, а при самоизливе достигают 45-50 л/с. Условия отработки углей окажутся наиболее сложными на участках распространения интенсивно дислоцированных и нарушенных дизъюнктивной тектоникой горных пород кольчугинской серии.

Приколывань-Томская зона интенсивной линейной складчатости имеет довольно сложное тектоническое строение. Горные породы смяты в кулисообразные брахискладки с падением крыльев 70-90°. Широким распространением пользуются крупные линейно вытянутые разрывы. Условия строительства карьеров окажутся довольно сложными.

Центральная зона пологих складок и куполовидных поднятий в тектоническом отношении представляет область, переходную от линейных брахискладок к зоне моноклинально залегающих горных пород. Степень дислоцированности пород, залегающих чаще всего в виде пологих складок с углами падения крыльев 30-45°, невысокая. В то же время гидрогеологические

условия отработки угольных пластов, особенно под долинами рек, окажутся очень сложными. Притоки воды в выработки могут достигать 400-600 м³/ч.

Пригорношорская и Прикузнецко-Алатаусская зоны моноклиналей имеют относительно простое тектоническое строение, характеризующееся моноклиальным залеганием горных пород под углами 5-20°, отсутствием крупных тектонических разрывов, что является благоприятным фактором для строительства карьеров. Вместе с тем гидрогеологические условия отработки угольных месторождений окажутся очень сложными, особенно на участках распространения отложений тарбаганской серии, где притоки воды в выработки достигают 1000 м³/ч.

Вторая и третья инженерно-геологические области, как не представляющие интереса в инженерно-геологическом отношении с точки зрения строительства карьеров, из дальнейшего рассмотрения исключаются.

В качестве критериев для выделения инженерно-геологических районов использованы физико-географические условия территории. На карте районирования выделены районы:

1) открытой степи с плоско-волнистым рельефом и недостаточно увлажненным климатом. Среднее годовое количество атмосферных осадков здесь не превышает 400 мм/год, а физико-географические условия не являются препятствием для строительства карьеров;

2) лесостепи с холмисто-увалистым, слаборасчлененным рельефом, умеренно увлажненным климатом и среднегодовым количеством атмосферных осадков 400-500 мм/год;

3) тайги со слаборасчлененным и низкогорным типами рельефа и избыточно увлажненным климатом. Строительство карьеров может существенно осложняться из-за расчлененного рельефа местности и выпадения большого количества атмосферных осадков (свыше 600-700 мм/год).

При выделении инженерно-геологических участков учитывалось преобладающее распространение в разрезах различных геолого-генетических комплексов пород.

Всего на территории Кузнецкого бассейна выделено 26 типов инженерно-геологических условий. Среди них наиболее сложными для строительства карьеров окажутся месторождения Присалаирской зоны интенсивной линейной складчатости.

Учитывая интенсивное строительное-хозяйственное освоение угленосных провинций, опыт инженерно-геологического районирования Кузбасса может быть эффективен для использования в других районах России

Литература

1. *Иванов И.П.* Инженерная геология месторождений полезных ископаемых. – М: Недра, 1990. – 302 с.

2. *Ломтадзе В.Д.* Инженерная геология месторождений полезных ископаемых. – М.: Недра, 1986. – 272 с.

3. *Ольховатенко В.Е.* Инженерная геология угольных месторождений Кузбасса и устойчивость бортов глубоких карьеров. Инженерная геология, механика грунтов, основания и фундаменты: Тр.науч.-техн.конф., посвященной 100летию со дня рождения д-ра геол.-мин. наук, проф. Н.А. Никитенко. – Новосибирск.: Изд-во СГУПС, 2011. – 34-39 с.

**МЕТОДИКА РАНЖИРОВАНИЯ ПО СТЕПЕНИ ОПОЛЗНЕВОЙ
ОПАСНОСТИ УЧАСТКОВ ЛЕВОБЕРЕЖНОГО СКЛОНА ДОЛИНЫ
р. МЗЫМТА ПО ТРАССЕ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ
АДЛЕР-АЛЬПИКА-СЕРВИС В г.СОЧИ**

В.И. Осипов, Ю.А. Мамаев, А.А. Ястребов

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, 101000, Москва, Уланский пер. д.13, стр.2,
тел./факс 608 33 93

Трасса совмещенных автомобильной и железной дорог от Адлера до пос. Красная Поляна и далее до станции Альпика-Сервис является одной из важнейших транспортных магистралей в инфраструктуре объектов зимней олимпиады Сочи 2014. Трасса протяженностью около 50 км пролегает по долине р. Мзымта, прорезающей Южный передовой массив центральной части мегантиклинория Большого Кавказа. Инженерно-геологические условия строительства совмещенных дорог характеризуются большой изменчивостью и III (наивысшей) категорией сложности. Здесь широко развиты опасные геологические процессы и в первую очередь склоновые процессы: оползни, обвалы, осыпи, сели, лавины, солифлюкция, плоскостная и линейная эрозия, реже карст и суффозия. Наиболее широко развиты оползни, которые на отдельных участках левобережного склона долины р. Мзымты занимают от 60 до 90% площади участков. Оползни весьма разнообразны по возрасту основных деформаций склонов, объемам сместившихся масс, причинам их вызвавших, типам и механизмам смещений, стадиям развития оползневого процесса, общей и локальной устойчивости массивов пород. Активизация оползней на склонах обуславливается особенностями геологического строения, сейсмичностью и структурно-тектоническими факторами, климатическими и геоморфологическими условиями, воздействием селевых и лавинных процессов, русловой эрозии, а также строительной деятельностью.

Разработка проектов и строительство противооползневых и защитных инженерных сооружений является очень сложной и весьма затратной проблемой, требующей оптимальных решений и наиболее эффективного вложения средств, максимально обеспечивающих безопасность строительства и эксплуатации объектов на наиболее опасных участках.

Этим обусловлена задача выполнения ранжирования по оползневой опасности участков левобережного склона долины р. Мзымта по трассе же-

лезной дороги. Данное ранжирование должно опираться на детальное изучение и сравнение инженерно-геологических условий участков, в первую очередь: геоморфологических особенностей (высота, крутизна, протяженность, расчлененность склонов), геологического строения массивов (состав, состояние и свойства горных пород, условия их залегания, структурно-тектонические особенности), гидрогеологических условий (характера, интенсивности водопроявлений, степени обводненности пород склонов, типа и глубин залегания подземных вод), наконец, характеристик и морфометрических показателей ведущих процессов, в данном случае оползневого процесса (возраст, тип и механизм развития, объемы и мощности сместившихся масс, стадии развития, устойчивость общая и локальная).

Именно такой подход был применен для ранжирования по степени опасности оползневых участков по трассе железной дороги с шестью тоннельными участками.

Выполнению данных аналитических исследований предшествовали следующие виды работ:

– Сбор и обобщение опубликованных и фондовых материалов по геологии района в целом и инженерно-геологическим условиям отдельных участков на основе инженерных изысканий, выполненных и выполняемых в настоящее время разными организациями по трассе железной дороги начиная с 2008 г. За основу были взяты материалы комплексных изысканий и исследований организаций: ОАО «Мосгипротранс», ОАО «Сибгипротранс», ООО «Алькомп-Европа», ООО «Инженерная геология», ГУП «Кубаньгеология», ООО «ЭкоТехПроект», ИГЭ РАН и др.

Обобщались текстовые и графические материалы включающие: карту инженерно-геологических условий масштаба 1:10000, специализированные инженерно-геологические оползневые карты отдельных участков масштаба 1:1000, инженерно-геологические и геофизические разрезы, колонки скважин с подробным описанием пород, таблицы с показателями физико-механических свойств пород, результаты опытных полевых работ для определения фильтрационных свойств пород и их сдвиговой прочности, и другие материалы.

– Полевые рекогносцировочные обследования оползневых участков с выполнением замеров в инклинометрических скважинах для инструментального установления направления и величин оползневых деформаций.

– Предварительное дешифрирование космо- и аэрофотоснимков для уточнения структурно-тектонического плана участков и установления мест, активно протекающих эрозионных процессов, оказывающих прямое воздействие на устойчивость оползневых склонов.

– Сравнительный анализ показателей, характеризующих состояние и физико-механические свойства горных пород в условиях естественного залегания, в том числе: залегание пород, раздробленность, трещиноватость, рассланцованность, обводненность, выветрелость, размокаемость, набухание и др., их тектоническую и (или) сейсмическую дезинтегрированность (разблоченность); деформационные и прочностные свойства пород в первую оче-

редь, прочность на сдвиг, в том числе, при повторных подвижках и в условиях смачивания поверхности скольжения оползней и других условиях.

Для облегчения сравнительного анализа сложности инженерно-геологических условий оползневых участков, и активности (значимости) оползнеобразующих факторов, все наиболее важные характеристики и параметры отдельных участков были сведены в таблицу. Содержание граф (столбцов) этой таблицы может быть объединено в 3 основных раздела: 1-й – это параметры характеризующие сложность инженерно-геологических условий; 2-й – данные, характеризующие факторы развития оползней, их масштабность, стадию процесса, его опасность; 3-й – описание типов железнодорожных объектов, их пространственного положения относительно оползневых склонов, надежности оснований (вмещающей среды), основных угроз от природных процессов и другое.

Данная таблица является основным содержанием экспликации к картографической схеме ранжирования по степени оползневой опасности участков левобережного склона долины р. Мзымта по трассе железной дороги Адлер – Альпика – Сервис (рис. 1).

Помимо описательной части всем основным характеристикам, определяющим инженерно-геологические условия (рельеф, геология, тектоника, гидрогеология, геологические процессы) дается балльная экспертная оценка (от 1 до 3), характеризующая степень их сложности для данного участка: 1 – низкая степень; 2 – средняя; 3 – высокая. Таким образом, ранжирование указанных участков по степени их оползневой опасности выполнено на основе сравнения не только описательных характеристик, но и балльных суммарных оценок сложности инженерно-геологических условий, способствующих или препятствующих развитию оползней.

Участки со сравнительно низкой степенью оползневой опасности имеют суммарные балльные оценки сложности от 5 до 9 баллов; со средней степенью опасности – от 10 до 13 баллов; с высокой – от 14 до 15 баллов.

На картографической схеме ранжирования эти градации указаны в специальных квадратах с привязкой к оцениваемым оползневым участкам. Степень оползневой опасности должна быть показана цветом: желтый цвет – сравнительно низкая степень; оранжевый – средняя; красный – высокая.

Кроме этого, в отдельных столбцах сравнительной таблицы дается описание основных объектов железной дороги, которым могут угрожать оползни, особенности их пространственного положения относительно оползневых склонов, надежность (несущая способность) массивов грунтов, залегающих в основаниях этих объектов. Это позволило дать приближенную количественную экспертную оценку риска от оползней для объектов железной дороги на рассматриваемых участках. Степень риска оценивалась так же по 3-х балльной схеме: 1 балл – низкая степень риска; 2 балла – средняя; 3 балла – высокая степень риска. На картографической схеме ранжирования им соответствует разная штриховка, указываемая в цветных квадратах: горизонтальная – низкая степень риска; вертикальная – средняя степень; сетка из горизонтальных и вертикальных линий – высокая степень риска.

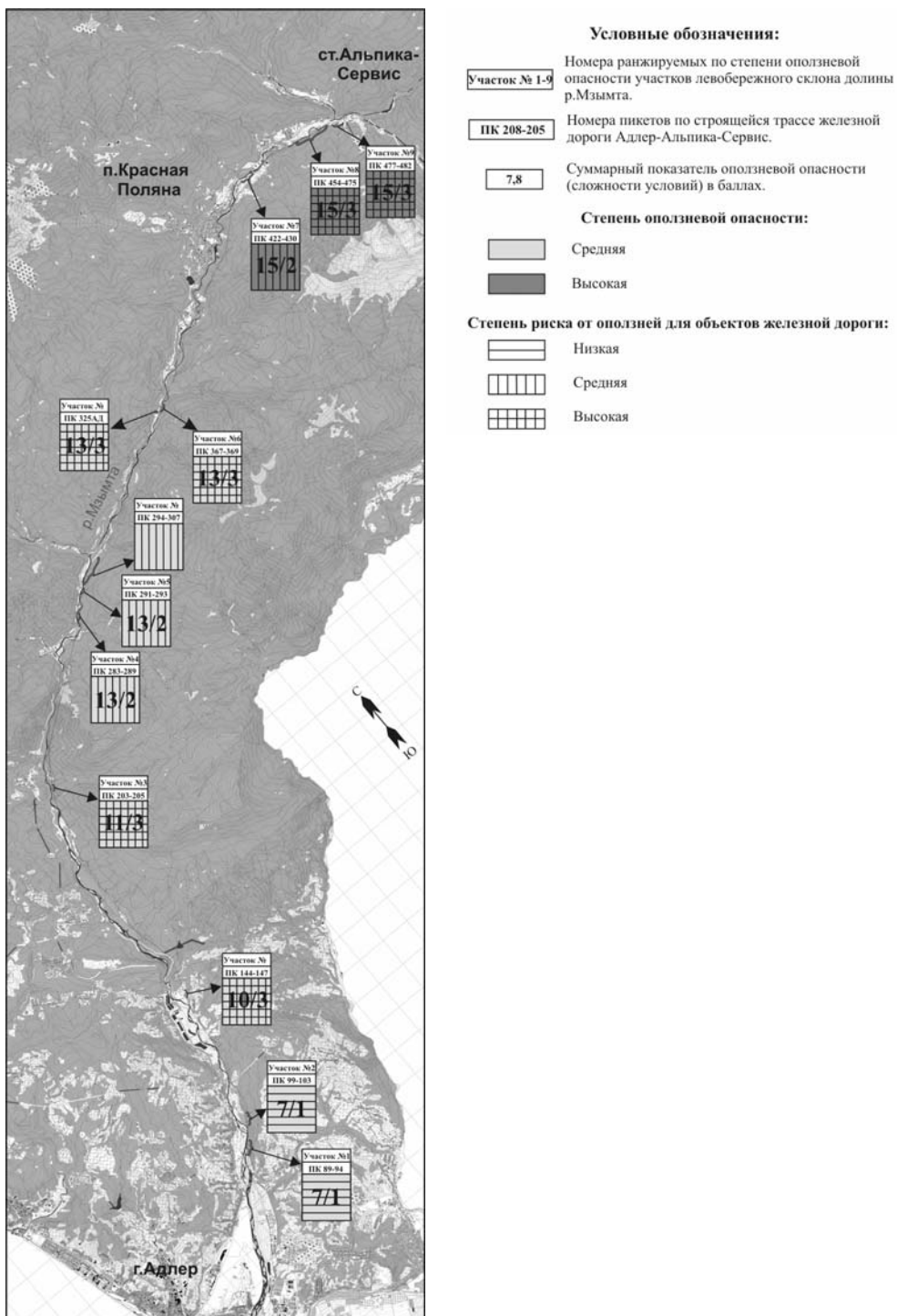


Рис. 1. Схема ранжирования по оползневой опасности участков левобережного склона долины р.Мзымта по трассе железной дороги Адлер-Альпика-Сервис

Выполненное ранжирование участков по степени оползневой опасности может быть подтверждено или скорректировано результатами инструментальных измерений деформаций склонов с применением: повторных высокоточных геодезических наблюдений за смещениями марок, закрепленных на местности; повторных стереофотограмметрических съемок с постоянных баз; струнных деформометров (экстензиометров); инклинометров. Последние были применены на большинстве из рассмотренных оползневых участков. Условием их эффективного применения для установления направления и скорости оползневых смещений, глубины залегания поверхности скольжения является необходимость проходки параметрической скважиной всего оползневого тела с заглублением забоя в сохранный коренной массив. Это условие сравнительно легко реализуется на оползневых участках №1, 2 и 3, где на сравнительно пологих, протяженных и невысоких склонах в рыхлых четвертичных отложениях развиваются асеквентные, вязкопластические поверхностные деформирующие оползни относительно небольшой мощности до 12 м. Значительно сложнее это условие выполнить на оползневых участках № 4-9, так как здесь в береговых массивах с горным средневысотным и высокогорным рельефом и большой крутизной склонов до 45° и более, формируются огромные по объемам сейсмогенные и тектонически обусловленные (в зонах надвигов и крупных сбросов) детрузивные преимущественно блоковые (реже оползни – обвалы – потоки) консеквентные и инсеквентные оползни, состоящие из отдельных больших блоков, разъединенных по крупным тектоническим разломам процессами расседания склоновых массивов, оседания и смещения блоков. Как правило, эти древние (Q_{III} и Q_{III-IV}) блоки перекрываются (или в них развиваются) повторными оползневыми накоплениями нескольких (до 4-5) генераций. Общая мощность оползневых накоплений здесь превышает 30 м, достигая на отдельных участках 70-80 м. Более эффективным на этих участках является применение комплекса из геодезических и геофизических методов, а также дистанционных съемок: стереофотограмметрической или с разных носителей.

Из приведенных материалов следует вывод о том, что в первую очередь следует разрабатывать и реализовывать противооползневые и защитные меры для участков с высокой степенью оползневой опасности и оползневого риска для объектов железной дороги. На них же, в первую очередь, следует устанавливать комплексные системы геодинамического мониторинга.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ В МОНГОЛО-СИБИРСКОМ РЕГИОНЕ (РЕТРОСПЕКТИВА И НОВЫЕ ПОДХОДЫ)

Т.Г. Рященко

Институт земной коры СО РАН, 664033 Иркутск, Лермонтова 128, (3952)4261433,
E-mail: ryashenk@crust.irk.ru

Проблемы теории, методологии и практики разномасштабного инженерно-геологического картографирования в процессе изысканий предпроектного этапа представляют собой единую систему знаний, связанную эволюционным переходом от оценки территорий с позиций их благоприятности для строительства различных сооружений к геоэкологическому анализу этих территорий и построению специальных карт, отражающих типизацию геологической среды (ГС).

Инженерно-геологические исследования в Монголо-Сибирском регионе всегда сопровождались картографическими работами, которые являлись «квинтэссенцией» полученных материалов, представляя результаты их синтеза и анализа. Своеобразным ретроспективным эталоном как по содержанию, так и техническому исполнению являются инженерно-геологические карты Восточной Сибири масштаба 1:2500000 [15], зоны влияния Братского водохранилища масштаба 1:500000 [1] и Прибайкалья масштаба 1:500000 [3], причем последняя использовалась при разработке геологических основ комплексного народнохозяйственного освоения этого региона.

Карты инженерно-геологического районирования зон влияния Усть-Илимского, Богучанского и Средне-Енисейского водохранилищ масштаба 1:200000 составлены традиционным способом по критерию благоприятности (сложности), без каких-либо изменений они опубликованы в схематическом варианте в обобщающей монографии [6].

Следующий «картографический» этап был связан с проведением работ по сейсмическому микрорайонированию (СМР) отдельных территорий в Монголии (1980–1990 гг.), когда составлялись крупномасштабные карты инженерно-геологических условий, где отражались грунтовая, гидрогеологическая, геоморфологическая и экзодинамическая обстановки; для характеристики грунтовых условий использовались типовые геолого-литологические колонки, которые представляли собой типовые разрезы грунтовых толщ различных участков территории. Предложен совмещенный вариант карты СМР и инженерно-геологических условий с элементами прогноза изменений геологической среды (ГС) при техногенных и сейсмических воздействиях [7, 14]. Впервые были составлены карты типизации территорий по степени и направленности изменений ГС при определенных видах техногенной нагрузки для зоны влияния Иркутского водохранилища (масштаб 1:50000) и Слюдянского горно-промышленного района (масштаб 1:25000) [12].

«На заре» геоэкологических исследований на юге Восточной Сибири под патронажем Комиссии по долгосрочным прогнозам природных явлений при Президиуме ВСФ СО АН СССР была опубликована монография «Геологические и экологические прогнозы» [2]. Если два первых слова соединить в одно, название книги будет «Геоэкологические прогнозы». Комиссия под руководством И.П.Дружинина, которая работала с 1978 по 1988 гг., объединяла научные усилия гидрологов, инженеров-геологов, геоморфологов, сейсмологов, гидрогеологов, сейсмогеологов и биологов, реализовав главный принцип геоэкологии – междисциплинарность. Таким образом, почти 30 лет назад в регионе появились и стали развиваться геоэкологические идеи.

Методика картографического отображения геоэкологической (эколого-геодинамической) информации обсуждалась в докладах различных научных конференций и публикациях [5, 16]. Например, предлагалось пять блоков легенды эколого-геодинамической карты масштаба 1:200000: оценка состояния массивов горных пород (указываются классы состояния, критерии их выделения и последствия геодинамических воздействий); характеристика структурно-тектонических единиц территории и геоморфологических; качество пород массива и их влияние на развитие процессов; характеристика измененности природных условий вследствие техногенных воздействий; оценка степени нарушения массива пород активными природными и техногенными процессами [16].

На основе опыта работы в области картографирования при региональных и крупномасштабных инженерно-геологических исследованиях в Монголо-Сибирском регионе были разработаны и реализованы принципы построения карт геоэкологического состояния территории. При составлении легенды в ее основу положены представления о геоэкологическом анализе, который предполагает выделение типов территориальной системы «геологическая среда – природно-техногенные процессы» и проведение интегральной оценки их устойчивости к геодинамическим (в том числе сейсмическим и техногенным) воздействиям [4, 13].

Составлена карта современного геоэкологического состояния территории г. Иркутска масштаба 1:25000. Легенда состоит из шести разделов: I – включает типы ГС (грунтовые мегамассивы с различной мощностью четвертичных отложений), II – подтипы ГС (мезомассивы в пределах геоморфологических элементов), III – виды ГС (микромассивы – типовые разрезы определенного строения, их представляют 42 геолого-литологические колонки, вынесенные за пределы карты); IV–VI – соответственно оценка устойчивости грунтовых толщ к статическим и геодинамическим воздействиям, природно-техногенных процессов по типу риска и характеру распространения, устойчивости территориальной системы «ГС – природно-техногенные процессы» по сумме условных индексов (расчеты выполняются по специальной шкале).

Выделены относительно устойчивые (суммарный индекс $\Sigma \leq 10$), среднеустойчивые ($10 < \Sigma \leq 20$), слабоустойчивые ($20 < \Sigma \leq 30$) и весьма слабоустойчивые ($\Sigma > 30$) системы. Оказалось, что для территории Иркутска

значения индекса изменяются от 6 до 36. В границах города выделены шесть основных групп территориальных систем, для каждой из которых перечислены варианты опасностей, связанных с грунтовой толщей и процессами, и даны рекомендации изыскателям и проектировщикам.

Если сравнить суммарные индексы устойчивости выделенных территориальных систем и балл их сейсмичности в соответствии с картой СМР 1988 г., то можно сделать следующий вывод: максимальные значения индекса (27–36) совпадают с 9-балльными участками.

Современный этап инженерно-геологического картографирования снова оказался связанным с работами в Монголии, когда возникла задача составления новой карты СМР для территории г. Эрдэнэта.

Инженерно-геологические условия города оценивались по методике, разработанной при составлении карты современного геоэкологического состояния территории Иркутска. В результате для целей СМР была представлена схематическая карта типизации ГС территории Эрдэнэта масштаба 1:25000 [10]. Преимущества этой карты следующие. Во-первых, она имеет аналитический характер и поэтому менее загружена в техническом отношении. Во-вторых, выполненная типизация ГС города в отличие от районирования территории позволяет установить по разработанным принципам участки с типовым разрезом грунтовой толщи и оценить степень их устойчивости к сейсмическим воздействиям на качественном и количественном (применялся метод экспертных оценок) уровнях. В-третьих, в этом случае ликвидируется понятие «средний грунт», которое, к сожалению, до сих пор используется при проведении работ по СМР урбанизированных территорий и является устаревшим термином (не существует средних геологических или средних гидрогеологических условий) [8].

Следует отметить, что на карте инженерно-геологического районирования выделяются определенные территории по тем или иным признакам (например, районы поймы, надпойменной террасы и т. д.), а на карте типизации ГС – грунтовые массивы разного уровня в пределах того или иного участка.

Для схематической карты типизации ГС территории г. Эрдэнэта было предложено два варианта представления грунтового микромассива (типового разреза). Первый предполагает составление традиционной геолого-литологической колонки (она выносится за пределы картографического пространства), второй – индексационный код строения грунтовой толщи, когда в строчку записываются принятые условные индексы для обозначения элементов типового разреза.

Для территории Эрдэнэта установлено, что зоны различной сейсмической опасности, выделенные на основе геофизических исследований, сопоставимы с объектами типизации, для которых получен суммарный индекс их устойчивости к сейсмическим воздействиям.

На IX Российско-Монгольской конференции по астрономии и геофизике, которая проходила в Иркутске в октябре 2011 г. и где работала секция

по инженерной геологии и гидрогеологии Байкало-Монгольского региона, в качестве картографической модели была представлена схематическая карта типизации ГС г. Улан-Батора масштаба 1:25000, составленная по вышеизложенным принципам [11]. Здесь выделено пять участков в соответствии с выполненной типизацией, для каждого из которых рассчитан суммарный индекс устойчивости грунтового мегамассива к техногенным и сейсмическим воздействиям (Σ), при этом выбрана шкала условных индексов от 1 до 4.

Наиболее опасным является участок Б–II, которому соответствует грунтовой мегамассив в пределах поймы и первой надпойменной террасы р. Толы ($\Sigma=8$). Его устойчивость к техногенным и сейсмическим воздействиям можно оценить как слабую (в том и другом случае присваиваем по четыре индекса) по причине обводненности грунтов современного аллювиального комплекса (первый водоносный горизонт зафиксирован на глубине 3–4 м). Остальные участки характеризуются средним уровнем устойчивости ($\Sigma=3-4$).

В процессе инженерно-геологического картографирования ведущим информационным блоком является реализация того или иного принципа классифицирования грунтов и методов изучения их состава, микроструктуры и свойств. На общем фоне рассмотрения актуальных вопросов по этому поводу можно привести некоторые парадоксы методических подходов, которые благополучно применялись и применяются при проведении инженерно-геологических изысканий на различных строительных площадках; результаты этих подходов (большинство из них регламентируются нормативными документами) изложены в многочисленных технических отчетах и соответствующих выводах для проектировщиков [9]. Отметим пять таких «отрицательных» моментов: методика выделения инженерно-геологических элементов (ИГЭ); использование числа пластичности в качестве монополиста при классифицировании глинистых грунтов; исчезновение термина «лессовый грунт»; «господство» метода двух кривых при лабораторном определении просадочности глинистых грунтов без проверки их набухания; использование термина «средний грунт» при СМР участка.

Например, в практике изысканий, которые проводятся на строительных площадках Иркутской области, ИГЭ выделяются только по двум признакам – литологическому составу (крупнообломочные отложения, пески, супеси, суглинки, глины и т.д.) и показателю консистенции (текучести) (для глинистых разновидностей), что не соответствует определению этого понятия. При классифицировании глинистых грунтов используется только число пластичности (параметр, зависимый от различных показателей состава и микроструктуры), в результате чего выделение супесей, суглинков и глин оказывается условным (формальным). Серьезный вред при оценке грунтовых условий по просадочности наносит монополия метода двух кривых – его не следует применять, если грунт имеет относительное набухание $> 4\%$.

По нашему мнению, путь преодоления указанных «отрицательных» моментов при проведении предпроектных инженерно-геологических изысканий в регионах заключается в интеграции производственной и научной дея-

тельности специалистов. По поводу картографирования можно сказать, что предложенные методические подходы создают то многообразие, которое стимулирует развитие указанной проблемы.

Литература

1. Братское водохранилище. Инженерная геология территории. – М.: Наука, 1963.
2. Геологические и экологические прогнозы. – Новосибирск: Наука, 1984.
3. Инженерная геология Прибайкалья. – М.: Наука, 1968.
4. Макаров С.А., Рященко Т.Г., Акулова В.В. Геоэкологический анализ территорий распространения природно-техногенных процессов в неоген-четвертичных отложениях Прибайкалья. – Новосибирск: Наука, СИФ РАН, 2000.
5. Новые типы инженерно-геологических и эколого-геологических карт. Тр. международной научной конференции. – М.: Изд-во МГУ, 2001.
6. Овчинников Г.И., Павлов С.Х., Тржцинский Ю.Б. Изменение геологической среды в зонах влияния Ангаро-Енисейских водохранилищ. – Новосибирск: Наука, СИФ РАН, 1999.
7. Рященко Т.Г. Инженерно-геологические основы сейсмического микрорайонирования (на примере аймачных центров МНР) // Сейсмические свойства грунтов. – М.: Наука, 1985. – С. 85-97.
8. Рященко Т.Г. Анализ инженерно-геологических условий при сейсмическом микрорайонировании (на примере площадки Билибинской АЭС и межгорных впадин Монголии) // Геоэкология. – 2001. – № 1. – С. 56-65.
9. Рященко Т.Г. Актуальные вопросы изучения дисперсных грунтов (парадоксы методических подходов при инженерно-геологических изысканиях в регионах) // Актуальные вопросы инженерной геологии и геоэкологии. – М.: Изд-во МГУ, 2010. – С. 44-45
10. Рященко Т.Г. Типизация геологической среды при сейсмическом микрорайонировании территории г. Эрдэнэта (Монголия) // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. – 2010. – № 5. – С. 71-78
11. Рященко Т.Г. Типизация геологической среды г. Улан-Батора (картографическая модель) // IX Российско-Монгольская конференция по астрономии и геофизике. Тез. докл. – Иркутск, 2011. – С. 35-36.
12. Рященко Т.Г., Акулова В.В. Грунты юга Восточной Сибири и Монголии. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1998.
13. Рященко Т.Г., Акулова В.В., Макаров С.А. Оценочная шкала устойчивости дисперсных грунтов к геодинамическим воздействиям (на примере Байкальского региона) // Геоэкология. – 2000. – № 2. – С. 157-164.
14. Сейсмическое микрорайонирование аймачных центров Монголии. – Улан-Батор, 1998.
15. Солоненко В.П. Очерки по инженерной геологии Восточной Сибири. – Иркутск: Иркутское кн. изд-во, 1960.
16. Экологические функции литосферы. – М.: Изд-во МГУ, 2000.

РЕГИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИЙ – ВАЖНЕЙШАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ В МОСКОВСКОМ РЕГИОНЕ

И.Н. Федонкина, И.Г. Казакова

ОАО «Геоцентр-Москва», 109316, Москва, Волгоградский проспект, дом 45
Тел.: (495) 514-01-45 доб. 150, факс: (495) 514-01-45 доб. 207, E-mail: kazakova.ir@rambler.ru

Московский регион находится в центре европейской части России, а в геологическом отношении – на Восточно-Европейской платформе. Эта часть платформы в структуре кристаллического фундамента осложнена Подмосковным авлакогеном, состоящим из чередующихся горстов и грабенов [1]. Тектонические особенности авлакогена оказывают влияние на всю толщу осадочного чехла, в том числе на его внешнюю часть, включающую рельеф земной поверхности. Влияют они на формирование неотектонических структур Московского региона – площадных (блоки) и линейных (зоны), которые контролируют строение осадочной толщи пород, в том числе верхней её части, вовлечённой в процесс интенсивного техногенного воздействия.

В связи с этим, можно утверждать, что на территории Московского региона существуют структурно-тектонические воздействия на природно-техногенную инженерно-геологическую среду. Об этом необоснованно забывается, однако это необходимо учитывать при инженерно-геологических изысканиях, в первую очередь на предпроектных стадиях строительного освоения территорий.

Необходимость оценки природных опасностей и рисков при выборе месторасположения строительных объектов и дальнейшей их эксплуатации, особенно объектов первого уровня ответственности, уже ни у кого не вызывает сомнения. Эти оценки должны основываться на знании структурно-тектонических особенностей и связанных с ними гидрогеологических условий территории. Основой получения новых знаний является комплексное структурно-тектоническое и гидрогеологическое картографирование территории.

Структурно-тектоническое картографирование территории Москвы и сопредельных площадей является сложной задачей. Это связано, в основном, с двумя причинами.

Первой причиной является интенсивная техногенная освоенность территории, маскирующая естественно-природную ситуацию на местности. В связи с этим на современной топографической основе территории практически не показывается большинство существующих на местности природных объектов – малые реки, овраги, в том числе с растущими верховьями, заболоченные участки, формы проявления экзогенных геологических процессов – карстовые и суффозионные воронки, оплывины, эрозионные врезы и другие,

являющиеся важнейшей информацией для определения структурно-тектонических условий территории.

Вторая причина связана со слабоконтрастным, неярым обликом рельефа земной поверхности центра европейской части России, который сформирован малоамплитудными неотектоническими движениями, характерными для платформенной территории и выражающимися посредством микроформ и мезоформ рельефа, которые часто не фиксируются на современной топографической основе техногенно изменённой территории.

Выявление структурно-тектонических особенностей платформенных территорий производится с применением комплекса методов, в числе которых аэрокосмические и геофизические методы, метод специализированного линейно-структурного анализа топографических карт, в том числе ортографической и гидрографической сети, форм проявления экзогенных геологических процессов. Проводится анализ и обобщение фактических геологических и гидрогеологических данных, переинтерпретация всего комплекта материалов с составлением структурно-тектонических карт. Комплексный методический подход к изучению территории обеспечивает необходимую достоверность и глубинность получаемых картографических материалов.

Первая схематическая тектоническая карта территории г. Москвы и лесопаркового защитного пояса масштаба 1:50 000 составлена в Московской геологоразведочной экспедиции в 1982 г. В 1997 г. составлена Геоморфолого-неотектоническая карта территории г. Москвы масштаба 1:50 000 [1].

Структурно-тектонические особенности платформенной территории определяются, как сказано выше, наличием различных структур – площадных (блоков) и линейных (зон), которые контролируют строение всей осадочной толщи пород, в том числе её верхней части, вовлечённой в процесс интенсивного техногенного воздействия. Определённые виды экзогенных геологических процессов приурочены к площадным и линейным структурам, имеющим конкретные характеристики: размеры, тенденцию, интенсивность развития.

На территории мегаполиса и прилегающих к нему застроенных территориях формируются конкретные группы экзогенных геологических, а вернее, природно-техногенных процессов, которые являются следствием развития площадных тектонических структур, имеющих определённую тенденцию развития (испытывающих поднятие или опускание). То есть, первичным фактором (причиной) формирования облика участка территории является его структурно-тектоническое строение, а вторичным (следствием) – конкретные экзогенные геологические (на застроенной и застраиваемой территории – природно-техногенные) процессы, развивающиеся в его пределах. Интенсивность развития и активизации процессов на освоенной территории определяется видом и степенью техногенной нагрузки.

Площадные структуры (блоки) характеризуются индивидуальными размерами, особенностями геологического строения толщи отложений и рельефа земной поверхности, определённой тенденцией (направленностью) развития, среди них различают выступы (поднятия) и депрессии (опускания). Линейные структуры (зоны), пересекающие территорию, контролируют реч-

ную и овражную сеть, осложняют внутреннее строение площадных структур или являются границами площадных блоков.

Долины малых рек в рельефе земной поверхности выражены линейными понижениями, которые, несмотря на их скрытое положение на территории мегаполиса (русла рек помещены в коллекторы, долины сnivelированы), продолжают развиваться и углубляться. Как правило, в пределах линейных понижений, приуроченных к этим сnivelированным долинам, дорожное асфальтовое покрытие автомобильных дорог интенсивно разрушается, и требуется проведение их ремонта практически в постоянном режиме.

Характерным примером служит Центральномосковская площадная структура (неотектоническое понятие – выступ), расположенная за пределами Подмосковского авлакогена. Одним из признаков этого поднятия является развитие относительно густой гидросети. Выступ имеет размеры 13 x 9 км. Он контролирует междуречное пространство Москвы, Яузы и Лихоборки. На этой территории город Москва развивается с древнейших времён. Центр Центральномосковского блока (выступа) находится северо-западнее Боровицкого холма, на правом берегу реки Неглинки.

Внешняя граница выступа на востоке морфологически выражена долиной реки Яузы, на юге и на западе – долиной р. Москвы, на севере – долиной реки Лихоборки. Территория выступа имеет довольно густую сеть речных долин многочисленных притоков вышеназванных рек. Здесь развиты долины притоков р. Москвы – р. Ходынка с притоками Таракановка и Куминский овраг, Ермаковский ручей, р. Студенец, ручей у Камушков, р. Пресня с притоками Кабанка, Бубна, р. Черторый с притоком Сивка, р. Неглинка с притоками Самотёка, Напрудная, Капля, р. Сорочка, р. Рачка; долины притоков Яузы – р. Черногрязка, р. Ольховка с притоками Ольховец и Кукуй, р. Рыбинка, р. Олений ручей, р. Путяевский ручей, р. Копытовка с притоком Студенец, р. Горячка; долины притоков р. Лихоборки – реки Каменка и Жабенка.

Несмотря на то, что русла практически всех этих малых рек-притоков заключены в подземные коллекторы, их внутригрунтовая деятельность продолжается. Происходит площадное движение грунтовых вод, направленное от водоразделов к долинам, а далее – линейное движение вод по скрытым от наблюдения долинам к долинам основных дрен – рекам Москве, Яузе, Лихоборке. Движение вод, несомненно, сопровождается выносом частиц вмещающих пород, что дает предпосылки к развитию суффозионных и карстово-суффозионных процессов и, как следствие, к формированию провалов грунта. Недоучет этих гидрогеологических условий при интенсивных техногенных воздействиях привели, например, к возникновению глубокого провала на улице Большая Дмитровка, провала в долине р. Неглинки.

В пределах Центральномосковского выступа, по данным бурения, верхняя часть осадочного чехла имеет характер поднятия, что наблюдается в положении поверхностей отложений, сформировавших этот блок. Так, абсолютные отметки современной земной поверхности на водораздельных пространствах составляют 160-185 м, погребённой поверхности дочетвертичных

отложений – 125-145 м, погребённой поверхности юрского водоупора – 118-136 м, погребённой поверхности отложений карбона 112-127 м. По долинам малых рек в погребённых толщах одновозрастных отложений наблюдаются линейные эрозионные врезы, идентичные этим долинам и имеющие глубину до 10-15 м и даже до 30-35 м ниже погребённых водораздельных поверхностей.

Восточная часть Центральномосковского выступа осложнена Малым выступом – площадной структурой размером 6 x 9 км [2]. Западной границей Малого выступа является структурная зона, имеющая субмеридиональную ориентировку. Эта зона представляет собой зону повышенной трещиноватости пород осадочного чехла, к которой приурочена долина р. Неглинки. Она является унаследованной структурно-эрозионной формой и выражена унаследованными врезами в погребённых отложениях мезозойского и каменноугольного возраста. Глубина этих врезов составляет 15-25 м. Абсолютные отметки современной земной поверхности на Яузско-Неглинковой водораздельной площади составляют 155-165 м, погребённой поверхности дочетвертичных отложений – 135-145 м, погребённой поверхности юрского водоупора – 135-140 м, погребённой поверхности отложений карбона 120-130 м. В пределах Неглинковской зоны кровля юрского водоупора снижена на 12-20 м и находится на абсолютных отметках 117-125 м [3].

Южная граница Центральномосковского и Малого выступов проходит по северному борту долины р. Москвы. В структуре кристаллического фундамента этому участку соответствует северное крутое крыло Подмосковного авлакогена [1]. Эта граница является южным ограничением территории со сплошным развитием верхнекаменноугольных отложений. В пределах этой пограничной площади на участке размером 6,6x3,5 км отсутствуют юрские водоупорные глины и под четвертичными образованиями залегают преимущественно среднекаменноугольные отложения, в которых происходит процесс карстообразования.

Юго-западной границей Центральномосковского выступа является Хорошевская структурная зона северо-западной ориентировки. Ширина зоны достигает 1,5 км. Днище зоны расположено на абсолютных отметках 110-94 м. На бортах зоны – развиваются оползневые процессы, а там, где отсутствуют юрские водоупорные глины, активизируются карстовые и суффозионные процессы в трещиноватых каменноугольных известняках.

Линейные структуры в осадочной толще пород в пределах Московского региона достигают глубин в десятки метров. В пределах зон наблюдаются флексуры, изменение мощности и гипсометрического положения одновозрастных отложений, выпадение из геологического разреза отложений отдельных горизонтов. Здесь могут отмечаться гидрогеохимические, гелиевые и электромагнитные аномалии, а также загрязнение подземных вод каменноугольных водоносных горизонтов и комплексов, являющихся источником резервного водоснабжения города Москвы в особый период чрезвычайных ситуаций.

Линейные структуры характеризуются повышенной трещиноватостью и проницаемостью пород, что предопределяет опасность развития и активизации таких процессов, как карст, суффозия, оползни, оплывины, подтопление, оседание земной поверхности, линейный внутригрунтовый сток подземных вод, которые могут активизироваться и развиваться на плотно застроенной территории г. Москвы.

В структурных зонах, в узлах их пересечений и на участках сопряжения площадных структур может возникать повышенная геодинамическая активность, сопровождающаяся малоамплитудными возвратно-поступательными подвижками, которые также способны вызывать негативные природно-техногенные ситуации.

На территории Московского региона, подверженной интенсивному техногенному воздействию (новое строительство, в том числе подземное и высотное; интенсивный водоотбор подземных вод, в том числе шахтный и строительный водоотлив) без региональной оценки структурно-тектонических условий конкретных площадей не обеспечивается понимание причинно-следственных связей развития природных процессов на каждом конкретном участке, а значит, не обеспечивается и их достоверное прогнозирование, оценка опасности и риска.

Информацию о региональных структурно-тектонических особенностях территории необходимо учитывать при экспертной оценке геолого-гидрогеологических и инженерно-геологических условий на локальных участках, планируемых под строительство наземных и подземных объектов; при последующей эксплуатации и реконструкции сооружений, в том числе комплексов зданий и отдельных построек, городских коммуникаций, газопроводов, шоссежных дорог, линий метрополитена; при обосновании видов и объёмов инженерно-геологических изысканий. Региональная структурно-тектоническая информация необходима при ведении геоэкологического мониторинга, для обоснованного принятия решений о рациональном и безопасном использовании недр города Москвы и Московской области.

Литература

1. Москва: геология и город / Гл.ред. В.И.Осипов, О.П.Медведев. – М.: АО «Московские учебники и Картолитография», 1997.

2. Федонкина И.Н. Современная тектоническая структура территории г. Москвы. Современные технологии в строительстве. Образование, наука, практика: м-лы городской научно-практич. конференции. (31 января – 2 февраля 2001 г.). – М.: МГСУ, Изд-во АСВ, 2001. – С. 454-458.

3. *Vasilieva V.P., Fedonkina I.N., Kazakova I.G.* Partikular Qualities of Jura Confining Beds and Technogenic Processes Activation Risks in Moscow Area // International Conference under the aegis of IAEG. – Moscow, Russia, September, 6-8, 2011, p.226-227.

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ МЕРЗЛОТНЫХ ЛАНДШАФТОВ С УЧЕТОМ СУКЦЕССИЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ЛЕНО-АЛДАНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ)

А.А. Шестакова

Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, 677010, г. Якутск,
ул. Мерзлотная 36, (4112)390844, aashest@mail.ru

Введение. Работа посвящена использованию сукцессионных стадий растительности в инженерно-геокриологическом картографировании. Сукцессии представляют процесс закономерной смены растительности в одном и том же местоположении или ландшафте. Имеются первичные и вторичные (антропогенные) сукцессии. В работе рассматриваются вторичные сукцессии, которые возникают после определенных нарушений. На территории Лено-Алданского междуречья они представляют собой сукцессии после пожаров и вырубок. Ранее динамическое состояние инженерно-геокриологических условий практически не отражалось на инженерно-геокриологических картах. Динамический аспект представлен использованием сукцессионных моделей растительности в классификационных ландшафтно-динамических построениях, что позволяет оценить современное состояние и тенденции развития мерзлотных ландшафтов.

Целью работы является совершенствование методики инженерно-геокриологического картографирования посредством применения сукцессионных стадий растительности для показа динамического состояния инженерно-геокриологических условий в процессе картографирования.

В основу работы положен материал, полученный автором при мерзлотно-ландшафтных исследованиях в Якутии за последние 5 лет.

На основе комплексных мерзлотно-ландшафтных исследований на Лено-Алданском междуречье рассмотрены проблемы использования сукцессионных рядов растительности при крупно- (1:25000), средне- (1:200000) и мелкомасштабном (1:2500000) картографировании.

Карты выполнены в двух вариантах: 1 вариант – карты без учета нарушений ландшафтов (сукцессий), составленные по традиционной методике; 2 вариант – карты с учетом нарушений ландшафтов (сукцессиями), составленные по предлагаемой методике.

Методика исследований. Технология составления ландшафтных карт района Лено-Алданского междуречья включает в себя: проведение ландшафтной криоиндикации, классификации ландшафтов с учетом сукцессий растительности, составление слоев цифровой ландшафтной карты – типов местности и типов растительных ассоциаций, а также создание интегральной ландшафтной карты – типов урочищ. Геоботанические элементы карты картографировались с помощью аэрофотоснимков и космоснимков программы GOOGLE EARTH и сцен спутника LANDSAT-7 ETM+, путем выделения

территорий с одинаковыми дешифровочными признаками. Для этого использовались снимки масштабов 1:25000 и 1:50000 соответственно 1978 и 1989 гг. и космоснимки 2002 – 2009 гг. Использование геоинформационных технологий (ГИС), а в частности «Оверлея», или наложения отдельных слоев, позволило существенно упростить ландшафтные классификационные построения.

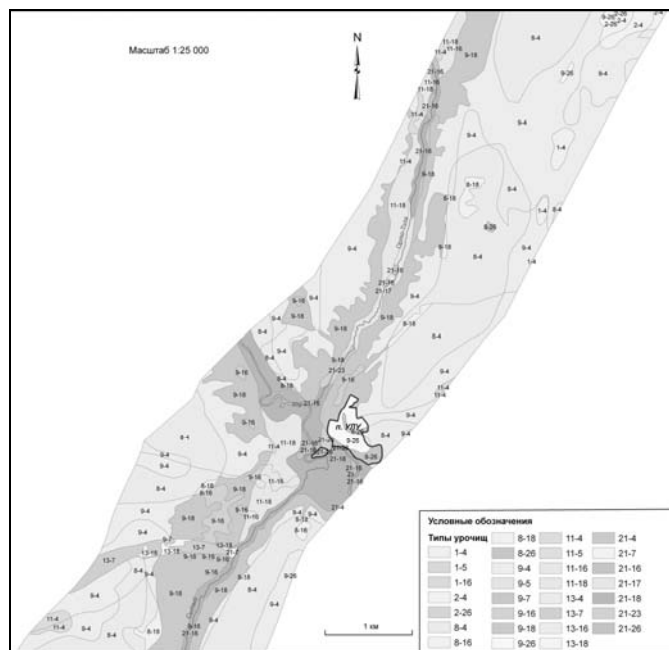
Результаты. Ландшафтную структуру района составляют плакорный, склоновый и мелкодолинный типы местности [4]. Пожары и вырубки играют достаточно большую роль в современных ландшафтах. Так, например, в результате пожаров в 2001–2002 гг. в Центральной Якутии было нарушено 30% территории, что оказало существенное влияние на инженерно-геокриологические условия этого района.

Сукцессионные стадии растительности были разделены на 2 комплекса – до 20 лет и 20–50 лет. Сукцессии до 20 лет представлены порослями березы и лиственницы, часто труднопроходимыми и представляют первую стадию восстановления. Сукцессии 20–50 лет представлены лиственничными тонкоствольными лесами с примесью ели, березы и сосны бруснично-голубично-моховыми. Они определяют стабилизацию ландшафтов и мерзлотных условий. В это время начинает произрастать травяно-кустарничковый покров, идет разреживание древостоя.

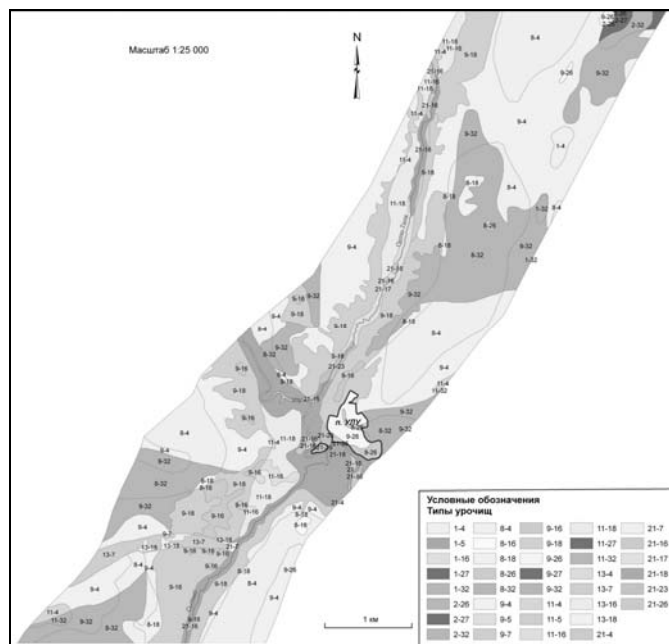
Результаты полевых исследований и изучение фондовых и литературных материалов позволили выделить изменение температуры горных пород и мощности сезонного слоя (СТС) в различных сукцессионных стадиях. Так например, в плакорном и склоновом типах местности в сукцессиях до 20 лет температура горных пород повышается на 0,5...1° С и мощность СТС увеличивается на 1 м. На относительно старых гарях 20-50 лет температура пород и мощность СТС стабилизируются и практически достигают инвариантных значений для ненарушенных ландшафтов.

При крупномасштабном картографировании было выделено 10 растительных сообществ. Наибольшее распространение получили коренные елово-лиственничные голубично-моховые леса (46%). Сукцессии на рассматриваемом участке занимают 16% общей площади. При наложении карты типов местности и растительности было получено 25 классификационных единиц на уровне типов урочищ, из которых 12 единиц представляют сукцессии в различных типах местности (рис. 1). Были составлены ландшафтно-криоиндикационные таблицы основных геокриологических характеристик типов урочищ с сукцессиями для атрибутивных таблиц цифровых карт, при котором были использованы фондовые данные и материалы полевых исследований ИМЗ СО РАН на Лено-Алданском междуречье, полученные с 80-х годов по настоящее время.

При среднемасштабном картографировании было классифицировано 7 типов растительных ассоциаций. Анализ структуры карты природно-территориальных комплексов (ПТК) показывает, что сукцессии распространены повсеместно и занимают в общем 26% всей площади исследуемой территории.



A



B

Рис. 1. Карты типов урочищ без учёта сукцессий (A) и с учётом сукцессий (B). Масштаб 1:25 000

При мелкомасштабном картографировании всего было выделено 9 единиц растительности. Сукцессии на рассматриваемой территории занимают около 10% общей площади. Многие закономерности распределения ландшафтов и мерзлотных характеристик уже показаны на мерзлотно-ландшафтной карте Якутской АССР, где проанализирован большой массив данных [2]. Применение этих данных облегчило решение наших задач и помогло при дальнейшем картографировании.

Таким образом, введение сукцессионных стадий детализирует структуру и показывает динамические стадии развития ландшафтов, что необходимо для картографического отражения современных мерзлотных условий.

На основе проведенных крупно-, средне- и мелкомасштабных криоиндикационных исследований с использованием динамических мерзлотно-ландшафтных классификаций и с помощью атрибутивных таблиц ГИС, в Лено-Алданском междуречье были составлены цифровые тематические мерзлотные карты температуры грунтов, мощности сезонноталого слоя и мерзлотно-геологических процессов, которые отражают закономерности пространственного распределения по различным элементам ландшафтов.

Карта температуры грунтов при крупномасштабном картографировании, составленная на ландшафтной основе без учета сукцессий растительности – по карте типов местности, включает 3 единицы температуры. Карта температуры горных пород с учетом сукцессий растительности включает 7 единиц. Первые 5 единиц температуры грунтов характерны для плакоров и склонов, где были отмечены сукцессии до 20 и 20–50 лет. Здесь использование сукцессий растительности позволяет дифференцировать диапазон температуры грунтов от 0 до $-1,5^{\circ}\text{C}$. Если на карте без учета сукцессий растительности мощность сезонноталого слоя подразделена на 3 единицы, то с ее учетом выделено 5 единиц. Наибольшие значения мощности СТС 2,0–2,5 и 2,5–3,0 м – приурочены к серийным фациям – сукцессиям. В начальных сукцессионных стадиях мерзлотно-геологические процессы активизируются из-за изменений инженерно-геокриологических условий. Наибольшее распространение получили следующие сочетания процессов: морозобойное растрескивание, солифлюкция, эрозия и морозобойное растрескивание, пучение, термокарст. В ландшафтах, где выделены сукцессии, отмечаются карстовые и локальные карстовые просадки.

На среднемасштабной карте температуры грунтов без учета нарушений по данным исследований, проведенных в 1985 г. [1], было выделено 4 единицы. На карте, составленной по предлагаемой методике, всего выделено 9 градаций температуры. Ландшафты с высокими температурами горных пород ($0 \dots -0,5$; $-0,5 \dots -1,0$; $-0,5 \dots -1,5^{\circ}\text{C}$) характерны для сукцессий до 20 и 20 – 50 лет в различных типах местности. Они занимают около 27% общей площади территории. Карта мощности СТС по традиционной методике включает 4 единицы, а по предлагаемой автором методике 5 единиц. На урочищах, где выделены сукцессии, мощность СТС изменяется от 1,5 до 3,0 м. Наибольшее распространение получили морозобойное растрескивание, солифлюкция и эрозия.

В качестве карты типов местности, составленной по традиционной методике, был выбран фрагмент из мерзлотно-ландшафтной карты Якутской АССР [2], где выделено 6 типов местности. Карта температуры грунтов, составленная на базе мерзлотно-ландшафтной карты Якутии [2], включает 4 классификационные единицы. Карта температуры горных пород, составленная по данным Геокриологической карты СССР [3], включает также 4 единицы. По предлагаемой методике всего выделено 5 единиц температуры. На ландшафтах, где были отмечены сукцессии, температура грунтов изменяется в пределах $-0,5 \dots -1,0$ и $-0,5 \dots -1,5^\circ \text{C}$. Они занимают около 10% общей площади района. По данным мерзлотно-ландшафтной карты Якутии [2] мощность СТС подразделяется на 5 категорий. Обработка значений мощности сезонноталого слоя с помощью атрибутивной таблицы по предлагаемой методике позволила получить 11 единиц. Среди мерзлотно-геологических процессов наиболее характерны морозобойное растрескивание, солифлюкция и термокарст.

Составленные разномасштабные мерзлотно-ландшафтные карты послужили основой для создания карты устойчивости ПТК к техногенным воздействиям. Анализ карты устойчивости ПТК показал, что наибольшие площади (88, 43, 57%) занимают относительно неустойчивые ПТК на склонах, соответственно при крупно-, средне- и мелкомасштабном картографировании [4]. Относительно устойчивые ПТК на плакорах занимают сравнительно большие площади при средне- (34%) и мелкомасштабном (39%) картографировании. Нижние части подножий склонов, ложбинные и мелкодолинные ПТК отнесены к неустойчивым и занимают 20% общей площади при среднемасштабном картографировании. Устойчивые ПТК распространены незначительно и занимают до 3%.

Выводы.

1. Усовершенствована методика картографирования инженерно-геокриологических условий мерзлотных ландшафтов с применением сукцессионных рядов растительности и ГИС-технологий. Применение современных ГИС-технологий упрощает классификационные построения с использованием «оверлея» (наложения) отдельных слоев и облегчает процесс классификации ландшафтов.

2. В результате ландшафтных и инженерно-геокриологических исследований на территории Лено-Алданского междуречья дан сравнительный анализ естественных и нарушенных мерзлотных ландшафтов по основным геокриологическим характеристикам. Результаты анализа показали, что температура горных пород в сукцессиях повышается на 1°C и мощность сезоннопротаивающего слоя увеличивается на $0,5 - 1$ м по сравнению с естественными мерзлотными ландшафтами. Среди мерзлотно-геологических процессов активизировались термокарст, солифлюкция и эрозия.

3. Использование сукцессионных моделей в качестве индикаторов в классификационных ландшафтно-динамических построениях позволили оценить современное состояние и тенденции развития мерзлотных ландшафтов

на Лено-Алданском междуречье, показывая восстановление как ландшафтных, так и мерзлотных условий.

4. Составленные по атрибутивным таблицам и с учетом сукцессий растительности крупно-, средне- и мелкомасштабные цифровые карты температуры грунтов, мощности сезоннопротаивающего слоя и мерзлотно-геологических процессов отражают современное состояние мерзлотных ландшафтов и позволяют более детально оценить пространственно-временные закономерности их развития.

Литература

1. Босиков Н.П., Васильев И.С., Фёдоров А.Н. Мерзлотные ландшафты зоны освоения Лено-Алданского междуречья. – Якутск: Изд-во Института мерзлотоведения СО АН СССР, 1985. – 124 с.

2. Мерзлотные ландшафты Якутии (Пояснительная записка к Мерзлотно-ландшафтной карте Якутской АССР масштаба 1:2 500 000) / А.Н. Федоров, Т.А. Ботулу, С.П. Варламов и др. – Новосибирск: ГУГК, 1989. – 170 с.

3. Геокриологическая карта СССР. Масштаб 1:2 500 000 / Гл. ред. Э.Д. Ершов. – М.: МГУ, 1991. – 16 л.

4. Шестакова А.А. Учёт инженерно-геокриологических условий в оценке устойчивости ландшафтов трассы железной дороги Томмот-Якутск на участке Томмот-Улу // Материалы V Международной научной конференции студентов и аспирантов, посвященной 90-летию Днепропетровского национального университета «География, геоэкология, геология: опыт научных исследований». Выпуск 5. – Днепропетровск, 2008. – С. 484-490.

ПРИНЦИПЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ТИПИЗАЦИИ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ИХ СТРОИТЕЛЬНОГО ОСВОЕНИЯ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ

Н.Л. Шешеня

Открытое акционерное общество «Производственный и научно-исследовательский институт инженерных изысканий в строительстве». 105187, Москва, Окружной пр-д, 18. тел. факс 8 (499) 369-76-21, sheshenya@mail.ru.

Анализ современной информационной базы изысканий на территории любого города показывает, что ее использование связано с определенными трудностями. Они вызваны тем, что изыскания выполнялись различными организациями в разное время и, главное, по различным методикам и программам. Эти изыскания не систематизированы. Поэтому решение проблемы инженерно-геологической типизации территории города требует приведения данной информации к качественному единому уровню. Наиболее важными и

существенными признаками (факторами) для обоснования вариантов размещения намечаемых строительных объектов, инженерной защиты с целью безаварийной их эксплуатации и сведения к минимальному риску воздействия на них опасных проявлений природных и природно-техногенных процессов являются те из них, которые характеризуют:

- сложившиеся на период намечаемой застройки природно-техногенные инженерно-геологические условия;
- вероятность (риск) изменения указанных условий, то есть ущербных проявлений опасных природно-техногенных процессов (характерных для территории), их активизации или новообразования.

Отобранные таким образом признаки следует считать критериями для прогнозов изменений инженерно-геологических условий территории каждого инженерно-геологического типа под воздействием строительных объектов и иной хозяйственной деятельности человека, включая и мероприятия инженерной защиты. Указанную типизацию надлежит выполнять на регионально-геологической основе. Это означает, что регион, который характеризуется строго определенным формационным и геолого-генетическим набором отложений, сформировавшихся в одинаковых тектонических условиях и измененных при одинаковом режиме и направленности новейших и современных тектонических движений, а также при сходных климатических условиях и существующем функциональном профиле застройки, будет иметь вполне определенный набор инженерно-геологических типов городских территорий.

В один инженерно-геологический тип предлагается объединять территории (участки), исходя из следующих принципов.

1. Территории сложены одним набором литолого-генетических или петрографических типов пород в равной степени литифицированных, гипергенно измененных процессами выветривания, разгрузки и под воздействием различных техногенных факторов. При этом если в зоне взаимодействия проектируемых зданий и сооружений будут находиться массивы пород, сложенные дисперсными грунтами с преобладанием ионно-электростатических и структурных молекулярных связей, следует учитывать такие основные эмпирически подтвержденные закономерности:

- глинистые грунты *Na*-монтмориллонитового состава твердой консистенции в природных условиях при техногенном взаимодействии с водой сильно набухают (давление набухания может колебаться в пределах $0,48 \div 2,5$ МПа) и приобретают свойство незатухающей ползучести. На склонах, откосах строительных выемок и бортах оврагов высотой ≥ 7 м и крутизной $\geq 4^\circ$ образуются оползни выдавливания (незатухающей ползучести). Основным мероприятием защиты в этих случаях является исключение обводнения грунтов до достижения ими влажности набухания. Если грунты приобрели эту влажность, тогда в качестве защитных мероприятий могут быть запроектированы удерживающие сооружения – контрбанкеты; подпорные стенки, буронабивные напряженные сваи с их заглублением ниже поверхности смещения на 5,0 м – они применяются при отсутствии свободных площадей для укладки контрбанкета;

– глинистые грунты любого минерального состава твердой консистенции в природных условиях, содержащие более 3% примесей гипса, или пирита, или органического вещества при взаимодействии с водой (или со щелочными и кислыми водами) приобретают свойство текучести. На склонах, откосах строительных выемок и бортах оврагов высотой ≥ 7 м и крутизной $\geq 2^\circ$ образуются оползни течения. Здесь также необходимо исключить условия обводнения грунтов. В противном случае, в верхней части склонов выполняется полукольцевой дренаж или с помощью скважин, или в виде верховой нагорной канавы для перехвата подземных и поверхностных вод и их сброса за пределы склонов;

– водонасыщенные тонкозернистые и пылеватые пески, содержащие более 5% глинистых частиц монтмориллонитового состава или органического вещества, при статических и динамических нагрузках обладают плавунными свойствами. На склонах, откосах и бортах оврагов высотой ≥ 7 м и крутизной $\geq 12^\circ$ образуются оползни течения. Аналогичные свойства имеют водонасыщенные дисперсные грунты с защемленными газообразными соединениями, продуктами жизнедеятельности микроорганизмов, которые могут создавать давление в поровой воде до 0,4 МПа;

– дисперсные грунты с сульфатными, карбонатными и железистыми соединениями при взаимодействии с водой выщелачиваются, а в приконтактных с грунтовыми или подземными водами зонах образуются ослабленные прослои, к которым могут быть приурочены поверхности смещения вязкопластических оползней. Защита подобных склонов с помощью различного типа свай не эффективна, поскольку грунты оползня будут обтекать сваи;

– сыпучие слюдистые разномерные пески являются суффозионно-неустойчивыми, легко размываются поверхностными водами с образованием на склонах, откосах строительных выемок, бортах оврагов высотой ≥ 7 м и крутизной $\geq 14^\circ$ оползней течения. Для этих склонов также будут не эффективными любые типы свай;

– при взаимодействии с поверхностными водами моренных суглинков днепровской стадии оледенения и повышении их естественной влажности на 10-20% в массиве формируются зоны низких значений показателей сдвига (угол внутреннего трения снижается до 8° против расчетного значения 16° , сцепление – до 0,006 МПа, против расчетного -0,25 МПа). На склонах эти зоны являются наиболее вероятными поверхностями смещения пакетов и слоев грунтов с образованием оползней блокового типа;

– супеси твердой консистенции в природных условиях при дополнительном техногенном увеличении их естественной влажности всего на 4-6% приобретают текучую консистенцию, способны вытекать из под фундаментов зданий, со склонов и откосов строительных выемок с образованием оползней вязкопластического течения при углах внутреннего трения 6° , сцеплении – 0,002 МПа;

– разномерные пылеватые пески являются суффозионно-неустойчивыми (с выносом мелких и пылеватых фракций в зону разгрузки подземных вод на поверхности склонов, откосов строительных выемок) при гради-

ентах их потока $\geq 0,01$ и скорости потока $\geq 1,0$ м/сутки. Такие градиенты возникают в периоды водообильных дождей или сбросов техногенных поверхностных вод, аварийных утечек воды из водонесущих коммуникаций и т.п. Следствием этого процесса в данных грунтах является формирование зон разуплотнения и, как результат, оползней течения;

– глинистые грунты любого минерального состава, содержащие более 5% примесей пирита, или хорошо разложившейся органики при воздействии на них динамических нагрузок в сочетании с техногенным обводнением приобретают повышенную способность к проявлению свойств тиксотропии с мгновенной потерей несущих свойств и вытеканием из под фундаментов зданий. Каолинитовые мало гидрофильные глины также разжижаются под воздействием динамических нагрузок. При прекращении таких воздействий грунты медленно восстанавливают свое состояние и прочность.

2. Участки располагаются в пределах одинаковых тектонических структур и геоморфологических элементов рельефа с учетом их техногенного изменения (например, засыпанные древние эрозионные формы). Данные признаки важны, исходя из такой закономерности: периодам резкой активизации новейших тектонических поднятий структурных блоков соответствуют периоды активизации склоновых гравитационных, карстово-суффозионных, эрозионных и абразионных процессов.

Воссоздание палеогеодинамической обстановки территории является необходимым требованием инженерно-геологических изысканий. Участки, объединенные по подобию геоморфологических особенностей их элементов рельефа, относительному возрасту, форме в плане, крутизне будут иметь примерно одинаковую мощность, степень выветривания и разгрузки естественных напряжений в массивах пород, одинаковые вероятности образования некоторых экзогенных процессов (склоновых гравитационных, делювиальных, селевых, эрозионных и т.п.).

3. Участки имеют одинаковую обводненность пород, условия питания и дренирования грунтовых и подземных вод, их техногенного загрязнения. Объединение территорий участков с подобными структурно-тектоническими, геоморфологическими и климатическими условиями и имеющими одинаковый набор грунтов в зоне взаимодействия строительных и иных хозяйственных объектов следует выполнять согласно таким положениям:

– массивы пород содержат одинаковое количество горизонтов грунтовых и подземных вод, вскрываются на одинаковых отметках, имеют сходные условия для поверхностного стока дренируемых вод; одинаковые водообильность, напоры, уклоны их пьезометрических уровней; выщелачивающую агрессивность к породам, их примесям, цементу и металлам;

– в отдельные инженерно-геологические типы объединяются массивы, подземные и грунтовые воды которых имеют:

а) резкую анизотропию в содержании карбонатных сульфатных и железистых соединений, способных при выходе на поверхность или в однослойные дренажи выпадать в осадок и коагулировать породы в приповерхностных частях массивов (или дрен);

б) повышенное содержание сульфатных соединений и свободной углекислоты (наряду с повышенным содержанием сухого остатка).

4. Территории поражены определенным набором опасных природных и природно-техногенных процессов (ОПТГП), характеризующихся подобными условиями их формирования, развития и активизации, одинаковыми моделями и величинами риска освоения и эксплуатации их территории при выборе мероприятий инженерной защиты от проявлений ОПТГП. Для прогнозов изменения инженерно-геологических условий в пределах территории каждого типа и для оценки риска нежелательных последствий от ОПТГП необходимы данные об архитектурных, конструктивных особенностях строительных объектов, их материале, жизненном цикле в ретроспективе, о компонентах геологической среды – пород, поверхностных, грунтовых и подземных вод; геологических процессах; рельефа; физических полей (распределения естественных напряжений, магнитных и т.п.); о бывших и существующих природных и техногенных нагрузках и процессах. Указанная информация составляет представление о функциональном профиле деятельности человека в пределах рассматриваемых территорий. С учетом этого профиля производится выделение инженерно-геологических типов территории. Для каждого типа последовательно исследуются такие парагенетические пары: техногенные нагрузки – реакция компонентов геологической среды (активизация или новообразование геологических процессов – подтопления, карстово-суффозионных, оползневых, эрозионных, незатухающей ползучести глинистых грунтов, просадок лессовидных грунтов и т.п.); воздействие компонентов геологической среды – реакция техногенных объектов (подтопление – затопление фундаментов, снижение несущей способности грунтов оснований, деформации фундаментов, аварийные разрушения зданий и т.п.); воздействие мероприятий инженерной защиты (инженерной подготовки) – строительные объекты и компоненты геологической среды.

Для получения перечисленной информации целесообразно ведение системы мониторинга за инженерно-геологическими условиями осваиваемых территорий и принятия своевременных управленческих решений. При этом под мониторингом понимается постоянно действующая автоматизированная система, состоящая из следующих блоков:

1-й – наблюдений, сбора, хранения информации о геологических, литотехнических и эколого-геологических природных системах;

2-й – оценок способности природных систем воспринимать техногенные нагрузки с пространственно-временными прогнозами изменений в состоянии и проявлений ОПТГП;

3-й – типовых проектов защитных мероприятий, позволяющих быстро разрабатывать и, при необходимости, уточнять их, а затем выдавать проектную документацию защитных мероприятий;

4-й – принятия управленческих решений, т.е., управления процессами с целью поддержания устойчивого динамического равновесия наблюдаемых процессов, среды в целом и человека в ней, или минимизации ущерба от катастрофических проявлений опасных процессов.

Указанная информация должна быть достаточной для составления разновременных карт, отражающих, например: фактические и прогнозные величины ущербов выделенного инженерно-геологического типа территории; геологический, градостроительный и любой иной риск освоения и жизнедеятельности в пределах каждого типа территории с разной степенью опасности проявления необратимых изменений в состоянии процессов; неотложные предупредительные и защитные мероприятия по поддержанию динамической устойчивости территории, ее экологического состояния.

Системы мониторинга снабжаются пакетами программ для обеспечения функционирования спасательных и восстановительных работ; для оперативного прогнозирования инженерно-геологической и экологической обстановки и принятия соответствующих мер в аварийных ситуациях и некоторые другие программы, специфические для каждого инженерно-геологического типа территории.

Мера квазиоднородности территорий выделенных типов подтверждается с помощью математических моделей дисперсионного анализа. Таким образом, территории любого участка типизации являются оптимально необходимой и достаточной площадью для выбора строго определенного вида хозяйственного ее освоения и мероприятий защиты. Она зависит от величины различных видов риска проявления процессов, величин экономических, социальных, моральных, экологических ущербов и задач дальнейшего хозяйственного освоения данных территорий.

3. МОНИТОРИНГ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ ОПАСНОСТЕЙ. ОЦЕНКА ПРИРОДНЫХ РИСКОВ

ОЦЕНКА РИСКА ПОДТОПЛЕНИЯ ПРОЕКТИРУЕМЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ОСТРОВАХ р. АНГАРА (г. ИРКУТСК)

Л.И. Аузина

Иркутский государственный технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.
Тел. 405-108, e-mail: auzina@istu.edu

В настоящее время гражданское строительство в пределах урбанизированных площадей Восточной Сибири занимает все большие территории, в том числе острова крупных рек: Ангары, Енисея и пр. Наиболее актуальным вопросом оказывается оценка риска подтопления проектируемых сооружений [1]. При этом происходит увеличение масштабности исследований и детализация верхней части разреза, сложенного четвертичными отложениями, что осложняет не только корректную постановку задачи, но и выбор моделей, а также методов их анализа.

Проведенные исследования ставили своей целью разработку методики и повышение точности прогноза изменения уровня подземных вод (УПВ) в анизотропном водоносном горизонте на наклонном водоупоре путем оптимизации математической модели и использования метода конечных разностей, а также определение наиболее неблагоприятных для строительства участков.

В качестве типичного примера в работе приводятся результаты, полученные при изучении территории острова им. Кирова, расположенного на слиянии рек Ангары и Иркуты (рис. 1), ограничивающих площадь с востока-северо-востока и юга соответственно, с запада-северо-запада остров ограничен протокой Курейка. Разрез имеет двухслойное строение: верхняя часть сложена гравийно-галечными с коэффициентами фильтрации K_f от 100 до 300 м/сут и более, которые перекрываются супесями и суглинками с K_f менее 1 м/сут, уровень подземных вод расположен на глубине 3-4 м от поверхности земли. Уклон подошвы горизонта изменяется в довольно широких пределах: от 0,00088 до 0,05. Водоносный горизонт четвертичных отложений подстилается песчаниками юрского возраста, средние значения K_f которых на территории города составляют 2-5 м/сут.

При этом отмечается перетекание подземных вод юрских отложений в вышележащий горизонт, что говорит о наличии гидравлической взаимосвязи этих водоносных подразделений и напорном характере подземных вод в первом их них.

Схематизация природных условий проводилась в соответствии с существующими рекомендациями [5]. Вертикальное строение принято двухслойным, при этом основной водоносный горизонт четвертичных отложений имеет достаточно сложное анизотропное строение. Горизонтальная неравномерная разбивка потока на фрагменты позволяет представить его как однородно-изотропный. Подстилающим является менее проницаемый горизонт, приуроченный к юрским породам. Поскольку морфология подошвы четвертичных отложений весьма изменчива, мощность основного горизонта изменяется в широких пределах. В связи с этим при моделировании использовался метод фрагментов, позволивший учесть анизотропию вмещающих пород, различный уклон поверхности УПВ и положение подошвы основного водоносного горизонта. Гидравлический режим аллювиального горизонта рассматривается как безнапорный. За границы геофильтрационной модели приняты р. Иркут, р. Ангара и протока Курейка (ГУ первого рода). Уклон подошвы аллювиального горизонта учитывался при задании абсолютных отметок подошвы четвертичных отложений в выделенных фрагментах пласта. При градиенте менее 0,01 граница раздела рассматривалась как горизонтальная [3]. Инфильтрационное питание принято равномерным по всей площади, его влияние на изменение УПВ на данном этапе моделирования не учитывалось, поскольку инфильтрационное питание в однородных пластах не влияет на характер стационарного подпора [2]. Модель рассматривалась как стационарная, детерминированная, т.е. в рамках выделенных временных периодов развития паводка элементы потоков подземных и поверхностных вод (уровень и расход) оставались неизменными. Прогноз стационарного подпора заключался в построении депрессионной кривой на завершающей стадии определенного временного интервала, отвечающего принятым граничным условиям.

Распределение уровней в однородно-изотропном безнапорном пласте при решении одномерной стационарной задачи описывается уравнением Лапласа. Решение этого уравнения в принятых границах с использованием метода конечных разностей производится по уравнению Г.Н. Каменского [2]:



**Рис. 1. Остров им. Кирова.
Ситуационный план**

$$Y_x^2 = h_x^2 + (Y_1^2 - h_1^2) \frac{L-X}{L} + (Y_2^2 - h_2^2) \frac{X}{L}$$

где: h_1, h_2, h_x – мощности грунтового потока у уезов рек и в сечении на расстоянии x от границы в начале расчетного периода, м;

y_1, y_2, y_x – мощности грунтового потока у уезов рек и в сечении на расстоянии x от границы в конце расчетного периода, м;

L – ширина водораздела, м.

При этом изменение ГУ на обеих границах предопределило использование метода суперпозиций [2, 5].

В соответствии со СНиП 2.06.15-85 [3] территория острова на начальном этапе охарактеризована как условно подтопленная, поскольку глубина формирования УПВ на исследуемой территории изменяется от 2,2 м – 2,6 м до 4,5 м – 4,8 м (рис. 2). Таким образом, ситуация может быть отнесена к категории не опасной, близкой к умеренно опасной [4]. Наиболее благоприятный район для инженерного освоения – это юго-западная часть острова.

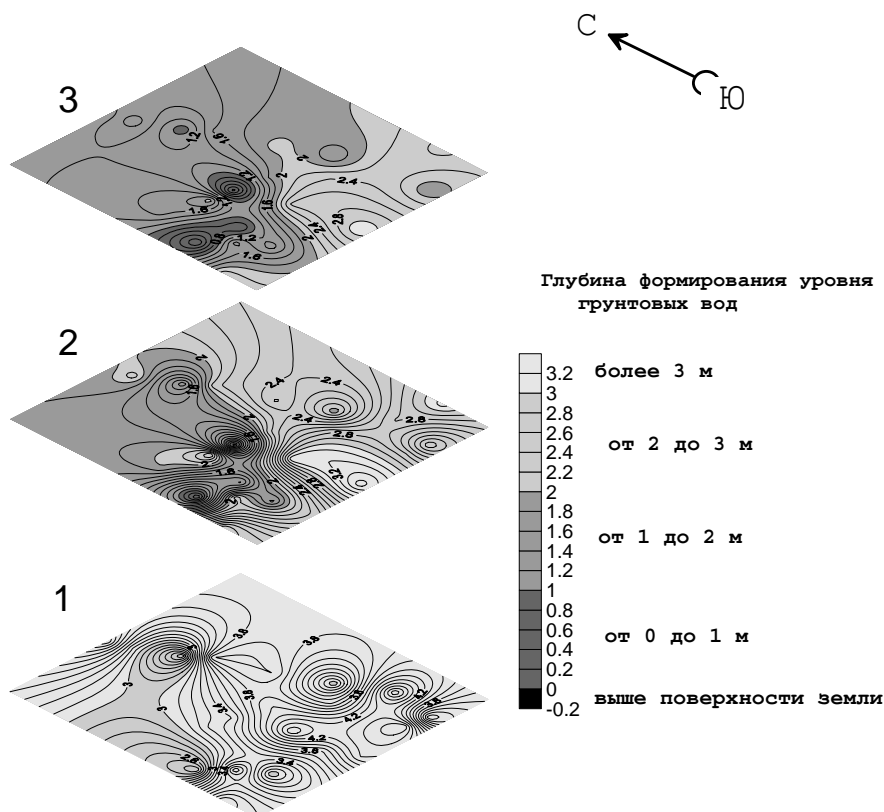


Рис. 2. Схемы глубин формирования УПВ:
 1 – естественный УПВ, 2 – УПВ на первом этапе паводка,
 3 – УПВ на втором этапе паводка

Поэтапное решение прогнозной задачи включало несколько временных промежутков прохождения паводка и соответствующего повышения уровня воды в поверхностных водотоках. В работе представлены два периода: начало (1 этап) и окончание (2 этап) паводка.

В соответствии с выбранной математической моделью были рассчитаны прогнозные депрессионные кривые. Структура потока ПВ заметно изменилась за счет формирования ряда куполов. Такая ситуация носит, скорее всего, весьма непродолжительный характер и связана с моделированием «мгновенного» подъема уровня в водотоках (условие, задаваемое при решении стационарной задачи). Резкое увеличение расхода воды в реках, а значит, и подземного потока приводит к скачку УПВ, который тем заметнее, чем меньше мощность водовмещающих отложений. Следует отметить, что минимальный подъем УПВ (до 1,35 м) происходит на участках с максимальной мощностью аллювиальных пород (до 11,0 м) в общем и гравийно-галечных отложений (до 8,1 м), в частности, и наоборот – наиболее значительное поднятие (до 2,06 м) соответствует участкам, в разрезе которых гравийно-галечные отложения, характеризующиеся максимальными значениями фильтрационных параметров, отсутствуют.

Наименьшие темпы подъема УПВ отмечены на юго-восточной окраине острова, максимальные – в центральной и северо-западной частях. Этот вывод подтверждается и продвижением фронта подтопления: с северо-запада на юго-восток. Общее направление потока несколько изменилось, сместившись к северу территории, что свидетельствует о возросшем влиянии протоки Курейка на формирование гидродинамического режима ПВ во время паводка. Это может быть связано со значительным (для протоки) подъемом уровня воды в Курейке (около 0,5 м) из-за ее слабой пропускной способности, обусловленной незначительной шириной русла. На первом этапе решения прогнозной задачи около 50% территории следует отнести к категории подтопленной (глубина УГВ менее 2 м от поверхности земли), процесс рассматривается как опасный [4]. Затопленными могут считаться небольшие участки в западной и центральной частях. На втором этапе ситуация значительно меняется и подтопленная территория занимает уже 75-80 % исследуемой площади. Затопленная площадь также возрастает. Процесс характеризуется как чрезвычайно опасный.

Таким образом, применение метода конечных разностей при моделировании анизотропных водоносных горизонтов на наклонном водоупоре дает возможность решать прогнозные задачи повышения УПВ и оценивать риск подтопления проектируемых сооружений, используя детерминированные модели, тем самым упрощая математическое описание исходных условий и сам процесс моделирования, а также использовать стандартный математический аппарат при решении достаточно сложных задач в условиях нестационарной фильтрации. Кроме того, выявленная взаимосвязь между характером повышения УПВ и мощностью гравийно-галечных отложений в общей толще рыхлых пород позволит производить предварительные прогнозы повышения УПВ в аналогичных геолого-гидрогеологических условиях.

Литература

1. *Аузина Л.И.* Экологические проблемы гидросферы урбанизированных территорий и пути их решения // Проблемы водных ресурсов геотермии и геоэкологии. – Минск: ИГиГ НАН Беларуси, 2005. – С. 11-13.
2. *Гавич И.К.* Гидрогеодинамика. – М.: Недра, 1988. – 349 с.
3. СНиП 2.06.15-85. Инженерная защита территории от затопления и подтопления. – М.: Госстрой СССР, 1988. – 17 с.
4. СНиП 22-01-95. Геофизика опасных природных воздействий. – М.: МинСтрой России, 1996. – 10 с.
5. Справочное пособие к СНиП- 2.06.15-85. Прогнозы подтопления и расчет дренажных систем на застраиваемых и застроенных территориях. – М.: Стройиздат, 1991. – 450 с.

НЕКОТОРЫЕ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛЁССОВОГО ПСЕВДОКАРСТА

О.К. Вдовина*, А.А. Лаврусевич, Г.В. Карабаев***

* Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов ИМГРЭ,
121357, Москва, ул. Вересаева, 15, Тел.: (495) 444-06-23; факс: (495) 443-90-43,
e-mail:imgre@imgre.ru

** Московский государственный строительный университет МГСУ, Ярославское шоссе 26,
129337, Москва, тел. +7 495 500 84 26
e-mail:lavrusevich@yandex.ru

Лёссовый псевдокарст – результат гидромеханических, гравитационных, биологических и физико-химических зональных процессов, протекающих в недоуплотненных лёссовых породах при их избыточном, как правило, техногенном увлажнении. Последнее приводит к механическому и отчасти химическому выносу веществ с образованием форм, очень напоминающих типичные карстовые: воронки, колодцы, провалы, пещеры, тоннели, останцы и др. [5].

При поражении массива лёссовых пород псевдокарстом он перестает быть достаточно надежным основанием какого-либо сооружения или, допустим, утрачивает функцию воспроизводства сельхозпродукции вследствие нарушения целостности массива. В таком случае, можно говорить об уязвимости данного материального объекта (лёссового массива). Уязвимость – свойство материального объекта утрачивать способность к выполнению своих естественных или заданных функций в результате воздействия опасного процесса [7].

Классификация факторов, влияющих на уязвимость лёссовых массивов (территорий), проводится по девяти признакам, которые называются показателями уязвимости [12]. Однако, среди факторов, влияющих на уязвимость

лѣссовых массивов при развитии псевдокарста, эколого-геохимический фактор до сих пор детально не рассматривался и не оценивался. Действительно, до эпохи бурного развития техногенеза, этого и не требовалось. В природных условиях лѣссовый псевдокарст развивается медленно. Содержание карбонатов (кальцит, доломит, сидерит) в типичных лѣссах – от 8 до 24% при среднем значении 12%, а содержание легкорастворимых солей не более 1,5% [4]. Лѣсс – достаточно прочная порода, способная держать столетиями вертикальные откосы до нескольких десятков метров. Вертикальность и прочность лѣссов связана с порами или каналами фитогенного происхождения, присутствующими в лѣссе, и армированными аутигенными минералами. Поэтому карбонаты и легкорастворимые соединения при техногенном воздействии в результате химических реакций с агрессивными агентами ОС «подготавливают» лѣссовый массив, уменьшая его прочностные характеристики. Необходимо учесть, что с лѣссовыми породами связано исключительное плодородие сельскохозяйственных земель. Они являются почвообразующей породой уникальных черноземов, что влечет за собой концентрацию большого количества населения на этих благодатных территориях, и, как следствие, строительство промышленных и гражданских объектов, что, в свою очередь, требует большого количества воды. Взаимодействие системы вода – лѣссовый массив приводит к развитию лѣссового псевдокарста. В природных условиях лѣссовый псевдокарст редко вызывает катастрофические ситуации. При техногенной же нагрузке этому способствуют высоко агрессивные сточные воды, а так же многочисленные химические элементы, в избытке присутствующие на территориях различного функционального использования территорий при техногенезе (табл. 1).

Достаточный фактический материал [6, 7, 8] позволил определить следующий ранжированный ряд по степени токсичности и величине загрязнения для территорий различного функционального использования земель: промышленный – транспортный – селитебный – сельскохозяйственный – лесохозяйственный – природоохранный. При этом были определены химические элементы-индикаторы территорий различного хозяйственного использования. Например, для сельскохозяйственного типа использования земель это F, Sr, редкоземельные элементы, для лесохозяйственного – хлор-фосфорсодержащие органические соединения.

Надо отметить, что вышеупомянутые химические элементы, характерные для сельскохозяйственного и лесохозяйственного типа использования земель, очень активные. Рассмотрим поведение фтора. Он в ряду электроотрицательности неметаллов стоит первым. А это значит, что фтор активно вытесняет хлор из всех или почти всех соединений и процесс вымывания растворимых солей из лѣсса и лѣссовидных пород идет гораздо быстрее. Кроме того, избыточные ионы хлора, соединяясь с ионами водорода, растворяют карбонаты кальция. Последнее наиболее вероятно в выщелоченных и оподзоленных черноземах, где небольшое количество обменного водорода всегда

содержится в почвенном поглощающем комплексе верхнего горизонта профиля [3].

Таблица 1

**Элементы-индикаторы земель различного функционального использования
(по данным Н.Я. Трефиловой [10])**

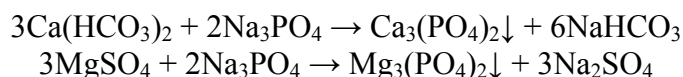
Тип использования земель		Элементы – индикаторы загрязнения
Природоохранный (природные, национальные, дендрологические парки, ботанические сады)		Природные содержания химических элементов
Промышленный	Черной металлургии	Mn, Cr, V, Fe
	Цветной металлургии	Zn, Pb, Cr, Ni, Cu (Sb, Ag, Mg, Cd, In, Bi, Sn, As, Ti, W, Mo, B)
	Машиностроения и металлообработки	Zn, Pb, Cr, Ni, Cu (W, Sn, Co, Mo, V, Sb, Mn, Bi, Se)
	Химической	S, N, органические соединения, (W, Hg, Cd, Sb, Sn, Hf, Ag, Zn, Sn, Cu, Bi, Pb, Nb, Mo, Ni)
	Энергетической	S, V, Ge, редкоземельные элементы
	Стройматериалов	Редкоземельные элементы
	Лесной и лесоперерабатывающей	Органические соединения
	Полиграфической	Zn
	Легкой	Cr, Zn, Hg
	Пищевой	Органические соединения
Транспортный		Pb, Ni, Cr, V, Cu, Zn
Селитебный		Ag, Zn, Pb, а также элементы промышленных предприятий
Лесохозяйственный (лесопарки и городские леса)		Хлор-фосфорсодержащие органические соединения
Сельскохозяйственный	с минеральными удобрениями	F, Sr, редкоземельные элементы
	с нетрадиционными видами удобрений (промышленные и бытовые отходы)	Hg, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Sn, Ag

Стронций (Sr) – очень энергично взаимодействует с водой, образуя гидроксид $Sr(OH)_2$ – основание более сильное, чем $Ca(OH)_2$. Таким образом, получается, что и карбонаты, содержание которых в типичных лёссах до 24%, так же подвержены более интенсивному растворению при сельскохозяйственном освоении территории с подстилающими лёссовыми массивами.

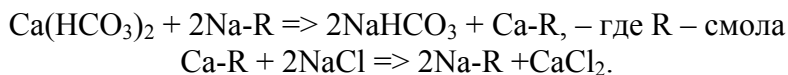
Рассмотрим сценарий взаимодействия типичных элементов-индикаторов земель промышленного освоения с почвами и подстилающими их лёссами. Многие тяжелые металлы, а так же органические соединения являются катализаторами обменных реакций, особенно при закислении почв, которое

типично при промышленном освоении территорий. По данным В.С. Аржановой, П.В. Елпатьевского, на кислотность вод может влиять избыток тяжелых металлов [2]. По экспериментальным данным Е. Gjessing [11] в результате обменных реакций почв, почвенных растворов и вод с катионами Na, Mg, Zn, Pb, Cu и др. происходит подкисление среды до 0,2-0,3 рН.

В вышеупомянутой таблице не приводятся элементы-загрязнители от деятельности жилищно-коммунальных хозяйств, а они вносят немалый вклад в изменение равновесия окружающей среды. При утечках из водонесущих коммуникаций в грунты попадает большое количество ионов натрия, а иногда и хлора. Они находятся в составе солей, используемых при водоподготовке во многих котельных. Для водоподготовки паровых систем с целью уменьшения жесткости воды используются ортофосфаты и гидрокарбонаты натрия. Лучшим реагентом для устранения общей жесткости воды является ортофосфат натрия Na_3PO_4 , входящий в состав большинства препаратов бытового и промышленного назначения:



Ортофосфаты кальция и магния очень плохо растворимы в воде, поэтому легко отделяются механическим фильтрованием. Другой принцип водоподготовки так же основан на удалении из воды солей жесткости (Ca^{+2} , Mg^{+2}) методом ионного обмена. Очистка проводится автоматически обратной промывкой фильтрующей среды водой, для восстановления ионообменного ресурса используется поваренная соль (NaCl). При использовании соли протекают реакции: сначала умягчения, а затем регенерации:



В водной среде эти соединения находятся в диссоциированном виде. Попадая в лёссовый массив, ионы натрия, при определенных условиях (сюда относятся большая пористость лёссов, довольно высокая температура воды, ее пониженная относительно фона минерализация и пр.) взаимодействуют с карбонатами и увеличивают их растворимость. С другой стороны, и анионы HCO_3 при сдвиге равновесия могут вести себя агрессивно по отношению к карбонатам, выщелачивая их [9]. Сдвиг же равновесия (в сторону избытка угольной кислоты) обычно происходит при нарушении целостности массива. При образовании полостей происходит, как правило, дегазация, меняется тип газонасыщения вод, происходит распреснение, а иногда и изменения рН [1].

Все вышеописанные геохимические процессы, характерные для территорий с высокой техногенной нагрузкой, способствуют активизации псевдокарста в лёссовых породах. Поэтому эколого-геохимический фактор уязвимости лёссов требует учета в расчете рисков при выборе местоположения строительных объектов.

Литература

1. *Андрейчук В.Н.* Техногенный карстогенез: Автореферат докт. диссертации. – 1995. – 45 с.
2. *Аржанова В.С., Елпатьевский П.В.* Геохимия ландшафтов и техногенез. – М.: Наука, 1990. – 196 с.
3. *Егоров В.В., Фридланд В.М., Иванов Е.Н.* и др. Классификация и диагностика почв СССР. – М.: изд. Колос, 1977. – 221 с.
4. *Кригер Н.И., Ботников В.И., Лаврусевич С.А.* и др. Псевдокарст в лёссовых породах // Геоморфология. – 1983. – № 3. – С. 79-84.
5. *Лаврусевич А.А.* Некоторые особенности инженерно-геологических изысканий на территориях пораженных лёссовым псевдокарстом // Инженерные изыскания. – 2010. – № 10. – С. 20-23.
6. Методические рекомендации по определению степени загрязнения городских почв и проведению инвентаризации территорий, требующих рекультивации. – М.: ИМГРЭ, 2004. – 29 с.
7. *Природные риски в России.* Т. 6. Оценка и управление природными рисками / Под. ред. А.Л. Рагозина. – М., 2003. – 320 с.
8. *Саев Ю.Е., Ревич Б.А.* и др. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990. – 334 с.
9. Справочное руководство гидрогеолога. – М.: Гостопиздат, 1959. – 836 с.
10. *Трефилова Н.Я.* Геохимическая специализация территорий различного хозяйственного назначения // Прикладная геохимия. – М.: ИМГРЭ, 2000. – С. 135-143.
11. *Gjessing E.U., Johannesson M.* Potential effects of metals in precipitation of exchangeable humus-hydrogen in soils and surface water // Environ. Biogeochem. Metal Transfer and Ecol. Mass Balances. – 1976. – Vol. 2. – P. 557-563.
12. *Lavrusevich A.A.* Vulnerability array loess from the effects of pseudokarst // Environmental Geosciences and Engineering Survey for. Territory Protection and Population Safety. International conference. EngeoPro, Moscow. – 2011. – P. 69.

ОБ ОДНОЙ НОВОЙ МЕТОДИКЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КРУПНЫХ ОПОЛЗНЕЙ

Ф.Г. Габиров

Азербайджанский архитектурно-строительный
университет, Азербайджан, AZ 1073, г. Баку, ул. А. Султановой 5,
АзАСУ. Тел. (+99450) 3233665, E-mail: farchad@yandex.ru

Оползни – один из самых распространенных экзогенных геологических процессов на территории Азербайджанской Республики. Оползни нередко наносят значительный экономический ущерб как на региональный уровне, так и на государственном уровне.

Современная динамика склонов как выражение общего мобилизма литосферы, взаимодействия основных оболочек земли под влиянием космиче-

ских, планетарных, региональных и локальных факторов является актуальной научной и практической проблемой. Склоновые гравитационные процессы наиболее активное звено в цепи денудационно–аккумулятивных процессов, непосредственно влияющих на жизнь и деятельность человека. В свою очередь и деятельность человеческого общества на современном этапе вносит существенные изменения в характер эволюции геологической среды и, в частности, в характер протекания склоновых гравитационных процессов.

В настоящее время накоплен большой опыт изучения склоновых гравитационных процессов и использования территории, подверженных негативному воздействию этих процессов. Развитие методики прогнозирования оползневых процессов ставит перед инженерами геоэкологами и геотехниками ряд новых требований касающихся увеличения количественной информации о режиме оползневых процессов в пределах большой территории в условиях интенсивного хозяйственного освоения, повышения точности и детальности изучения механизма и динамики оползней различных типов.

Развитие оползневых процессов на Баиловском склоне г. Баку создает проблемы не только инженерно-геологического, но и геоэкологического и социального характера. Оползневые процессы на Баиловском склоне г. Баку имеют большую историю. Возможно, что древний Азербайджанский город Сабаил, развалины которого ныне находятся под водами Каспия, «утонул» не только за счет изменения уровня Каспийского моря, но и в результате крупного оползня. До наших дней сохранились следы древних оползней в виде стенок срыва и цирков. Усиление грунтовых подвижек отмечается с XIX века – с начала освоения территории для строительства и нефтепромысловой деятельности.

Современное техногенное освоение указанной территории привело к интенсификации оползневых процессов. Первый зафиксированный оползень произошел в 1929 году и захватил участок протяженностью более 250 м. В результате смещения грунтов были разрушены трамвайные пути и ряд сооружений. В 1936-1939 гг. произошли оползни на Баиловском склоне, в районе Баиловского моста и обувной фабрики.

Очередные оползневые смещения были отмечены в 1939-1942 гг. в районе зоопарка и здания обувной фабрики, при этом здание обувной фабрики было полностью разрушено. Оползни на Баиловском склоне продолжали развиваться в 1952, 1953, 1957 и 1960 гг. По результатам изучения оползня 1960 г. были выявлены основные причины оползневых процессов. Это интенсивные утечки из водопроводно-канализационной сети непосредственно в грунт склона, нерегулируемые полив растений на поверхности склона, утечка воды из бассейна на территории зоопарка, отсутствие защитного дренажа на склоне, подрезка склона при строительстве дорог и сооружений, эрозия склона.

В феврале 1974 г. произошел оползень, приведший к повреждению подземных коммуникаций, деформациям зданий и сооружений, разрушению шоссежных дорог. С 1992 г. на Баиловском оползневом склоне начали прово-

даться стационарные наблюдения за развитием оползневых процессов геодезическими методами. В 1996 г. прорыв водопроводной линии по улице Т. Багирова в верхней части склона, приведший к длительной утечке, а также утечки из заглубленных в землю резервуаров послужили толчком к развитию мощного оползня. Свою роль сыграли и проливные дожди, прошедшие в июле 1996 г. Бровка срыва совпала с бровкой срыва оползня, произошедшего в 1974 г.

Для установления опорных пунктов для наблюдения за оползневыми реперами выбирали места легкодоступные, с хорошей видимостью, расположенные на устойчивых участках, на бровках и на межоползневых гребнях. После установки опорной сети приступали к назначению оползневых реперов. Выбор оползневых реперов осуществлялся с условием, чтобы лучи, идущие от опорных точек к оползневым реперам, были короткими и пересекались под углами близкими к прямым.

Инструментальные наблюдения за смещениями оползня определялись методом прямых геодезических засечек, заключающихся в изменении направлений, образуемых визирными лучами с нескольких неподвижных точек на данную подвижную. При прямых угловых засечках на каждой опорной точке выбиралось исходное ориентирное направление, от которого измерялись направления на все наблюдаемые оползневые репера.

Даже по этим неполным данным удалось спрогнозировать очередной катастрофический оползень 2000 г. на Баиловском склоне, который произошел в ночь с 6 на 7 марта. В результате оползня были разрушены 17, пришли в негодное состояние 26, повреждены и деформированы более 100 жилых домов. Были разрушены производственные и административные здания в районе проспекта Нефтичлар, в том числе автозаправочная станция «Лукойл». Проезжая часть проспекта, протяженностью более 200 м в результате пластического выпора грунта вышла из строя. Образовались трещины в различных частях склона и в ближайших зданиях и конструкциях. В результате боковых смещений на склоне образовались многочисленные стены срыва и раздробленные блоки горных пород различных размеров. У бровки склона, примыкающего с мемориалу Шехидов, образовалась стена срыва высотой 35-40 м. Размеры территории, захваченной оползнем, составляют 550-600 м с востока на запад. Приблизительная оценка объема оползня составила 10 миллионов м³. Основной причиной данного катастрофического оползня явилось чрезмерное техногенное увлажнение грунтов склона от утечек из ветхих коммуникаций и утечек из резервуаров воды, расположенных на территории телецентра. После оползня 2000 г. были установлены марки на трещинах в районе мемориала Шехидов. Замеры производились с декабря 2000 г. по конец июля 2001 г. Максимальное развитие трещин составило 4,6 мм и на тот момент стабилизировалось.

Из-за отсутствия четкой организации и целенаправленного финансирования даже такой примитивный мониторинг Баиловского склона практически не производился. В 2011 г. в связи с новыми строительными работами в

оползневой части Баиловского склона и другими техногенными факторами деформации на склоне снова начали проявляться в виде трещин.

На основе многолетних исследований нами разработана методика изучения динамики развития оползней в различных стадиях. Особенно эта методика актуальна для территорий с периодической активизацией оползневых процессов. Если до сих пор основное внимание уделялось исследованию развития деформаций, напряжений и других параметров до оползня (обрушения склона) с целью его прогноза, то послеоползневые изменения ситуации на склоне и прилегающих к оползню территориях уделялось очень мало внимания. Нами предложено активно исследовать как дооползневые процессы, так и послеоползневые процессы. По аналогии с методами исследования землетрясений (форшоки, афтершоки) нами предложено дооползневые деформации называть форслайдами, а послеоползневые деформации – афтерслайдами. Проведенные нами на Баиловском склоне исследования показали, что форслайды и афтерслайды имеют свою специфику. У них наблюдаются особые виды проявления. При циклических развитиях оползневых процессов на оползнеопасных склонах особый интерес вызывает процесс перехода афтерслайдов в форслайды. Этот процесс практически не изучен и требует системного анализа.

Для описания сложных процессов циклических оползней предлагается методика, основанная на математическом аппарате развития энергоэнтропии грунтовой среды на различных этапах. Нами в теорию устойчивости грунтовых склонов вводятся понятия ресурса устойчивости (прочности), накопления дефектов и т.д.

Наши исследования показали, что предложенная методика позволяет решать вопросы прогноза оползней, регулирования состояния оползнеопасных склонов, своевременного принятия превентивных мер защиты и выбора оптимальных методов инженерной защиты территорий и сооружений, подверженных воздействию оползней.

О ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ЗАКАРСТОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

А.Я. Гаев, Ю.А. Килин, И.Н. Алферов, Н.С. Алферова

Оренбургский государственный университет, Институт карстоведения и спелеологии РГО

Методика гидрогеохимического картирования территорий, сложных карстующимися гипсами, ангидритами, известняками, доломитами и др., имеет существенные отличия, что обусловлено своеобразием карстовых процессов сульфатного, карбонатного и галоидного типов. В последние годы возросло количество аварий, связанных со строительством и эксплуатацией

различных сооружений и коммуникаций в районах развития карстующихся пород. Аварии в связи с карстом произошли на объектах промышленного и гражданского строительства в Уфе, Держинске, Березниках, Соликамске, Кунгуре и др. [1, 2, 3, 6, 8, 9, 10, 17]. Особенно страдают железные дороги, газо- и нефтепроводы, мосты. Уникальные по интенсивности и плотности проявления карстовые формы наблюдаются на трассах магистральных газопроводов, например Уренгой – Ужгород, 1649-1653 км, что вызывает аварии на газопроводах. Только на территории Пермской области протяженность газопроводов в карстующихся породах превышает 600 км. Чтобы осуществить прогноз и выдать рекомендации по предотвращению аварийных ситуаций, совершенствуются методы количественной оценки карстовых явлений.

Существуют разнообразные методы и подходы к количественной оценке карстовых процессов и геологической деятельности поверхностных и подземных вод [4, 10, 12-15, 19]. В.П. Костарев составил сводку более 40 количественных способов оценки карстового процесса. Он рассмотрел плотность карстовых воронок, среднегодовое число провалов, площадной коэффициент закарстованности, периодичность образования провалов, среднегодовую пораженность площади провалами, условный возраст карстовых воронок, объемный показатель поверхностной закарстованности, показатель подземного стока и т.д. [11, 16]. Эти и другие показатели можно объединить в две группы:

1. Характеризующие общее состояние современной закарстованности территории за весь период развития карстового процесса;
2. Отражающие масштабы и интенсивность карстового процесса в настоящее время с учетом техногенеза.

Показатели второй группы представляют наибольший интерес для эксплуатации коммуникаций, нефте- и газопроводов, железных дорог и др. Из них наибольшую ценность представляют показатели:

1. Морфологические, получаемые путем повторных, систематических карстологических обследований участков.
2. Параметры, отражающие диагностику развития деформаций, выявляемые методами повторного высокоточного нивелирования.
3. Гидрогеохимические и гидролого-гидрогеологические режимные наблюдения за поверхностными и подземными водами с применением гидрогеологических и геофизических методов.

Г.А. Максимович [15] отмечает, что подземная химическая денудация характерна для двух вертикальных гидрогеохимических зон:

1. Для зоны эпигидрогенеза (подзоны интенсивного выветривания), соответствующей зоне аэрации с инфильтрационным и инфлюационным характером циркуляции вод.
2. Для зоны гидрогенеза, соответствующей переходной гидродинамической зоне интенсивного локального подземного стока с периодическим колебанием уровня карстовых вод.

Подземная химическая денудация характеризует объем растворенных веществ, вынесенных подземными водами из карстующегося массива за год. Отнесенная к площади денудируемого массива подземная химическая дену-

дация может отражать условную величину понижения земной поверхности, выраженную в микронах. Для массивов карстующихся сульфатных пород Приуралья Г.А. Максимович определил этот параметр в 117 мкм в среднем для площади в 60 км². При этом он использовал параметр активности карстового процесса ($A=b$ % за тысячелетие) по Н.В. Родионову [14]:

$$A = (V_p/V_o) \cdot 100\%,$$

где V_p – объем растворенной породы, выносимой подземными водами из карстового массива; V_o – общий объем карстующихся пород. Выделяется семь классов активности карста (A): чрезвычайная ($a>10$); очень большая ($a=10\div 1$); большая ($a=1\div 0,1$); значительная ($a=0,1\div 0,01$); малая ($a=0,01\div 0,001$); очень малая ($a=0,001\div 0,0001$); незначительная ($a<0,0001$).

Активность карбонатного карста в одном из районов магистрального газопровода – 0,016 (значительная), а в сульфатных породах – 0,8-1,1 (большая и очень большая). В условиях техногенеза проницаемость пород возрастает из-за буровзрывных работ и высокой температуры газа (до +70° С). Активность сульфатного карста становится чрезвычайной ($A > 10$).

Полевые гидрогеохимические исследования показали, что активность карста в отмеченных гидродинамических зонах хорошо выявляется методами гидрогеохимического картирования. Наиболее активные карстовые процессы и карстоопасные для сооружений зоны формируются вдоль зон сосредоточения подземных вод.

Поверхностные формы карста достаточно легко выявляются в процессе комплексных полевых карстологических работ и их количественная оценка не вызывает больших трудностей. Так, на трассе газопровода у пос. Ясыл установлены уровень общей закарстованности до 50% по площади и высокая интенсивность карстового процесса (до 160-200 форм на км²) в период эксплуатации трубопровода [6, 8]). По нашим данным за годы его эксплуатации коэффициент закарстованности по объему пород достиг 20,6%. Сформировались «дочерние» воронки на месте ранее засыпанных.

Если поверхностные карстовые формы можно оценить количественно точно, то для выявления подземных карстовых полостей используются геофизические методы. В 15-20% случаев они подтверждаются бурением. Для оценки подземных карстовых полостей предлагается использовать и гидрогеохимические методы. Экспериментально установлено, что максимальная интенсивность подземной химической денудации и наиболее активное пещерообразование происходит за счет геологической деятельности вод в гидродинамической зоне сезонных и многолетних колебаний уровня трещинно-карстовых вод. Г.А. Максимович называет эту зону переходной. Мощность ее на водоразделах достигает 20-30 м и более, а в долинах рек – 3-5 м.

Интенсивность подземной химической денудации мы выражаем через относительный модуль химического выноса в т/км²/год на 1 м мощности [4, 5, 7, 18]. Этот параметр в переходной гидродинамической зоне в три раза выше, чем в зоне аэрации. Ниже по разрезу в зоне постоянного горизонтального стока интенсивность подземной химической денудации, судя по этому

параметру, затухает за счет высокой насыщенности вод сульфатами кальция. Воды становятся не агрессивными.

Как уже отмечено, для зоны аэрации или инфлюации мы определяем степень закарстованности с большой точностью наземными и дистанционными методами. По показателям геологической деятельности подземных вод можно достаточно точно оценить параметры закарстованности и переходной гидродинамической зоны. При этом показатели сульфатной агрессивности по В.П. Звереву с дополнениями В.П. Костарева позволяют уточнить отмеченные параметры для каждого конкретного участка и водопункта, отразив их на специальной карте.

Литература

1. *Андрейчук В.Н.* Провалы над гипсовыми пещерами-лабиринтами и оценка устойчивости закарстованных территорий. – Черновцы: Изд-во «Прут», 1999.
2. *Бельтюков Г.В.* Методические вопросы изучения соляного карста на примере месторождений Предуралья. – М.: Геоинформмарк, 1992. – 82 с.
3. *Бураков А.Д.* Карст и планирование строительства на территории с. Шияпники Пермской области // Вопросы карстоведения. – Пермь, 1970. – Вып. 2.
4. *Гаев А.Я.* Гидрогеохимия Урала и вопросы охраны подземных вод. – Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1989. – 368 с.
5. *Гаев А.Я.* О закономерностях и программе изучения карста (на примере Урала) // Инженерная геология карста. Доклады междунар. симпозиума. – Пермь, 1993. – С. 21-25.
6. *Гаев А.Я., Килин Ю.А., Чичелов В.А., Хасанов Р.Н.* Карстовые процессы в районах Предуралья // Газовая промышленность. – 1998. – № 3. – 28 с.
7. *Гаев А.Я., Лушников Е.А.* Интенсивность подземной химической денудации на восточном склоне Среднего Урала // Научн. тр. Ташкентского гос. ун-та. – 1972. – Вып. 432. – С. 92-94.
8. *Гаев А.Я., Самарина В.С., Килин Ю.А.* О гидрохимических исследованиях карста на примере Ирень-Сылвинского междуречья. Материалы научно-методической конференции. Девятое Толстихинское чтения. – СПб.: Изд-во СПб. Горного ин-та, 2000.
9. *Горбунова К.А., Максимович Н.Г., Андрейчук В.Н.* Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области. – Пермь: Изд-во Пермского ун-та. 1990. – 44 с.
10. *Зверев В.П.* Гидрохимические исследования системы гипсы – подземные воды. – М.: Наука, 1967.
11. *Костарев В.П.* К постановке карстомониторинга на трассах магистральных газопроводов Кунгурско-Иренского междуречья // Вопросы инженерных изысканий в Уральском регионе. – Екатеринбург, 1995.
12. *Лушников Е.А.* Геологическая деятельность современных рек Урала и прилегающих равнин. – Воронеж: Изд-во: Воронежского ун-та, 1974. – 124 с.
13. *Макаренко Ф.А.* Зональность подземных вод и ее значение в геологических процессах // Проблемы гидрогеолог. – М., 1960. – С. 155-156.
14. *Максимович Г.А.* Гидрогеохимические зоны платформы // Химическая география и гидрогеохимия. Вып. 3(4). – Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 1964. – С. 101-120.

15. *Максимович Г.А.* Основы карстоведения: Учеб. пособие. Т. 1. – Пермь: Пермское кн. изд-во, 1963. – Т. 1. – 444 с.; 1969. – Т. 2. – 529 с.
16. *Максимович Г.А., Костарев В.П.* Карстовые районы Урала и Приуралья // вопросы физической географии. – Пермь: ПГУ, 1973.
17. Руководство по инженерно-геологическим изысканиям в районах развития карста // Под ред. И.А. Саваренского, Н.А. Миронова. – М.: ПНИИИС Минстроя России, 1995.
18. *Турьшиев А.В.* Гидродинамические и гидрохимические особенности развития карста в карбонатных и сульфатных породах // Проектирование, строительство и эксплуатация земляного полотна в карстовых районах. – М, 1968.
19. Химическая география вод и гидрогеохимия Пермской области / Г.А. Максимович, К.А. Горбунова, И.А. Печеркин и др. – Пермь: Пермское кн. изд-во, 1967. – 180 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ В РАЙОНАХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛЁССОВЫХ ГРУНТОВ (НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ г. ИРКУТСКА)

Н.Н. Гринь

Иркутский государственный технический университет, 664074, Иркутск, Лермонтова, 83,
т. (3952) 405-236, факс. (3952) 405-184, E-mail grinki.i@mail.ru

Инженерно-геологические изыскания, являясь начальным этапом строительства любого объекта, предусматривают комплекс производственных технологических мероприятий, направленных на получение, накопление, обработку инженерно-геологической информации о геологической среде и прогнозе её изменения во времени. Комплексное изучение инженерно-геологических условий площадки проектируемого строительства является основной целью их производства, опираясь на технический проект объекта с учётом рационального использования и охраны геологической среды, а также данных для составления прогноза изменений инженерно-геологических условий при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений [1].

Путь к оптимизации инженерно-экологических (инженерно-геологических) изысканий в строительстве лежит через интеграцию производственных результатов, полученных в рамках нормативных документов, и научных разработок в данной области [3, 4]. Интеграция проводится на базе основных принципов регионального грунтоведения, которые включают генетический подход, комплексирование лабораторных исследований, разработку оптимальной для региона «методической корзины показателей», оценку наиболее опасных свойств грунтов, прогнозирование поведения грунтовых толщ при геодинамических, в том числе техногенных воздействиях [4, 6].

В практике инженерно-геологических изысканий особое значение уделяется наличию в исследуемом разрезе специфических грунтов, обуславливающих развитие в них опасных геологических процессов, как природного, так и техногенного происхождения. Лёссовые грунты, несомненно, входят в эту категорию и поэтому требуют к себе пристального внимания со стороны учёных и инженеров как геологических, так и строительных специальностей [2].

В качестве примера такой интеграции была выбрана площадка, которая является основанием здания ФГУНПП «Иркутскгеофизика», расположенного на правом берегу реки Ангары по ул. Горького, в ходе эксплуатации которого отмечаются деформации наружных стен, характеризующиеся наличием трещин.

В рамках технического задания на проведение инженерно-геологических изысканий были исследованы лёссовые грунты современного аллювиального комплекса (аQ₄), который был вскрыт в пределах первой надпойменной террасы р. Ангары, высотой 4–8 м. Всего было пройдено 9 шурфов с отбором монолитов, как из-под фундамента, так и из противоположной стенки.

Комплексные исследования в рамках этого объекта были проведены для 10-ти образцов (5 шурфов) и заключались в определении параметров микроструктуры по методу структурных диаграмм, величины относительного набухания, прогнозной оценке минерального состава (по «Экспресс-методу – 2»), а так же был реализован «комбинированный метод» определения коэффициента относительной просадочности в лабораторных условиях.

В результате было установлено, что агрегировано-скелетный тип микроструктуры способствует проявлению просадочных деформаций. Особенности микроструктуры подтверждаются низкими значениями плотности скелета ($\rho_d = 1,39–1,55 \text{ г/см}^3$). Степень водонасыщения изменяется в пределах 0,59–0,84 с преобладанием $< 0,80$, что также способствует просадочности. Величина свободного набухания преимущественно менее 4%, только в двух случаях ε_{sw} равно 7,4 и 10,7 % (табл. 1).

Прямые определения просадочности при 0,3 МПа и её расчёт по прогнозному уравнению показали следующее:

1) по методу одной кривой 50% образцов просадочные и 50% – непросадочные;

2) расчётные определения просадочности по уравнению совпали с результатами исследований по методу «одной кривой»;

3) по стандартному методу «двух кривых» оказались просадочными ($\varepsilon_{sl}^2_{0,3} = 0,0104 – 0,0556$) все грунты со степенью влажности $< 0,8$;

4) «комбинированный» метод дал более реальные результаты, близкие значения к данным, определённым по двум первым методам.

Наличие в разрезе лёссовой толщи непросадочных водонасыщенных разновидностей свидетельствует о том, что процесс просадочности проявился локально, что и стало возможной причиной деформации здания.

Таблица 1

**Показатели состава, микроструктуры и свойств
лёссовых грунтов основания здания**

Шурф №	1		5		8		7		9	
<i>лаб №</i>	132	133	138	120	140	139	146	145	149	150
<i>Глубина, м</i>	2,4 из-под фундамента	2,4 напрогив фундамента	2,4 из-под фундамента	2,4 напрогив фундамента	2,5 из-под фундамента	2,5 напрогив фундамента	2,6 из-под фундамента	2,6 напрогив фундамента	2,5 из-под фундамента	2,5 напрогив фундамента
ГМ (прогноз)	Глинистая фракция полиминеральна (<i>Гс, X, К, С</i>) – вариант II									
<i>A, %</i>	13,1	13,2	20,9	12,7	17,1	12,4	14,4	14,0	9,6	11,6
<i>ε_{sw}, %</i>	1,4	1,3	0	7,4	2,1	10,7	2,1	0,4	1,8	3,3
<i>ρ_d, г/см³</i>	1,50	1,40	1,53	1,55	1,47	1,42	1,47	1,39	1,51	1,45
<i>e</i>	0,797	0,917	0,757	0,738	0,830	0,895	0,830	0,942	0,781	0,855
<i>S_r</i>	0,66	0,68	0,72	0,76	0,62	0,66	0,84	0,73	0,76	0,59
<i>ε_{sl np.}</i>	0,0000	0,0008	0,0000	0,0000	0,0084	- 0,0004	0,0000	0,0004	0,0012	0,0000
<i>ε_{sl}¹_{0,3}</i>	0,0084	0,0132	0,0020	0,0008	0,0004	0,0096	0,0004	0,0072	0,0048	0,0080
<i>ε_{sl}²_{0,3}</i>	0,0168	0,0208	0,0428	0,0204	0,0104	0,0460	–	0,0556	0,0188	0,0220
<i>ε_{sl 0,3 комб}</i>	0,0068	–	0,0092	0,0088	–	0,0324	–	0,0364	0,0284	0,0036
<i>ε_{sl 0,3 расч.}</i>	0,012	0,010	0,006	0,002	0,016	0,013	- 0,006	0,007	0,003	0,020

Примечание. **ГМ** – глинистые минералы (*Гс* – гидрослюда, *X* – хлорит, *К* – каолинит, *С* – смектит); *A* – количество агрегатов; *S_r* – степень водонасыщения; *e* – коэффициент пористости; *ρ_d* – плотность скелета грунта; *ε_{sw}* – относительное набухание; *ε_{sl np.}* – коэффициент относительной просадочности, определенный по методу «одной кривой» при природном вертикальном давлении; *ε_{sl}¹_{0,3}* – коэффициент относительной просадочности, определенный по методу «одной кривой» при вертикальном давлении 0,3 МПа; *ε_{sl}²_{0,3}* – коэффициент относительной просадочности, определенный по методу «двух кривых» при вертикальном давлении 0,3 МПа; *ε_{sl 0,3 комб}* – коэффициент относительной просадочности, определенный по «комбинированному» методу при вертикальном давлении 0,3 МПа; *ε_{sl 0,3 расч.}* – коэффициент относительной просадочности, рассчитанный по прогнозному уравнению при вертикальном давлении 0,3 МПа [5].



Рис. 1. Схема информационных блоков по изучению просадочности лёссовых грунтов территории г. Иркутска.

Рекомендации при изучении просадочности лёссовых грунтов территории города Иркутска заключаются в следующем (рис. 1).

1. При инженерно-геологической оценке территории необходим геолого-генетический подход, который заключается в выделении инженерно-геологического элемента внутри геологического комплекса.

2. Для площадки, попадающей в область распространения лёссовых грунтов, рекомендуется, помимо стандартного комплекса исследований, изучение параметров микроструктуры (программа «Микроструктура»).

3. В качестве ведущего фактора проявления набухания и просадочности лёссовых грунтов, рекомендуется изучение минерального состава глинистой фракции с использованием экспресс-методов-1 и -2.

4. Рекомендуется проверка величины свободного набухания. Для набухающих разновидностей лёссовых грунтов территории города Иркутска не рекомендуется использование стандартного метода «двух кривых» [4].

Для определения просадочности лёссовых грунтов Приангарья рекомендуется «комбинированный» метод определения просадочности. Для предварительной оценки относительной просадочности при 0,3 МПа рекомендуется расчётное прогнозируемое уравнение [5].

В процессе эксперимента «комбинированным» методом рекомендуется проводить испытание двух образцов грунта. Один из них нагружают ступенями по 0,05 МПа и водонасыщают при максимальном заданном давлении (чаще при 0,3 МПа). Этот эксперимент позволит смоделировать процесс техногенного изменения грунтового основания при возможном его подтоплении в процессе эксплуатации сооружения.

Вторая часть эксперимента отражает природный характер просадочного процесса. Заключается он в следующем: образец в компрессионном приборе загружают ступенями до достижения давления, которое действует на него в природных условиях, при бытовом давлении; а затем производят замачивание образца до полного его водонасыщения. В результате мы получаем ступень, которая характеризует деформацию лёссовой толщи при ее подтоплении в условиях, приближённых к природным. Далее испытуемый образец доводят ступенями до максимальной вертикальной нагрузки (0,3 МПа). Применение данного метода целесообразно в условиях проявления лёссовыми грунтами свободного набухания при их водонасыщении.

Наиболее приближенные к реальности данные о характере просадочного процесса в лёссовых грунтах нам могут дать полевые исследования, которые заключаются в проведении штамповых испытаний с замачиванием. Однако, эти исследования более трудоёмкие и дорогостоящие, чем лабораторные, что обуславливает целесообразность совершенствования лабораторных методик.

Для оптимизации решения проблемы оценки просадочности хотелось бы порекомендовать проведение полевых испытаний в условиях типичных разрезов лёссовых толщ города Иркутска для сравнения этих результатов с лабораторными экспериментами.

Литература

1. *Ананьев В.П., Потапов А.Д.* Инженерная геология: Учебник для строит. спец. вузов. – 4-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2006. – 575 с.
2. *Гринь Н.Н.* Оценка просадочности лёссовых грунтов территории города Иркутска // Сергеевские чтения. Вып. 9. – М.: ГЕОС, 2007. – С. 22-26

3. *Гринь Н.Н.* Центр геолого-экологических исследований ИрГТУ: интеграция результатов производственных изысканий и научных разработок // Вестник ИрГТУ. – 2007. – № 1. – С. 25.

4. *Рященко Т.Г., Гринь Н.Н.* Комплексный подход и рекомендации при изучении просадочности лёссовых грунтов территории города Иркутска // Геология, поиски и разведка полезных ископаемых и методы геологических исследований / Сборник избранных трудов научно-технической конференции. Вып. 6. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2006. – С. 115-120.

5. *Рященко Т.Г.* Литогенез и инженерно-геологическая оценка четвертичных отложений (Восточная Сибирь) // ИЗК СО АН СССР. – Новосибирск: Наука, 1984. – 164 с.

6. *Рященко Т.Г.* Региональное грунтоведение (Восточная Сибирь). – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2010. – 287 с.

ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОГО И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ДЛЯ РАННИХ СТАДИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ НА ПРИМЕРЕ ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ о. ХОНСЮ

Г.Л. Кофф, И.В. Чеснокова, О.В. Борсукова, О.В. Попова

Институт водных проблем РАН, 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3
Тел.: +7 (499) 135-54-56 Факс: +7 (499) 135-54-15 E-mail: iwapr@aqua.laser.ru

На ранних стадиях проектирования населенных пунктов проводятся инженерно-геологические изыскания, которые должны обеспечивать получение материалов и данных для выбора площадки (трассы) строительства, определения базовой стоимости строительства, принятия принципиальных объемно-планировочных и конструктивных решений по зданиям и сооружениям и их инженерной защите, составления схемы ситуационного плана с размещением объекта строительства и трасс линейных сооружений.

Для территорий населенных пунктов восточного побережья о.Хонсю (Япония) наибольшую опасность представляют сейсмические воздействия и цунами. Риск их проявления и размер возможного ущерба необходимо учитывать при восстановлении разрушенных в марте 2011 г. и при проектировании новых зданий, сооружений и целых населенных пунктов, а также при принятии дальнейших планировочных решений по застройке территории.

Побережье этой части Японии мелководное. Батиаль 200 м располагается в полусотне километров от побережья. За батиалью 200 в 150 км от побережья океанический склон резко погружается, последовательно проходя батиали 600, 1000, 2000 м и уже в двухстах километрах от побережья отмечаются океанические глубины 6500-8000м. Здесь проходит так называемый Японский желоб – глубоководная впадина, переходящая к северу в Курильскую впадину, также характеризующуюся приуроченностью к территории

большинства эпицентров сильных землетрясений. В окрестностях острова Хоккайдо периодически генерируются цунамигенные землетрясения, вызывавшие заметные волны цунами и на Приморском побережье России.

В этой части восточного побережья Хонсю цунамиопасным является узкое террасированное побережье от Тайры и Томиаки до Сендая. Волны цунами, генерируясь от эпицентров цунамигенных землетрясений, заходили в устья рек, пересекающих территории Сендая, Карамати, Иваки, Кацута, а также населенных пунктов, расположенных на полуостровах Бесо и Симода.

Наряду с оценкой современного состояния инженерно-геологических условий исследуемой территории необходимо приводить в техническом отчете о результатах инженерно-геологических изысканий прогноз – качественный и (или) количественный возможных изменений этих условий во времени и в пространстве. Прогноз изменений инженерно-геологических и гидрогеологических условий при изысканиях для разработки предпроектной документации на значительные по размерам территории (схемы комплексной оценки и использования территории, размещения объектов строительства, инженерной защиты территорий и объектов строительства от опасных геологических процессов и т.п.) следует осуществлять, как правило, в форме качественного прогноза с использованием сравнительно-геологических методов (природных аналогов и инженерно-геологических аналогий).

Цунами и землетрясения при формировании ущерба испытывают влияние управляющих признаков: литогенной основы, физико-географического положения населенных пунктов, поверхностной гидросферы, а также типа застройки и элементов инфраструктуры, включая дороги, плотность застройки, экспозицию застройки и линейных объектов по отношению к эпицентрам цунамигенных землетрясений. При проведении статистической обработки данных авторы использовали метод «генератор гипотез». Исходные данные были представлены в бинарной системе, что позволило упростить поиск вероятности определенных событий в зависимости от сочетаний управляющих признаков–причин. В качестве событий рассматривались степень разрушений зданий и сооружений. Диагностическая матрица представлена в виде вероятностного дерева (рис. 1). В основании дерева находится тип геологической среды. На изученной территории выделено 3 основных типа геологической среды: 1) первая аккумулятивная морская терраса, морфологически представляющая пляж; 2) вторая аккумулятивная морская терраса превышающая пляж на 2-4 метра; эта терраса делится на участки шириной от 15-40 до 50-100 м, ширина и высота участков зависит от аккумуляции переносимого вдоль берега песчано-галечникового материала, а также по степени размыва и разрушения берега волнами; 3) к третьему типу геологической среды относятся низкогорья, характеризующиеся холмистым рельефом. Террасовый комплекс и низкогорья прорезаются речными долинами и искусственными каналами. Пространственное расположение элементов вероятностного дерева сопровождается указанием вероятности проявления соответствующих признаков. Последовательно выделяются на вероятностном дереве управляющие

признаки от наиболее влиятельных до наименее влиятельных с позиции ущерба образования. Каждый признак оценивается вероятностями встречаемости в пределах тех или иных территорий. Вероятностное дерево завершается «кроной» подразделенной вероятностной характеристикой распространения разрушенных или поврежденных объектов: зданий, фрагментов трубопроводов, а также движимыми объектами (автомобилями, кораблями и др.).

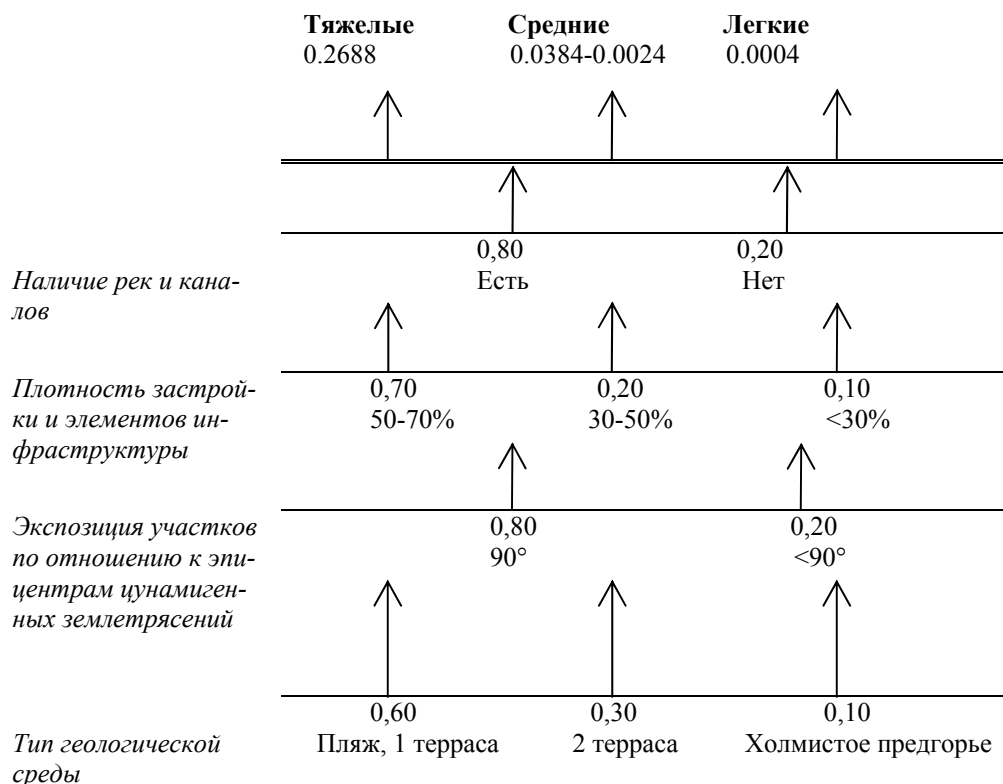


Рис. 1. Вероятностное дерево факторов риска на восточном побережье острова Хонсю

Вторым по влиятельности фактором в дереве является экспозиция соответствующих объектов по отношению к эпицентру ближайшего цунамигенного землетрясения. Выделяется две основных группы экспонированных объектов. Первая группа характеризуется перпендикулярным расположением эпицентра цунамигенного землетрясения по отношению к объекту. Вторая – расположением эпицентра по отношению к объекту под острым углом. Третья группа факторов объединяет ветви дерева, характеризующиеся различной плотностью застройки и инфраструктуры. Следующая факторная ветвь характеризуется наличием или отсутствием на соответствующих участках рек и

каналов, способствующих наиболее широкому распространению пледы волн цунами. Перемножение вероятностей проявления различных факторов подразделяет разрушения и повреждения объектов на тяжелые, средние и слабые.

В специфических условиях геологической среды городов плотность коммуникаций по отношению к домам определенного возраста влияет на ущербобразование (степень деформации). Так, включение в число управляющих параметров плотности коммуникаций, роль которых в ущербобразовании симметрична плотности застройки, повышает вероятность деформации домов определенной возрастной генерации. Например, плотность застройки влияет на общую степень износа зданий, являющуюся интегральным признаком, объединяющим амортизационные повреждения зданий и таковые, связанные с геологической средой. По мере увеличения степени общего износа здания, роль плотности застройки, как управляющего признака уменьшается, что, очевидно, связано с увеличением вклада амортизации, "стирающей" роль других факторов (и градостроительных, и геологических). Вероятностный вклад определенного типа геологической среды как управляющего признака в общее ущербобразование прослеживается не всегда, т.к. "погашается" сроком амортизации здания. При рассмотрении в качестве последствий ущербобразования деформационных трещин заметный прирост вероятности в рамках определенного типа геологической среды даёт наличие подземных сооружений.

Качественный анализ соотношения вероятности влияния ущербобразующих факторов на проявление деформаций показал следующий убывающий по степени влиятельности ряд: тип геологической среды –► плотность застройки и коммуникаций, в том числе дорог –► амортизация (физический износ) –► влияние близости подземных сооружений –► режим грунтовых вод –► влияние сейсмичности.

Таким образом, анализ вероятностных графов показывает, что среди многочисленных природных и техногенных ущербобразующих признаков к числу наиболее влиятельных относятся тип геологической среды, плотность застройки и плотность коммуникаций, наличие на участке рек или каналов. Весьма значащим признаком является возраст здания, определяющей амортизацию сооружения.

На рассматриваемой территории наличие плоской низкой морской террасы и многочисленных устьев рек безусловно способствовало высокому и широкому заплеску волны цунами. Склоны, прорезанные оползневыми распадками, провоцировали повышенную сотрясаемость территории. Речные долины таких рек как Нанокита, Натори, Фунаока и др. способствовали углублению и лучшему распространению волн цунами. Многочисленные болота в долинах р.Абукумы, Манакиты и других рек ухудшали инженерно-геологические условия местности. Обилие населенных пунктов на низкой голоценовой террасе, покрытой крупными озерами (Огаваро, Такахоко и др.) повышало ущерб от волн цунами. Близость Японского желоба определила быстроту распространения волн цунами и их повышенное количество в еди-

ницу времени. Эти факторы непременно следовало учесть при разработке территориальных планов застройки территории и планировании защиты от опасных процессов и готовности к спасению населения при землетрясениях и цунами. Таким образом, столь сильные разрушения и столь многочисленные человеческие жертвы были бы предотвращены, если бы перед стихийным бедствием и, разумеется, перед застройкой, было бы выполнено районирование территории по риску цунами с выделением участков распространения наиболее ущербобразующих факторов, к числу которых относятся: пологий береговой склон, неблагоприятная экспозиция береговых участков по отношению к эпицентру цунамигенного землетрясения, наличие пляжа и широкой первой террасы, наличие речных долин, а также высокая степень открытости залива.

В рамках исследования разрушительных последствий цунами в районе упомянутых населенных пунктов нами была составлена предварительная версия вероятностного дерева причин и факторов ущерба от цунами. Для систематизации и построения вероятностных деревьев причин и факторов деформации зданий и сооружений может быть использована основная фабула составившихся нами геоинформационных систем зданий и сооружений в исторических городах Москва и Санкт-Петербург, а также в исторических городах провинции Фриули-Венетто-Джулия (Италия).

Из факторов риска ущерба цунами для исследуемой территории на данном этапе рассматривались следующие: тип геологической среды (пляж и первая морская терраса, вторая морская терраса, холмистые предгорья), экспозиция берега по отношению к эпицентру цунами, плотность застройки и инфраструктуры, наличие русел рек и каналов, способствующих продвижению волны вглубь суши. Так, с вероятностью 0,6 деформированные здания расположены на пляже и первой морской террасе, а с вероятностью 0,8 – вблизи реки или канала.

При дальнейших, более крупномасштабных, исследованиях в природные характеристики должны входить качественные и количественные оценки рельефа, подземных вод, геологического строения. Важным фактором, определяющим прохождение цунами, является характер подводного склона (обрывистый, крутой или пологий), а также степень открытости участка берега (бухты). Для характеристики рельефа можно использовать абсолютную отметку поверхности и коэффициент горизонтальной расчлененности. В качестве интегральной характеристики геологической среды можно использовать обобщенные результаты типизации инженерно-геологических условий.

В градостроительные характеристики могут быть включены площадные показатели (плотность застройки), линейные (дороги, подземные коммуникации, трубопроводы) и локальные (точечные – отдельные источники загрязнения, подземные сооружения). Интегральным выражением градостроительных нагрузок является функциональное зонирование территории: историческая, селитебная, промышленная зоны, дорожная сеть, незастроенная территория. В характеристики застройки входят также: материал, возраст, плотность и этажность, наличие и тип фундамента, элементы подземной ин-

фраструктуры города (газо-, водо-, теплопроводы, электро- и канализационная сеть, ливневая канализация, тоннельные коллекторы, пешеходные переходы).

Анализ вероятностных графов показывает, что среди многочисленных природных и техногенных ущербобразующих признаков к числу наиболее влиятельных относятся тип геологической среды, тип и плотность застройки и плотность коммуникаций. Весьма значащим признаком является возраст здания, определяющий амортизацию сооружения.

ТИПЫ ЛЕССОВОГО ПСЕВДОКАРСТА И ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТИ И ОПАСНОСТИ ЛЕССОВЫХ МАССИВОВ

А.А. Лаврусевич

Московский государственный строительный университет, Москва, Ярославское шоссе, 26
Тел. 8-495-500-84-26, e-mail: lavrusevich1959@gmail.com

Одним из главнейших событий в истории современного человечества является эмпирическое обнаружение грозной опасности, нависшей над биосферой и всеми живыми существами на Земле. Эта опасность в научной литературе названа техногенез, в изложении ГОСТ 17.5.1.01.83 как процесс изменения природных комплексов и биогеоценозов под воздействием производственной деятельности человека[4].

В данной работе автор частично рассматривают один из локальных вопросов взаимодействия среды и технически вооруженного общества (человека). Это геологические массивы, сложенные лессовыми породами, и техногенез.

Лесс – уникальная горная порода, обладающая рядом присущих только ей специфических, эфемерных свойств, которые выделяют ее из всего многообразия инженерно-геологических образований четвертичного периода.

Изменение лессовых массивов под влиянием техногенеза выражается, прежде всего, в нарушении их целостности при изменении влажностного режима. Столетиями держатся вертикальные лессовые откосы при неизменных физико-географических условиях. Достаточно вспомнить дефиле в дорогах Китая глубиной более 30 м, описанные Ф. Рихтгофеном и В.А. Обручевым еще в позапрошлом веке [13, 17].

Однако, при взаимодействии лессовых пород с водой, они деградируют, превращаясь в лессовидные суглинки, теряя при этом свои эфемерные свойства. Эта деградация проявляется в виде целой серии сложных физико-химических процессов, иногда проходящих очень стремительно и имеющих серьезные последствия для окружающей среды и возведенных человеком сооружений. Это в первую очередь такие процессы как просадочность и лессо-

вый псевдокарст. Просадочности посвящены многочисленные публикации, в том числе нормативная литература, в то время как лессовый псевдокарст остается недостаточно изученным.

Лессовый псевдокарст – результат гидромеханического, гравитационного, биологического и физико-химического зональных процессов, протекающих в недоуплотненных лессовых породах при их избыточном, как правило, техногенном увлажнении и приводящих к механическому и отчасти химическому выносу из них веществ с образованием форм, очень напоминающих типичные карстовые (воронки, колодцы, провалы, пещеры, тоннели, останцы и др.) [10].

Именно механическое отторжение частиц вертикальным турбулентным водным потоком в трещинах, ходах землероев и корнеходах в этом процессе, является доминирующим. Поэтому при поступлении большого количества воды процесс развивается весьма стремительно. В Западной ветви Надтеречного канала (Восточное Предкавказье) в результате утечек воды, за несколько суток провальные формы в виде воронок и провалов диаметром до 1,5 метров ушли по нормали к оси канала на расстояние 900 метров от его бровки [3].

По характеру распространения можно выделить пять типов лессового псевдокарста: 1) придолинный, 2) балочный (саевый), 3) придолинно-балочный или промежуточный тип, 4) техногенный: А – связанный с техногенными пещерами, Б – связанный с техногенными просадками, 5) тип, характерный для зон глубокого нарушения лессового массива.

1. Придолинный тип развит на лессовых плато, обрывающихся к долине крутым уступом. Он приурочен к полосе шириной от 50 до 300 м, протягивающейся вдоль бровки террас и обрывов иногда на несколько км. Этот тип псевдокарста наиболее развит в пределах уступов лессовых массивов на Лессовом плато в Китае. Особенностью этого типа псевдокарста является то, что участками бровка уступа поражена более интенсивно (иногда до степени псевдокарстового бедленда), затем следуют участки протяженностью до несколько сотен метров практически свободные от лессового псевдокарста. Очевидно, это связано как с локальными структурно-текстурными особенностями лессов и палеогеографическими условиями формирования породы, так и с современными геоморфологическими и биологическими особенностями данного участка.

2. Балочный (саевый) тип. Значительно реже встречающийся тип лессового псевдокарста. Он приурочен к слабо выраженным в рельефе балкам (саям), вдоль которых может быть развит на протяжении до километра и более. Например, в адырах Яванской долины по левому борту р.Явансу (Таджикистан) в юго-восточной части, закартирована цепь псевдокарстовых воронок (более 40 шт.), с максимальным диаметром до 11 м, которая формирует общую конфигурацию будущего псевдокарстового провала, который в последующем разовьется в псевдокарстовый овраг.

3. Придолинно-балочный или промежуточный тип лессового псевдокарста. Этот тип лессового псевдокарста развит в пределах слабовыраженных в рельефе сглаженных уступов в адырной части предгорий. Это зона от-

носителем резкого изменения общего угла наклона поверхности. Как правило, идет изменение угла от 5 до 20 и более градусов. Именно здесь, в зоне шириной от 20 до 50 м и идет развитие единичных псевдокарстовых форм. Развитие единичных форм псевдокарста связано с начальной стадией развития процесса и деградацией данной территории. Освоение слабонаклонных лессовых массивов, ранее не вовлеченных в сельскохозяйственный оборот, приводит к нарушению естественного растительного защитного покрова и нарушает существовавший режим влажности, а обваловывание зоны увеличения угла склона для задержания влаги атмосферных осадков приводит к формированию псевдокарста. В этом типе псевдокарста, как правило, работает парагенезис двух процессов: оползнеобразование и псевдокарст. Переувлажнение лесса в локальной зоне, нарушенной псевдокарстом, приводит к смещению грунта в виде небольшой до 100 м² оплывины (глубина до 2 м), затем, уже в нарушенной оползнем зоне, вновь продолжается развитие псевдокарста.

4. Техногенный тип лессового псевдокарста связан:

А. С образованием эрозионных ходов, воронок и провалов над полостями в массиве лессовых пород, связанных с деятельностью человека. Подобные формы рельефа описаны в Китае, Узбекистане и других лессовых районах мира [13, 16, 17 и др.]. В Китае, в местах развития лессовых пород, практически повсеместно с доисторических времен развит этот вид «пещерного домостроения». Это практичное и дешевое жилье до сих пор исправно выполняет свои функции. Однако когда человек оставляет свое жилище и строит обычные дома, пещеры приходят в негодность и разрушаются.

Б. С образованием трещин в результате неравномерных просадок лессовых грунтов при их площадном замачивании. Постепенное повышение влажности лессовых пород на всей площади приводит к формированию просадки и, как правило, должно исключать развитие псевдокарста [9]. Однако связь просадочности и лессового псевдокарста очевидна, если рассматривать низкую естественную влажность лессовых пород, при которой порода склонна и к просадочности и к псевдокарстованию [6]. Кроме того, неоднократно отмечались случаи, когда замачивание лессового массива для устранения просадки приводило к формированию псевдокарстовых форм рельефа [1, 2, 5, 15, и др.].

5. Пятый тип. Образуется на участках оползней глубокого заложения. Образующиеся глубокие трещины в лессовом массиве способствуют активной инфильтрации атмосферных осадков и техногенной воды и, как следствие, развитию лессового псевдокарста.

Имеется весьма незначительное количество оценок особенностей проведения инженерно-геологических изысканий в районах развития лессового псевдокарста [7, 8, 10].

На ранних стадиях проектирования мы рекомендуем провести оценку пораженности лессового массива псевдокарстом [11]. При освоении лессовых территорий необходимо показать уровень опасности лессового псевдокарста,

который зависит как от степени опасности самого псевдокарстового процесса, так и от степени уязвимости лессового массива [12].

Геологическая опасность лессового псевдокарста – это угроза образования новых или активизация существующих подземных и поверхностных псевдокарстовых форм рельефа с определенными параметрами на лессовой территории (лессовом массиве) за заданный промежуток времени, которые представляют угрозу для жизни или благосостояния людей, объектов экономики или окружающей среды [14].

При поражении массива лессовых пород псевдокарстом он перестает быть достаточно надежным основанием какого-либо сооружения или, допустим, утрачивает функцию воспроизводства сельхозпродукции вследствие нарушения целостности массива. В таком случае, можно говорить об уязвимости данного материального объекта (лессового массива). Уязвимость – свойство материального объекта утрачивать способность к выполнению своих естественных или заданных функций в результате воздействия того или иного опасного процесса [14].

Для установления вероятных потерь от лессового псевдокарста для различных объектов народного хозяйства, необходимо введение количественного и качественного показателей, характеризующих происходящий процесс. Оценка количественного и качественного показателей основана на анализе данных о развитии псевдокарстовых процессов при различных видах воздействия (природных и техногенных) на лессовый массив и, на учете последствий их развития. Последствия развития псевдокарста выражаются в аварийных ситуациях при строительстве и эксплуатации инженерных сооружений, вывода из севооборота сельскохозяйственных земель, экологических потерь и др.

Уязвимость лессовых массивов вследствие их пораженности псевдокарстом зависит от большого количества факторов. Основными являются: грунтовые условия, геоморфологические особенности, климат, биологические факторы, степень техногенной нагрузки, недостаточный контроль водного баланса при поливе, износ сооружений и коммуникаций, характер строительных технологий при возведении зданий и сооружений и др. Введение этого понятия необходимо для достоверной оценки вероятных потерь природных и народно-хозяйственных объектов от развития псевдокарста.

Для получения сопоставимых между собой результатов целесообразно оценивать уязвимость через некоторые общие показатели уязвимости для определенных условий, в которых происходят воздействия на рассматриваемые территории и объекты. При использовании экспертно-аналитического подхода, базирующегося на обобщении имеющихся данных по воздействию псевдокарста на лессовые массивы, появляется возможность количественной оценки уязвимости этих массивов. Также рассматриваются влияние и воздействие псевдокарста на подземные конструкции и фундаменты сооружений, на экологические последствия развития псевдокарста, на последствия недостаточной эксплуатационной надёжности водонесущих коммуникаций, зданий, сооружений подземной инфраструктуры и т.п. Классификация факторов,

влияющих на уязвимость лессовых массивов (территорий), проводится по девяти признакам, которые называются показателями уязвимости.

Литература

1. *Александров А.С.* Лессовый карст на площадке Красноярского алюминиевого завода. Основания, фундаменты и подземные сооружения. Вып. 1. – М.: Высшая школа, 1967. – С. 41-52.
2. *Ананьев В.П., Васильев В.А.* Деформации на ирригационных системах Восточного Предкавказья // Вопросы строительства гидротехнических сооружений на просадочных грунтах. – Баку, 1969. – С. 31-34.
3. *Глухов И.Г.* Фильтрация воды из каналов в лессовых породах и просадочные явления на орошаемых участках // Гидротехника и мелиорация. – 1956. – № 10. – С. 9-18.
4. ГОСТ17.5.1.01.83 Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения. – Москва, 1985.
5. *Замарин Е.А., Решеткин М.М.* Просадка и водопроницаемость лесса. Тр. Сред.-Аз. научн.-исслед. института ирригации. Вып. 5. – 1932. – С.3-40.
6. *Кригер Н.И.* Лессовый псевдокарст // Вопросы теории и методики инженерной геодинамики. Тр. ПНИИИС. – 1975. – Вып. 32. – С. 25.
7. *Кригер Н.И., Алешин А.С., Котельникова Н.Е.* Руководство по изучению геологических процессов в лессовых грунтах при инженерных изысканиях. Лессовый псевдокарст. – М.: Стройиздат, 1976. – С. 16.
8. *Кригер Н.И., Гранит Б.А., и др.* Опыт комплексного изучения лессового псевдокарста для строительных целей (на примере окрестностей Алма-Аты) // Комплексные исследования в инженерных изысканиях для строительства. ПНИИИС. Сб. научн. трудов. – М.: Стройиздат, 1982. – С. 50-63
9. *Кригер Н.И.* Лесс. Формирование просадочных свойств. – М.: Наука, 1986. – 133 с.
10. *Лаврусевич А.А.* Некоторые особенности инженерно-геологических изысканий на территориях пораженных лессовым псевдокарстом // Инженерные изыскания. – 2010. – № 10. – С. 20-23.
11. *Лаврусевич А.А., Лаврусевич С.А.* Опыт оценки активизации псевдокарстовых процессов в лессах (на примере Яванской долины – Таджикистан // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология и геокриология. – 2011. – № 4. – С. 362-369.
12. *Lavrusevich A.A.* Vulnerability array loess from the effects of pseudokarst // Environmental Geosciences and Engineering Survey for Territory Protection and Population Safety. International conference EngeoPro-Moscow. – 2011. – С. 69.
13. *Обручев В.А.* От Кяхты до Кульджи. Путешествие в Центральную Азию и Китай. – М-Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1940. – 236 с.
14. Природные опасности России. Т.6. Оценка и управление природными рисками / Под. Ред. А.Л.Рагозина. – М., 2003. – 320 с.
15. *Сквалецкий Е.Н., Круглов Д.Н., Хасанов И.Р.* и др. Просадочные явления на водохранилищах // Вопросы строительства гидротехнических сооружений на просадочных грунтах. – Баку, 1969. – С. 121-127.
16. *Халимов Р.Х.* Псевдокарст лессовых пород бассейна реки Гузардарьи // Проблема псевдокарста: Тез. докл. совещ. Кунгур, 15-16 дек. 1992. – Пермь, 1992. – С. 35-37.
17. *Richthofen F.* China. Bd. 1,2. – Berlin, 1877. – 726 с.

СИСТЕМА БЕЗЛЮДНОЙ НАБЛЮДАТЕЛЬНОЙ СЕТИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА АЛМАЗОНОСНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ЯКУТИИ

К.А. Лопатин, Ф.Г. Атрошенко, С.С. Колесник

ООО «Полтраф СНГ», 196105, Санкт-Петербург, Витебский пр., д.3, лит. Б,
Тел/факс : +7 (812) 388-62-22 / 388-62-26
office@poltraf.ru, k.lopatin@poltraf.ru, fatroschenko@dhspsb.ru

Термин *мониторинг* вошел в научный оборот из англоязычной литературы и происходит от английского слова *monitoring* – контрольное наблюдение. Понятие мониторинг в нашем случае подразумевает систематический контроль природных и техногенных объектов, состояние которых может влиять на качество и ресурсы подземных и поверхностных вод. Безусловно, обязательным требованием при создании системы комплексного мониторинга (гидрогеологического, гидрогеомеханического и др.) в горнопромышленных районах является его ориентация на контроль и изучение объектов, представляющих наибольшую угрозу для водных ресурсов. Поэтому уже на стадии планирования мониторинговых наблюдений всегда необходимо представлять их основную цель и частные задачи.

Обобщая известные определения, можно заключить, что под *мониторингом геологической среды* понимается *система постоянных наблюдений, проводимая по заранее намеченной программе с целью управления геологической средой или какой-либо ее частью для обеспечения оптимальных экологических условий для человека в пределах рассматриваемого природно-технического объекта.*

По разным признакам выделяется несколько видов мониторинга геологической среды. Так, в зависимости от ширины охвата объектов наблюдений выделяют *комплексный мониторинг*, в рамках которого ведутся наблюдения за всеми элементами геологической среды, и частные виды мониторинга: *гидрогеологический, геоморфологический, геодинамический (мониторинг инженерно-геологических процессов), геокриологический, гидробиологический и др.*

По В.А. Мироненко [2] *гидрогеологический мониторинг* или *мониторинг подземных вод* направлен на решение задач управления подземными и связанными с ними поверхностными водами, рассматриваемыми как компонент окружающей среды. Его объектом являются подземные водные ресурсы, оцениваемые как в количественном, так и в качественном аспекте.

На объектах АК «АЛРОСА» имеют место частные виды мониторинга: *гидрогеологический, геодинамический (мониторинг инженерно-геологических процессов), геокриологический, гидрологический и др.*, которые могут быть представлены как *ведомственный мониторинг регионального уровня*. Основная цель мониторинга геологической среды – обеспечение информационной

поддержки принятия решений по индустриальному и хозяйственному освоению территорий с учетом требований рационального и экологически безопасного использования природных ресурсов. Принятие таких решений возможно только при наличии целенаправленных крупномасштабных и долгосрочных наблюдений, позволяющих: зафиксировать и описать фактическое состояние наблюдаемого объекта; вскрыть долговременные тенденции изменения этого состояния; выявить главные влияющие факторы и объяснить механизмы, приводящие к этим изменениям [1]. Поэтому *на базе существующей режимной сети скважин для разных объектов Компании (карьерных и шахтных полей, отвалов, полигонов захоронения рассолов и др.) предполагается создание системы безлюдной наблюдательной сети.* Данная режимная сеть, оборудованная датчиками давления, уровня, температуры и минерализации в скважинах на исследуемом объекте при бесконтактном съеме информации и с последующим построением гидродинамических (температурных, гидрогеомеханических и др.) моделей объекта позволит на более высоком информационном уровне получать прогнозные оценки развития ситуации в процессе эксплуатации месторождения.

Таким образом, будет решаться комплексная задача: изучение объекта, материальное его обеспечение и уточнение проекта разработки месторождения.

Режимная сеть мониторинга на объектах АК «АЛРОСА» должна удовлетворять следующим требованиям:

- давать объективную оценку качества подземных и связанных с ними поверхностных вод, в том числе используемых для хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения;
- выявлять долговременные региональные тенденции изменения химического состава подземных вод, в том числе, по представляющим наибольшую опасность загрязняющим компонентам;
- поставлять исходные материалы для параметрического обеспечения прогнозных гидрогеологических моделей;
- оказывать информационную поддержку для принятия управляющих решений в установленной схеме управления водными ресурсами региона.

При этом обслуживание режимной сети ведется либо службами ГОКов, либо за счет их средств по договорам со специализированными организациями. На горных предприятиях Компании основной экологической проблемой является проблема захоронения и распространения крепких рассолов и слабоминерализованных вод, откачиваемых из водоносных горизонтов при отработке алмазоносных трубок. Такими объектами являются: 1) Мирнинский, Удачинский, Айхальский и Нюрбинский ГОКи. На каждом из ГОКов потенциальными загрязнителями являются карьеры, полигоны захоронения соленых вод и хвостохранилища. Охраняемыми объектами являются водотоки и водоемы (искусственные и естественные). На каждом объекте создана своя сеть наблюдательных скважин. Эти скважины по разным причинам часто выходят из строя (в частности, в скважинах образуются ледяные пробки, проис-

ходит обрушение стенок скважин и пр.). Поэтому скважины надо или чистить, или перебуривать (стоимость бурения 1 п.м. гидрогеологической скважины для данного региона составляет порядка 25 тыс. руб.). Кроме того, сложные климатические условия и дефицит кадрового состава (в штатах ГОКов АК «АЛРОСА» на сегодня, как правило, есть только 1 гидрогеолог) при огромном объеме решаемых задач на объектах приводит к тому, что наблюдения ведутся нерегулярно и бессистемно. В результате, составление проектов идет на низком информационном уровне, что приводит, в конечном счете, к крупным финансовым потерям. Пример: из-за недостаточной информационной базы о ходе захоронения рассолов в ММП на Октябрьском и Киенгском полигонах, они практически уже исчерпали свои возможности. Хотя потенциальная емкость захоронения на них была рассчитана более чем на 50 лет.

В данном случае установка предлагаемых датчиков при создании безлюдной технологии съема информации просто спасение для контролируемых объектов комбината. К примеру, созданная режимная сеть в пределах карьерного поля месторождения трубки Удачная (аналогично для других ГОКов) содержит 15-20 наблюдательных пунктов. При этом в каждом наблюдательном пункте пробурены 1-2 скважины, ориентированные на разные водоносные горизонты, в которых в обязательном порядке должны проводиться замеры уровня, температуры и минерализации. Кроме того, на отдельных месторождениях уже созданы (на других в ближайшее время будут созданы) полигоны захоронения карьерных рассолов. Так, на Киенгском полигоне захоронения рассолов карьера трубки «Удачная» существует сеть более чем из 50 наблюдательных скважин на разные горизонты, по которым должны вестись наблюдения за изменением температуры, минерализации и уровня воды не реже 1 раза в сутки. Однако, фактически наблюдения осуществляются не чаще 1 раза в 5-10 суток. При этом из-за частых выходов скважин из строя, отсутствие наблюдателей и других причин, получаемая информация для анализа процесса захоронения, имеет короткий ряд наблюдений, разновременная и разрозненная по площади исследуемого объекта. По этой причине и ряду других (см. выше) составление и реализация проектов освоения месторождений в сложных гидрогеологических, криологических и горно-геологических условиях осуществляется на достаточно низком информационном уровне.

Технические характеристики преобразователей уровня:

Регистратор данных для измерения уровня с модулем проводимости и температуры DL/N. Типичные применения:

Показания уровня и качества воды в грунтовых водах, озерах и реках. Возможна любая точность в диапазоне измерения уровней от 0 до 250 м. Модуль проводимости (20 μ S/cm...20mS/cm) со встроенным температурным измерением (опционально). Температурное измерение: -5...50 $^{\circ}$ C.

- 1) измеряемая величина: давление и проводимость вкл. температуру;
- 2) разрешение: давление < 0,01 % FS;

3) память: до 500000 величин измерения, неизменяемая, данные сохраняются даже при отсутствии батареи, каждая величина соотносится со временем и датой;

4) питание: литиевая батарея 3,6В/ тип АА (батарея может заменяться без выключения прибора из процесса). 1 батарея на кабель длиной 100 м, 2 батареи на кабель длиной > 100 м (300).

Конфигурация передачи данных: считывание всех хранящихся данных по измерениям. Формат данных: данные хранятся в формате ASCII или XML и могут быть прочитаны любой обычной программой, как Excel, Lotus и т.д.



Рис. 1. Регистратор данных для измерения уровня с модулем проводимости и температуры DL/N

Решение для мониторинга водных ресурсов DL.WMS/GPRS/R, спецификация DL.WMS (Даталоггер)

1) передача данных: версия GSM/GPRS: четыре диапазона; GPRS частоты: GPRS 850MHz, GPRS 1800 MHz, GPRS 1900 MHz; SIM-карта: поддержка 3V SIM-карты; 2) температурный диапазон: -25..85 °C; 3) влажность: 0...100% относит. Н, класс защиты IP 68 (1м/24ч) с закрытой защитной крышкой; 4) измеряемые величины: давление и температура;

– разрешение: давление < 0,01 % ВПИ; память: до 250000 снятых измерений, энергозависимая, данные остаются в памяти даже без батареи, каждое измеренное значение соответствует дате и времени;

– требования к ПК: ПК или ноутбук, частота процессора мин. 200 МГц, минимальный объем памяти на жестком диске 50 МВ, рабочая память мин. 64 МВ;

– операционная система: Windows 2000/XP и Internet Explorer версии 6.0 и выше;

– автоматизация сервера: администрация базы данных, онлайн мониторинг данных;

- запрос данных регистратора: автоматический запрос данных и администрирование даталоггера;
- безопасность доступа: 1 уровень, защита паролем;
- функция сигнализации: передача нескольких сигналов с помощью SMS и E-mail;
- передача данных: GPRS / m2m протокол.

Автоматизированная система дистанционного контроля (Система «Диктующих точек»)

Передача: GSM, GPRS, радиосвязь, спутниковая связь.

Состав: аккумулятор; передающее устройство (модем); даталоггер (накопитель данных); измерительное средство.

Компания «Потраф СНГ» на протяжении длительного времени сотрудничает с такими компаниями, как: Водоканал г. Санкт-Петербурга, Кавминводы, ВИОГЕМ, Севералмаз, ИГЭРАН (отделение в СПб), ЗАО «Архангельскгеолразведка», Красноярскгеология, НПЦ «Региональный центр мониторинга», Яковлевский рудник, Горный институт, ОАО «Архангельскгеолдобыча», Лебединский ГОК, Курорты Краснодарского края, ВНИИ Океангеология, Саяно-Шушенская ГЭС, АК «АЛРОСА», и многие другие.

Литература

1. Концепция государственного мониторинга подземных вод Российской Федерации. – Москва, 1992.
2. *Мироненко В.А.* О концепции государственного гидрогеоэкологического мониторинга России. – М.: Геоэкология, 1993. – С. 19-29.

**СЕЙСМО-ДЕФОРМАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ
ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ**

А.В. Николаев*, И.П. Башилов*, Keh-Jian Shou,
В.Б. Свалова***, А.Б. Манукин*, Ю.Н. Зубко******

* Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Россия

** Национальный Университет Чанг-Хсинг, Тайчунг, Тайвань

*** Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Уланский пер., 13, Москва, Россия,

Тел. 607-47-26, 623-18-86, inter@geoenv.ru

**** ФГУП ОКБ Океанологической техники РАН, Россия

Развитие экспериментальной геофизики неразрывно связано с совершенствованием существующего и созданием нового приборно-методического обеспечения, в первую очередь, для работ в «поле», на инженерных сооружениях, в труднодоступных местах, включая работы на шельфе. Особенно это касается сейсмической аппаратуры для исследований и контроля в выбран-

ных местах характеристик микросейсмического волнового поля для решения целого ряда задач.

Сейсмо-деформационные измерения, которые должны вестись на экологически опасных объектах с целью прогноза развития аномальных процессов и возможных катастрофических событий, делятся на деформационные и сейсмические. Существенно различающийся частотный диапазон таких измерений определяет качественное отличие инструментов и технических требований, предъявляемых к ним.

Проведение сейсмических измерений на сооружениях позволяет выявить изменение некоторых динамических характеристик самого сооружения, в первую очередь выявить вариации собственных частот его частей, что может свидетельствовать об изменении механических параметров и образовании дефектов.

Объекты, которые принято называть экологически опасными, широко известны. К ним относятся дамбы, высотные плотины, химические предприятия, атомные электростанции, места захоронений высокоактивных отходов и т.д. Причиной процессов, могущих привести к катастрофической ситуации на том или ином объекте, могут быть тектонические процессы в земной коре, проявляющиеся в подвижках по активным разломам, карстовые явления, оползневые эффекты и техногенная деятельность. Увеличение нагрузок на грунт, значительные вибрационные воздействия, нарушение гидрогеологического режима и т.п. могут существенно ускорить перечисленные выше естественные природные процессы.

Вариации метеопараметров (атмосферного давления, температуры, величины осадков и т.д.) могут являться “спусковым крючком” начала ощутимых деформаций в сооружениях, а также неким зондирующим сигналом, отклик на который позволяет выявить наиболее уязвимые, ослабленные, потенциально опасные зоны в земной коре и сооружениях, ненаблюдаемые визуально. В случае активизации деформационных процессов именно по этим зонам могут начаться разрушительные явления. Именно в районе этих зон и необходимо устанавливать геофизическую аппаратуру для постоянного наблюдения – мониторинга деформационных процессов.

Научно-исследовательские и конструкторские работы, проводившиеся в нашей стране, были ориентированы в основном на создание систем, не учитывающих специфику контроля за состоянием целостности инженерных сооружений. Это ставит новые технические требования к системе геофизического мониторинга, разработке комплекса фундаментальных и прикладных проблем, модификации существующих аппаратных средств.

Работа посвящена двум основным задачам: разработке концепции геофизического мониторинга и предложению состава аппаратного комплекса для проведения долговременных наблюдений.

С помощью сейсмической части системы сейсмо-деформационного мониторинга решается несколько задач.

1. Измерение вариаций уровня сейсмической активности региона, в котором находится объект.

2. Использование данных сейсмических датчиков для экстренного выключения важнейших систем объекта при превышении сейсмическим сигналом заданного порогового значения.

3. Использование информации о вступлении Р-волны от мощного землетрясения для своевременного выключения ответственных систем объекта перед приходом разрушительной S-волны.

4. Использование данных о вариациях спектра регистрируемых сейсмометрами сигналов для получения косвенной информации об изменении собственных механических частот конструкций объекта, которые могли произойти при развитии аномальных, в том числе и деформационных, процессов, приводящих к нарушениям их целостности.

Эффективным средством для измерений микросейсмического волнового поля на объекте может служить портативный сейсмометр с трехканальной сейсмической станцией с цифровой регистрацией, разработанный совместно ИФЗ РАН, ИДГ РАН и ОКБ Океанологической техники РАН [1, 2].

Специфика проведения этих работ предъявляет определенные требования к эксплуатационным характеристикам сейсмометров. Сейсмометр должен быть цифровым, компактным, удобным и надёжным в эксплуатации, с простыми процедурами установки, запуска на регистрацию, последующего съёма полученных данных, и соответствовать современным требованиям к метрологическим характеристикам.

С учётом этих требований был разработан портативный цифровой сейсмометр (ПЦС) [2] и изготовлены его макет для работ на шельфе и наземный опытный образец, пригодные, в том числе, и для мониторинга ядерных испытаний, как дополнительные средства оперативного контроля.

Макет сейсмометра, предназначенного для донных исследований, состоит из контейнера сейсмоприёмника СМ-5ДВ, куда размещены плата фильтра и плата регистратора, конструктивно закреплённые на одном шасси, а также отдельной аккумуляторной батареи. Макет имеет USB разъём для подключения к компьютеру и разъём RS-232 для подключения приёмника GPS, а также разъём аналогового сигнала и питания сейсмоприёмника СМ-5ДВ, выведенный через фланец шасси.

Использование контейнера от сейсмоприёмника СМ-3КВ обеспечивает возможность наземного применения разработанного сейсмометра.

Основные технические решения сейсмометра прошли комплекс исследований и испытаний, включая сравнительные испытания совместно с контрольными станцией «Экспресс-4», длиннопериодным датчиком СМ-5МП и короткопериодным датчиком СМ-6П. Регистрация колебаний, принимаемых контрольными датчиками, производилась по двум каналам станции «Экспресс-4», а регистрация колебаний сейсмоприёмника СМ-5Д, входящего в состав ПЦС, производилась одновременно регистратором разработанного сейсмометра и одним из каналов станции «Экспресс-4». Данные испытания проводились на постаменте ИДГ РАН.

Записи сейсмических сигналов сейсмоприёмника СМ-5ДВ, сделанные регистратором разработанного сейсмометра и станцией «Экспресс-4», идентичны.

Это хорошо видно на примере сейсмограмм землетрясения магнитудой 5,5 mb, произошедшего во время испытаний 11.09.2008 на о. Хоккайдо (Япония) в 4:32:45 по Московскому времени на глубине 10 км. Рис. 1 соответствует вступлению землетрясения, а рис. 2 – мощной поверхностной волне, дошедшей до Москвы примерно через полчаса после толчков в эпицентре. Три верхние сейсмограммы на обоих рисунках записаны станцией «Экспресс-4», а нижняя – регистратором ПЦС.

Записанные сейсмограммы датчика сейсмометра хорошо согласуются с аналогичными записями контрольных сейсмоприёмников СМ-6П и СМ-5МП с учётом рабочих диапазонов частот последних. Так, вступление землетрясения (рис. 1) с частотой колебаний ~1 Гц и выше всеми тремя датчиками записано одинаково, а поверхностная волна (рис. 2) с периодом ~20 с записана только каналами с широкополосными сейсмоприёмниками СМ-5МП и СМ-5ДВ.

Проведённый комплекс испытаний ПЦС показал, что он является работоспособным и удовлетворяет большинству технических требований, предъявляемых к таким устройствам, обеспечивая при этом максимальную простоту и удобство в эксплуатации в полевых условиях.

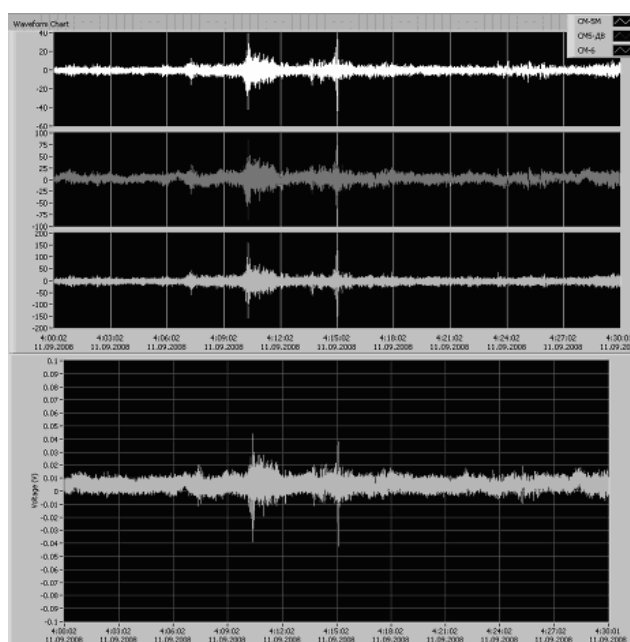


Рис. 1. Записи сейсмограмм вступления землетрясения станции «Экспресс-4» и регистратора ПЦС

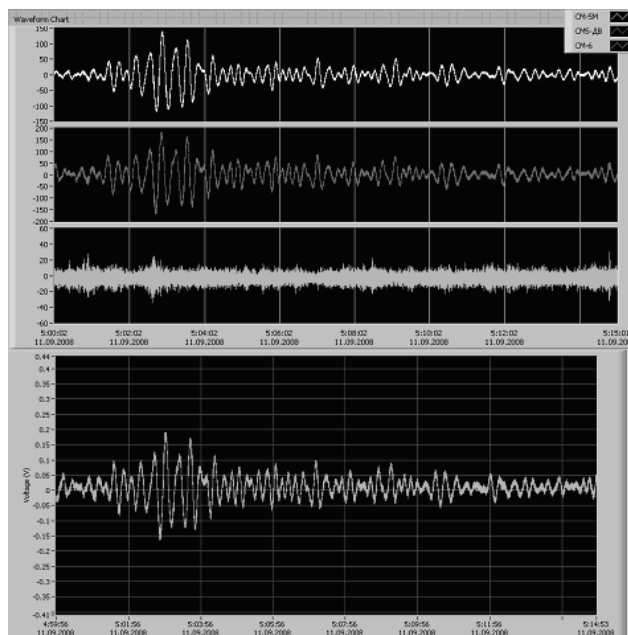


Рис. 2. Записи сейсмограмм землетрясения станции «Экспресс-4» и регистратора ПЦС

Технические решения, заложенные в ПЦС, получили своё развитие при создании трёхканальной портативной цифровой сейсмической станции (ПЦСС).

Станция комплектуется широкополосными 100 секундными датчиками СМ-3Е, хотя ничто не препятствует использованию совместно с ней любых других сейсмоприёмников, в том числе импортных.

ПЦСС может работать как в автономном режиме с записью данных во внутреннюю флэш-память, так и с передачей данных по кабелю в реальном масштабе времени. Связь с компьютером при этом может осуществляться по любому из интерфейсов: RS-232, RS-485, USB или Ethernet. Настройка режимов работы производится с компьютера также по любому из перечисленных выше интерфейсов. Все настройки сохраняются во внутренней памяти станции, поэтому при установке станции на объекте достаточно только включить питание. Это обеспечивает возможность работы с ней низкоквалифицированного персонала.

Таким образом, разработана концепция геофизического мониторинга и комплект аппаратуры для проведения долговременных наблюдений за экологически опасными объектами и опасными природными процессами.

Разработаны и созданы опытные образцы портативного сейсмометра и трёхканальной сейсмической станции с цифровой регистрацией для работ в «поле», в труднодоступных местах, а также макет портативного сейсмометра

для донных исследований. Проведены всесторонние испытания технических решений, использованных в разработанной аппаратуре. В результате испытаний подтверждена работоспособность сейсмометра и сейсмостанции и определены их основные технические характеристики.

Литература

1. *Башилов И.П., Волосов С.Г., Зубко Ю.Н., Королёв С.А., Солдатенков А.М.* Приборы для исследований микросейсмического волнового поля в геосистемах // Триггерные эффекты в геосистемах. – М.: ГЕОС, 2010. – 249-255.
2. *Башилов И.П., Волосов С.Г., Зубко Ю.Н., Королёв С.А., Николаев А.В.* Автономный портативный сейсмоприёмник с цифровой регистрацией для сейсмологических исследований // Вестник НЯЦ РК. Вып.3 (39). – Курчатова: НЯЦ РК, 2009. – С. 29-32.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИЧИН ОБРАЗОВАНИЯ ОПОЛЗНЕЙ НА СЮКЕЕВСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ГИПСА В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Н.Ф. Петров, Н. А. Прокопьева, А.Н. Павлов

ЗАО Институт «Чувашгипропроводхоз», 428024, г.Чебоксары, пр. И.Яковлева 19,
тел. (8352) 564902, e-mail: petrovnf@gmail.com

27 апреля 2011 г. на склонах и откосах промплощадки Сюкеевского месторождения гипса, находящегося в стадии строительства, внезапно возникли оползни, деформировавшие откосы промплощадки вместе с недостроенными подпорными стенками (рис. 1), с порталом штольни и георешетками. В материалах прошлых изысканий (ООО «ГИЦ», 2008) сведения об оползнях и других опасных процессах отсутствуют. В статье приведены результаты выполненных работ по выявлению причин оползней и мероприятиям по их стабилизации.

Обследованием было установлено, что активные оползни охватили нижнюю часть склона между горизонталями с отметками 75 м внизу (пойма) и 96 м вверху. В связи с наличием давних оползней и выше по склону появилась необходимость в оценке как локальной, так и общей устойчивости всего склона высотой более 50 м. Основная информация по механизму, строению и функционированию оползневых систем получена специализированной съемкой м-ба 1:1000 непосредственно в пределах активных оползней и прилегающих территорий площадью 2,4 га на топооснове м-ба 1:500. Описано 45 точек наблюдения и пройдено 19 горно-буровых выработок. Оползневой участок размерами 70 (длина) на 120 м (ширина) охарактеризован тремя продольными и двумя поперечными разрезами. На поперечниках построены

структурно-кинематические расчетные модели (рис. 2) для определения расчетных оползневых давлений. Расчетные параметры прочности грунтов зоны смещения, соответствующие двум моментам предельного равновесия склона – «перед смещением» и «после смещения» – определялись преимущественно обратными расчетами. Опытом проектирования ПОМ установлено, что такие параметры наиболее надежны для определения нормативных коэффициентов устойчивости и оползневых давлений.

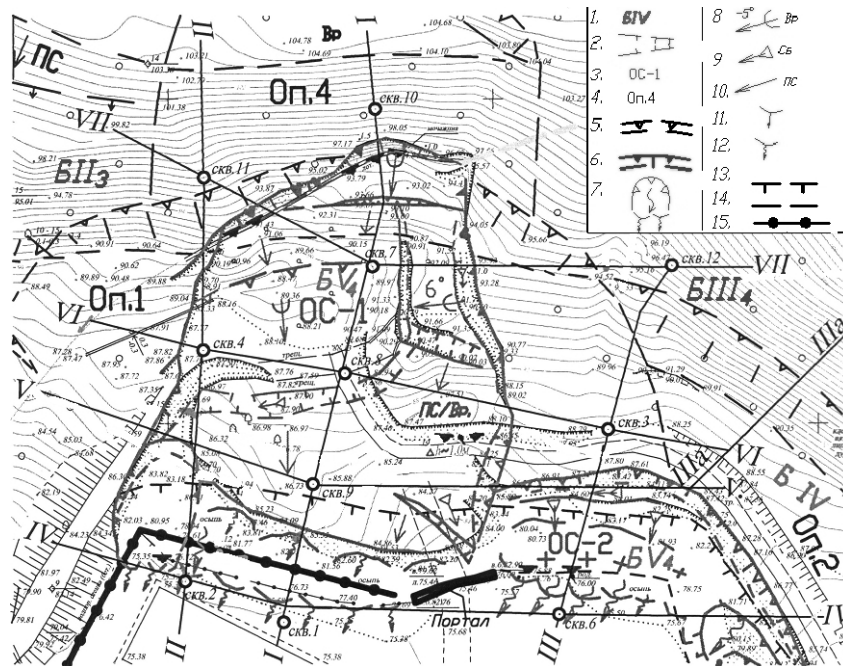


Рис. 1. Карта опасных геологических процессов и типологического районирования:

- 1 – генетический тип склона [1]; 2 – грабен оползневой; 3 – оползневая система, его номер;
 4 – оползень давний; 5 – стенка срыва давнего оползня; 6 – стенка срыва активного оползня;
 7 – оплывина; 8 – блок вращения; 9 – блок сброса; 10 – блок плоского смещения;
 11 – язык надвигания; 12 – язык наплывания; 13 – бровка проектного откоса;
 14 – основание проектного откоса; 15 – подпорная стенка разрушенная

Геоморфологические особенности. Рассматриваемый участок расположен в 5 км восточнее н.п. Сюеуево Камско-Устьинского района РТ. Это высокий (отметки 53-165 м) правый коренной склон р. Волги, изрезанный глубокими оврагами, с оползновыми явлениями и со следами карстовых процессов и процессов переработки берегов. Промплощадка расположена в нижней части левого склона долины безымянного ручья, впадающего в Куйбышевское водохранилище. Профиль долины трапециевидный, склоны высотой более 50 м залесены. Их верхние части денудационные (БП) с локальными дав-

ними оползнями, а нижние – аккумулятивные, делювиальные по оползневым (Б₄) [1]. Геолого-геоморфологический анализ долины позволил выделить в ее развитии несколько последних этапов, определивших условия устойчивости ее склонов (рис. 2).

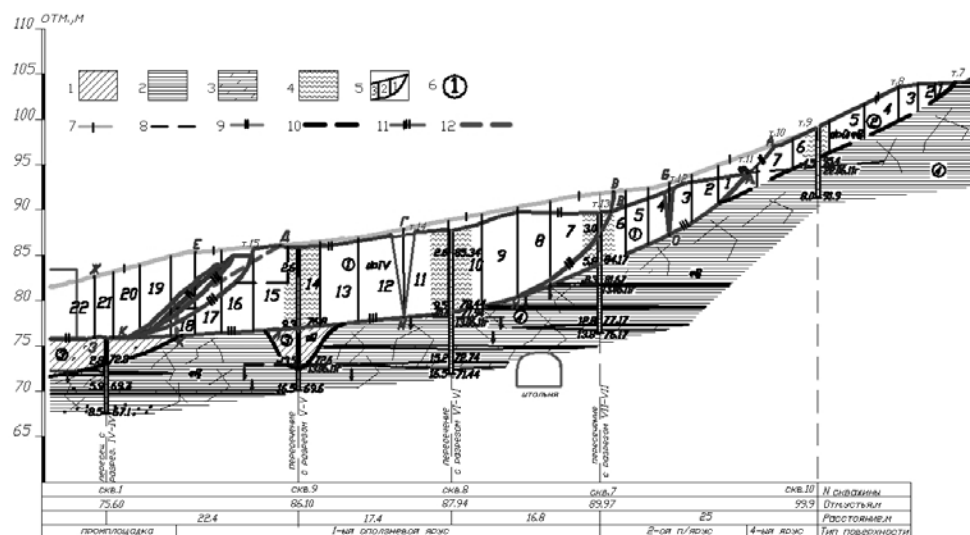


Рис. 2. Инженерно-геологический разрез I-I с расчетными моделями:

1 – суглинок; 2 – глина; 3 – мергель; 4 – оползневые образования; 5 – расчетная модель и номера отсеков; 6 – номера ИГЭ; 7 – естественная поверхность склона; 8 – варианты срезки языка; 9 – современная поверхность – после смещения; 10 – поверхность смещения давнего оползня; 11 – оплывины; 12 – проектный откос до смещения

Первый этап – эрозионно-аккумулятивный с преобладанием боковой эрозии – время формирования пойменной террасы и эрозионного склона с заложением около 125 м, высотой до 60 м и крутизной около 25°. На данном этапе склон достиг состояния предельного равновесия.

Второй этап – оползневой, формирование оползневой террасы с отметкой поверхности 88-90 м. Оползнем была охвачена нижняя часть склона, ниже отметки 100 м, высотой около 25 м и крутизной около 29°. Глубина захвата примерно совпадает с мощностью давнего оползня и составляет 10-12 м. Одновременно или чуть раньше могли образоваться в верхних частях склона и локальные оползни, сохранившиеся до сих пор и придающие склону ступенчатый характер.

Третий этап – денудационно-аккумулятивный, стадия выполаживания оползневого склона путем плоскостного смыва локальных оползней в верхней части склона и аккумуляции пролювиально-делювиальных образований в нижней части. Общая крутизна склона уменьшилась до 18°, при заложении 165 м и высоте 50 м. При этом крутизна нижней, делювиальной части склона уменьшилась до 12-13° (топокарта на 2008 г.) за счет естественного контр-

банкета – делювиального шлейфа. Склон приобрел профиль устойчивого равновесия, в котором находился и в 2008 г. в период изысканий ООО «ГИЦ».

Четвертый этап – техногенный, когда у основания склона путем его подрезки была устроена промплощадка с отметкой 75,3-75,5 м за счет удаления «естественного контрбанкета» в фронтальной части старого оползня. Заложение склона сократилось при этом до 135 м, его средняя крутизна выросла до 22°, появился откос высотой до 12 м и крутизной более 40° (топокарта на 2010 г). В нижней половине склона, у фронта древнего оползня, средняя крутизна возросла с 12° до 18°, что равносильно уменьшению устойчивости почти на 40 %. Этого было достаточно, чтобы нижняя древнеоползневая половина склона потеряла равновесие. Склон перешел в современное, пятое состояние.

На пятом этапе нижняя половина склона в пределах профиля I-I (рис. 2) перешла в оползневое состояние и нуждается теперь в стабилизации, средняя часть, между отметками 95–105 м, – в оползнеопасное состояние за счет подрезки ее основания стенкой срыва активного оползня и нуждается в предупредительных мероприятиях, а верхняя часть, выше отметки 105 м, осталась в устойчивом состоянии, несмотря на значительную крутизну (в среднем более 22°) и нуждается в профилактических мероприятиях, например, в регулировании поверхностного стока (топокарта на июнь 2011 г.).

Геологическое строение коренной основы склонового массива на всю глубину эрозионного вреза (с отметки 130 м вниз до 70 м) представлено породами уржумского яруса (P₂ur) среднего отдела пермской (P₂) системы. Ниже отметок 65 – 60 м описанные породы уржумского яруса подстилаются карбонатно-сульфатными породами казанского яруса с Сюкеевским месторождением гипса.

На породах коренной основы залегают образования четвертичной системы, представленные аллювиально-делювиальными отложениями пойменной террасы ручья, суглинками погребенной балки, делювиальными суглинками, распространенными в нижней части склонов, а также породами давних и современных оползней. Их мощность не превышает 10-12 м.

Гидрогеологические условия характеризуются спорадическим распространением до пяти межпластовых безнапорных ВГ мощностью от 0,1 до 0,3 м, приуроченных к линзам и пластам мергелей, алевроитов на отметках 114, 104, 96, 82 и 78 м. Питание горизонтов атмосферное и путем перетекания сверху вниз по трещинам, а в пределах оползней – вдоль их боковых граней и разрывных деформаций. Подземные воды участка пресные (M=0.84 г/дм³), гидрокарбонатные, магниевые-кальциевые, очень жесткие, слабощелочные.

Опасные геологические процессы и явления представлены двумя активными оползневыми системами (ОС-1 и ОС-2), которые стали развиваться с 27 апреля 2011 г., и девятью давними стабилизировавшимися оползнями (Оп-1 ÷ Оп-9). У последних границы завуалированы, стенки срывов и фронтальные элементы сглажены, они узнаются по сохранившимся оползневым террасам и окаймляющим их сверху циркуобразным уступам. Оползни отно-

сятся к категории небольших (тыс. м³) и средних (десятки тыс. м³). Общий объем активных оползней – около 36000 м³.

В геологической истории долины ручей был основным фактором неустойчивости склонов. В настоящее время склоны над промплощадкой, в том числе и оползневые, находятся вне зоны влияния русловых процессов, и данным фактором при оценке устойчивости теперь можно пренебречь.

Анализ расчетной модели и рекомендации по стабилизации оползней.

На примере разреза 1-1 ниже приведен анализ расчетной модели (рис. 2), на которой склон изображен в различных состояниях.

Первое состояние – древнеоползневой склон на 2008 г., естественный, до начала строительных работ. Он тогда подпирался снизу, со стороны поймы, делювиальным шлейфом мощностью 7-8 м (природный контрфорс), обеспечивая склону надежную устойчивость. Этому состоянию соответствует модель 1 с отсеками 1-25, состоящая из двух взаимодействующих элементов (1-го яруса и 2-го подъяруса) без разрывных нарушений между ними.

Второе состояние – склон после техногенной подрезки основания при устройстве промплощадки, но до оползневых смещений (до апреля 2011 г.). Данному состоянию соответствуют модели 3 и 4 с отсеками 1-16 (в составе 1-го и 2-го ярусов) и отсеками 7-16 (1-го яруса). На этих моделях получены параметры пиковой прочности. По данным расчетов модели 3 условию предельного равновесия соответствуют такие параметры пиковой прочности – $c=12$ кПа, $\varphi=8^\circ$. При аналогичных прочностных характеристиках у модели 4 $K_{уст} = 0,96$. Это значит, что у 1-го яруса устойчивость меньше, и он действительно может смещаться самостоятельно. Данные наблюдений по кинематике элементов системы подтверждают данное предположение. Они могли сдвинуться синхронно, т.е. 2-й ярус «ныряет» под 1-й ярус. Об этом свидетельствует отсутствие разрывных трещин между этими ярусами и формирование мульды оседания в зоне их сочленения. Полученные параметры пиковой прочности использованы при расчетах устойчивости давнеоползневых склонов.

Третье состояние – склон после смещения оползня, или в момент выполнения изыскательских работ (июнь 2011 г.). Данному состоянию соответствуют модели 5 и 6 с отсеками 1-18 и 7-18 соответственно. Наблюдения маркшейдерской службы за 12 реперами свидетельствуют о незначительных вертикальных смещениях блоков. По нашим данным, амплитуды горизонтальных смещений достигают 4,0 м., а вертикальных смещений головных блоков вращения и сброса – до 1,0 м и более. На этих моделях получены параметры остаточной прочности, соответствующие моменту прекращения смещения. При $K_{уст} = 1$ они равны – $c=5$ кПа, $\varphi=8^\circ$ и использованы для расчетов оползневого давления.

В заключении сформулированы следующие рекомендации.

1. Оползни образовались за счет техногенной подрезки основания древнеоползневого склона выемкой глубиной более 10,0 м. при устройстве промплощадки без прогнозирования устойчивости.

2. В связи с необходимостью защиты промплощадки с сооружениями, расположенными у фронтальной части оползневых систем, рекомендуются удерживающие конструкции (УК).

3. УК следует ориентировать на ОС-1, обладающую наибольшей энергией. Она состоит из трех оползней (частей) с общим объемом оползневых масс 30280 м³. – 1-го яруса и двух подъярусов. Последние движутся почти под прямым углом друг к другу, ныряя под головной блок 1-го яруса, и меньше влияют на рост оползневого давления (Доп) системы. В результате Доп в фронтальной части системы возрастает от её восточного края к западному, достигнув максимума в середине.

4. Максимальное Доп – 58,47 т/п.м. наблюдается над отсеком 11 в зоне контакта блоков Вр и ПС, минимальный – в фронтальной части яруса (около 4,0 т/ п.м.). Рекомендовано УК разместить в пределах отсеков 17 и 18, где нормированный Куст=1,05 обеспечивается конструкцией, запроектированной на Доп = 25,0 т/п.м.

Литература

1. *Петров Н.Ф., Никитина О.В.* Составление моделей склонов в строительных целях // Сергеевские чтения. Моделирование при решении геоэкологических задач. Вып. 11. – М.: ГЕОС, 2009. – С. 305-309.

ОБ УЧЕТЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗВИТИЯ ОПОЛЗНЕВОГО ПРОЦЕССА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА СКЛОНОВЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Г.П. Постоев, Б.К. Лапочкин, А.И. Казеев

Институт геоэкологии им. Е. М. Сергеева РАН,
101 000 Москва, Уланский пер., 13 стр. 2, а/я 145, тел. (495) 6246566, факс (495)6231886,
info@opolzni.ru

Введение. Склоновые территории в районах развития оползневых процессов требуют особого внимания на предпроектных этапах строительства. При размещении строительных объектов на оползнеопасном склоне или в зоне его влияния нередко проявляются две крайности. Одна из них – это заключение о том, что после проведения инженерных изысканий и расчетов устойчивости, (при наличии следов оползневого деформирования склона), устойчивость склона достаточна и определяет возможность строительства проектируемых объектов. В частности, такие мнения возникают для участков развития глубоких блоковых оползней на этапах временной стабилизации склона и отсутствии свежих оползнеопасных трещин, свидетельствующих о развитии глубоких подвижек. Другая крайность – это распространение осо-

бенностей оползневых грунтовых масс (поверхности скольжения, структура грунтов и их свойства) и на устойчивые коренные участки склонов. Это вызывает необходимость проведения объемных трудозатратных мероприятий и соответственно необоснованное удорожание проекта.

Проектирование сооружений, как правило, выполняется до проведения инженерных и изыскательских работ или, по крайней мере, до их окончания. В связи с этим, выявленные особенности развития оползневого процесса не могут быть учтены в проекте путем перепланировки территории и изменения техногенных нагрузок на склоновый массив.

Есть проблемы в распознавании типов оползней и соответственно механизма ожидаемых оползневых деформаций. Рекомендации в существующих нормативных документах зачастую не проясняют ситуацию, поскольку механизм развития оползневых деформаций не всегда соответствует выделенному типу оползня (по классификации). Другой проблемой является выбор расчетных характеристик грунтов. В нормативных документах предписывается использовать данные испытаний грунтов на срез по схеме «плашка по плашке». Однако изыскателям и проектировщикам не всегда понятно, в каких случаях рекомендовано применять эти данные.

Эти вопросы и некоторые другие, не менее важные для снижения стоимости строительства, и в то же время повышения достоверности в оценке оползневой опасности и обеспечения защиты от возможной оползневой угрозы, рассматриваются ниже.

1. Об учете возможной оползневой опасности в конструкции проектируемого сооружения. Обычно бывает так, что особенности механизма возможных оползневых деформаций на участке строительства вскрываются, когда проект практически готов. В этом случае он в полной мере не может учесть реальные грунтовые условия и оптимальное распределение нагрузок от сооружения на склоновый массив. Достаточно отметить такой факт, что на участках возможного проявления глубоких оползневых подвижек важнейшим условием их проявления является высокое гравитационное давление σ_1 на потенциально деформирующийся горизонт, грунты которого имеют структурную прочность на сжатие σ_{str} , т.е. условие $\sigma_1 \gg \sigma_{str}$. Снижение давления на указанный горизонт путем учета в проекте сооружения глубоких выемок в соответствии с механизмом данного типа оползней (патенты ИГЭ РАН № 2413056 и № 2340729) позволит не только исключить возможность образования глубокого оползня, но и обустроить эксплуатируемое подземное сооружение, что особенно ценно в стесненных городских условиях.

2. Об оценке оползневой обстановки. При предварительном обследовании инженерных изысканий нередко возникают ошибки при интерпретации оползневых морфоэлементов. Известны случаи, когда оползневую террасу, которая образуется на склоне при завершении оползневого цикла развития на склоне глубокого блокового оползня, с ровной поверхностью земли и практически отсутствием оползневых трещин, принимают за естественную террасу. Это происходит даже после проведения работ и анализа геологического разреза, что имело место при обсуждении механизма активизации

оползневых деформаций в Хорошево-1 (Москва, Карамышевская набережная, 2006 г.)

На высоких склонах речных долин Восточной Сибири нередко встречаются проявления глубоких блоковых оползней, которые известны также как оползни «отседания». Однако изыскатели протяженные оползневые трещины, а также другие характерные морфоэлементы ошибочно принимают за линеаменты тектонических или следы проявления криогенных процессов. В частности данные ситуации возникают при проектировании магистральных трубопроводов.

3. О типе и механизме возможных оползней. Для обоснования проектной подготовки строительства и при проведении инженерно-геологических изысканий на территории развития оползневых процессов используются соответствующие нормативные документы. Согласно СП 11-105-97 [2] типы и подтипы склоновых процессов, в т.ч. оползней, устанавливаются по механизму смещения пород, в соответствии с табл. 4.1 [2]. Однако предложенная классификация не отражает механизм формирования оползней, что является наиболее важным. Смещение оползня происходит достаточно единообразно – движение по образованной поверхности скольжения, с ускорением или замедлением в зависимости от воздействующих факторов.

Показательным фактором является выделение подтипа «инсеквентные (срезающие) оползни», для которого указан характер проявления: «срыв и смещение блоков пород по вогнутой криволинейной поверхности с одновременным их запрокидыванием». Но указанное описание характерно практически для всех оползней. Поэтому часто происходит путаница с распознаванием типа оползня. Так, И.О. Тихвинский образование нового оползневой блока на участке Зименки (Нижегородское Поволжье) с развитием глубоких подвижек по механизму сжатия-выдавливанию, отнес к типу «срезающие» [3]. Ошибочная трактовка механизма формирования оползня может привести к некорректному выбору расчетной схемы и соответственно к погрешностям в оценке оползневой опасности.

4. О расчетных характеристиках грунтов. В нормативных документах [2] указано, что лабораторные исследования грунтов «следует проводить в основном на образцах, отобранных из грунтов основного деформируемого горизонта». При этом рекомендовано кроме стандартных испытаний для определения характеристик прочности грунта, проводить испытания на сдвиг по подготовленной поверхности («второй сдвиг») и дополнительно смоченной подготовленной поверхности («третий сдвиг»). Однако рекомендации по выявлению «основного деформируемого горизонта» отсутствуют, да и неизвестно, есть ли он вообще. Если предположить, что такой горизонт имеется, то возможно не нужны расчеты устойчивости.

Изначально испытания на повторный сдвиг были введены, чтобы использовать полученные характеристики прочности грунта по плоскости скольжения для смещенных оползневых массивов. Однако, ввиду отсутствия четких указаний, эти данные стали применять и для оценки устойчивости коренных массивов. Это приводит к необоснованному занижению несущей

способности массива и соответственно удорожанию проекта строительного объекта.

5. Об учете оползневых подвижек. Существует заблуждение, что мощное свайное основание (со сваями, заглубленными в коренные грунты) под проектируемым объектом, размещенном на оползневом склоне, позволит обеспечить устойчивость объекта. При этом забывают, что смещение (пусть даже медленное) оползневого тела неизбежно вызовет подвижку верха свай (если нет обтекания) и соответственно деформации объекта. В практике известны случаи деформаций под действием оползневого давления мостовых устоев и опор.

6. Требование заказчика об использовании сертифицированной программы расчета устойчивости склона не позволяет избежать ошибок в оценке оползневой ситуации. Не стоит переоценивать значение расчетов устойчивости, которые являются фактически обычным инструментом изучения инженерно-геологических условий и оценки оползневой опасности на исследуемом участке. В расчетных методах значительно больший вес имеет расчетная схема, которая должна достаточно обоснованно отражать особенности механизма оползня, по которому производятся расчетные процедуры.

Как указывалось выше, предложенная в соответствующем нормативном документе классификация оползней может привести к ошибочным результатам.

7. Большинство существующих методов (и программ) расчета устойчивости учитывают наличие поверхности скольжения в грунтовом массиве (т. е. запредельные условия). Однако применительно к коренному массиву такой прием вызывает сомнения. Дело в том, что поверхность скольжения в массиве образуется после достижения критической деформации. До этого момента грунт сохраняет исходную прочность ненарушенного сложения.

Согласно работе А.М. Демина [1], образование трещин отрыва («закола») происходит при относительной деформации (вертикальной составляющей) $(2-9) \cdot 10^3$ – начальная фаза деформирования. При этом критическое значение соответствует величине $(10-66) \cdot 10^3$.

Однако полученные научные выводы и результаты не отражены в нормативах и соответственно не используются при выборе расчетных характеристик грунтов, методов расчета и расчетных схем. Следует отметить, что для коренных массивов предпочтительнее использовать технологию изменения напряженного состояния во взаимодействии со склоновой (оползневой) частью с оценкой его близости с предельным.

8. Привлечение специализированных научных организаций для оценки оползневой обстановки и опасности как правило производится на этапе готового проекта. Это в должной мере не позволяет учесть научные выводы для совершенствования проекта. Кроме того, в настоящее время создается впечатление, что не столько доверяется результатам научных исследований, сколько формальному выполнению требований в соответствии с иногда нечеткими указаниями нормативных документов.

Таким образом, учитывая сложность инженерно-геологических условий, распознавания типов оползней, выявления особенностей механизма оползневых деформаций и других процедур, рассмотренных в статье, считаем необходимым и целесообразным обязательное участие на всех этапах проектирования объекта на оползнеопасной территории привлечение специализированной научной организации для обоснования мероприятий по совершенствованию проекта и предотвращения опасного развития оползневых деформаций.

Литература

1. *Демин А. М.* Оползни в карьерах: анализ и прогноз. – М.: ГЕОС, 2009. – 79 с.
2. Инженерно-геологические изыскания для строительства. СНиП 11-105-97. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. – М.: ПНИИИС, 2009. – 93 с.
3. *Тихвинский О. М.* Оценка и прогноз устойчивости оползневых склонов. – М.: Наука, 1988. – 144 с.

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СЕЙСМИЧНОСТИ ПЛОЩАДКИ ТУАПСИНСКОГО НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА (НПЗ)

**В.В. Севостьянов, И.Г. Миндель, Б.А. Трифонов,
Н.А. Рагозин, М.Д. Кауркин**

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва, Уланский пер., д. 13,
тел. 8(495)911-03-83, email: igelab@mail.ru

Комплексные работы по оценке сейсмичности площадки Туапсинского НПЗ были выполнены в 2010 г. Исследования включали два основных направления: уточнение исходной (фоновой) сейсмичности района и сейсмическое микрорайонирование площадки НПЗ.

Уточнение исходной сейсмичности проводилось на базе детализированных нормативных карт общего сейсмического районирования территории РФ (ОСР-97) масштаба 1:2500000 с учетом результатов дополнительных исследований по уточнению зон возможных очагов землетрясений (зон ВОЗ) в масштабах 1:500000-1:1000000.

Сейсмическое микрорайонирование, принимая во внимание различный уровень ответственности зданий и сооружений НПЗ, выполнялось для двух периодов повторяемости сотрясений: $T = 500$ лет и $T = 1000$ лет.

Помимо оценки прогнозной сейсмической интенсивности с шагом 0,5 балла, были выполнены по оригинальной методике специальные расчеты количественных характеристик сейсмических воздействий, включая локальные акселерограммы, спектры реакции и т.д.

Уточнение исходной сейсмичности района работ

По нормативным картам ОСР-97 А,В район г. Туапсе по шкале MSK-64 относится к зоне 8-балльной сейсмичности при повторяемости землетрясений 1 раз в 500 лет и к 9-балльной сейсмичности при повторяемости 1 раз в 1000 лет. Технология составления вероятностных карт ОСР-97 основана на расчете сейсмичности, выраженной в непрерывно изменяющихся по площади численных значениях баллов, но в окончательном виде карта отражает лишь целочисленные значения сейсмической интенсивности [3]. Как признают авторы карт [4], процедура такого округления влечет за собой погрешности, нередко превышающие $\pm 0,5$ балла. Это обстоятельство приводит к необходимости исследований по уточнению исходной сейсмичности, включая как региональную детализацию карт ОСР-97 с более дробным шагом, так и дополнительный анализ сейсмологических и геолого-геофизических данных в более крупном масштабе. Такое уточнение исходной сейсмичности для территории г. Туапсе было выполнено с участием авторов и специалистов ОИФЗ РАН в 2000 г. [2]. Так, для района г. Туапсе при расчете сейсмической интенсивности в баллах шкалы MSK-64 не в целочисленных значениях балла, а с шагом 0,1 балла для периода повторяемости 1 раз в 1000 лет (карта ОСР-97-В для объектов повышенной ответственности), фоновая величина сейсмичности составит 8,5 балла с соответствующим максимальным значением ускорения 280 см/с^2 . Для периода повторяемости 1 раз в 500 лет (карта ОСР-97-А) сейсмическая интенсивность – 8,0 баллов. Эти значения сейсмического балла были приняты за исходные для «средних» грунтовых условий при сейсмическом микрорайонировании площадки Туапсинского НПЗ.

Сейсмическое микрорайонирование

Площадка НПЗ размером около 110 га расположена в области низкого рельефа южного склона Северо-Западного Кавказа, на левом берегу р. Туапсе в пределах надпойменной террасы и берегового речного склона с абсолютными отметками от 7,5 до 15,5 м. Естественный рельеф существенно изменен планировкой поверхности под строительство технологических сооружений и коммуникаций. В геологическом строении площадки принимают участие четвертичные отложения, залегающие на коренных породах верхнемелового возраста. Четвертичные отложения различного генезиса представлены рыхлыми крупнообломочными и глинистыми разностями, они слагают надпойменную террасу, заполняют переуглубленные долины реки и овражных балок. По генезису выделяются: техногенные, аллювиальные, лимано-аллювиальные, пролювиально-делювиальные, оползневые образования, отложения древней морской террасы. Мощность толщи рыхлых четвертичных отложений на площадке изменяется от первых метров до 20-30 м и более (рис. 1).

Коренные породы верхнемелового возраста представлены флишем карбонатных пород – мергели с прослоями аргиллитов и песчаников. Уровень грунтовых вод находится на глубинах от 1,5 до 8,0 м. В целом грунтовые условия на площадке в основном соответствуют II категории согласно табл. 1 СНиП II-7-81*, зона с мощностью рыхлых отложений менее 5 м может быть

отнесена к I-II категории (восточная часть площадки). Относительно неблагоприятные условия, связанные с большой мощностью глинистых грунтов, характерны для юго-западной части площадки, где грунтовые условия могут быть отнесены к II-III категории.

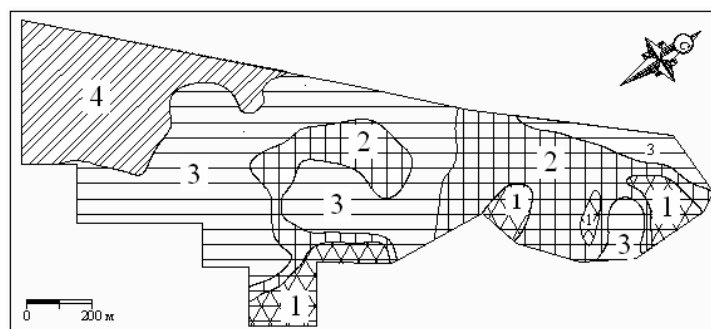


Рис. 1. Схема мощностей рыхлых четвертичных отложений:
 1 – менее 5 м; 2 – от 5 до 10 м; 3 – от 10 до 20 м; 4 – более 20 м

Инструментальные исследования сейсмических свойств грунтов в верхней части разреза до глубин 25-30 м с определением скоростей продольных и поперечных волн проводились с использованием поверхностных и скважинных сейсморазведочных методов, включающих вертикальное сейсмическое профилирование (ВСП) и метод преломленных волн (МПВ). Использовалась 24-канальная цифровая сейсморазведочная станция “Geode” (США). В условиях действующего и одновременно реконструируемого предприятия выполнение полевых инструментальных геофизических работ было весьма осложнено. Тем не менее, полученные результаты позволили построить геосейсмические разрезы, на основе которых был реализован метод сейсмических жесткостей с оценкой величины приращения сейсмической балльности, а также составлены характерные геосейсмические модели (табл., рис. 2), использованные в дальнейшем при синтезировании прогнозных акселерограмм.

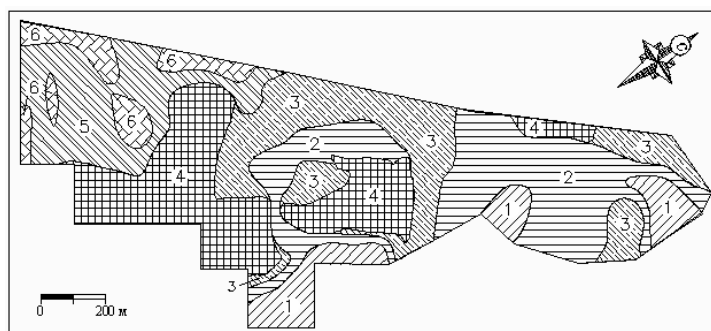


Рис. 2. Схема расположения участков с различными типами сейсмических разрезов (моделей). Цифрами обозначены номера моделей

Таблица

Параметры некоторых типичных расчетных сейсмических разрезов (моделей) площадки Туапсинского НПЗ

Номер слоя	V_p , м/с	V_s , м/с	ρ , г/см ³	H, м	D_p	D_s
1	2	3	4	5	6	7
Эталонный разрез в пункте расположения с/с «Сочи»: слой 1 – суглинки с дресвой мощностью H=2 м; слой 2 – разрушенные глинистые сланцы (элювий) H=4 м; слой 3 – сильнотрещиноватые глинистые сланцы H=5 м; слой 4 – слаботрещиноватые сланцы, аргиллиты.						
1	440	160	1,8	2	0,55	0,6
2	600	310	1,9	4	0,5	0,6
3	1100	440	2,1	5	0,4	0,5
4	2200	1000	2,3	∞	0	0
Разрез 1, мощность насыпных и обломочных пород до 5 м: слой 1 – насыпные грунты, H=3 м; слой 2 – дресвяный грунт, H=2 м; слой 3 – мергели, аргиллиты, песчаники.						
1	400	220	1,97	3	1	1,2
2	1700	600	2,04	2	0,5	0,6
3	2080	810	2,35	∞	0	0
Разрез 5, мощность глинистых и обломочных пород от 20 до 30 м с преобладанием глинистых пород: слой 1 – насыпной грунт, H=2 м; слой 2 – суглинки, H=4 м; слой 3 – глины, H=7 м; слой 4 – глины, H=9 м; слой 5 – гравийный грунт, H=3 м; слой 6 – дресвяный грунт, H=2 м; слой 7 – мергель, аргиллиты, песчаники						
1	400	200	1,97	2	1	1,2
2	700	250	1,93	4	0,8	0,9
3	800	280	1,89	7	0,6	0,8
4	850	330	1,9	9	0,5	0,7
5	1550	510	2,25	3	0,4	0,5
6	1780	620	2,04	2	0,3	0,4
7	2080	810	2,35	∞	0	0

Расчет сейсмических воздействий и синтезированных акселерограмм

В качестве исходных параметров сейсмических воздействий землетрясений из наиболее опасных для Туапсе зон ВОЗ взяты оценки, полученные В.Н. Аверьяновой энерго-спектральным методом на грунтах II категории ($a_{\max}=230\text{см/с}^2$ при повторяемости 1 раз 1000 лет) [1, 2]. Далее эти данные были использованы для расчета акселерограмм на участках с конкретными геосейсмическими условиями.

Всего на площадке было выделено шесть типичных геосейсмических разрезов (моделей). В таблице даны примеры двух наиболее контрастных моделей. При расчетах кровля коренных пород со скоростями $V_p=2080$ м/с, $V_s=810$ м/с и плотностью $\rho=2,35$ г/см³ была принята за границу упругого полупространства.

Амплитудно-частотные характеристики указанных моделей рассчитывались по программе COEF-10. Результаты расчета АЧХ для нескольких выделенных моделей, а также отношения АЧХ для каждого разреза к АЧХ эталонного (пункт расположения сейсмостанции «Сочи») показаны на рис. 3. Видно, что графики АЧХ в зависимости от мощности рыхлой толщи значительно различаются. По мере увеличения мощности отношение $U(T)_i/U(T)_{\text{эт}}$ возрастает в диапазоне периодов от 0,15 до 0,35 с, характерных для преобла-

дающих периодов колебаний с максимальными амплитудами ускорений от землетрясений из наиболее опасных для Туапсе зон ВОЗ. Максимальные значения ускорений на горизонтальных компонентах оценивались по соотношению:

$$a_{\max} = a_{\max(\text{эт})} \cdot U(T)_i / U(T)_{\text{эт}}$$

соответственно для модели 1 : $a_{\max} = 185 \text{ см/с}^2$, а для модели 5 : $a_{\max} = 300 \text{ см/с}^2$.

Дальнейшие расчеты синтезированных акселерограмм проводились с помощью специализированной программы “AGA”, сертифицированной для применения на ядерных объектах. В качестве входных параметров для расчета акселерограмм служили спектры реакции (рис. 4), значения максимальных ускорений и продолжительности колебаний в максимальных фазах.

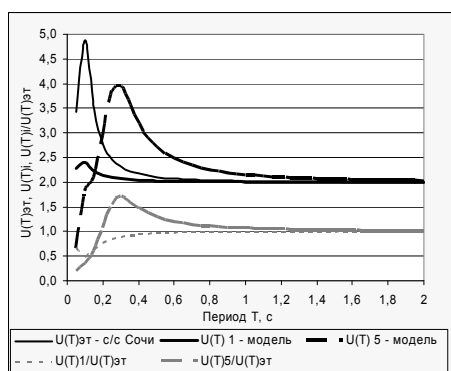


Рис. 3. Амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) толщи грунтов для нескольких типичных моделей, а также графики отношений $U(T)_i / U(T)_{\text{эт}}$

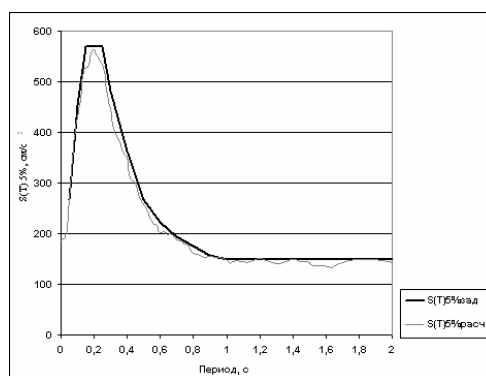


Рис. 4. Спектры реакции $S(T)$ 5% для нескольких типичных разрезов (модели 1 и 5)

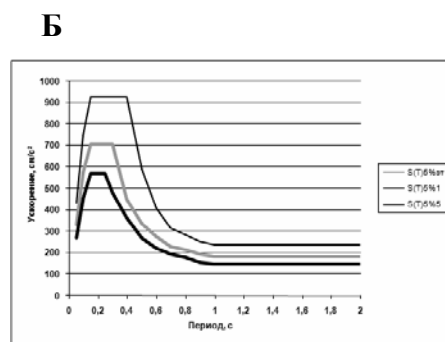
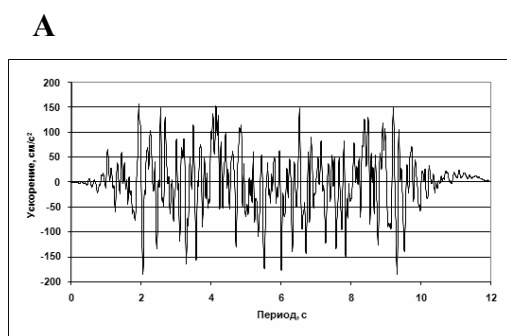


Рис. 5. Синтезированная акселерограмма (горизонтальные компоненты X,Y) рассчитанная по спектру реакции для модели 1:

- А. $S(T)$ 5% расч. – спектр реакции, рассчитанный по синтезированной акселерограмме;
 Б. $S(T)$ 5% зад. – спектры реакции горизонтальных компонент X,Y заданный для грунтовых условий модели 1

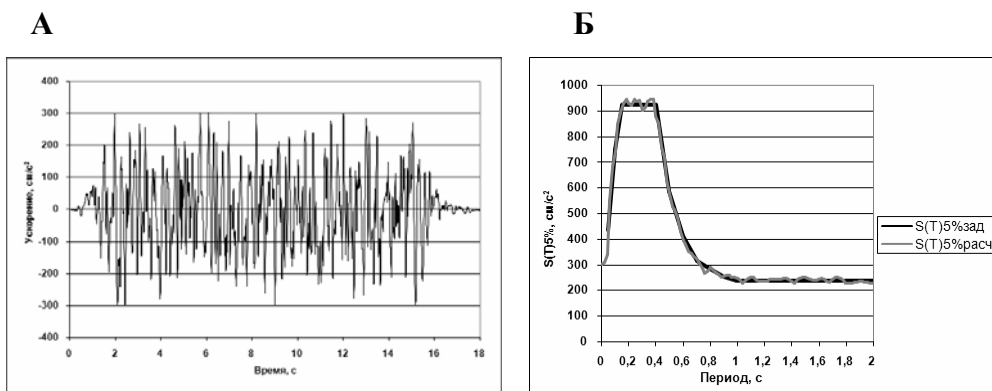


Рис. 6. Синтезированная акселерограмма (горизонтальная компонента X,Y) рассчитанная по спектру реакции для модели 5:

- А. S(T) 5% расч. – спектр реакции, рассчитанный по синтезированной акселерограмме:
- Б. S(T) 5% зад. – спектры реакции горизонтальных компонент X,Y заданный для грунтовых условий модели 5

Примеры полученных синтезированных акселерограмм и соответствующих спектров реакции приведены на рис. 5 и 6 для наиболее контрастных геосейсмических моделей (разрезов) площадки.

Таким образом, для каждой геосейсмической модели были синтезированы акселерограммы, характерные для отдельных участков площадки (см. рис. 2.).

В результате работ по сейсмическому микрорайонированию, включающих и уточнение (детализацию) исходной сейсмичности района, разработана специальная карта сейсмического микрорайонирования территории Туапсинского НПЗ (рис. 7).

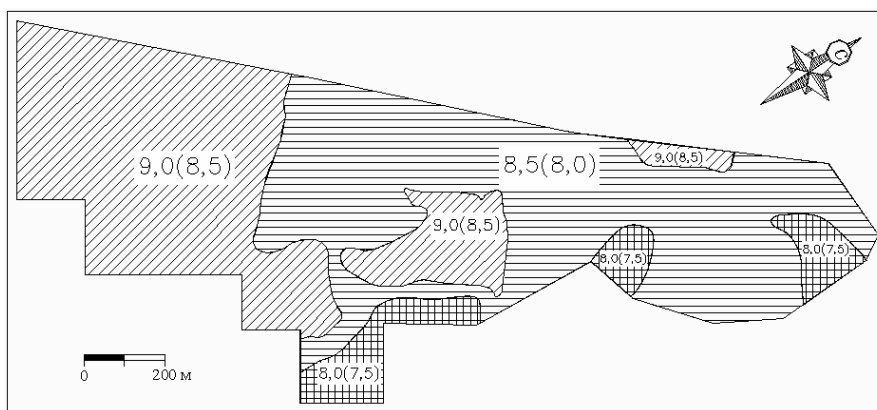


Рис. 7. Карта сейсмического микрорайонирования территории Туапсинского НПЗ
 Первая цифра – сейсмичность в баллах для периода повторяемости сотрясений – 1000 лет,
 цифра в скобках – сейсмичность в баллах для повторяемости сотрясений – 500 лет

Карта и сопровождающие ее материалы позволяют оценивать сейсмические условия для объектов различного уровня ответственности, как в баллах, так и в количественных характеристиках сейсмических воздействий, включая синтезированные акселерограммы.

Литература

1. *Аверьянова В.Н.* Энергоспектральный метод оценки сейсмической опасности. – М.: Наука, 1985. – 192 с.
2. Отчет по теме: «Уточнение исходной сейсмичности городов Туапсе и Новороссийск Краснодарского края». – М.: ПНИИИС, 2000.
3. *Уломов В.Н., Шумилина Л.С.* Комплект карт общего сейсмического районирования территории РФ. ОСР-97. – М.: ОИФЗ РАН, 1999. – 57 с.
4. *Уломов В.И.* Вероятностно-детерминированная оценка сейсмических воздействий на основе карт ОСР-97 и сценарных землетрясений // Сейсмостойкое строительство. – 2005. – № 4. – С. 60-68.

ПРОГНОЗ ПАРАМЕТРОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ

В.Г. Столяров, Л.В. Бабаевская

Северо-Кавказский государственный технический университет,
Ставрополь, просп. Кулакова, 2, тел. 8652-956844
E-mail: vgstolyarov@yandex.ru

1. Параметры землетрясений, зависимость от типа прогноза. Краткосрочный прогноз землетрясений, ещё несколько десятилетий до сего дня считавшийся делом нереальным, делает первые успешные шаги: специалисты из Германии предсказали сильнейшее землетрясение в Коста-Рике, следующий их прогноз – в ближайшее время ожидается землетрясение с магнитудой 8 баллов по шкале Рихтера, оно должно произойти в 20 км к югу от Стамбула. Специалисты Института физики Земли предсказывают, что в течение двух или трёх лет на Северном Кавказе произойдут землетрясения с магнитудой $M = 5,5$ или $6,0$ (рис. 1, [6]). По-видимому, они совпадают с эпицентрами землетрясений № 1 и 2 (рис. 2), потенциальная магнитуда которых ранее оценивалась $M = 7,0$ (№ 1, эпицентр южнее Гудермеса; приведено в [14]) и $M = 7,5$ (№ 2, эпицентр в районе г. Дербента). В [6] отмечается, что созданный в 2006 г. Координационный прогностический центр (КПЦ) даёт еженедельный, ежемесячный и полугодовой анализ сейсмической обстановки на территории страны. «На время ближайших двух лет наиболее сейсмоопасными признаны регионы Восточной Камчатки и Северных Курил ($M \geq 7,0$), Байкальской рифтовой зоны ($M \geq 6,0$) и Северного Кавказа ($M \geq 5,5$)» [6].

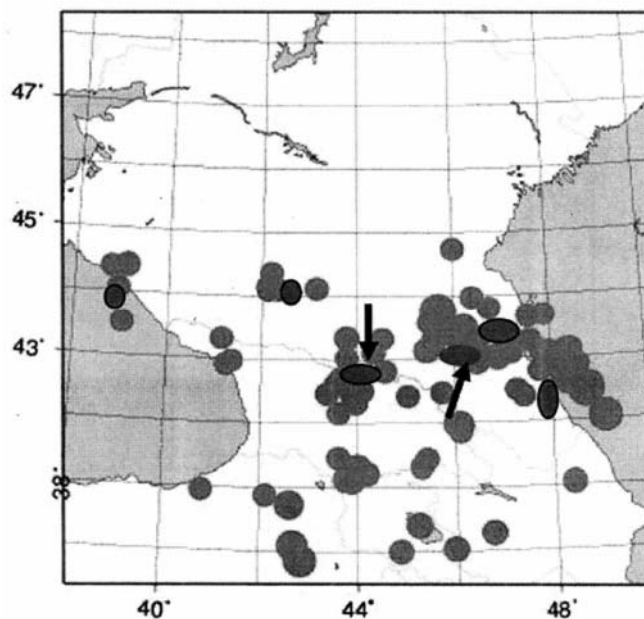


Рис. 1. Ожидаемые в ближайшие 2-3 года землетрясения на Северном Кавказе с $M \approx 5,5$ и $6,0$ (овалы)
Стрелки у овалов, справа – уже произошедшие Курчалойское землетрясение (11.10.2008, $M = 5,6$) и Юго-Осетинское (07.09.2009, $M = 6,1$)

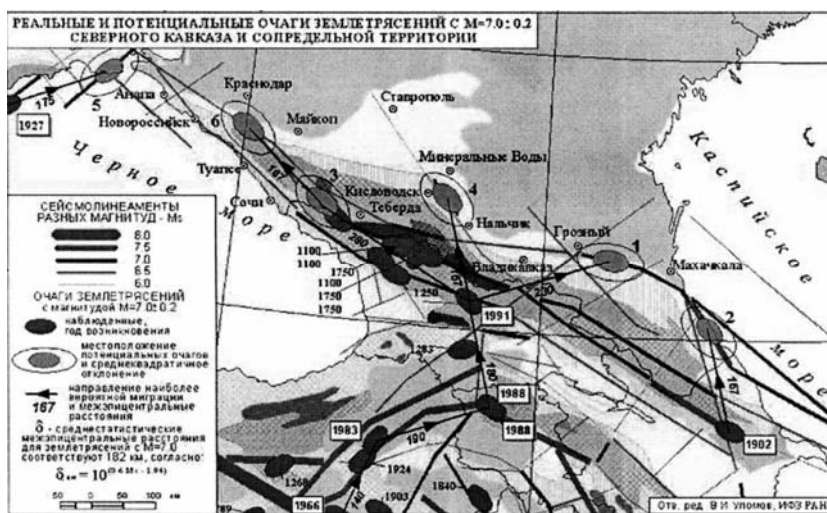


Рис. 2. Реальные и потенциальные очаги землетрясений с $M = 7,0 \pm 0,2$ Северного Кавказа и сопредельных территорий

Расхождение долгосрочного прогноза [2] и краткосрочного [1] – всего на ближайшие два года – можно оценить, используя формулы Н.В. Шебалина:

$$I_0 = 1,5 M + 3 - 3,5 \lg h \dots \quad (1a)$$

$$I = 1,5 M + 3 - 3,5 \lg(h^2 + \Delta^2)^{0,5}, \quad (1б)$$

где h , км – глубина гипоцентра; Δ , км – расстояние до эпицентра.

Связь между приращениями:

$$\Delta I = 1,5 \Delta M. \quad (1в)$$

В зонах, где по картам А, В и С в населённых пунктах интенсивности равны 7; 8 и 9 или 8; 9 и 10 баллов (на Северном Кавказе более чем по 20 поселений с такими сочетаниями по интенсивности), $\Delta I = 2$ балла. Следовательно, $\Delta M = 2,0 / 1,5 = 1,33$ и максимальные значения магнитуд для этих двух групп $5,5 + 1,33 = 6,83$ и $6,0 + 1,33 = 7,33$, что близко к ранее прогнозируемым значениям $M = 7,0$ и $M = 7,5$ соответственно в районах городов Гудермеса и Дербента [14, 11]. Но уточнения ожидаемых магнитуд землетрясений необходимы: в [11] показано, что при больших значениях магнитуд (порядка 7,0 и более) формула Шебалина даёт завышенные значения по сравнению с фактически замеренными значениями, а при меньших значениях магнитуд по формулам Шебалина получаются заниженные значения интенсивности. Предлагается формулой Шебалина пользоваться при расстояниях > 15 км от эпицентра, а при расстояниях ≤ 15 км – использовать полученные на основе непосредственно измеренных расчётные значения интенсивностей [7, 8, 9] (табл. 1).

Таблица 1

Расчётные значения вертикальных и горизонтальных сейсмических ускорений в 15-километровой полосе вдоль активных сейсмических разломов

Сейсмический очаг и его параметры			Расчётные значения вертикальных и горизонтальных сейсмических ускорений и интенсивности I при ближайшем расстоянии от сейсмического очага							
Тип	Диапазон значений магнитуды M , баллы	Кол-во замеров $N_{\text{вертик.}} / N_{\text{гориз.}}$	≤ 5 км			10 км		≥ 15 км		
			$A_{\text{гор}} / g$	$A_{\text{вер}} / g$	I	$A_{\text{вер}} / g$ по (2)	$A_{\text{гор}} / g$	I	$A_{\text{гор}} / g$	I
А*	$M \geq 7$	10 / 10	1,08	0,91	10,4	1,32	0,74	9,89	0,4	9
В*	$6,5 \leq M < 7,0$	6 / 7	1,56	1,77	11,0	2,63	0,98	10,3	0,4	9
С*	$4,7 \leq M < 6,5$	7 / 10	0,86	0,38	10,1	0,856	0,53	9,41	0,2	8

В [15] приведены сведения о соотношении вертикальных и горизонтальных ускорений на разных (в том числе и достаточно больших) расстояниях от эпицентра. При горизонтальных ускорениях $A_{\text{гор}} \geq 250 \text{ см/сек}^2 = 0,255 g$ в [15] получена следующая зависимость $A_{\text{верт}} = f(A_{\text{гор}})$ –

$$A_{\text{верт}} = 44 + 0,0147 A_{\text{гор}} + 0,0011 A_{\text{гор}}^2. \quad (2)$$

Проверим, применима ли эта формула в непосредственной близости от активных разломов. При магнитуде $M \geq 7,0$ (тип очага A^* , см. табл. 1) при $A_{гор} = 1,08 g = 1059,48 \text{ см/сек}^2$; по (2) $A_{верт} = 1294,4 \text{ см/сек}^2 = 1,319 g$. Это существенно больше вертикального ускорения, полученного при непосредственных замерах – 0,91 g. По-видимому, причина в том, что приборами фиксируется суммарная скорость – от действия сейсмических волн и от смещения блока целиком вдоль разлома, а смещения могут быть от нескольких десятков сантиметров до нескольких метров. Для точки вблизи разлома – с учётом того, что мест зацеплений может быть от 10 до 20, – приходящие сейсмические волны могут менять направление чуть ли не на 180°. «Очаг» землетрясения – это не точка, а участок разлома, длина которого может достигать нескольких десятков километров.

2. Учёт реальных сейсмических воздействий и нормативные документы. В [1] Я. М. Айзенберг отмечает, что в последние десятилетия во время землетрясений произошли «массовые разрушения железобетонных каркасных зданий», они позволили сделать вывод, что «ныне действующие нормативные документы не обеспечивают сейсмическую надёжность сооружений, что эти нормы и методы недостаточно и противоречиво учитывают природу сейсмических воздействий». Во-первых, большие остаточные смещения грунта U_0 , мм (при $I=8$ баллов $U_0 = 43,6$ мм, а $U_0 (I=10)$ – это запредельные 1585 мм) принимаются по работе В. М. Грайзера [2]:

$$\lg U_0 = -4,6 + 0,78 I. \quad (3)$$

В [12, 13] дано такое обоснование происходящему «массовому разрушению железобетонных каркасных зданий». Основной причиной массовых разрушений являются два новых фактора, не отражённых в нормах: воздействие высоких давлений на фронте сейсмической волны (оно может достигать 1000 МПа [16]) и большие остаточные сейсмические смещения грунтов у поверхности, вместе с которыми смещаются и фундаменты. Но эти давления могут быть достигнуты, если в грунте все 100% пор заполнены водой, когда двухфазная система существует в чистом виде. Но если хотя бы 2,0 или 4,0% пор заполнены воздухом, то давления снижаются в 10 или 20 раз. По-видимому, это явление «не бросалось в глаза» только потому, что даже в мелких и пылеватых песках содержатся эти 2 или 4% воздуха, не говоря уж о глинистых грунтах, где его может быть до 10 или 15%.

В [3] проф. Н. П. Абовский и др. дают такую критику существующих норм: «При сильных землетрясениях (Кобе, 1995 г. и др.) зафиксированы срезы колонн, чего не должно происходить при колебательном разрушении конструкций. Вероятно этот эффект связан с распределением ударной волны от сейсмического очага. При этом начальный момент сейсмического воздействия (удар, толчок) почему-то не принимается во внимание. А ведь после этого толчка возникают колебания, энергия этого толчка не полностью (частично) через фундамент передаётся на верхнее строение». В нормах и в учебной литературе «затуманено» реальное состояние развития науки и методов расчёта на сейсмостойкость, их недостатки и актуальные нерешённые вопросы.

Такая ориентация приносит неоправданное успокоение с негативными последствиями». Нами ранее критиковалась теория резонансного разрушения конструкций [12, 13], указывалась необходимость учёта больших сейсмических смещений и высокого – до 1000 МПа – давления на фронте сейсмической волны.

Способ наших конструктивных приёмов уменьшения сейсмических воздействий на надземную часть здания – разделение подземной (основание и фундамент) и надземной частями зданий путём применения промежуточной подушки из гранулированных материалов и скользящего слоя, уменьшающего силы трения между промежуточной подушкой и нижним блоком надземной части здания. Появляющийся после землетрясения эксцентриситет между, например, несущей стеной первого этажа и фундаментом должен быть учтён при проектировании [4, 5, 10].

Выводы

1. В [6] даётся краткосрочный прогноз землетрясений: на Северном Кавказе возможны в течении двух-трёх лет землетрясения с магнитудой $M = 5,5$ – эпицентр южнее Гудермеса и $M = 6,0$ – в районе Дербента. Ранее по этим пунктам среднесрочный прогноз был 7,0 и 7,5 баллов.

2. Определены расчётные значения сейсмических ускорений в 15-километровой полосе вдоль активных тектонических разломов – см. табл. 1. При $6,5 \leq M < 7,0$ ускорения вблизи активных разломов достигают $A_{гор} = 1,56 g$ и $A_{верт} = 1,77 g$, их необходимо учитывать при проектировании и эксплуатации зданий.

Литература

1. Айзенберг Я.М. О концептуальных правилах повышения сейсмичности и живучести сооружений // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2003. – № 3. – С. 6-8.

2. Грайзер В.М. Сейсмические данные об остаточных смещениях при взрывах и землетрясениях // ДАН. – 1989. – Т. 306. – № 4. – С. 822-825.

3. *Необходимость системности исследований по сейсмостойкости строительства* / Н.П. Абовский, И.С. Инжутов, С.В. Деордиев, В.И. Палагушкин, И.Р. Худобердин // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2011. – № 3. – С. 71-73.

4. Пат. РФ 2307212. Свайный фундамент для высокосейсмичных районов / В.Г. Столяров. – Заявка № 2005121465. Зарегистрировано в Гос. реестре изобретений 27.09.2007.

5. Пат. РФ 23344843. Сейсмостойкий свайный фундамент / В.Г. Столяров. – Заявка № 2005115367. Зарегистрировано в Гос. реестре изобретений 27.09.2008.

6. Рогожин Е.А. Проблемы оценки сейсмической опасности при строительстве гражданских и ответственных в Российской Федерации. Перспективы прогнозирования сейсмической ситуации в сейсмических регионах страны // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. – 2011. – № 1 (1). – С. 51-54.

7. Столяров В.Г. Измеренные и расчётные значения сейсмических ускорений вблизи активных разломов. Задачи совершенствования норм антисейсмического проектирования // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2010. – № 1. – С. 16-20.

8. *Столяров В. Г.* Сейсмические воздействия и безопасность на Северном Кавказе в местах тектонических разломов // Сергеевские чтения. Научное обоснование актуализации нормативных документов инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий. Вып. 12 / Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (23-24 марта 2010 г.). – М.: РУДН, 2010. – С. 229-234.

9. *Столяров В. Г.* Не выученные уроки сейсмологии: города, активные разломы, необходимые изменения норм строительства в сейсмических районах // К столетию Олега Александровича. Избранные статьи профессора О.А. Савинова и ключевые доклады, представленные на шестые Савиновские чтения. – С-Петербург, 2010. – С. 129-140.

10. *Столяров В. Г.* Проектирование сейсмостойких ленточных свайных фундаментов с учётом остаточных сейсмических смещений // Сейсмическая опасность и управление сейсмическим риском на Кавказе: Тр. III Кавказской международной школы-семинара молодых учёных. – Владикавказ: ВНИЦ РАН и РСО-А, 2010. – С. 152-158.

11. *Столяров В. Г.* Сейсмические ускорения и безопасность в местах активных тектонических разломов на Северном Кавказе // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2009. – № 6. – С. 32-38.

12. *Столяров В. Г.* Энергетические компоненты сейсмических воздействий и анализ существующих норм сейсмостойкого строительства // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2008. – № 6. – С. 25-28.

13. *Столяров В. Г.* Учёт смещения при проектировании сейсмостойких фундаментов // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2006. – № 4. – С. 54-56.

14. *Уломов В. И., Шумилина Л. С.* Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97. Масштаб 1 : 8000000. Объяснительная записка и список городов и населённых пунктов, расположенных в сейсмоопасных зонах / Объединённый институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. – М.: ОИФЗ РАН, 1999. – 57 с.

15. *Эртелева О. О.* Прогноз уровня вертикальной компоненты // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2011. – № 1. – С. 52-55.

16. *Ягин В. П.* Новое объяснение поведения водонасыщенных грунтов при сильных сотрясениях // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2000. – № 6. – С. 21-22.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА ГРУНТОВ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОПОЛЗНЕЙ

В. И. Федодеев

Военно-технический университет при Федеральном агентстве
специального строительства, г. Балашиха, т.985-155-54-69

1. Прогнозирование оползней и оседаний грунтов имеет важное значение для выбора местоположения строительных объектов. Несмотря на это в настоящее время ни методы расчета устойчивости склонов, ни методы про-

гнозирования оползней не регламентированы никакими нормативными документами – ни СНИП 11-02-96, ни СП 11-105-97 и т.п.

В связи с этим остановимся кратко на используемых на практике вышеуказанных методах расчета и прогнозирования.

Для определения устойчивости склонов и откосов, как правило, применяют расчет по методу "круглоцилиндрических поверхностей скольжения". На рис.1 приведена схема определения этим методом и формула коэффициента K_v устойчивости склона, в которой ни один параметр или переменная не зависят от времени t .

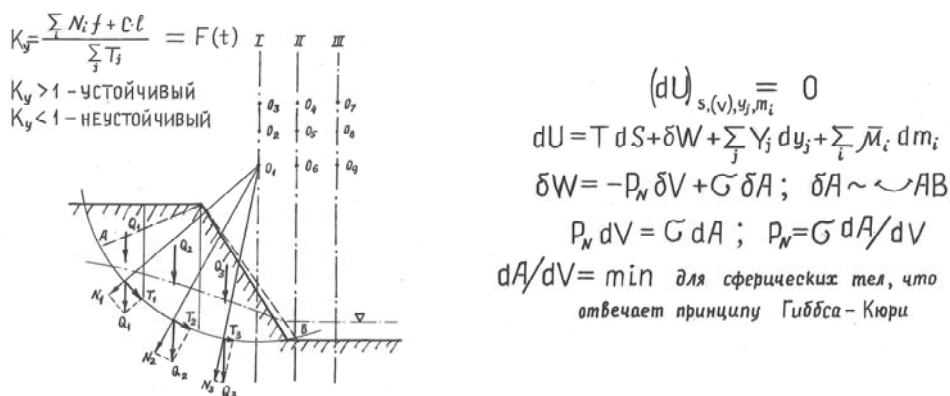


Рис. 1. Традиционный метод прогнозирования устойчивости склонов

Ясно, что когда $K_v=1$, т.е. когда склон неустойчив, формально определить момент начала его подвижки нельзя. В таком случае прогнозирование осуществляют на основе данных режимных наблюдений за изменением во времени входящих в формулу для K_v параметров, которые зависят от многих изменяющихся случайным образом факторов, что не позволяет надежно определить момент времени, когда K_v станет меньше единицы и возникнет оползень.

Как указывается в работе [10], круглоцилиндрическая поверхность скольжения является гипотетической, т.е. такой метод определения K_v физически не обоснован. При этом неявным образом принимается, что склон литологически однороден, что на практике никогда не наблюдается.

На рис. 1 (справа) приведены выкладки, дающие физическое обоснование реальной форме поверхности скольжения при условии литологической однородности склона. Оно базируется на представлениях и методах термодинамики поверхностных явлений, входящей неотъемлемо в физико-химическую механику гетерогенных систем.

Движение и деформирование оползневого тела являются процессами (квази)равновесными, т.к. протекают очень медленно, за исключением случаев, когда при подрезке склона происходят обвалы, либо катастрофические

оплывины – при быстром разжижении поверхностного слоя в оползнях течения. Оползни выдавливания и скольжения характеризуются медленным чередованием (квази)равновесных состояний, поэтому к ним применим принцип равновесия Гиббса, гласящий, что дифференциал полной энергии системы равен нулю для всех возможных изменений состояния при постоянстве энтропии S и масс m_i компонентов, неизменности границ системы и других внешних координат ($dU_{s,(v),y,m}=0$). В развернутом выражении для dU все его составляющие, в том числе и работа δW сжатия – растяжения, равны нулю. Величина δW складывается из работы $P_N dv$ изменения объема и работы σdA образования новой поверхности dA раздела фаз, которые при $\delta W=0$ равны друг другу. Из этого вытекает, что нормальное к поверхности скольжения давление P_N (на рис.1 соответствующие силы обозначены буквами N_1 , N_2 и т.д.) в соответствии с принципом Гиббса – Кюри минимально для сферических тел, т.к. минимально отношение dA/dV . Поэтому стремление оползневого тела к равновесному состоянию (положению) может реализоваться только в случае его скольжения по сферической поверхности. При этом силы N_i и T_i в формуле для K_v будут минимальны, а величина K_v - максимальна.

К такому же выводу пришли авторы работы [11], которые использовали при расчетах устойчивости склонов программный продукт SVSlope3D (Канада), позволяющий в трехмерной постановке моделировать поведение оползневого склона.

Изложенное в данном разделе приводит к выводу, что используемые методы оценки устойчивости склонов и прогнозирования оползней физически не обоснованы, не обеспечивают должной точности расчетов и прогнозов и, таким образом, не могут быть использованы в нормативных документах, регламентирующих применение этих методов.

2. Несоответствие теоретических разработок в рассматриваемой области исследований запросам практики обусловлено следующим.

Как известно, оползни в большинстве случаев возникают на склонах, сложенных полностью или частично дисперсными породами типа песчано-глинистых отложений. Эти породы обладают специфическими свойствами и являются предметом исследований физико-химической механики гетерогенных веществ. К сожалению, научные работники – представители наук о Земле (за редким исключением) в недостаточной мере знакомы с этой дисциплиной и практически не используют ее достижения. Между тем, применение физико-химической механики при изучении дисперсных грунтов является насущной необходимостью, поскольку только с помощью ее аппарата можно детерминировать феноменологические параметры, входящие в уравнения механики сплошной среды и, тем самым, объяснить природу и выявить причинно-следственные связи между множеством внешних воздействий, состоянием геологической среды и происходящими в ней процессами.

3. Наиболее реальным представляется следующий путь построения моделей, объясняющих специфические свойства дисперсных грунтов и возникающие в них геодинамические процессы.

На первом этапе экспериментально изучается строение грунтов (форма и размеры твердых частиц и пор, эффективная пористость n , удельная поверхность, минералогический состав и электроповерхностные свойства "скелета" породы, концентрация и состав растворенных в поровой воде электролитов и т.п.). Используя определенные теоретические представления и проведя соответствующие эксперименты, можно оценить величину и линейные размеры представительного объема грунта. Это позволит определить средние размеры структурных элементов и создать модель грунта, удобную для теоретических построений и близкую к нему по своим характеристикам. Далее, зная электроповерхностные свойства глинистых частиц, можно рассчитать энергию и силу их взаимодействия, т.е. расклинивающее давление $\Pi(H)$ в водных прослойках шириной H между ними (в микропорах). На основе этого, решая задачи микрогидродинамики, можно найти аналитические выражения, связывающие изменение во времени размеров микро- (H) и макропор (R_i) с действующими на грунт внешними силами.

Решив эти задачи, нетрудно вывести уравнения состояния грунтов – типа уравнения консолидации Терцаги и реологических уравнений их деформирования. Это позволит установить указанные в п.2 причинно-следственные связи и достаточно точно описать пространственно-временное развитие геодинамических процессов.

4. Изложенная в п. 3 программа в определенной мере реализована автором этого доклада.

В [5] на основе собственных и литературных [1] экспериментальных данных воссоздано наиболее реальное строение песчано-глинистого грунта (суглинка), предложена модель, адекватно отображающая его основные свойства, а также определен линейный размер l_0 представительного объема.

На основе исследований электроповерхностных свойств глинистых частиц [3] (безразмерного потенциала $\varphi_1^{(0)}$, обратной дебаевской длины χ) в [5] были определены силы их взаимодействия и расклинивающее давление

$$\Pi(H) = \frac{64k\theta n_i [\varphi_1^{(0)}]^2}{(\chi H)^4}. \quad (1)$$

обеспечивающее отталкивание частиц при сжатии породы, т.е. устойчивость последней. В той же работе [5] решена задача об относительном движении глинистых частиц под действием малого по сравнению с $\Pi(H_0)$ внешнего давления $\pm \delta P$. В результате получено выражение для зависимости $H(t)$, включающее начальные значения H_0 , $\Pi(H_0)$, а также δP , размеры (радиус R) частиц и вязкость η_w воды в зазоре H между ними. Аналогичная задача решена и для системы макропор (капилляров), радиус R_i которых изменяется во времени под действием $\pm \delta P$, чему препятствует поверхностное натяжение σ на их стенках. Условие совместности деформирования микро и макропор, а также найденные выражения для элементарных работ деформирования этих элементов позволили получить уравнение компрессии грунта

$$n = n_0 - \frac{(P - P_0)n_0^{(M)}}{4\Pi(H_0)} - \left[2n_0^{(M)} - \frac{n_0^{(M)}P_{00}^{(k)}}{4\Pi(H_0)} \right] \ln \frac{P}{P_0} \quad (2)$$

типа уравнения Терцаги, в котором коэффициент C_e компрессии детерминирован и определяется начальными значениями макро- $n_0^{(M)}$ и микропористости $n_0^{(M)}$ расклинивающего $\Pi(H_0)$ и капиллярного $P_{00}^{(k)}$ давления на торцах этих капилляров. Расчеты по формуле (2) удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными.

В [7] на основе результатов, полученных в [5], выведено реологическое уравнение состояния песчано-глинистой породы на макроуровне

$$\mp \delta P = 2G_M \varepsilon_M + 2\eta_S \frac{d\varepsilon_M}{dt}, \quad (3)$$

характерное для среды Кельвина – Фойгта. В (3) обозначены: модуль деформации (Юнга) $G_M = \frac{2\Pi(H_0)\ell_0}{H_0}$, вязкость породы $\eta_S = \eta_w \frac{3R^2\ell_0}{4H_0^3}$, относительная деформация представительного объема $\varepsilon_M = \frac{\delta\ell}{\ell_0}$.

Результаты работ [5,7] позволили создать в дальнейшем модели геодинамических процессов – оседаний грунтов и оползней различных видов.

В [4] разработана модель оползня выдавливания на берегу реки, который при определенных условиях приводит лишь к оседанию поверхности склона со скоростью $V_h(x,t)$ максимальной у береговой кромки и минимальной на его бровке. Величина $V_h(x,t)$ определяется градиентом напора грунтовых вод $(H_{0w} - H_w)/l_l$ (H_{0w} – УГВ на бровке склона, H_w – на береговой кромке, l_l – расстояние по горизонтали между H_{0w} и H_w), формой поверхности $h(x,t)$ УГВ на склоне и вязкостью $\eta = \eta_s (1-n)$ водонасыщенной толщи (ВНТ), т.е. "ослабленного" слоя. Расчеты оседания склона по формуле для $V_h(x,t)$ удовлетворительно согласуются с данными топосъемок, проводившихся на берегу р.Волги в нижнем бьефе Рыбинского гидроузла в 1977 и в 1999 годах.

Развитие этой модели для случая, когда выдавливаемая ВНТ не размывается речным потоком, приводит к выводу, что перекрывающая ее неводонасыщенная часть (НВЧ) склона работает на изгиб, как консольная балка, и в какой-то момент отделяется от плато. В [8] получены формулы для напряжения σ_{max} растяжения-сжатия при изгибе

$$\sigma_{max} = \frac{5Eg(\rho_w - \rho_s)(H_w^3 - H_{0w}^3)^4}{243\eta\ell^4 H_{0w}^8} [H(x,t) - h(x)](t - t_0) \cos^2 \beta \quad (4)$$

$$H(x,t) = H_{01}^{(0)} - xtg\alpha_0 - v_h(x)(t - t_0)$$

и напряжения σ_n растяжения НВЧ оползневого тела

$$\sigma_n = \frac{2g\rho_s tg\varphi}{\sin 2\theta} [H_{01}^{(0)} - v_h(0)(t - t_0) - z] \quad (5)$$

за счет действия собственного веса. В формулах (4),(5) введены обозначения: $E=G_M$ (см. выше), ρ_w, ρ_s – плотность породы в ВНТ и НВЧ, α_0 – начальный угол наклона поверхности склона относительно горизонта, φ – угол трения, θ – угол между компонентами касательного и одного из главных нормальных напряжений. Расчетами по формулам (4),(5) и подобным им, полученным для отделившегося от плато оползневого блока, воссоздана полная картина движения тела оползня совместно с ВНТ и раскалывания его на фрагменты в определенные моменты времени.

При последнем раскалывании блока самый нижний его фрагмент оказывается на "неравновесном" участке поверхности $h(x,t)$ и быстро соскальзывает вниз по склону. В работах [8,9] этот фрагмент моделируется "тяжелой" точкой, движение которой по поверхности $h(x,t)$ подчиняется уравнению

$$\frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2 x_{CV}}{dt^2} \equiv g \cos^2 \gamma \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (6)$$

в котором x_{CV} – абсцисса "тяжелой" точки на поверхности $h(x,t)$, $\gamma(x_{CV})$ – угол наклона касательной к этой поверхности в указанной точке. В [6] получено решение уравнения (6), имеющее достаточно сложный вид. При вырождении поверхности $h(x,t)$ в плоскость оно приводится к известному выражению для скорости скольжения оползня по плоской поверхности [2].

Для расчета скорости оползня течения в [9] использовались те же самые уравнения движения, которые применялись при соответствующих расчетах для ВНТ оползней выдавливания. При этом, однако, были изменены граничные условия, что привело к следующему виду зависимости поверхности $h(x,t)$ такого оползня от координат и времени, характеризующей его как аккумулялирующий оползень:

$$h(x,t) = (\ell_1 - x) \operatorname{tg} \delta + \sqrt[3]{H_0^3 + \frac{H_1^3 - H_0^3}{\ell_1} \left[x + \frac{\rho g (H_1^3 - H_0^3)}{9\eta \ell_1} (t - t_0) \right]}. \quad (7)$$

В (7) обозначены: H_0 и H_1 – мощность текущей массы на бровке склона и нижнем уступе, δ – угол наклона к горизонту плоскости течения.

5. Результаты исследований (см. п.4), выполненных автором, позволяют заключить, что разработанные модели объясняют механизм возникновения наиболее распространенных видов оползней. Из формул (4) – (7) видно, что параметры, активизирующие оползни ($G_M=E$, $\eta = \eta_s (1-n)$, H_{0w} и H_w , x_{CV}) явно зависят от времени. Это позволяет при задании соответствующих начальных условий составить прогноз развития оползней, если известно изменение этих параметров во времени. Это может быть вызвано поступлением извне влаги в грунты, например с атмосферными осадками, при сбросе в водоемы или рельеф местности нормативно чистых сточных вод, при паводках и сбросе вод из водохранилищ. При этом изменяется величина H_0 , а с ней и $\Pi(H_0)$, G_M и η . Параметры H_{0w} и H_w напрямую зависят от поступления влаги в грунтовый водоносный горизонт.

Таким образом, предсказание моментов активизации и особенностей развития оползней может быть осуществлено на основе разработанных моделей с точностью, обеспечиваемой прогнозными гидрометеорологическими данными, а также технологическими регламентами соседних предприятий

При определенной доработке моделей и дополнительном их опробовании на оползневых массивах представляется возможным подготовить соответствующие методические рекомендации и использовать их в качестве специального раздела в СНИП или СП, который регламентировал бы методику прогнозирования оползней.

Литература

1. Грунтоведение / Под ред. Е.М. Сергеева. – М.: МГУ, 1971.
2. *Емельянова Е.П.* Основные закономерности оползневых процессов. – М.: Недра, 1972.
3. *Федодеев В.И.* Об ионных атмосферах, и взаимодействии частиц в природных дисперсиях // Доклады РАН. – 1997. – Т. 352. – № 2. – С. 248-252.
4. *Федодеев В.И.* Моделирование склоновых процессов на берегах водоемов // Геоэкология. – 2004. – № 6. – С. 517-525.
5. *Федодеев В.И.* Динамика малых объемов, вязкость и уравнение состояния насыщенных полидисперсных пород // Изв. вузов. Сев.-Кавк. рег. технич. науки. – 2005. – Прилож. к № 1. – С. 15-53.
6. *Федодеев В.И.* Стадии развития оползней выдавливания на береговых склонах. – Балашиха: Воен.-техн. ун-т, 2008. – 106 с. Деп.ВИНИТИ. № 342-В2008.
7. *Федодеев В.И.* Реологические модели и пространственно-временные масштабные эффекты в механике дисперсных сред // Сергеевские чтения. – 2009. – Вып. 11. – С. 232-236.
8. *Федодеев В.И.* Динамика оползней выдавливания на береговых склонах // Доклады РАН. – 2009. – Т. 426. – № 3. – С. 364-368.
9. *Федодеев В.И.* Математические модели и прогнозирование оползней выдавливания, скольжения и течения / Проблемы снижения природных опасностей и рисков. – М.: УДН. 2009. – С. 186-194.
10. *Феллениус В.* Статика грунтов. М. Госстройиздат, 1933.
11. *Фоменко И.К., Зеркаль О.В.* Преимущества методов оценки устойчивости склонов в трехмерной постановке // Геотехника. – 2011. – № 5. – С. 38-43.

**ОПЫТ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ
ВЫСОКОСЕЙСМИЧНЫХ ТЕРРИТОРИЙ
НА ПРИМЕРЕ УНИКАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
В КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

И.В. Чеснокова, Г.Л. Кофф, О.В. Борсукова, О.В. Попова

Институт водных проблем РАН 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3 Тел.: +7 (499) 135-54-56
Факс: +7 (499) 135-54-15 E-mail: iwapr@aqu.laser.ru

В апреле 2010 г. в Балтийском море началось строительство газопровода «Северный поток» (Nord Stream). В сентябре 2011 г. было начато заполнение природным газом первой нитки газопровода. Ввод в эксплуатацию первой нитки «Северного потока» производительностью 27,5 млрд куб. м газа в год состоялся 8 ноября 2011 года. С этого дня по первой нитке «Северного потока» начались коммерческие поставки российского газа в Европейский союз. В 2012 г. вторая нитка газопровода выйдет на берег Германии в район г. Грайфсвальд. В проекте участвуют Россия, Германия, Голландия и Франция; против его реализации выступали страны-транзитёры российского газа, Польша и страны Прибалтики.

Трасса Северный поток протяжённостью 1200 км проходит от Выборга (Ленинградская область) до Грайфсвальда (Германия). Ожидается, что это будет один из самых протяженных подводных газопроводов. Рассматривается возможность строительства ответвления для газоснабжения Калининградской области. Мощность газопровода должна составить 55 млрд м³ газа в год (2 нитки), максимальная глубина моря в местах прохождения трубы до 210 м.

Маршрут газопровода намечен, насколько это возможно, как прямая линия и при этом скорректирован с учетом определенных зон, таких как экологически чувствительные зоны, участки захоронения химического оружия, военные зоны, важные навигационные маршруты и другие особые зоны, служащие экономическим или рекреационным целям. Маршрут «Северного потока» спланирован так, что он не пересекает места захоронений вооружений времен Второй мировой войны. Территория Балтийского моря по маршруту газопровода тщательно исследована до начала прокладки.

«Северный поток» является транснациональным проектом, и его строительство регулируется международными конвенциями и национальным законодательством каждого государства, через территориальные воды и/или исключительную экономическую зону которого пройдет газопровод.

В соответствии с национальными и международными соглашениями, при проведении всех работ компания-оператор проекта обеспечивает экологическую и техническую безопасность проекта. Для получения разрешений на строительство двух ниток газопроводной системы компания провела оценку воздействия на окружающую среду (ОВОС) в каждой из стран, через

воды которых проходит маршрут газопровода – России, Финляндии, Швеции, Дании и Германии. В национальных отчетах об ОВОС компания Nord Stream сделала заключение, что строительство и эксплуатация газопровода окажет лишь минимальное воздействие на окружающую среду. Для отслеживания фактического воздействия газопровода на флору и фауну Балтийского моря на этапе строительства реализуются Программы экологического и социального мониторинга.

Для решения задач надежности и безопасности обычно выполняются следующие процедуры:

1. Проведение идентификации природных рисков.
2. Составление матрицы рисков с учетом их вероятности и риск-профилей с выделением рисков экономического, экологического и социального ущерба и расчетом косвенного ущерба.
3. Определение приоритетов стратегии смягчения рисков.
4. Обоснование страхования трубопровода от воздействия природных рисков и страхования прилегающей инфраструктуры. Расчет рисков повреждения СЕГ и загрязнения моря, дна и берегов. В соответствии с матрицей рисков разрабатываются защитные и природоохранные мероприятия, а также требования к мониторингу транспортных систем и окружающей среды.

При проведении экологических изысканий для проектирования трубопровода основное внимание уделялось возможному техногенному воздействию на окружающую среду, в частности правительством Швеции оператору проекта выставлены три существенных условия. Во-первых, замутнение воды при прокладке трубопровода не должно превышать 15 мг на литр воды в районе Нобургс Банк и Норра Мидсjobanken. Во-вторых, строительство не должно вестись в районах нереста трески в период с мая по октябрь. И наконец, компания должна нести полную ответственность за обломки военной техники и боеприпасов на дне и, где возможно, провести их консервацию и реставрацию. Однако, при проектировании, строительстве и эксплуатации трубопровода следует уделять внимание и уязвимости объекта к опасным природным воздействиям, в том числе сейсмотектоническим.

Серьезные аварии нефтепроводов произошли из-за недоизученности сейсмических условий. В 1995 г. на о. Сахалин, где дефицит сейсмостойкости нефтепровода составил 3 балла, в результате при Нефтегорском землетрясении произошло 30 повреждений нефтепровода на расстояниях до 35 км от г. Нефтегорска, при этом разрушились объекты жилищно-гражданской и трубопроводной инфраструктуры. Ущерб понесли объекты не только на о. Сахалин, но также предприятия – потребители нефти в Хабаровском и Приморском краях. Общий ущерб экономике страны превысил сотни миллиардов рублей, еще большую величину полного ущерба при землетрясениях Балтики можно ожидать при реакции водной среды и территориях сопредельных стран.

Сейсмическая опасность в регионе Восточной Балтики регламентируется российскими и зарубежными картами сейсмической опасности, составленными в конце прошлого века. Общее сейсмическое районирование

(ОСР-97) проведено только в сухопутной части, собственно акваторию Балтийского моря исследования не охватывают. Западная граница карты зон ВОЗ (возможных очагов землетрясений) проходит по меридиану 18 °Е. Согласно ОСР-97, вероятная интенсивность сотрясений на Балтийском побережье не должна превышать 5 баллов для всех рассмотренных периодов повторяемости. Точно так же в соответствии с картой сейсмической опасности, составленной Европейскими сейсмологическими организациями, региону Балтийского моря присвоен наиболее низкий уровень опасности, то есть для периода повторяемости 475 лет максимальные ускорения движения грунтов не должны превышать 0.01 g. Эти оценки базируются на специально составленных картах сейсмической регионализации.

Все исследования, как российские, так и зарубежные, используют базы данных о землетрясениях по состоянию на 1993-1995 гг. Между тем, известно, что начало XXI века отмечено резким усилением, как мировой, так и региональной сейсмической активности. Наиболее заметными проявлениями активизации в регионе Восточной Балтики стали Калининградское землетрясение 21 сентября 2004 г., землетрясение 2002 г. в центральной части моря, 30 сейсмических событий 2000-2005 гг. в регионе северного берега Финского залива, 2 землетрясения 2004 г. в Осмуссаарской зоне, а также макросейсмически проявившие себя в 2004-2006 гг. и зарегистрированные инструментально в 2006 г. возможные землетрясения на о. Валаам в Ладожском озере.

Расчитанное по известным соотношениям значение интенсивности в эпицентре Калининградского землетрясения с учетом полученных оценок глубины и положения очаговых зон равно 7 баллам. Анализ исторической и инструментальной сейсмичности по региону Восточной Балтики с использованием базы данных FENCAT показывает, что 7-балльные землетрясения, оказывается, случались и раньше.

Карта эпицентров землетрясений, построенная нами для Восточно-Балтийского региона, указывает на существование тектонически и геодинамически обусловленной четкой зональности северо-западного направления, проявляющейся в чередовании асейсмичных и сейсмически активных зон – Калининградской, Готландской, Осмуссаарской и Ладожско-Ботнической. Кроме того, намечаются Нарвская зона того же направления и субширотная зона северного берега Финского залива, которая, возможно, протягивается через Карельский перешеек к о. Валаам.

Ладожско-Ботническая зона сейсмической активности на территории России проявила себя целым рядом исторических землетрясений начала XX века. Некоторые из них детально изучены, например, Валаамская группа событий, которая имела место в центральной части Ладожского озера с 1911 по 1932 гг. Архивный поиск и последующий анализ дали возможность составить каталог землетрясений с магнитудами 1-2.7, насчитывающий более 100 событий, из которых 10 были ощутимыми, локализовать часть из них и рассчитать основные параметры. По комплексу геолого-геофизических данных с применением методики структурного анализа построена сеймотектоническая модель Валаамской сейсмогенной зоны, в соответствии с которой ответ-

ственными за возникновение землетрясений в этом районе являются не только региональные разломы северо-западного направления, формирующие Ладожско-Ботническую зону, но и поперечные нарушения гораздо меньшей протяженности, создающие в локальном районе эффект «битой тарелки». Подтвердить современную сейсмическую активность выявленной по историческим данным сейсмогенной зоны должна стационарная сейсмическая регистрация, организованная в регионе в последние годы.

Объективные данные об усилении сейсмической активности в регионе Восточной Балтики в начале XXI века, а также полученный новый материал об исторической сейсмичности требуют пересмотра нормативных документов, определяющих уровень сейсмической опасности, то есть, проведения в регионе, по крайней мере, детального сейсмического районирования, которое позволит уточнить и подробно охарактеризовать основные системы разрывных нарушений.

С точки зрения сейсмической опасности особое внимание привлекают активизированные разрывные нарушения в основном субширотного и меридионального простирания. В ряде случаев разломы на морском дне фиксируются протяженными линеаменами, имеющими выражение в донном рельефе в виде уступов и амплитуд 5-7 м. Особое внимание привлекают зоны пересечения разломов.

К зонам разломов и тектонической трещиноватости приурочены проявления эпигенетической минерализации радиоактивных элементов и тяжелых металлов. Здесь же имеют место подводный грязевой вулканизм в виде специфических образований «покмаков». В донных осадках Ладожского озера присутствуют специфические текстурные элементы, указывающие на разрывы и сдвиги сплошности что, скорее всего, связано с сейсмическими событиями, имеющими возраст 2-2,5 тыс. лет. Существует предположение, что именно это спровоцировало прорыв Ладожского моря в Финский залив с образованием р. Невы на фоне Ладожской трансгрессии.

Для обеспечения адекватного проектирования и безопасной эксплуатации нужно для полосы прохождения газопровода срочно выполнить детальное сейсмическое районирование и при необходимости внести соответствующие дополнения в проект.

С целью предварительного районирования полосы трассы СЕГ по микросейсмичности был выполнен пространственный анализ преобладающего состава донных грунтов на участках; распределение крупных донных морфоструктур в пределах тех или иных участков; распределение глубин моря на различных участках.

Таким образом, сейсмичность увеличивается на Готландском и Эландском участках и в меньшей мере в северной части Борнхольмского участка.

В России пока не разработаны рекомендации по выбору сейсмических параметров для проектирования сооружений на шельфе типа рекомендаций API (1993), широко применяемых на практике в США и других странах. По территории России задание параметров для расчета сейсмических нагрузок регламентируется лишь одним официальным документом – СНиП-II-7-81*,

в котором отсутствуют понятия "проектного" (ПЗ) и "максимального расчетного" (МРЗ) землетрясений.

Особенности изучения сейсмичности шельфа заключаются в необходимости учета влияния гидростатических сил при расчетах сотрясений морского дна, прогнозирования реакции грунтов оснований на максимально возможные сейсмические воздействия, в оценке динамической устойчивости рыхлых обводненных донных отложений при длительных вибрационных воздействиях техногенного характера, а также изучении резонансных сейсмических эффектов в грунтовой толще.

При изучении акваторий следует выделять: уточнение исходной сейсмичности района работ; сейсмическое микрорайонирование участков транспортных сооружений; создание временной сети сейсмологических станций, расположенных на суше в прибрежной зоне, а также регистрация землетрясений с помощью автоматизированных донных сейсмических станций.

Анализ экспериментального материала позволил установить взаимосвязь активизации сейсмичности: с определенными сейсмическими параметрами геологического разреза, его литологией; с видом напряженного состояния, морфологией активных тектонических нарушений;

В России сейсмическая опасность определяется в терминах макросейсмической интенсивности сотрясений по шкале MSK-64, тогда как в западных нормах и практике приняты оценки в терминах пиковых ускорений движения грунта. В региональном нормативном документе должны быть согласованы переходные соотношения между этими показателями. Впоследствии в Специальных технических условиях (СТУ) проектирования и строительства СЕГ будут изложены основные требования к проведению комплексных работ для оценки сейсмической опасности и для обеспечения сейсмостойкости газопровода.

В состав СТУ для строительства СЕГ должны быть также включены:

- оценка сейсмической опасности участков;
- региональный каталог землетрясений Балтики;
- структурная карта Балтики.

В настоящее время совершенно ясно, что землетрясение в Восточной Балтике не является экзотикой. Уточнение вопроса о сейсмической активности Восточной Балтики является настоятельно необходимым не только на областном, но и на межгосударственном уровне (одновременно для Российской Федерации, Польши, Германии, для Скандинавии и Прибалтийских стран).

В Калининградской области необходимо создать региональную сеть сейсмостанций. Подобные станции уже есть в соседних странах – Литве и Польше. Другая сторона вопроса – необходимо сейсмическое районирование города и области.

4. КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПРЕДПРОЕКТНЫХ ЭТАПАХ СТРОИТЕЛЬСТВА. ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОДГОТОВКИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ ТЕРРИТОРИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬНОМ ОСВОЕНИИ

ЭКРАНЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОЛЕБАНИЙ ГРУНТА

Т.Т. Абрамова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова; 119991, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ, геологический факультет; тел. 8-916-464-33-59; e-mail: attoma@mail.ru

Важную роль в изменении состояния грунтов, проявлении деформаций грунтов и зданий играют вибрационные и импульсные нагрузки, наиболее мощными источниками которых являются наземный и подземный транспорт, различные строительные (вибрирующие и ударные) машины и механизмы, системы кондиционирования, взрывы бомб, ракет, снарядов, зарядов ВВ, используемых в военных, строительных, горнопроходческих и других целях, вибрационное и взрывное уплотнение при осуществлении технической мелиорации и др. Можно указать ряд факторов и явлений, например, виброползучесть, разжижение грунтов и проседание фундаментов зданий даже при относительно небольших вибрационных воздействиях на грунты.

Динамическая неустойчивость любых грунтов основана на их способности накапливать от цикла к циклу воздействия некоторую долю рассеянной за счет своих гистерезисных свойств энергии. Появляющийся при этом избыток внутренней энергии концентрируется в пределах наиболее слабых микрообъемов породы – так называемых концентраторов напряжений. На них и начинается расходование этой внутренней энергии системы с образованием новой свободной поверхности и разрушением структурных связей. Однако форма, в которой накапливается рассеянная энергия, различна для грунтов с неодинаковым типом структурных связей. На этой основе Е.А. Вознесенским построена классификация грунтов по механизму их динамической неустойчивости [2].

Волны вибраций, распространяющиеся в грунте, имеют трехмерный характер и сначала воздействуют на фундамент, а затем на несущие и другие конструктивные элементы, расположенные вблизи линии зданий и сооружений. Поэтому их уменьшение или полное устранение имеет первостепенное значение. Обзор отечественной и зарубежной литературы позволяет отметить, что даже по наиболее изученной транспортной вибрации выявлена резкая нехватка экспериментальных данных и противоречивость полученных результатов, а также практически не исследованность факторов, определяющих особенности распространения генерированных колебаний в грунте и близкорасположенных сооружениях.

Динамический конфликт можно успешно смягчить или ограничить благодаря специфическим методам экранирования различных сооружений. Анализ этих методов показал, что они основываются на явлении дифракции поверхностных волн (R – волн Рэлея) при наличии преграды на пути их распространения. Конструктивно такая преграда представляет: 1) открытую траншею (щель, трещину в горной породе); 2) траншею, заполненную энергопоглощающими материалами; 3) монолит – бетонную «стену в грунте».

Колебания в зданиях можно уменьшить путем создания барьеров в виде открытых траншей, щелей, трещин в грунте и других пустот между сооружением, подвергающимся вибрации, и ее источником. Применение этих экранов широко освещено в иностранной литературе Д. Барканом, Т. Вудсом, Х. Доллингом, К. Массаршем, В. Хотом и др. В своих опытах они изменяли длину, глубину, ширину траншей и расстояния от источника вибрации. Изоляционный эффект возрастал при увеличении глубины и длины траншеи. С увеличением частоты колебаний повышалась эффективность экранирования (уменьшалась длина волны). Самый низкий уровень вибрации наблюдался непосредственно за экраном и увеличивался по мере удаления от него. В результате исследований определено, что отношение глубины траншеи к длине волны (H/L_R) является важнейшим параметром. Изоляционный эффект достигает максимума непосредственно за траншеей, вдоль центральной линии. В этом месте он составляет 75% (амплитудный коэффициент – 0,25). Значения амплитуд колебаний перед экраном выше в связи с тем, что он отражает энергию волн.

Идея о возможности ослабления сейсмозрывного эффекта при разрушении горной породы, подземного ядерного взрыва и др. с помощью экранирования была предложена в России А.С. Волохом совместно с Э.О. Миндели [4]. В результате исследований определено, что форма экрана должна быть близка к форме экранируемых взрывных волн. В этом случае разрушение через экран не проникает. Энергия проходящей волны монотонно уменьшается с увеличением ширины экрана. Результаты, полученные А.С. Волохом [3], свидетельствуют о том, что, меняя отношение ширины экрана δ , к длине волны λ от 0,05 до 0,8 и отношение глубины зарядов к глубине экрана можно управлять амплитудой суммарного смещения горной породы, потоками массовых скоростей, уменьшив их на 80-90%. Это объясняется отражением и

дифракцией падающих, отраженных и дифрагированных волн и их интерференцией.

Сведения о доле энергии в проходящих и отраженных от экранов волнах для наиболее характерного случая приведены ниже:

Отношение ширины экрана к длине волны δ_s/λ 0,05 0,1 0,3 0,5 0,7 0,8

Отношение энергий:

преломленной к падающей $E_{пр}/E_{пад}$ 0,65 0,5 0,7 0,55 0,35 0,33

отраженной к падающей $E_{отр}/E_{пад}$ 1,25 1,3 1,4 1,5 1,6 1,71

Из приведенных данных видно, что при увеличении ширины экрана доля преломленной энергии уменьшается, а отраженной – возрастает. Для практических целей наиболее рациональными являются отношения $\delta_s/\lambda=0,7\div 0,8$, так как дальнейшее увеличение ширины экрана не приводит к заметному снижению сейсмической энергии.

Определением ослабления интенсивности взрывного движения при переходе через экран, установлением дифракционной картины волнового поля на краю экрана занимались В.В. Адушкин, Д.М. Бронников, А.А. Спивак, В.М. Цветков. В результате исследований ими было определено, что экранирование взрывного источника существенно видоизменяет взрывной сигнал. Кроме непосредственного ослабления амплитуды волны сжатия, щель является эффективным фильтром высоких частот.

Д. Вейнер, А.И. Цейтлин [5] также считают, что такие экраны – открытые траншеи – могут применяться лишь при достаточно высоких частотах возмущения, когда распространяющиеся в грунте упругие волны имеют относительно небольшую длину. Наиболее ярким примером может служить опыт экранирования волн, возбуждаемых движением поездов метрополитена неглубокого заложения, имеющих достаточно высокий спектр (30-50 Гц).

Для повышения эффективности гашения колебаний исследователи усложнили форму экранов. Например, защищаемый объект окружали по контуру траншеями либо с наклонными стенками, либо в виде сплошной или прерывистой кольцевой щели и т.п. За счет криволинейного очертания препятствия перед таким экраном образуется усиленная зона рассеивания колебаний. Прошедшие через экран колебания будут фокусироваться при соответствующем подобранном радиусе кривизны стенки траншеи в некоторой точке, отстоящей от экрана.

Эффект экранирования с помощью траншей усиливается, если пространство между её стенками заполнено энергопоглощающими материалами (грунты и их композиты) и упругими элементами (полимеры, вспененный полистирол, отходы пластмассовых и резиновых производств или их смеси с песком и др.). В настоящее время используют и антисептированные древесные опилки.

Метод газонаполненных подушек успешно используется в течение 20 лет за рубежом [9]. Цель создания таких барьеров – резкое уменьшение изменения сопротивления в грунте. В глубокие траншеи помещают верти-

кальные панели в виде упругих подушек, наполненных газом. Релеевские и сдвиговые волны распространяются в подушках с очень низкой скоростью. При этом плотность газа незначительна по сравнению с плотностью грунта. Перед размещением в траншеях подушки накачивают газом, чтобы сбалансировать внутреннее давление и давление грунта. Подушки изготавливают из тонкой упругой пленки пластичного слоистого алюминия. В последнее время (третье поколение данного метода) процесс установки таких экранов изменился. Основными составными частями экранов являются: 1) бентонитовый раствор, защищающий газовые подушки от химических и механических воздействий; 2) два слоя газовых подушек (поддерживают баланс внутреннего давления газа и внешнего давления грунта), которые состоят из пятислойного пластика (алюминиево-пластиковой фольги); 3) бетонные панели.

В отечественной практике снизить вертикальные и горизонтальные перемещения фундаментов до предельно допустимых значений позволяют экраны с использованием принудительного нагнетания воздуха или газа. При возникновении колебаний основания сооружения волны от источника гасятся экраном за счет упругого сжатия воздуха, находящегося в пустотелых замкнутых упругих элементах щели [1]. Оригинальная вакуумная стена в траншее вокруг эпицентра возможных землетрясений для гашения упругих колебаний и звуковых волн была предложена А.С. Криворотовым [7]. Такая траншея отличается тем, что она состоит из полых полиэтиленовых блоков, внутри которых создан вакуум. Перед вакуумированием блока внутри устраивается распорка в виде «ежа», которая предохраняет его плоскости от прогибания внутрь. Такой экран может быть размещен вокруг населенного пункта в виде скобы или локально для отдельных зданий, непосредственно у наружной стороны фундамента здания.

С целью повышения эффективности защиты территории от сейсмического воздействия в грунте по контуру защищаемого объекта вместе с горизонтальными используют вертикальные полости-щели, заполненные материалом, поглощающим колебания, и объединенные между собой в единую систему [10].

Н.Н. Лаптева и Ю.Г. Чернышев [8] считают, что часть поверхностных волн сейсмического толчка, встречая на пути распространения преграду, поглощается материалом заполнения экрана, часть отражается преимущественно в направлении фокуса линзы экрана, создавая перед экраном зону рассеивания. Прошедшая через экран часть энергии колебаний рассеивается криволинейной поверхностью (выпуклая кривая второго порядка, окружность) траншеи и, сталкиваясь с огибающими экран колебаниями, частично рассеивает их, увеличивая размеры так называемой геометрической тени, зоны с малой интенсивностью колебаний, образующейся за экраном. Следовательно, перед экраном образуется усиленная зона рассеивания колебаний за счет криволинейного очертания препятствия, а прошедшие через экран колебания будут фокусироваться при соответствующе подобранном радиусе кривизны стенки траншеи в некоторой точке, отстоящей от объекта.

Траншея, заполненная таким материалом, как бетон, обладающим большей акустической жесткостью, чем грунт, существенно снижает динамическое и вибрационное воздействия и поэтому наиболее широко используется в различных областях строительства: 1) промышленно-гражданском (для устройства подземных этажей и фундаментов многоэтажных зданий и сооружений, тоннелей и др.); 2) транспортном и коммунальном (для сооружения опор мостов, путепроводов, эстакад, станций и тоннелей метрополитенов мелкого заложения; реконструкции существующих объектов, архитектурных и исторических памятников др.); 3) гидротехническом (при строительстве водозаборов и насосных станций, оснований плотин и др.). Траншейный способ «стена в грунте» достаточно широко освещен в современной литературе, в связи с тем, что он наиболее перспективен в условиях плотной городской застройки. Однако С.А. Костарев [6], изучая использование таких экранов для снижения вибраций, генерируемых линиями метрополитена, пришел к выводу, что необходим тонкий анализ дифракционной картины, так как в противном случае вместо уменьшения уровня можно получить обратный результат – его увеличение (экран в этом случае играет роль собирающей линзы). Такой анализ позволяет оптимизировать местоположение экрана и его характеристики.

К.Р. Массарш считает [9], что отражение распространяющихся волн зависит от разницы в сопротивлениях грунта и материала, из которого сделан изоляционный барьер. Если предположить, что материал состоит из идеально ровных слоев с постоянным сопротивлением, то на поверхности каждого слоя волны будут отражаться или преломляться при изменении сопротивления. Распространяющаяся энергия колебаний может быть представлена как коэффициент прохождения энергии E_n :

$$E_n = \frac{4Z_1Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2},$$

где Z_1 и Z_2 – сопротивления грунта и барьера соответственно.

В заключение можно отметить, что волногасящие свойства вышеописанных экранов зависят от его форм и размеров, а также от природы и характеристики падающих на него волн. Важнейшим фактором виброизоляции траншей является их глубина, которая приблизительно соответствует длине релеевской волны, а внутреннее пространство между стенками траншей должно быть пустым или заполненным энергопоглощающим материалом. Перед траншеей часть энергии волны отражается, что может увеличить уровни вибрации.

Литература

1. Безопасность энергетических сооружений: Научно-технический и производственный сборник. – М.: АО НИИЭС, 2001. – Вып. 8. – 72 с.
2. Вознесенский Е.А. Динамическая неустойчивость грунтов. – М.: Эдиториал УРСС, 1999. – 263 с.

3. *Волох А.С.* Основы управления действием взрыва с помощью экранирования. Ин-т горного дела им. А.А. Скочинского. – М.: Наука, 1989. – 218 с.
4. *Волох А.С., Миндели Э.О.* Расчет параметров взрывных волн в горных породах // Подземная добыча полезных ископаемых. – Кривой Рог: НИГРИ, 1972. – С. 131-138.
5. *Вейнер Д., Цейтлин А.И.* Вибрационные повреждения в промышленности и строительстве. – Москва – Стокгольм, 1994. – 336 с.
6. *Костарев С.А.* Анализ вибраций, генерируемых линиями метрополитена, и разработка комплекса мероприятий по их снижению: Дисс. док. техн. Наук. – М., 2004. – 270 с.
7. *Криворотов А.С.* Устройство для гашения упругих волн при землетрясении. Патент. RU, 2112835, E02 D 31/08, 1998.
8. *Лаптева Н.Н., Чернышев Ю.Г.* Экран для защиты фундаментов зданий, сооружений от воздействия колебания грунта. А.С. №727764, СССР, E02D 27/34, 1988.
9. *Массарш К.Р.* Виброизоляция с использованием газонаполненных подушек // Развитие городов и геотехническое строительство. – С-Петербург, 2006. – № 10. – С. 176-191.
10. *Матвеевко Л.Н., Сотник В.И.* Способ защиты территории от сейсмических воздействий. А.С. SU №1222764, E 02D 27/34, 1984.

ГЕНЕЗИС И ТРАНСФОРМАЦИЯ РИСКОВ НА УЧАСТКАХ ЗАЛОЖЕНИЯ ВЫСОКОГОРНЫХ ХВОСТОХРАНИЛИЩ (ВНУТРЕННИЙ ТЯНЬ-ШАНЬ)

Ю.Г. Алёшин, И.А. Торгоев

Институт геомеханики и освоения недр НАН КР
720035, г. Бишкек ул. О. Медерова, 98, тел.: +996 (312) 56-62-18, 54-29-56, 56-84-00
Факс: +996 (312) 54-11-17 E-mail: yuri.aleshin@gmail.com

В связи с перемещением в последние годы минерально-сырьевой базы горной промышленности Кыргызстана из предгорных и низкогорных районов в высокогорные существенно усложнились условия отработки месторождений, новые проблемы возникли в области обеспечения промышленной и экологической безопасности. Это характерно, в частности, для золоторудных месторождений Кумтор и Джеруй, расположенных в труднодоступных высокогорных районах Тянь-Шаня (абс. высота горнопромышленных объектов 3 600–4 300 м). Отличительной особенностью высокогорного освоения недр являются: суровый, резко континентальный климат, вечномёрзлое состояние горных пород и широкое развитие комплекса современных геокриологических и гляциальных процессов, наличие ледников, снежников, наледей [1].

Современные тенденции в изменении климата, в сочетании с мощным горнопромышленным прессингом на слабоустойчивую природную среду высокогорья приводят к деградации участков вечной мерзлоты, отступлению

ледников, развитию деструктивных процессов в грунтах и потере устойчивости природных и техногенных объектов, в том числе экологически опасных, к которым следует отнести накопители горнопромышленных отходов – хвостохранилища. В настоящее время ещё не накоплен достаточный опыт и мало фактических данных, позволяющих сформировать надёжный прогноз долговременного взаимодействия гидротехнических сооружений с естественной геологической средой высокогорья и описать динамику рисков при горизонте прогноза в десятки лет. Поэтому обобщение результатов эксплуатации таких объектов в первые 15 лет и возникших при этом геоэкологических проблем позволяют более полно выявить комплексы природно-техногенных опасностей и рисков, которые должны быть учтены при выборе месторасположения их строительства.

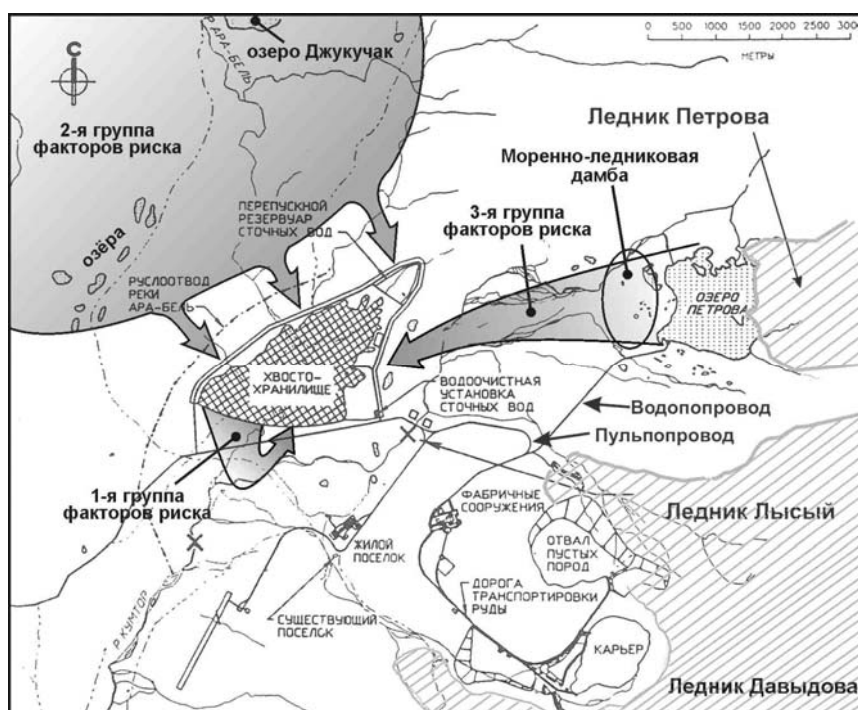


Рис. 1. Группы факторов риска разрушения хвостохранилища

Хвостохранилище ЗИФ действующего рудника Кумтор является наиболее крупным гидротехническим сооружением зоны вечной мерзлоты внутреннего Тянь-Шаня: через два года кумулятивный объём хранения твёрдых отходов достигнет 65 млн. м³, высота удерживающей дамбы ~47 м при длине гребня более 4 км. Оно заложено в долине реки Арабель выше слияния её с рекой Кумтор, являющейся источником р. Нарын (Сырдарьи), в непосредственной близости (~5 км) от приледникового озера Петрова (рис. 1), в зоне

транзита флювиогляциальных и селевых масс в голоцене, которые прорезали среднечетвертичные морены. При выборе места закладки хвостохранилища в 1995 г, несомненно, превалировали экономические соображения, связанные с небольшим расстоянием между объектами "ЗИФ – хвостохранилище" (6–8 км) и удачной морфологией котловины. Практика последующей эксплуатации объекта, детальный мониторинг состояния дамбы, инженерно-геологические и геофизические изыскания на участке заложения выявили целый ряд факторов (обстоятельств и процессов), которые могут привести к разрушению объекта с катастрофическими экологическими последствиями. Условно можно выделить три группы факторов риска: (1) – внутренние физико-геологические в основании и теле дамбы, приводящие к потере устойчивости последней; (2) – гидрогеологические и гидрологические факторы в пределах водосборной площади; (3) – гляциологические и термодинамические процессы в структурах морено-ледникового комплекса Петрова.

Генезис опасностей первой группы определяется особенностями состава, строения, свойств и термического режима грунтов аллювиальной террасы на границе с озёрными суглинисто-илистыми отложениями малой мощности (до 2 м) при слабом их уклоне (от 1 до 2°) в сторону нижнего бьефа, залегающие на глубине ~4 м. Эти отложения с тонкими линзами и прослоями льда, весьма низкими прочностными характеристиками (по данным [2] угол внутреннего трения φ от 1,5 до 2,5°), в начале строительства мёрзлые, но по мере возведения объекта переходящие в талое состояние, стали причиной развития крупных деформаций и смещений на контакте дамбы с основанием со скоростью до 6 мм/месяц. Положение усугубляется ещё тем, что основание дамбы покоится на современных и древних меандрах русла р. Арабель. Несмотря на то, что воды реки отведены в искусственное русло за пределы хвостохранилища, здесь сохранился подрусловый сток, обогащённый инфильтратом хвостовых вод. Геофизические исследования, проведённые нами недавно, выявили на участке сооружения дамбы целую систему таликовых зон (рис. 2а), образованных этими меандрами. Реабилитация объекта уже в ходе его строительства и эксплуатации потребовала огромных усилий и дополнительных финансовых затрат для стабилизации дамбы посредством сооружения упорного клина. При этом возникли новые вопросы, связанные уже с перераспределением фильтрационных потоков в основании и теле дамбы по мере промерзания грунтов упорного клина.

Таким образом, недостаточно детальное инженерно-геологическое изучение грунтов основания дамбы, особенно, изменения физико-механических свойств всех литологических разностей разреза, находящихся в пограничном криогенном состоянии, не позволили геологам, инженерам и проектировщикам правильно рассчитать и прогнозировать устойчивость объекта даже в краткосрочном аспекте. Это наглядный пример того, насколько важно в условиях высокогорья изучить тонкую структуру горного массива в основании инженерного сооружения и свойства каждого структурного элемента, несмотря на его ничтожную мощность по сравнению с размерами возводимого объекта.

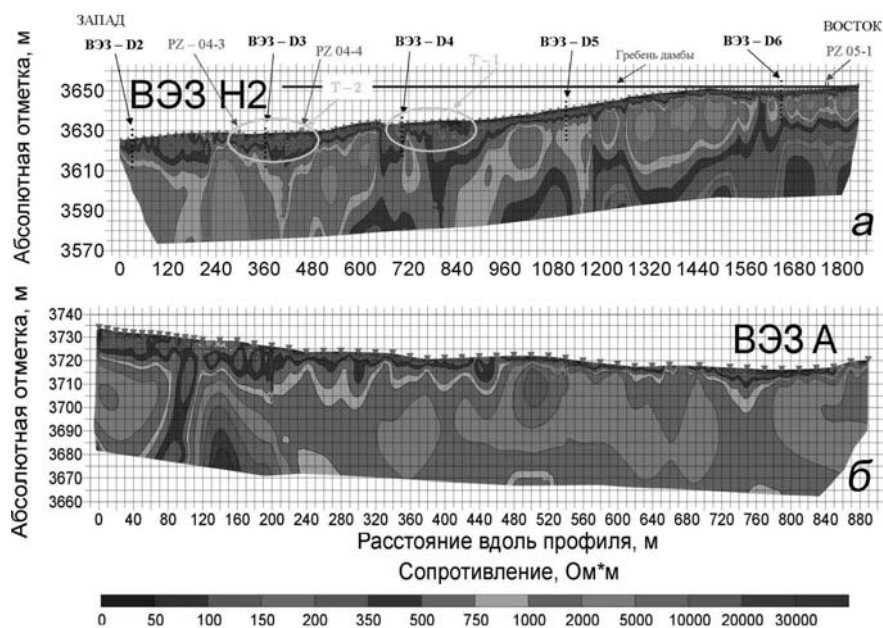


Рис. 2. Геоэлектротомограммы горного массива (2-D разрезы на участках геофизических исследований:
а – основание дамбы хвостохранилища; *б* – дамба отводного канала р. Арабель

Активизация второй группы факторов риска связана с изменением климата и техногенным влиянием на большой водосборной площади, которая превышает площадь бьефа хвостохранилища в 55 раз. Запасы влаги в грунтах этой площади, включая погребённые льды, могут превышать 1 млрд. м³, а температура воды в летнее время в мелких озёрах достигает 13 С. Деградация мёрзлой толщи и развитие термокарста приводят к деформациям русел отводного канала р. Арабель и нагорной канавы, что создаёт условия для неконтролируемого внезапного стока поверхностных и постоянного подземных вод в бьеф хвостохранилища. Кровля мёрзлых пород по берегам отводного канала уже в настоящее время в значительной мере изрезана (рис. 2б), здесь выявляются глубокие обводнённые талики, играющие роль коллекторов, собирающих и транспортирующих надмерзлотные воды в сторону бьефа. Для долгосрочной перспективы после завершения горных работ уже в настоящее время необходимо оценить риски, связанные с обводнением материала захоронения и затоплением всей площади законсервированного хвостохранилища.

Факторы третьей группы формируют опасность прорыва дамбы озера Петрова (рис. 3) с последующим формированием мощного селевого паводка, в составе твёрдой фазы которого будут содержаться крупные глыбы погребённого глетчерного льда [3]. Различные причины и сценарии развития подобного катастрофического процесса рассмотрены нами в работе [4]. При

распространении селея по зандровой равнине и вдоль русла р. Кумтор не исключена возможность закупорки русла в узкой части долины и перелив селевых масс через невысокую боковую морену в бьеф хвостохранилища с последующим разрушением его дамбы и выбросом цианосодержащих отходов в окружающую среду. Следует заметить, что тот небольшой (~10 м) перепад высот между дном долины р. Кумтор и боковой мореной, ограждающей хвостохранилище, может быть ликвидирован при выносе селевых масс с ледника "Лысый" или с течением времени за счёт деградации самой морены при вытаивании погребённого в ней глетчерного льда. Эти процессы, судя по особому "оспенному" рельефу её поверхности, уже активно протекают в настоящее время.

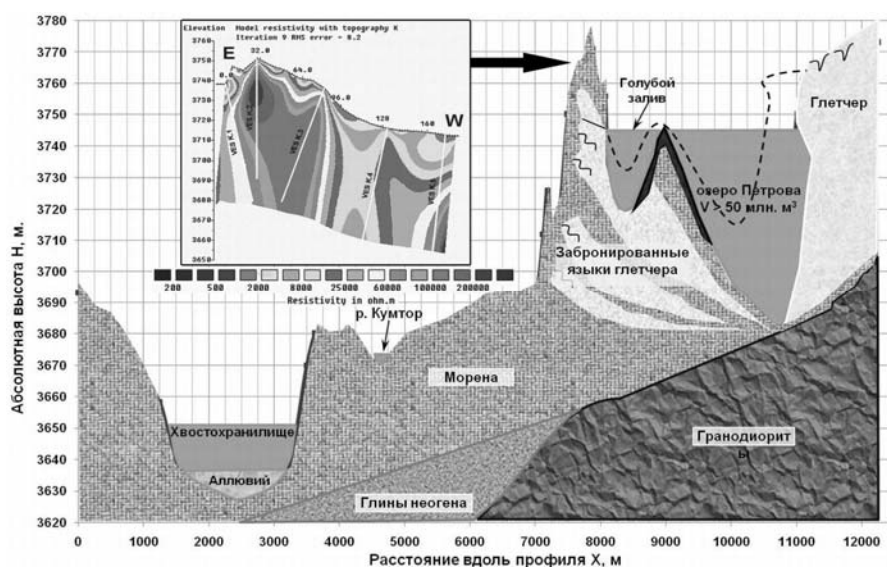


Рис. 3. Схематический геологический разрез на участке формирования селе-паводковой угрозы при прорыве дамбы озера Петрова.

На врезке показана геозлектротомограмма дамбы в поперечном разрезе

Во временном разрезе эффективность действия указанных групп факторов риска распределяется следующим образом:

- первая группа – с момента начала строительства и эксплуатации хвостохранилища с возрастанием риска разрушения объекта при использовании первоначального проекта и постепенным снижением его по мере получения данных мониторинга, инженерно-геологической изученности, реабилитации и корректировки проекта;
- вторая группа – с момента завершения горных работ, консервации объекта и ликвидации рудника с нарастанием риска во времени, согласованно с изменением климатических условий;

▪ третья группа – с момента начала строительства и эксплуатации объекта с постоянным возрастанием риска разрушения объекта во времени, согласованно с изменением климатических условий.

Имея в виду чрезвычайно высокую геоморфологическую, сейсмотектоническую и геокриологическую мобильность горно-складчатой территории Тянь-Шаня, можно подтвердить тезис [5, 6], о недопустимости использования одних и тех же данных, полученных на ранних стадиях или этапах проектирования или сооружения объекта и, возможно, на рядом расположенном участке, для оценки его текущей безопасности, тем более – для прогноза с любым временным горизонтом.

Литература

1. Алёшин Ю.Г., Торгоев И.А. Мониторинг и охрана геологической среды при освоении криолитозоны высокогорья // Сергеевские чтения. Вып. 6. Инженерная геология и охрана геологической среды. Современное состояние и перспективы развития. – М.: ГЕОС, 2004. – С. 322-326.

2. Фалалеев Г.Н. Влияние температурного фактора на сопротивляемость сдвигу мёрзлых суглинистых грунтов / Напряжённое состояние породного массива и наведённая геодинамика недр. Труды международной конференции. – Бишкек: Изд-во ИФМГП НАН КР, 2006. – С. 278-284.

3. Алёшин Ю.Г., Торгоев И.А., Аширов Г.Э., Абиров К.А. Опыт геофизических исследований и оценка опасности прорыва дамб ледниковых озёр Тянь-Шаня / Снижение риска природных катастроф в горах. Материалы международной конференции, г. Бишкек, 15–18 сентября 2009 г. – Бишкек: Салам. 2009. – С. 19-22.

4. Айтматов И.Т., Алёшин Ю.Г., Торгоев И.А. Высокогорные хвостохранилища: концептуальные основы обеспечения безопасности // Известия Национальной академии наук КР. – 2011. – № 1. – С. 53-63.

6. Лавёров Н.П., Величкин В.И., Кочкин Б.Т. и др. Концепция оценки безопасности хранилищ отработанных ядерных материалов, размещаемых в кристаллических породах // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2010. – № 3. – С. 195-206.

ОРГАНИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА АТОМНЫХ СТАНЦИЙ ПРИ ИХ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ

А.П. Белоусова

Институт водных проблем РАН, 119333 Москва, ул. Губкина 3,
тел: (499)135 54 58, факс: (499) 135 54 15, E-mail: anabel@aqua.laser.ru

Авария на Чернобыльской атомной станции (ЧАЭС) в апреле 1986 г. произошла в основном в результате так называемого «человеческого фактора» и привела к катастрофическим последствиям для некоторых территорий европейской части России. Авария на атомной станции «Фукусима 1» в Япо-

нии произошла в марте 2011 г. предположительно, в результате ошибки в проектировании станции (станция устояла при землетрясении, но не выдержала воздействия цунами). Достоверной информации о развитии экологической ситуации на аварийной станции не было представлено мировой общественности (как это было и начальный период после аварии на ЧАЭС). Выбросы в атмосферу, загрязнение почв и подземных вод как после аварии на ЧАЭС, так и после аварии на Фукусиме характеризуются практически аналогичными наборами радионуклидов, так как на обеих атомных станциях влиянию аварийной ситуации подверглось топливо. В связи с этим как никогда актуальной остается проблема мониторинга окружающей среды (ОС) на проектируемых и эксплуатируемых атомных станциях.

Будем пользоваться в своих исследованиях определением мониторинга, данного в Федеральном Законе Российской Федерации «Об охране окружающей среды» (от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ): «Мониторинг окружающей среды (экологический мониторинг) – комплексная система **наблюдений** за состоянием окружающей среды, **оценки и прогноза** изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов».

Эксплуатируемые АЭС оказывают влияние на геологические, гидрогеологические и гидрогеохимические условия в местах их базирования. Известно, что АЭС для своей работы требуют огромного количества воды, часть которой теряется, что способствует нарушению водного баланса. Негативный результат этого – подтопление территорий, проявление опасных геологических процессов и явлений (суффозия, карст и др.). В практике имели место случаи повышения уровня грунтовых вод на 10 м и более. В основаниях сооружений АЭС под влиянием нагрузки, увлажнения, нагрева и других факторов происходит изменение структуры пород, их водно-физических и физико-механических свойств, что может привести к осадке зданий, крену фундаментов, т. е. к нарушению условий безаварийной работы АЭС. Большие фильтрационные потери у водоемов-охладителей АЭС, где вода может прогреваться до 40°C, приводят к тепловому загрязнению грунтовых вод и ухудшению их качества из-за нарушения теплового баланса. При эксплуатации АЭС образуются твердые, жидкие и газообразные радиоактивные отходы, которые поступают в ОС. В результате распада урана в реакторе АЭС и процессов наведенной радиоактивности накапливается большое количество радиоактивных элементов: тритий, азот-16, аргон-41, кобальт-60, медь-64, натрий-24, стронций-90, цезий-134, цезий-137, а также инертные газы криптон и ксенон. В аварийной обстановке в ОС могут поступить следующие радионуклиды: тритий, хром-51, марганец-54, железо-55, кобальт-60, никель-59, стронций-90, технеций-99, рутений-106, иод-129, цезий-134, цезий-137, церий-144, нептуний-237, плутоний-239, плутоний-241, америций-241, кюрий-242, кюрий-244.

Таким образом, строительство и эксплуатация АЭС приводят к нарушению геологических, геохимических и экологических условий на прилегающих к АЭС территориях. Проблемы охраны ОС в районах расположения АЭС решаются с помощью функционирования системы мониторинга.

Структура мониторинга АЭС состоит из следующих компонентов [1]: мониторинг гидросферы (МГС), мониторинг литосферы (МЛС), мониторинг атмосферы (МАС), мониторинг биосферы (МБС) и мониторинг техносферы (МТС).

Структура МГС (интересующая гидрогеологов) состоит из: входа в систему – исходная информация о текущем состоянии системы; системы МГС, состоящей из трех подсистем – наблюдений (режима), оценок и прогноза; выхода из системы – мероприятия по улучшению природно-технической обстановки (выход из системы МГС является входом в систему управления водными ресурсами).

Исходная информация (вход в систему МГС) должна обеспечить функционирование подсистем наблюдений и прогноза. Эффективная работа подсистемы наблюдений находится в прямой зависимости от научной обоснованности проектирования, оптимизации и строительства режимной сети.

По рекомендациям МАГАТЭ [3], мониторинг должен осуществляться за 2–3 года до строительства АЭС и начинаться на стадии ТЭО наблюдением на нескольких региональных режимных створах в пределах выбранной территории АЭС; основной объем работ (до 80%) по сооружению наблюдательной сети различных уровней должен приходиться на стадию «Проект». В таком случае все необходимые объемы исследований, обеспечивающие проведение мониторинга, должны быть предусмотрены в нормативных документах, регламентирующих проектирование и строительство АЭС.

Отправной пункт мониторинга – обоснование выбора площадки АЭС согласно требованиям МАГАТЭ [2,4,5]. В пределах намеченной площади проводятся следующие работы, комплекс которых установлен с учетом требований МАГАТЭ, экологической и социальной безопасности:

Изучение объекта исследований заключается:

1. В изучении геологического, тектонического, геоморфологического, гидрологического, гидрогеологического, гидрогеохимического, почвенного строения территории с построением карт: геологической и четвертичных отложений, тектонической, неотектонической (сейсмической), геоморфологической, ландшафтно-индикационной, водосборного бассейна, инженерно-геологической, гидрогеологической, гидродинамической, гидрогеохимической, зоны аэрации, почвенной;

2. В изучении климатических условий (включая аномальные явления в зоне АЭС (связь с МАС):

3. В изучении техногенной нагрузки (связь с подсистемой МТС):

а) построение карты техногенной нагрузки;

б) выявление источников загрязнения и подтопления;

в) установление типов загрязняющих веществ (ЗВ);

г) по результатам перечисленных исследований строится карта защищенности подземных вод, которая является одним из оснований для принятия решения о строительстве АЭС на выбранной территории.

Изучение социально-экономической целесообразности строительства АЭС

Социально-экологические преимущества АЭС по сравнению с тепловыми электростанциями при условии работы тех и других в нормальных (штатных) условиях безусловны, но в аварийных условиях все преимущества АЭС могут свестись к нулю, как это случилось с ЧАЭС и Фукусимой.

Безопасность относится к категории социально-экономической, характеризующей степень защищенности человека на производстве или в быту от некоторого опасного фактора (аварийное или постоянно действующее загрязнение среды обитания, рабочих помещений и т. д.).

В связи с этим изучение социально-экономической целесообразности строительства АЭС необходимо проводить в двух направлениях:

1. Экономическая и экологическая оценка всех других альтернативных видов энергетики;

2. Изучение социальных аспектов строительства АЭС: изучение общественного мнения; эколого-энергетическое просвещение общества с использованием средств массовой информации;

3. Принятие решения органами власти с участием общественности и заинтересованных ведомств.

В случае принятия отрицательного решения, работы завершаются на этом этапе, при принятии положительного решения происходит развертывание проектирования и строительства АЭС и системы мониторинга.

Предварительная оценка границ зон мониторинга

Для организации мониторинга необходимо установить границы его действия. Вокруг АЭС необходимо создать три зоны мониторинга:

1) зона строгого режима, включающая территорию АЭС (главное здание, спецводоочистка, газгольдеры выдержки, мастерские для ремонта оборудования и другие сооружения, откуда возможны утечки загрязняющих веществ; кроме этого, на территории АЭС должна быть заранее разведана площадка для сооружения могильника-хранилища радиоактивных отходов);

2) санитарно-защитная зона радиусом 2,5-3,0 км, в которой можно располагать только здания и сооружения подсобного и обслуживающего назначения; в пределах этой зоны запрещается проживание населения и строительство школ, разрешается выращивание сельскохозяйственных культур, выпас скота при условии обязательного осуществления соответствующего радиометрического контроля производимой здесь сельскохозяйственной продукции;

3) зона наблюдений, при определении границ которой используются природные и техногенные факторы, обуславливающие формирование ареола рассеяния загрязняющих ингредиентов.

Зона наблюдений при проектировании должна быть в радиусе ~30 км. Но учитывая требование для составления прогнозов изменения экологической обстановки при различных типах аварий на АЭС, в том числе и запроектной (о чем будет сказано далее), необходимо использовать опыт исследований на Чернобыльской АЭС, где и произошла авария такого типа. Тогда

зона наблюдений должна разделяться на две: 30- и 100-километровую. В первой располагается более густая режимная сеть, во второй – менее густая. По мнению автора это является оптимальным подходом при выделении границ мониторинга, т. е. внешнюю границу следует проводить радиусом 100 км, а при особых природно-техногенных условиях радиус может увеличиваться.

ПОДСИСТЕМА НАБЛЮДЕНИЙ

Проектирование режимной сети [1]

Режимная наблюдательная сеть это основной инструмент МГС. Разработка методики проектирования режимной сети является одной из первостепенных и сложных задач МГС. Сложность разработки заключается в большом наборе составляющих МГС, а также в тесной его связи с другими составляющими мониторинга АЭС (МАС, МЛС и др.).

Учитывая особую специфику МГС АЭС, необходимо использовать следующий подход к проектированию и созданию наблюдательной сети.

А. Наблюдательная сеть должна иметь три уровня. Первый уровень – специальная сеть для наблюдения за источниками загрязнения и подтопления (здания и сооружения) в зоне строгого режима. Особое внимание необходимо уделить наблюдениям за гидрогеохимической и радиационной обстановкой на территории могильника, предназначенного для захоронения технологических и аварийных радиоактивных отходов. Заранее (еще до эксплуатации) должна быть запроектирована специальная сеть для наблюдения за гидрогеохимической, гидрогеологической и радиационной обстановкой на объекте ликвидации (саркофаг или др.) после истечения срока амортизации АЭС.

Длительность эксплуатации специальной наблюдательной сети определяется сроками жизни самых долгоживущих радиоизотопов, подлежащих захоронению в пределах могильников радиоактивных отходов и саркофага. Специальная сеть должна включать наблюдательные скважины, ключевые участки и дозиметрические посты для наблюдения за почвами и породами зоны аэрации, а также посты дозиметрического контроля вблизи источников загрязнения для замеров возможных аварийных выбросов в атмосферу, на поверхность почв, в грунтовые воды и сбросов сточных вод.

Второй уровень – региональная сеть наблюдений за гидрогеохимической, гидродинамической, геотермической и радиационной обстановкой в почвах и породах зоны аэрации во всех зонах.

Третий уровень – региональная сеть режимных наблюдений за гидродинамической, гидрогеохимической, геотермической и радиационной обстановкой в подземных водах.

Б. Проектирование наблюдательной сети должно осуществляться в два этапа: проектирование идеальной наблюдательной сети на базе природно-техногенных факторов, фильтрационных и миграционных моделей и оптимизация наблюдательной сети – создание реальной сети с учетом экономических и технических ограничений.

В. Сооружение наблюдательной сети.

Г. Аprobация режимной сети (опытно-фильтрационные, опытно-миграционные работы, гидрогеологические, гидрогеохимические, геофизические, термометрические, радиометрические исследования) перед сдачей ее в эксплуатацию.

Д. Определение периодичности и состава наблюдений.

Е. Создание автоматизированной системы наблюдений (инструментально-приборная и лабораторная базы, система обработки, передачи и хранения информации).

Подсистема наблюдений включает в себя наблюдения за гидрогеологическими, гидродинамическими, гидрогеохимическими и термическими условиями в подземных водах и ненасыщенной зоне, а самое главное за радиационной обстановкой в них. Наблюдения должны начинаться за 2-3 года до пуска АЭС, чтобы установить фоновые концентрации ЗВ, присутствующих в ОС.

ПОДСИСТЕМА ОЦЕНОК

Подсистема оценок [1] является связующим звеном между подсистемами наблюдений и прогноза. Эта подсистема предназначена для оценки существующего (наблюдаемого) состояния подземной части гидросферы и защитной зоны, а также вероятного будущего состояния (прогнозного) под влиянием природных и техногенных факторов.

Подсистема оценок включает в себя блок исходной, блок динамической и оперативной информации. Эти блоки на основе информации, заключенной в них, позволяют проводить оценку состояния подземных вод и защитной зоны как в ненарушенных природных условиях (фоновое состояние), так и в процессе воздействия различных антропогенных и природных факторов с частотой соответствующей частоте наблюдений, заложенной в подсистеме наблюдений, путем построения карт экологического состояния подземной части гидросферы с использованием индикаторов и индексов устойчивости экологического состояния.

ПОДСИСТЕМА ПРОГНОЗА

Подсистема прогноза [1] представляет собой автоматизированную информационную структуру, состоящую из банка данных, блока математической модели и блока прогноза. Подсистема прогноза позволяет получить прогнозные изменения состояния подземных вод под влиянием природных и техногенных явлений (природных и техногенных катастроф, аварий и др.).

Банк данных

Банк данных предназначен для хранения информации о природно-технических особенностях объекта исследований до ввода в эксплуатацию АЭС и для сбора и обработки информации об изменениях экологической обстановки под влиянием техногенной нагрузки, в том числе и действующей АЭС.

Банк данных состоит из пяти подблоков: исходной информации, содержащей сведения об ОС до начала эксплуатации АЭС; оперативной ин-

формации, включающей сведения об изменении экологической обстановки под воздействием АЭС и других сооружений и обеспечивающей взаимодействие подсистем оценок и прогноза; программного обеспечения для обработки исходной и оперативной информации; программного обеспечения для построения комплекта карт; хранения карт.

Блок модели целесообразно создавать в структуре автоматизированной информационной базы. Математическая модель позволяет сразу после поступления оперативной информации об изменении условий среды, увидеть ее на модели, а также получить прогнозную (на различные заданные сроки) картину влияния данного воздействия в целом на объект исследований.

Блок прогнозов

Экологические прогнозы выполняются для следующих условий: прогноз изменения экологической обстановки под влиянием конкретного воздействия в процессе эксплуатации АЭС:

– при изменении либо природных (аномальных), либо техногенных факторов, но не за счет АЭС, или для случившейся аварии на АЭС и ее объектах (на водохранилище-охладителе, могильнике и т. д.);

– прогноз изменения экологической обстановки под влиянием возможной аварийной ситуации на АЭС с целью разработки мероприятий по улучшению экологической обстановки.

Все режимы эксплуатации АЭС с точки зрения безопасности [6] подразделяются на нормальные (стационарная работа на мощности, операции пуска, плановые изменения нагрузки, плановое расхолаживание и т.п.) и аварийные, вызванные нарушениями в работе оборудования и систем станции. Все аварийные режимы по их вероятности и последствиям подразделяются на проектные (малые и большие) и запроектные. Проектная авария – это такая авария, исходное событие которой устанавливается действующей нормативно-технической документацией. Специально выделяется максимальная проектная авария, которая приводит к обезвоживанию и оплавлению активной зоны с выходом разрушающего топлива за пределы реакторного контура. После аварий на АЭС «Три-Майл-Айленд» и Чернобыльской АЭС обязательным стало рассмотрение запроектных аварий, которые приводят к полному расплавлению ядерного топлива (что не было сделано на Фукусиме).

В международной шкале ядерных событий выделяется семь уровней [7]:

ОТКЛОНЕНИЕ: не существенно для безопасности

ИНЦИДЕНТ:

1. Аномалия
2. Инцидент
3. Серьезный инцидент

АВАРИЯ: 4. Авария без значительного риска за пределами площадки

5. Авария с риском за пределами площадки
6. Серьезная авария
7. Крупная авария

К запроектным авариям из этой шкалы можно отнести аварии шестого и седьмого уровней.

В проекте АЭС должны быть предусмотрены технические средства и организационные меры, обеспечивающие безопасность при любой из перечисленных аварий, а в случае запроектной аварии должна быть выделена зона вокруг АЭС, в которой потребуется применение специальных мер защиты.

Таким образом, прогноз должен выполняться для следующих типов аварий: малой, большой, максимальной и запроектной.

По результатам решения прогнозных задач может корректироваться наблюдательная сеть. Прогнозы выполняются на доэксплуатационных и эксплуатационных стадиях.

Подсистема прогнозов позволяет заранее рассчитать сценарии различных типов аварий, и на этой основе предусмотреть защитные мероприятия по улучшению геологических, гидрогеологических и гидрогеохимических условий.

Литература

1. Белоусова А. П. Качество подземных вод. Современные подходы к оценке. – М.: Наука, 2001, 340 с.
2. Выбор площадок. Руководство МАГАТЭ по безопасности №50-CS. – Вена, 1979. – 111 с.
3. Гидрогеологические аспекты выбора площадок для атомных электростанций // Сер. Изданий по безопасности № 50-CS-S7. Руководство МАГАТЭ по безопасности. Международное агентство по атомной энергетике. – Вена, 1986. – 98 с.
4. Основные требования по составу и объему изысканий и исследований при выборе пункта и площадки АС. – М.: Мин-во атомной энергетики, 1989. – 250 с.
5. Рекомендации по инженерно – геологическим изысканиям изысканиям для проектирования атомных станций. – М.: Мин-во атомной промышленности, 1986. – 47 с.
6. Соболев И. А., Коренков И. П., Хомчик И. М., Проказова Л. М. Охрана окружающей среды при обезвреживании радиоактивных отходов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 166 с.
7. Ядерная энциклопедия. – М.: Благотворительный фонд Ярошинской, 1996. – 656 с.

ОПЫТ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ОСНОВАНИЙ НА ЗАМЕДЛЕННО-ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ

**А.Н. Богомолов, Ю.И. Олянский, С.И. Шиян,
Т.М. Тихонова, О.В. Киселева**

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет,
400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, тел. (8442) 97-40-83, факс: (8442) 97-49-33,
e-mail: info@vgasu.ru

К замедленно-просадочным грунтам относятся лессовидные и лессоподобные средние и тяжёлые суглинки, дисперсная составляющая которых представлена в основном монтмориллонитом. Такие лессовые грунты достаточно широко распространены на территории Предкарпатья, Предкавказья, в Волгоградской и других областях России. Основная проблема борьбы с просадочностью на этих грунтах вытекает из того, что действующие в настоящее время нормативные документы (СНиП 2.02.01-83, ГОСТ 23161-78) предусматривают определение показателей просадочности: величины относительной просадочности ϵ_{sl} и начального просадочного давления P_{sl} в компрессионных приборах непродолжительным замачиванием образцов грунта в условиях капиллярного их водонасыщения. Такая схема испытаний не полностью соответствует реальным условиям работы оснований и фундаментов особенно при подтоплении территорий. Для замедленно-просадочных грунтов различие в значениях показателей просадочности, определённых в лабораторных условиях и по натурным данным, весьма существенно, что часто является основополагающей причиной их деформаций.

Эволюция представлений о просадочности и методах борьбы с ней на лессовых грунтах такого типа хорошо прослеживается на примере застройки территории г. Кишинёва расположенной в периферийной части Кодринской возвышенности. Лессовые грунты покрывают территорию города практически повсеместно. Это преимущественно средние суглинки с числом пластичности 0,12–0,14; влажностью 0,11–0,13; плотностью «сухого грунта» 1,45–1,55 т/см³. Начальное просадочное давление составляет 0,11–0,12 МПа. Мощность лессовой толщи варьирует в интервале от 2–3 м до 25–30 м. Толща обладает просадочностью в основном до глубины 11,0–12,0 м. Тип грунтовых условий по просадочности 80% территории города – I, 20% территории – II. Максимальная просадка толщи от собственного веса достигает 20–25 см (рассчитанная по данным компрессионных испытаний по схеме «двух кривых») [8].

До 1962 г. при строительстве на просадочных грунтах города Кишинёва выполнялись только мероприятия по предохранению оснований от замачивания: устройство лотков, смотровых колодцев, отмосток, планировка поверхности. Спустя несколько лет после сдачи в эксплуатацию домов стали замачиваться грунты основания из неисправных инженерных сетей. Водозащитные мероприятия оказались малоэффективными и многие из построен-

ных зданий стали деформироваться, некоторые из них были демонтированы [2].

Начиная с 1962 г. при строительстве на просадочных грунтах стали применять уплотнение трамбованием [1]. Это позволило устраивать водонепроницаемый экран из лессовых уплотнённых грунтов мощностью до 2–3 м и снизить нагрузку на неуплотнённый лессовый грунт до величины меньше начального просадочного давления. Такой метод подготовки лессовых оснований широко распространился на всю территорию города и использовался вплоть до 1974 г.

В 1974 г. вышел новый СНиП II-15-74, который ввел в практику строительства на просадочных грунтах новую классификацию лессовых толщ по просадке толщи от собственного веса: I и II тип грунтовых условий по просадочности. К этому времени некоторые из уже построенных на уплотнённом лессовом экране зданий начали давать деформации, иногда значительные. Причина деформации – просадка в нижних частях лессовой неуплотнённой толщи вследствие поднятия уровня грунтовых вод [4]. Это вызвало необходимость пересмотреть мероприятия по подготовке лессовых оснований в свете рекомендации СНиП II-15-74 и следующего СНиП 2.02.01-83. Стал применяться комплекс из водозащитных мероприятий, мероприятий по устранению просадочности и конструктивных мероприятий. Наиболее трудоёмкими являются мероприятия по устранению просадочности лессового основания, особенно на глубинах более 8,0 м.

Анализ компрессионных испытаний показал, что большая часть просадочности лессовой толщи на территории города приходится на интервал глубин от 0 до 8,0 м. Расчёты просадки и осадки сооружений за счёт толщи залегающей на глубинах более 8,0 м были в пределах допустимых деформаций, поэтому высотные здания, возводимые с конца 70-х – начала 80-х годов, проектировались на уплотнённой лессовой толще мощностью 5,0–6,0 м, что соответствует глубине 8,0 м. Ниже оставался неуплотнённый лессовый грунт. В условиях развернувшегося массового строительства в данный период это позволило существенно сократить стоимость сооружений и время ввода их в эксплуатацию.

Однако уже в начале 80-х годов появились публикации [3, 6] свидетельствующие об охватившем город широкомасштабном подтоплении. К этому времени относятся наиболее серьёзные деформации высотных зданий. Сооружения, возведенные на лессовых толщах с сохранением просадки в нижних её горизонтах, повсеместно начали деформироваться. Причина заключалась в том, что фактические просадки сооружений превысили прогнозируемые в 1,5–2,0 раза [5].

Специальные исследования лессовых грунтов, выполненные в лаборатории Академии наук республики, позволили определить основную причину деформаций. Были выполнены специальные комплексные исследования лессовых грунтов [7, 10]. Компрессионные испытания проводились в компрессионных приборах системы Н.Н. Маслова при капиллярном водонасыщении (по ГОСТ 23161-78) в условиях непрерывной фильтрации воды через образец

на протяжении 30-40 суток. Это позволило выделить провальную просадку, замедленную просадку и послепросадочное уплотнение образцов лессового грунта. Некоторые данные приведены в таблице 1

Таблица 1

Показатели относительной деформации некоторых образцов лессовых пород в компрессионном приборе при замачивании и фильтрации воды для г. Кишинёва

№ образца	Провальная просадка	Замедленная просадка	Послепросадочная деформация	Общая относительная деформация
178	0,014	0,016	0,015	0,045
314	0,042	0,005	0,037	0,084
315	0,020	0,002	0,016	0,038
316	0,017	0,008	0,021	0,046
274	0,010	0	0,002	0,012
226	0,022	0,004	0,034	0,060
227	0,015	0,018	0,011	0,044

Причина деформации сооружений заключалась в том что, лессовые замедленно просадочные грунты характеризуются большой величиной замедленной просадки и послепросадочного уплотнения, которые в сумме превышают провальную просадку (выявленную по ГОСТ 23161-78) в 1,5–2,0 раза. Это явилось причиной неверной оценки возможной просадки неуплотненной на глубинах более 8,0 м толщи, завышению величины начального просадочного давления грунта, а, следовательно, привело к занижению расчётной величины просадки и осадки сооружения, что и явилось причиной их деформаций [9].

Рекомендации сотрудников Академии наук позволили пересмотреть и дополнить мероприятия по борьбе с просадочностью лессовых оснований. В первую очередь это относится к необходимости устранения просадочности на всю просадочную толщу (для II типа грунтовых условий). Учитывая мощность просадочной толщи на территории города (в основном до 12,0 м) и активно развивающееся подтопление при возведении сооружений на просадочных толщах II типа с конца 80-х и начала 90-х годов стали широко применяться: уплотнение просадочных пород грунтовыми сваями на всю мощность и железобетонные буронабивные сваи до кровли непросадочных грунтов. Это позволило в комплексе с водозащитными и конструктивными мероприятиями обеспечить безаварийную эксплуатацию зданий. На лессовых толщах I типа по просадочности в качестве основного метода подготовки лессовых оснований является создание водонепроницаемого уплотнения экрана из лессовых грунтах мощностью 2,0–4,0 м, а так же водозащитные и конструктивные мероприятия.

Выполнение мероприятий по подготовке лессовых оснований в таком объёме исключает возможность их деформаций, особенно в условиях активного обводнения грунтов при подтоплении. Основные полученные результа-

ты могут найти применение и в других регионах, где распространены аналогичные грунты (Волгоградская, Ростовская и др. области РФ).

Литература

1. *Бернат Р.Ю.* Совершенствование технологии устройства оснований зданий и сооружений, возводимых на просадочных грунтах. – С. 32-34.
2. *Гончаров В.С., Фишер Н.С., Костик Г.Е.* Опыт строительства на просадочных грунтах в Молдавской ССР // Подготовка оснований зданий и сооружений, строящихся на просадочных грунтах. – Кишинёв, 1981. – С. 1-6.
3. *Гончаров В.С., Олянский Ю.И.* Прогноз подтопления лессовых территорий вероятностью статистическим методом на примере г. Кишинёва // Тез. докл. Всесоюзного совещания. – Новосибирск, 1984. – С. 163-164.
4. *Гончаров В.С., Олянский Ю.И.* Анализ причин деформации зданий и сооружений, связанных с обводнением просадочных грунтов на территории Молдавии // Ускорение научно-технического прогресса в фундаментостроении. Т. II. – М.: Стройиздат, 1987. – С. 164-165.
5. *Мандельблат Ю.А.* Устранение кренов и ликвидация просадочности оснований крупнопанельных домов по ул. Алешина в г. Кишинёве методом регулируемого замачивания. – С. 21-23.
6. *Олянский Ю.И., Гончаров В.С.* Техногенные изменение влажности в лессовых грунтах г. Кишинёва. – С. 26-28.
7. *Олянский Ю.И., Богдевич О.П., Вовк В.М.* О дополнительном уплотнении некоторых типов лессовых пород Молдавии при фильтрации воды // Известия АН МССР. Физика и техника. – 1991. – № 3 (6). – С. 118-121.
8. *Олянский Ю.И.* Лессовые грунты юго-западного Причерноморья. – Штаница Кишинёв, 1992. – 129 с.
9. *Олянский Ю.И.* Современные проблемы инженерного освоения территорий, сложенных дисперсными структурно-неустойчивыми грунтами // Сергеевские чтения. Вып. 9. – М.: ГЕОС, 2007. – С. 151-155.
10. *Олянский Ю.И.* Опыт оценки послепросадочного уплотнения лессовых пород по лабораторным испытаниям // Вестник ВолгГАСУ, серия Естественные науки. Выпуск 4 (14). – 2005. – С. 81-85.

ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ ПЛОЩАДКИ В АДЛЕРСКОМ РАЙОНЕ СОЧИ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ МОБИЛЬНОЙ ГАЗОТУРБИННОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

А.Ф. Брюхань*, Ф.Ф. Брюхань, И.О. Коськин***, Е.А. Черемикина*****

* ЗАО «Центр-Инвест», 141100, Московская обл., г. Щелково, Пролетарский проспект, 8-а,
тел./факс +7(495)544-93-14, vwv@mail.ru

** МГСУ, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26,
тел./факс +7(495)583-39-66, pniis-gip@mail.ru

*** ООО НПО «Гидротехпроект», 175400, Новгородская обл., г. Валдай, ул. Октябрьская, 55-а,
тел./факс +7(816)662-14-87, gtp012007@yandex.ru

Вследствие высокой степени изношенности электроэнергетической инфраструктуры в России в последние годы резко повысился уровень нестабильности энергообеспечения. Для гарантированной подачи электроэнергии ответственным потребителям используются резервные источники электроэнергии, наиболее эффективные из которых – мобильные газотурбинные электростанции (МГТЭС) [1]. Другое назначение таких энергоисточников – снижение пиковых нагрузок в электросетях.

Наряду с традиционными тепловыми электростанциями (ТЭС), МГТЭС вносят свой вклад в загрязнение окружающей природной среды. Это обстоятельство диктует необходимость комплексной оценки воздействия МГТЭС на компоненты природной среды при планировании размещения МГТЭС, обосновании предпроектной и проектной документации, разработке предложений по организации природоохранных мероприятий, эксплуатации МГТЭС и выводе их из эксплуатации.

Основные особенности МГТЭС заключаются в их относительно невысокой мощности (от нескольких до нескольких десятков мегаватт) и незначительной продолжительности работы (обычно несколько сот часов в году). Эти особенности указывают на невысокий уровень их экологической опасности. Однако экологические последствия работы МГТЭС при выработке единицы электроэнергии в ряде случаев выше, чем при ее производстве традиционными ТЭС. Поэтому при планируемом строительстве МГТЭС необходимо соответствующее геоэкологическое обоснование предпроектной и проектной документации.

Среди базовых энергоблоков МГТЭС, зарекомендовавших себя высокой эффективностью, можно отметить энергоблоки, снабженные газотурбинными установками (ГТУ) серии FT8 «Pratt & Whitney Power Systems» мощностью в 22,5 МВт [2, 7]. Каждый энергоблок МГТЭС состоит из ГТУ, генератора, трансформатора, системы очистки выбросов и пульта управления. ГТУ включает в себя входное и выхлопное устройства, оборудованные системами шумоглушения. Входное устройство оборудовано также системой фильтрации воздуха. Энергоблоки с блоками управления помещаются в специальные трейлеры, снабженные системой пожаротушения.

МГТЭС, составленные из таких энергоблоков, успешно эксплуатируются в России уже свыше 5 лет. В настоящее время в различных регионах России работают около 10 таких станций. Благодаря их надежности, экологичности и возможности быстрого монтажа, намечено размещение нескольких МГТЭС для надежного энергообеспечения объектов Зимних Олимпийских Игр в Сочи в 2014 г. Одна из площадок намечаемого строительства МГТЭС находится на территории с. Веселое Адлерского района г. Сочи вблизи электроподстанции «Псоу» (рис. 1).

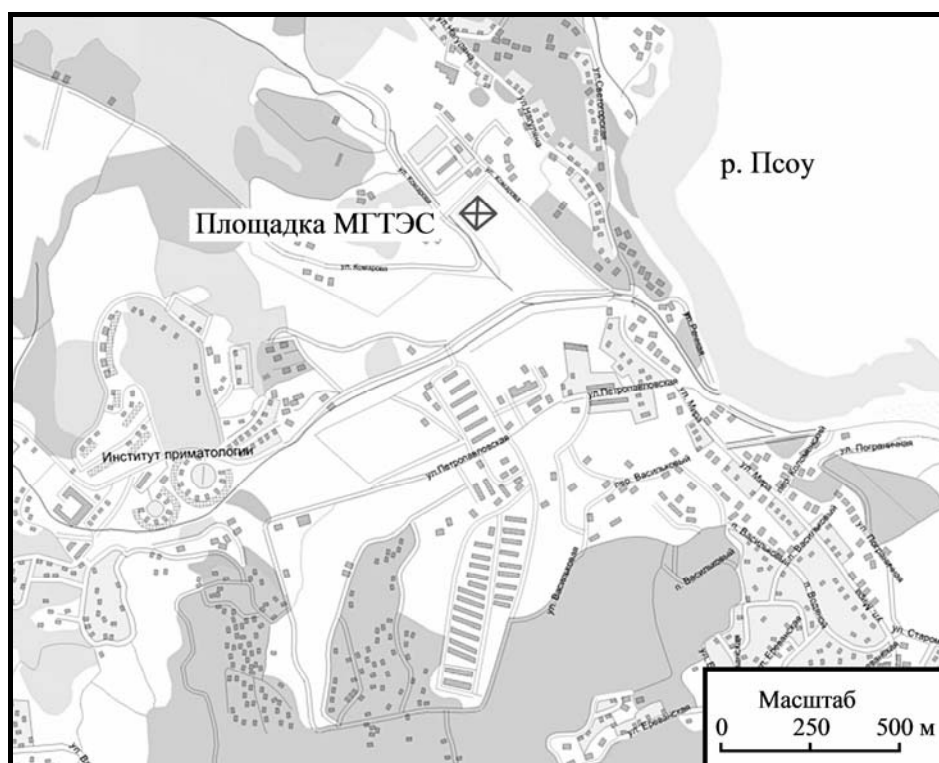


Рис. 1. Ситуационный план площадки МГТЭС на фрагменте карты Адлерского района г. Сочи

Данное исследование выполнено с целью выявления возможности размещения МГТЭС на указанной площадке и определения максимального числа энергоблоков станции, удовлетворяющих экологическим критериям.

Как уже отмечалось, одной из основных особенностей МГТЭС является их непродолжительное время работы в течение года. Это обстоятельство обеспечивает относительно небольшие техногенные нагрузки на природную среду. В работе [6] установлено, что основные факторы негативного воздействия МГТЭС на природную среду – химическое загрязнение атмосферного

воздуха и акустическое загрязнение. К второстепенным факторам можно отнести загрязнение поверхностных и подземных вод, почвы, нарушение геологической среды, производство отходов, тепловое и электромагнитное загрязнение.

Загрязнение атмосферного воздуха. Согласно СанПиН 2.1.6.575-96 «Гигиенические требования к охране атмосферного воздуха населенных мест», для курортной местности предъявляются особые требования по качеству атмосферного воздуха: не допускается превышение 0,8 ПДК [4]. С целью сокращения эмиссии оксидов азота при работе энергоблоков во многих случаях используется технология DENOX (от словосочетания De NO_x), предусматривающая впрыск обессоленной воды в камеру сгорания ГТУ. Решение об использовании такой технологии принимается уже на предпроектных стадиях строительства МГТЭС. Для оценки загрязнения атмосферного воздуха при работе МГТЭС выполнены расчеты полей концентраций загрязняющих веществ (ЗВ) при разном числе ГТУ с вариантами отсутствия технологии DENOX и с использованием ее. При расчетах по методике ОНД-86 [3] учтены климатические характеристики и фоновые концентрации ЗВ в районе площадки строительства, предоставленные ГУ «Специализированный центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Черного и Азовского морей» Росгидромета. Фоновые концентрации атмосферного воздуха представлены ниже в таблице. Данные таблицы показывают, что содержание ЗВ в районе площадки МГТЭС невелико, и значительно ниже ПДК для населенных мест.

Таблица

Фоновое загрязнение атмосферного воздуха

ЗВ	Фоновые концентрации	
	мг/м ³	доли ПДК для населенных мест
Диоксид азота	0,056	0,28
Диоксид серы	0,011	0,022
Оксид углерода	1,8	0,36
Взвешенные вещества	0,14	0,47

Результаты расчетов показали, что наибольшие значения максимальных разовых концентраций ЗВ, которые могут быть созданы выбросами МГТЭС, достигаются на расстоянии около 570-580 м от дымовых труб МГТЭС. Максимальные приземные концентрации ЗВ в узлах расчетной сетки и в контрольных точках (возле ближайших жилых домов) не превысят значений 0,8 ПДК_{мр} (норматива для курортной зоны) при работе трех ГТУ для варианта с применением технологии DENOX. При использовании ГТУ, работающих без технологии DENOX, превышение установленных норм будет происходить даже при работе одной установки.

Шумовое загрязнение. Согласно акустическим расчетам, проведенным с учетом СНиП 23-03-2003 «Защита от шума» [5], эквивалентный уровень

шума вблизи ближайшей жилой застройки составит 55-60 дБА, что до 5 дБА превышает ПДУ для дневного времени суток и на 10-15 дБА для ночного времени. Поэтому при строительстве МГТЭС необходимо предусмотреть шумозащитные мероприятия, например такие, как установка забора с шумопоглощающим покрытием. Шумозащитные мероприятия должны обеспечить снижение эквивалентного уровня шума на величину, составляющую, по меньшей мере, 15 дБА. Конкретные рекомендации по шумовой защите территории можно предложить после разработки ситуационного плана размещения ГТУ на площадке.

Загрязнение поверхностных и подземных вод. В период эксплуатации МГТЭС образуются следующие виды сточных вод:

- нефтесодержащие стоки;
- стоки с повышенным содержанием солей (при использовании технологии впрыска воды в камеру сгорания ГТУ);
- ливневые стоки.

Нефтесодержащие стоки образуются при аварийных проливах топлива, а также от промывки топливных резервуаров. Стоки собираются в дренажный резервуар и вывозятся специализированными организациями на утилизацию. Для водоподготовки предусмотрена обессоливающая установка, работающая по принципу обратного осмоса. Рассол от модуля обессоливания отводится в дренажный бак и периодически вывозится на утилизацию. Для предотвращения загрязнения поверхностных и подземных вод, а также почв от загрязненных стоков ливневых вод, предусматривается организация рельефа территории площадки в стороны, противоположные от естественных водных объектов. Сток направляется в дренажные канавы, заполненные щебнем для фильтрации и отстоя [1].

Обращение с отходами. Количество временно хранящихся отходов определяется с учетом требований технической и пожарной безопасности, а также сроков вывоза отходов. Как показывают оценки [1], при соблюдении правил сбора, временного хранения и условий транспортировки отходов они не окажут значимого воздействия на окружающую среду.

Такие негативные факторы, как загрязнение почвы, нарушение геологической среды, тепловое и электромагнитное загрязнение, учитывая незначительное время работы МГТЭС в течение года, можно считать несущественными [6].

Заключение

1. Расчеты приземных концентраций показали, что наибольшие значения максимальных разовых концентраций ЗВ, которые могут быть созданы выбросами МГТЭС, достигаются на расстоянии около 570-580 м от дымовых труб МГТЭС. Установлено, что при использовании технологии впрыска обессоленной воды в камеру сгорания ГТУ допустимо размещение трех энергоблоков на площадке МГТЭС. Отсутствие технологии впрыска исключает возможность строительства МГТЭС даже с одним энергоблоком.

2. Согласно акустическим расчетам, эквивалентный уровень шума возле ближайшей жилой составит 55-60 дБА, что до 5 дБА превышает ПДУ для дневного времени суток и на 10-15 дБА для ночного времени. Поэтому при строительстве МГТЭС необходимо предусмотреть шумозащитные мероприятия, обеспечивающие снижение эквивалентного уровня шума на величину, составляющую, по меньшей мере, 15 дБА.

3. Уровни загрязнения поверхностных и подземных вод, количество производимых отходов, а также уровни загрязнения почвы, нарушения геологической среды, теплового и электромагнитного загрязнения с учетом незначительного времени работы МГТЭС в течение года, можно считать несущественными.

4. Выполненные оценки носят предварительный характер. Уточненные расчеты могут быть выполнены при наличии ситуационного плана размещения ГТУ и компоновки основного оборудования на площадке МГТЭС.

Литература

1. Брюхань А.Ф., Черемкина Е.А. Мобильные пиковые газотурбинные электростанции и окружающая среда. – М.: Форум, 2011. – 128 с.

2. Виктор де Биаси. Мобильная ГТУ MOBILEPAC. Выработка 25 МВт электроэнергии в день доставки на место // Газотурбинные технологии. – 2006. – № 1. – С. 26-29.

3. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. – Л.: Гидрометеоздат, 1987. – 93 с.

4. СанПиН 2.1.6.575-96. Гигиенические требования к охране атмосферного воздуха населенных мест. – М.: Госкомсанэпиднадзора России, 1996.

5. СНиП 23-03-2003. Защита от шума. – СПб.: ДЕАН, 2004. – 74 с.

6. Черемкина Е.А. Ранжирование типов воздействий мобильных пиковых газотурбинных электростанций на компоненты природной среды по степени их значимости // Сборник докладов на VII Всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы экологии». – Тула, 2010. – С. 39-41.

7. 25 MW of Mobile Power. East Hartford (CT), Pratt & Whitney, 2010. – 6 pp.

ПРИРОДНЫЕ ОПАСНОСТИ ПРИ ОСВОЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮГО-ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

А.Г. Верхотуров

Забайкальский государственный университет, 672039 Чита, ул. Александрово-Заводская д. 30, кафедра гидрогеологии и инженерной геологии. Тел. 26-18-26. Факс (302-2) 26-43-93, 26-14-59, e-mail: weral0606@yandex.ru

С завершением в 2013 г. в Забайкальском крае строительства железной дороги Нарын – Газимурский Завод и подъездных путей к Бугдаинскому и Быстринскому полиметаллическим месторождениям начнется их освоение.

Объем добычи руды по Быстринскому ГОКУ оценивается в 10 млн. тонн, а по Бугдаинскому – в 16 млн. тонн в год. Ввод горно-обогатительных комбинатов на полную мощность запланирован на 2016 г., и это ставит первоочередной задачей до начала проектирования жилых поселков обеспечить оценку инженерно-геологических условий территории строительства, выявить природные опасности и риски. По данным краевого статистического управления общая стоимость проекта составит 104 миллиарда рублей.



Рис. 1. Схема размещения железнодорожной трассы Нарын-Газимурский Завод и проектируемых горно-обогатительных комбинатов

В инженерно-геологическом отношении рассматриваемая территория представляет тектоническое эрозионно-денудационное редколесное среднегорье, приуроченное к высотам с абс. отм. 770-1168 м. Пораженность области экзогенными процессами здесь характеризуется следующими значениями: заболачивание – 4,5 %, наледообразование – 2,8 %, пучение – 2 %, курумы – 1,3 %, другие процессы распространены менее чем на 1 % территории. Выполненная в процессе исследований оценка пораженности опасными экзогенными процессами инженерно-геологических областей Шилкинско-Аргунского региона [2], несомненно, будет учтена на предпроектных этапах строительства и в значительной степени эта информация уже использована при выборе месторасположения вспомогательных объектов будущих ГОКов.

В горнодобывающей промышленности, в отличие от других отраслей, положение объектов добычи на местности строго определено, может меняться только способ отработки (открытая, подземная). Положение вспомогательных объектов, инфраструктуры, жилья для сотрудников ГОКа и их семей определяется: прогнозируемым воздействием предприятия на природную

среду и экологические условия; природными опасностями и рисками развития опасных экзогенных процессов; экономической целесообразностью.

Кроме опасных процессов, которые достаточно широко представлены на территориях горных отводов, на предпроектных этапах необходимо уделять внимание процессам, которые в естественных условиях развиты очень ограниченно, а в условиях техногенного освоения могут представлять реальную опасность. К ним в первую очередь относятся криогенные процессы (гидролакколиты, пучение, морозобойное растрескивание, термокарст). Проявление этих процессов следует ожидать на наиболее благоприятных по геоморфологическим условиям участках пойм и высоких пойм, где, как правило, развиты многолетнемерзлые породы (ММП). Они в пределах Шилкинско-Аргунского региона Забайкальской геокриологической области имеют островное и прерывистое (на высокогорных участках) распространение мощностью до 50 м и более, с температурой пород от $-0,4$ до -3 °С [2].

В результате инженерно-геологических исследований, выполненных в районе различными организациями (ОАО «ЗабайкалТИСИЗ» ООО «Восток-геология» и др.), для обоснования строительства железной дороги и при разведке месторождений, установлено, что современное состояние мерзлых толщ в значительной степени зависит от местных условий, которые также влияют и на положение верхней границы залегания мерзлых толщ неслюющего типа.

В пойменных частях долин и на залесенных склонах северной экспозиции, где грунты представлены супесчаными и суглинистыми разностями, кровля мерзлых пород были зафиксированы на глубинах около 1 м, а их температуры на глубине нулевых годовых амплитуд достигают $-1,2 \div -1,4$ °С. Мерзлые породы характеризуются высокой льдистостью. Суммарная мощность ледяных прослоев на отдельных интервалах достигает 10-15 см/м.

На высокой пойме многолетнемерзлые грунты имеют температуры $-0,4 \div -0,9$ °С. Кровля ММП находится на глубине до 2,5-3 м и более.

По склонам южной экспозиции и на низких водоразделах распространены в основном талые грунты с температурами $0,4 \div 1,3$ °С.

Повышение средних годовых температур воздуха в последние десятилетия, приводящее к опусканию кровли ММП в естественных условиях, а на отдельных участках и к полной их деградации [1], обуславливает изменение гидрогеологических условий, способствует преобразованию ландшафтов в юго-восточном Забайкалье. Опускание кровли многолетнемерзлых пород в юго-восточном Забайкалье, в результате деградации мерзлых пород, [3] составило 2-6 м (в зависимости от состава грунтов и их влажности).

Высыхание деревьев на склонах, лесные пожары являются следствием этого процесса. Растительные сукцессии приобретают обратную направленность, происходит остепнение ландшафтов, и изменяются условия функционирования наземных экосистем. Это ярко проявилось в засушливые годы последнего десятилетия (2007 г. и др.), когда дефицит влаги, особенно, в приповерхностной части склонов стал наиболее ощутимым.

Промышленное и хозяйственное освоение района, несомненно, вызовет более быструю деградацию мерзлых толщ, что уже происходит в районах размещения действующих карьеров на рудных месторождениях. Например, в бортах карьеров, эксплуатируемых на юго-востоке Забайкалья (рудник Ключевский и др.), где развиты многолетнемерзлые породы, происходит интенсивное развитие обвально-осыпных процессов связанное с их оттаиванием. Интенсивное выветривание оттаявших пород до щебнисто-дресвянистых фракций приводит к отступанию бровки берм верхних уступов карьеров, которое составляет за 10 лет в среднем 5-7 м (в зависимости от состава пород).

При оттаивании мерзлых пород на значительную глубину в бортах карьеров также начинаются процессы суффозии и наледеобразования.

Разработка Быстринского и Бугдаинского месторождений открытым способом окажет значительное негативное воздействие на природную среду и приведет к масштабному ущербу. Загрязнению подвергнутся атмосфера (пылегазовые выбросы); гидросфера (рудничные воды, сточные воды) и литосфера (отвалы, хвостохранилища, отчуждение земель).

Эколого-экономический ущерб, от воздействия проектируемых комбинатов на окружающую среду включает потери и затраты от техногенного воздействия объекта на компоненты среды, социальные условия жизни и здоровья населения. Первоочередной задачей становится определение и минимизация ущерба, наносимого горными работами и предприятием в целом всем компонентам природной среды. Рациональное размещение объектов горного предприятия, выбор порядка и интенсивность использования отдельных участков земли при создании взаимоувязанной технологии вскрышных, отвальных и рекультивационных работ необходимо увязывать с опасностями и рисками, возникающими из-за возможности развития опасных криогенных процессов.

При строительстве объектов каждого ГОКа необходим учет изменения гидрогеологических условий и их влияния на наземные экосистемы, особенно на участках прудов-осветлителей и хвостохранилищ. Деградация мерзлых толщ здесь может привести к загрязнению подземных и поверхностных вод высокотоксичными элементами As, Cd, Pb и др., что наблюдается в настоящее время в районах рудников Акатуй и Благодатский, эксплуатация которых прекращена. На этих участках возможны значительные осадки при оттаивании мерзлых толщ и деформирование противофильтрационных сооружений.

В имеющейся литературе и нормативных документах по проектированию и строительству в Забайкалье используются сведения, полученные в XX в., когда средние годовые температуры воздуха характеризовались более низкими значениями [2 и др.]. Предлагаемые мероприятия по предупреждению деградации криолитозоны (каменные наброски, проветриваемые подполя и др.) оказываются, как правило, неэффективными, что негативно сказывается на устойчивости дорог, зданий и сооружений.

Таким образом, для нормального функционирования вновь вводимых объектов горной промышленности и систем их жизнеобеспечения на предпроектном этапе строительства необходим прогноз всех возможных опасностей и рисков, базирующийся на мониторинге гидрогеологических и мерзлотных условий территории и учете глобальных изменений климата.

Литература

1. *Верхотуров А.Г.* Влияние динамики мерзлотно-гидрогеологических условий Забайкалья на развитие опасных процессов // Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. – М.: РУДН, 2010. – С. 102-104.
2. *Геокриология СССР*: Горные страны юга СССР // Под ред. Э.Д. Ершова. – М.: Недра, 1989. – 359 с.
3. *Шестернев Д.М.* Особенности геокриологических условий трассы строящейся новой линии железной дороги Нарын-Лугокан в Забайкальском геокриологическом регионе. Материалы международной конференции «Криогенные ресурсы полярных и горных районов». – Тюмень, 2010. – С. 46-49.

ОПЫТ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ОСВОЕНИЯ ОВРАЖНО-БАЛОЧНЫХ СИСТЕМ В ВИТЕБСКЕ

А.Н. Галкин*, В.Ф. Котягов, А.П. Кремнев***, И.А. Красовская*,
Л.С. Германова**, Л.А. Смоляков****

- * Учреждение образования «Витебский государственный университет им. П.М. Машерова», 210038, Беларусь, г. Витебск, Московский пр-т, 33, тел. +375(212)215845, факс +375(212)214959, galkin-alexandr@vandex.ru;
- ** Витебский отдел инженерных изысканий производственного республиканского унитарного предприятия «Геосервис», 210001, Беларусь, г. Витебск, ул. Советской Армии, 17, тел. +375(212)372071;
- *** Учреждение образования «Полоцкий государственный университет», 211440, Беларусь, Витебская обл., г. Новополоцк, ул. Блохина, 29, тел. +375(214)535235

Научно-обоснованное, экологически безопасное, рациональное использование земельных ресурсов является одной из важных задач государственного уровня. Развитие городов влечет за собой сокращение пригодных земель и выдвигает проблему изыскания новых, дополнительных земельных ресурсов для городского строительства. Резервным фондом являются так называемые «непригодные» территории, которые, при проведении соответствующих мероприятий по инженерной подготовке, могут быть использованы под различные виды строительства. К ним, в частности, относятся овражно-балочные территории. При этом следует отметить, что в последние десятилетия наметились негативные тенденции при освоении городских оврагов и ба-

лок. Одна из них связана с пренебрежением инженерной подготовкой территорий, недостаточным учетом возможности проявления опасных инженерно-геологических процессов. Более распространенным явлением становится несоответствие между значительным объемом работ по инженерной защите территории и ее слабо интенсивным градостроительным использованием, вплоть до полного ее исключения из освоения, а также большой временной разрыв между этими основными стадиями процесса освоения территорий. На современном этапе развития городов, которые интенсивно подвержены овражной эрозии, возрастает необходимость не только инженерной защиты их территорий, но и преобразования в пригодные земли для различных видов градостроительства путем проведения экологически безопасной инженерной подготовки.

В настоящее время в Витебске количество овражных форм составляет порядка 70, общая протяженность – более 17 км. Длина наиболее крупных оврагов достигает 1200 м, а глубина в приустьевой части – 10-40 м. Овраги находятся в стадии молодости, имеют V-образный поперечный профиль с крутыми и обрывистыми бортами. Рост оврагов наблюдается в основном в периоды весеннего снеготаяния и сильных ливневых дождей вследствие концентрации воды и создания размывающих скоростей потоков по межам и бороздам у бровок склонов.

В 2010 г. Витебским отделом инженерных изысканий производственного республиканского унитарного предприятия «Геосервис» по заданию института «Витебскгражданпроект» проводились инженерно-геологические изыскания под строительство в г. Витебске всепогодного аттракциона «Славянские горки» в месте слияния двух крупных оврагов. Конструкция аттракциона включает в себя отдельно стоящие одноэтажные сооружения: депо, нижнюю и верхнюю станции и тоннель. Целью изысканий являлось изучение рельефа, геологического строения, гидрогеологических условий, неблагоприятных геологических и инженерно-геологических процессов и явлений, физико-механических свойств грунтов участка с последующим расчетом устойчивости склонов оврагов в месте расположения аттракциона. Изыскания выполнялись по 7 профилям вкрест простирания рельефа, в том числе и методом маршрутов (рис. 1). Виды и объемы работ намечались исходя из требований для расчета устойчивости склонов: на бровке склонов глубина исследования соответствовала глубине до русла ручьев – 29 м (ударно-канатное бурение, динамическое зондирование), на откосах – глубиной до 3 м (ручное бурение); отбор проб грунта для лабораторных исследований осуществлялся по стандартным методикам.

Участок изысканий расположен в центральной части Витебска восточнее концертного зала «Летний амфитеатр» на склонах оврагов «Гапеевский» и «Дунай» в месте их слияния. По тальвегам оврагов протекают ручьи, несущие характер постоянных водотоков. Склоны оврагов крутые – 40-50°, поросшие древесно-кустарниковой растительностью. Территории, прилегающие к рассматриваемым эрозионным формам, в настоящее время активно во-

влечены в планировочную структуру города – они застроены административными и жилыми зданиями.

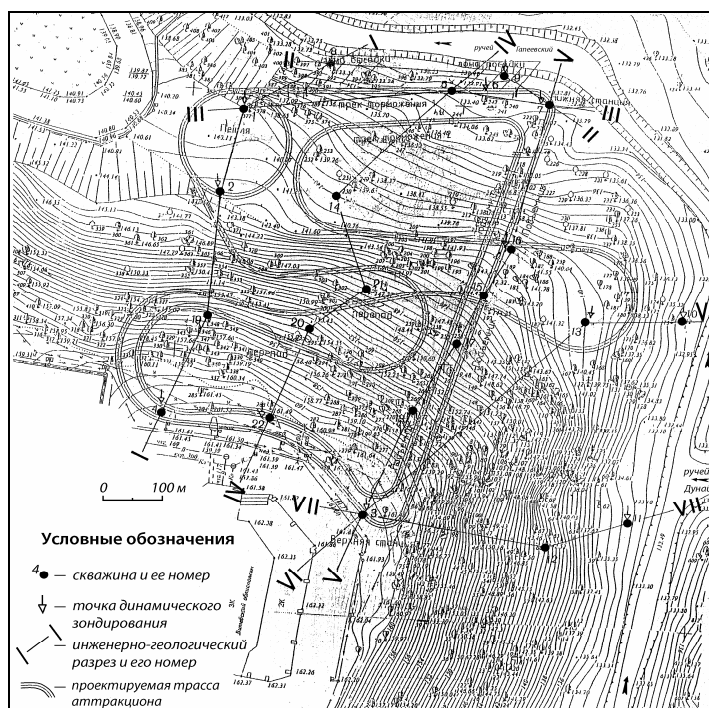


Рис. 1. План расположения скважин и трассы всепогодного аттракциона «Славянские горки»

По данным бурения в геологическом строении участка изысканий принимают участие:

- сожские моренные (gII_{sz}) суглинки серовато-бурого и бурого цвета с включениями гравия и гальки до 15% вскрытой мощностью 3-7 м;
- сожские озерно-ледниковые (lgII_{sz}) суглинки серого и зеленовато-серого цвета мощностью от 1,5 до 7 м и более;
- сожско-поозерские флювиогляциальные (fII-III sz-pz) отложения, представленные желтыми, желтовато-серыми и серыми песками от пылеватых до гравелистых с редкими включениями галечного материала мощностью до 19 м;
- поозерские моренные (gIII_{prz}) красно-бурые супеси с гравием и галькой до 15% мощностью 2-4 м;
- поозерские флювиогляциальные (fIII_{prz}) пылеватые пески серовато-желтого цвета мощностью до 0,8 м;
- современные аллювиальные (aIV) отложения (встречаются фрагментарно в тальвегах оврагов), сложенные преимущественно тонко- и мелкозернистыми песками и супесями мощностью 0,15-0,7 м;

- современные делювиальные (dIV) отложения, представленные маломощной (0,2-0,4 м) толщиной песчано-супесчаных пород;
- современные техногенные (tIV) образования, представленные насыпными песками различного гранулометрического состава и супесчано-суглинистыми породами, часто гумусированными, с многочисленными включениями строительного мусора из битого кирпича, извести, бетона, древесины и др., суммарной мощностью 1,0-2,5 м;
- современные оползневые отложения (деляпсий), представляющие собой сползшие массы мощностью 0,5-1,5 м и более из поозерских моренных суглинков и сожско-поозерских флювиогляциальных песков попеременно с насыпными грунтами.

В соответствии с особенностями геологического строения, результатами динамического зондирования и лабораторных определений свойств грунтов на участке предполагаемого строительства выделено 15 инженерно-геологических элементов (ИГЭ). Следует отметить, что распространение ИГЭ по разрезу и простиранию весьма неравномерно, наблюдаются частые их выклинивания.

Гидрогеологические условия участка характеризуются наличием грунтовых вод в техногенных грунтах (по песчаным разностям) и горизонтов подземных вод, приуроченных к сожско-поозерским флювиогляциальным пескам и песчаным прослойкам и линзам в толще сожской морены. Последние характеризуются напорами высотой до 1,3 м.

Среди комплекса геологических и инженерно-геологических процессов и явлений на участке проектируемого строительства и прилегающих к нему территориях своей масштабностью и интенсивностью обращают на себя внимание оползни, линейная и боковая эрозии. Так, например, на правом склоне оврага «Гапеевский» на период изысканий было отмечено два «свежих» оползня. Судя по строению («свежая» стенка отрыва), оползни возникли около 1-2 лет тому назад и находятся в весьма нестабильном состоянии. Тела оползней изрыты эрозийными промоинами, достигающими в нижней своей части 5-6 м в ширину и 1,5 м в глубину. Основной причиной возникновения данных оползней, как показали исследования, является сброс в овраг поверхностных вод. Весьма активно оползневые процессы протекают и на левом склоне оврага «Дунай». Свидетельством тому является оползень, возникший 23 августа 2006 г. Образовавшийся вблизи 15-ти этажного жилого дома в условиях проливного дождя этот оползень «съедал» до 50 м³ грунта в час. В результате в течение нескольких часов образовалась выемка глубиной 18-20 м и шириной до 50 м, угрожавшая за короткое время вплотную подойти к фундаменту высотного здания. Возникла опасность для всего жилого дома, и потребовалась эвакуация жителей. Своевременно принятые меры (засыпка выемки 2,5 тыс. м³ доломитового щебня и песчано-глинистых грунтов) позволили избежать катастрофы. В настоящее время поверхность этого склона изрезана промоинами шириной около 0,5 м и глубиной до 1,0 м в верхней его части, и шириной до 2-3 м и глубиной до 2,0 м – в нижней, захлавлена бытовым мусором, поваленными деревьями. Кроме того, в нижней

части склона отмечены два небольших по объему оползня, частично перекрывших русло ручья оврага, что вызвало подпор воды вверх по течению. Судя по характеру смещения, оползни произошли в 2010 г.

В относительно благоприятном состоянии находятся левый склон оврага «Гапеевский» (собственно участок проектируемого строительства) и правый склон оврага «Дунай». На этих участках отмечаются, в основном, оползневые террасы возрастом более 20 лет (овраг «Гапеевский», профиль I–I), солифлюкционные оплывины малых объемов (до 1-2 м³) и эрозионные промоины и рытвины небольших размеров, преимущественно в верхней части склонов.

Весьма интенсивно в руслах овражных ручьев протекает боковая эрозия. Действует она круглогодично, но наибольшая ее интенсивность отмечается в периоды половодий и паводков, когда происходит увеличение расходов и скоростей течения. Уровни в водотоках повышаются над меженными на несколько метров (по данным РУП «Белгипроводхоз» до 4 м), в результате чего затапливаются днища, происходит подмыв и поступательное разрушение правых склонов оврагов. На отдельных участках в основании правого склона оврага «Дунай» отмечается суффозия, связанная с выходами подземных вод, заключенных в сожско-поозерских флювиогляциальных песках.

По результатам изысканий впоследствии на участке размещения аттракциона (левый склон оврага «Гапеевский») методом круглоцилиндрических поверхностей был выполнен расчет устойчивости откоса. В расчете принимались следующие условия: геометрия склона соответствует фактической, уровень подземных вод располагается ниже основания откоса.

Расчеты производились по трем сечениям, соответствующим инженерно-геологическим разрезам I–I, IV–IV, V–V (рис. 1), для различных призм скольжения. Были рассмотрены поверхности скольжения, проходящие по коренным породам грунта, а также в непосредственной близости от кромки откоса. Поиск наиболее опасной поверхности скольжения осуществлялся итерационным методом.

На основании проверочных расчетов было установлено следующее.

1. Рассмотренные в расчете поверхности скольжения в сечениях IV–IV, V–V, проходящие по коренным породам грунта, характеризуются коэффициентом устойчивости (η) более 1,2, что больше требуемого коэффициента надежности (γ_n) равному 1,15, принимаемого согласно СНБ 5.01.01-99 «Основания и фундаменты здания и сооружений».

2. Наиболее опасная поверхность скольжения проходит по линии разреза I–I. Коэффициент устойчивости откоса в этом случае составляет 1,135, соответственно ($\eta < \gamma_n$). Необходимо выполнить укрепление откоса.

3. Спланированный откос с учетом действующей нагрузки характеризуются коэффициентом устойчивости также более 1,2, следовательно ($\eta > \gamma_n$).

В порядке рекомендаций при проектировании и строительстве исследуемого объекта необходимо предусмотреть следующие мероприятия.

1. Учитывая фактическое состояние склона оврага и результаты проверочных расчетов, рекомендуется выполнить по линии I–I планировку склона

с заменой насыпного слоя и оползневой террасы на песчано-гравийную смесь с коэффициентом уплотнения не менее 0,95 и укреплением его поверхности георешеткой «ГЕОСОТ-ПИНЕМА». Данный метод позволит устранить оползневый участок и повысить устойчивость откоса при глубоком сдвиге по коренным породам.

2. По линиям IV–IV, V–V выполнить усиление насыпного слоя склона откоса путем устройства противооползневых сооружений в виде буронабивных свай диаметром 300 мм и длиной 2,5 м, объединенных монолитным ростверком.

3. Для перехвата возможного выхода подземных вод и устранения вероятности образования оползней на границе водоупора рекомендуется устроить дренаж.

ВЛИЯНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ПУСТОТ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ГЕОСРЕДЫ г. ГЮМРИ

Р.К. Гаспарян

Институт геофизики и инженерной сейсмологии НАН РА
Армения, 3115, г. Гюмри, ул. В.Саргсяна 5. E-mail: rolangas@gambler.ru, тел. +37491453555

Современная градостроительная практика испытывает большую потребность в прогнозировании техногенных геологических процессов и явлений, в тоже время проблема прогнозирования на сегодня остается наименее разработанным разделом антропогенной инженерной геологии и геоэкологии.

Анализ некоторых закономерностей размещения современных субтерральных процессов, происходящих на территории города Гюмри после Спитакского землетрясения, позволил установить предварительный перечень основных условий и факторов развития этих процессов: 1) наличие подземных выработок (кяризы, тоннели и др.); 2) распространение мелкодисперсных и легко растворимых грунтов; 3) наличие зон ослабления; 4) суффозионные процессы; 5) естественное и искусственное изменение уровней грунтовых вод; 6) сейсмичность и другие геодинамические процессы. В целом геоэкологическая среда г. Гюмри представляет собой многокомпонентную систему, в состав которой в качестве специфического системообразующего элемента входят подземные горные выработки [1, 5] (рис. 1, 2): кяризы (древние гидротехнические сооружения); подземные выработки, образовавшиеся вследствие выемки строительного материала, бомбоубежища; подземные пути и помещения военного и неизвестного назначения; карсто-суффозионные пустоты.

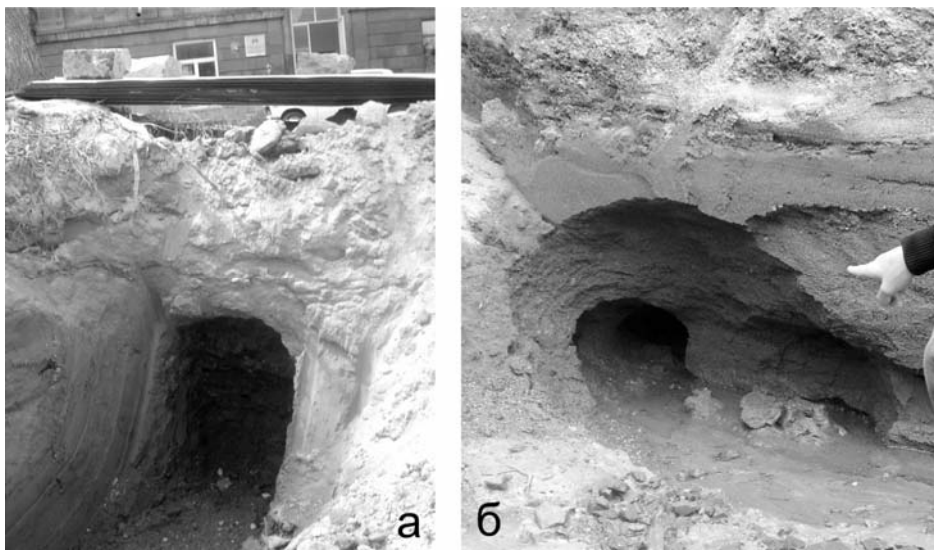


Рис. 1. Характерные техногенные (а) и суффозионные (б) пустоты, выявленные на территории г. Гюмри

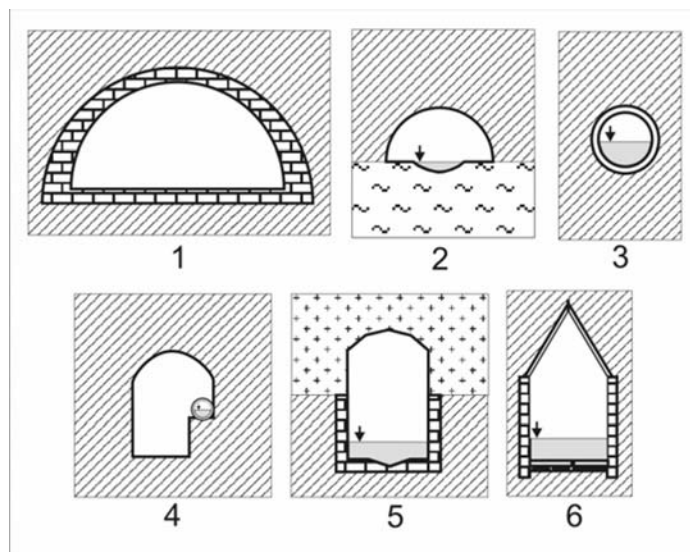


Рис. 2. Основные формы поперечных сечений подземных пустот территории г. Гюмри (Армения):
1 – тоннели; *2* – суффозионная пустота; *3* – древний керамический водопровод;
4, 5, 6 – кяризы.

Результаты геофизических исследований свидетельствуют о том, что территория г. Гюмри характеризуется очень сложной и запутанной сетью вышеуказанных подземных сооружений и неоднородностей [2]. Наряду с горными выработками искусственного происхождения в черте города распространены также пустоты и полости, возникшие вследствие механической и химической суффозии. Активно протекающие в различных частях города деформации рыхлого покровного слоя и разрушения сооружений “провоцируются” подземными горными выработками и пустотами как техногенного, так и естественного происхождения. В последние годы отмечена заметная активизация процессов обрушения грунтов в центральной и юго-восточной частях города.

Важно отметить, что наличие подземных горных выработок является необходимым, но еще не достаточным условием сдвижения горных пород. Нарушение устойчивости пород над выработкой происходит под воздействием определенной совокупности природных и техногенных факторов, имеющих в подавляющем большинстве случайный характер.

Отметим, что провал может и не произойти, если в выработку обрушилось достаточное количество массы пород, образующих опору для нарушенных слоев кровли. Такой механизм процесса сдвижения грунтов надвыработочного пространства характерен для выработок, стенки и кровля которых не облицованы каменными плитами (по аналогу главных кяризов города). Характерной особенностью подземных выработок юго-восточной части города является то, что все они расположены и эволюционируют в дисперсных грунтах (глины, суглинки, супеси) и имеют неглубокое заложение.

Пустоты суффозионного происхождения имеют малые геометрические размеры и проявляются в виде локализованных полостей, узких щелей и т.д., расположены они в слоях супесчаных грунтов на глубине первых метров. Генезис суффозионных пустот однозначно связан с инфильтрацией поверхностного стока и интенсивными утечками вод из водопроводных коммуникаций (рис. 1б). В отличие от главных кяризов Гюмри, имеющих меридиональное направление, горные выработки участка “Авзаноц” не имеют четко выраженной пространственной ориентации. Накопившиеся на сегодняшний день данные дают основание предполагать, что эти выработки являются следствием извлечения карбонатизированных глин для использования их в качестве строительного материала. Возможно, что эти подземные сооружения были использованы как временные укрытия во времена военных действий с Турцией. Об этом свидетельствуют найденные в выработках различные бытовые предметы и оружия.

Весьма существенным фактором, влияющим на геодинамическое состояние подземных горных выработок, явилось Спитакское землетрясение, после которого в черте города существенно повысились уровни грунтовых вод и образовались десятки провальных воронок (рис. 3).



Рис. 3. Выход грунтовых вод в котловане строящегося здания (а) и провал грунта над кyarизом (б)

Безусловно, существенную роль играют также процессы подземного выветривания горных пород выработочного пространства, микротектоника и др. В связи с этим разработка методов борьбы с процессами сдвижения горных пород в условиях урбанизированных территории, в частности г. Гюмри, базирующихся на познании закономерностей их возникновения, а также разработка методики раннего выявления очагов зарождения представляет собой вполне актуальную научно-прикладную задачу. Отметим, что эту задачу необходимо решать в дополнении к установленным в РА нормативным документам по строительству и защите окружающей среды. Накопленный в ИГИС НАН РА опыт геофизических исследований в районах распространения карстовых пещер и пустот [4] показывает, что некоторые методические разработки можно с успехом использовать при выявлении и прослеживании подземных пустот на территории г. Гюмри. Совместные комплексные геофизические работы, осуществленные с польскими геофизиками [2] свидетельствуют об эффективности сейсморазведочного и радиоэманационного методов при выявлении малоглубинных пустот в центральной части города. При отсутствии помех электромагнитного происхождения хорошие результаты получены электроразведочными методами постоянного и переменного тока (ВЭЗ, ЭП, СДВ-радиокип).

В течении 2006 г. в республике были проведены экспериментальные полевые исследования методом спектрального сейсморазведочного профилирования (ССП) [3], принципиально нового метода сейсморазведки, основанного на изучении структурных и спектральных характеристик поля упругих колебаний. В результате испытания этого метода в условиях г. Гюмри и пригорода (микрорайон “Муш”, уч. “Авзаноц”, уч. Ваграмабердской церкви и др.) показали принципиальную возможность использования метода СПП при инженерно-геофизических и геоэкологических исследованиях (рис. 4).

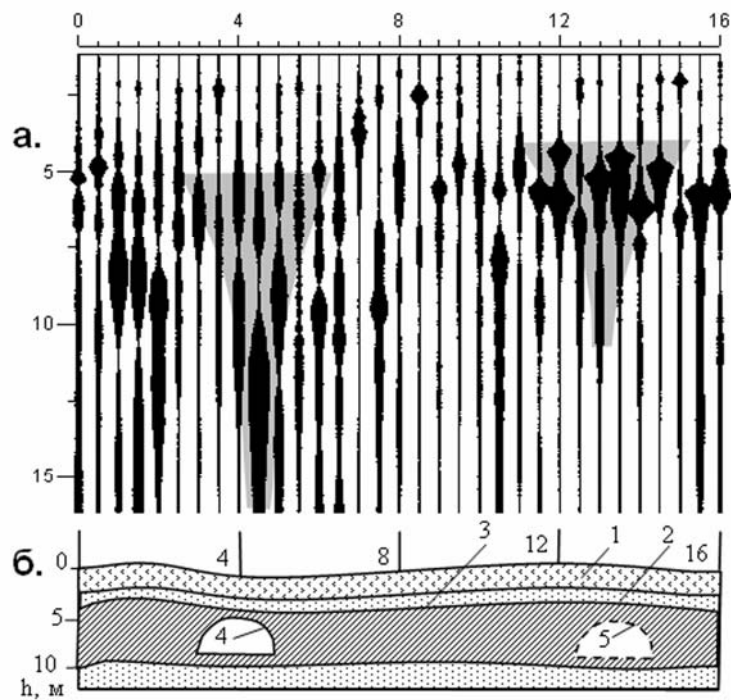


Рис. 4. Результаты метода ССП на участке распространения кяризов:
а – вертикальный разрез по данным метода ССП;
б – инженерно-геологический разрез: 1-техногенные грунты; 2 – супеси;
 3 – карбонатизированные глины; 4 – вертикальное сечение известного
 разрушенного кяриза; 5 – то же – неизвестного

Очевидно, что специфические инженерно-гидрогеологические и сейсмотектонические условия территории г. Гюмри, а также наличие в черте города очень сложной и запутанной сети подземных сооружений, требует разработки специальных многоцелевых комплексов и технологии экогеофизических исследований (в формате GPS и GIS технологий), способствующих наиболее эффективному решению проблемы выявления подземных пустот и оценки влияния факторов, стимулирующих возникновение и активизацию процессов сдвижения горных пород. Сказанное является определяющим этапом планомерного исследования подземного пространства г. Гюмри с целью выявления и картирования различных субтерральных процессов и явлений, которое позволит осуществить научно-обоснованные мероприятия по инженерной защите территории города от опасных природных и техногенных процессов.

Литература

1. *Гаспарян Р.К., Гаспарян В.Р.* О некоторых геоэкологических проблемах г. Гюмри и его окрестностей. Сборник научных трудов. – Изд. “Гитутюн” НАН РА, 1999. – С. 107-120.
2. *Гаспарян Р.К., Гаевски А.* Геоэкологические аспекты влияния подземных выработок на устойчивость геосреды. Фундаментальные проблемы формирования техногенной геосреды. – Новосибирск: ИГД СО РАН., 2010. – С. 221-223.
3. *Гликман А.Г.* О применения метода ССП для прогнозирования геодинамических явлений. <http://newgeophysics.spb.ru/ru/docl.shtml>
4. *Gasparyan R.K.* Geophysical explorations in search and mapping of karst caves of Armenia. ISRM Regional Symposium EUROCK 2009. Rock engineering in Difficult Ground Condition. Dubrovnik, Cavtat, Croatia. 2009. 115-118 p.
5. *Gasparyan R.K.* Peculiarities Of Ecogeophysical Research Of Urban Areas Of Northern Armenia. International Conference EngeoPro-2011 "Environmental Geosciences and Engineering Survey for Territory Protection and Population Safety". Moscow, 2011.

ВЫБОР ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПЛОЩАДОК ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ТЕХНОПАРКОВ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЮ ТБО В МОСКОВСКОМ РЕГИОНЕ

Л.П. Грибанова, А.О. Сондык, А.Ю. Каковкина

НПО «НОЭКС», г. Москва, Загородное шоссе, д. 10 корп. 8, тел./факс (495) 954 15 63,
E-mail: noeks@yandex.ru

В 1970-е гг. в Московском регионе остро встал вопрос управления отходами. Была разработана первая схема очистки региона, которая носила декларативный характер. На фоне увеличивающихся объемов образования твердых бытовых отходов (ТБО) в регионе усиливается проблема обезвреживания отходов, поэтому в 1985 г. разрабатывается новая «Схема санитарной очистки Москвы, городов, поселков городского типа и деревень Московского региона до 2000 г.». Эта программа предусматривала строительство мусороперерабатывающих и мусоросжигательных заводов, закрытие стихийных свалок, реконструкцию старых и строительство новых полигонов ТБО. Данная программа частично была реализована.

С приходом рыночной экономики проблема обезвреживания ТБО в Московском регионе обострилась предельно.

В 2006 г. была разработана «Схема размещения производственных объектов, формирующих индустрию сбора, переработки, обезвреживания и использования отходов производства и потребления на территории Московской области», но в связи с экономическими переменами в стране документ оказался нежизнеспособным, хотя и не утратил своей актуальности.

В настоящее время интегральный поток твердых бытовых отходов, поступающих на территорию области от областных и московских источников, составляет $\approx 9,0$ млн. тонн/год. Существующие московские и областные полигоны ТБО близки к наполнению и суммарный остаточный потенциал захоронения ТБО рассчитан всего на 2-3 года.

В связи с этим возникает необходимость – обеспечения Московского региона инфраструктурой по работе с отходами – создание технопарков по переработке и обезвреживанию ТБО в рамках финансовых, экологических и социальных ограничений.

Технопарк по переработке и обезвреживанию ТБО – это крупный промышленный комплекс, где производится полный цикл мероприятий по переработке и обезвреживанию отходов:

- сортировка отходов,
- переработка отходов и извлечение ценных материалов,
- захоронение не утилизируемой части отходов на полигоне.

Эксплуатация подобных технопарков позволит увеличить объем переработки отходов, сократить количество отходов, складываемых на полигонах, уменьшить изъятие земель в области под многочисленные новые полигоны, в целом оздоровить экологическую обстановку в Московском регионе.

Работы по организации технопарков осуществляются в нескольких этапах:

I этап. Выбор площадей благоприятных для строительства;

II этап. Проектирование сооружений по сортировке → переработке отходов и извлечению вторичного сырья → захоронению не утилизируемой части на полигоне;

III этап. Строительство запроектированных сооружений.

Выбор площадок благоприятных для строительства технопарков выполняется с учетом социально-экологических и геолого-гидрогеологических ограничений, с учетом оценки интегральных потоков ТБО, перемещаемых по территории Московской области.

На выбранных площадках осуществляются инженерно-экологические исследования для разработки предпроектной документации строительства объекта.

В данном случае оценка экологической ситуации на площадке строительства включает анализ дополнительных техногенных нагрузок на территорию, определение границ возможного негативного воздействия проектируемого объекта на природную среду, определение основных направлений путей миграции и аккумуляции загрязнений.

Подобные работы были проведены на территории Наро-Фоминского муниципального района Московской области.

Прежде всего, при выборе площадок для строительства технопарка по переработке и обезвреживанию ТБО были выполнены планировочные ограничения. На схеме района масштаба 1:50000 выделены:

- санитарно-защитные зоны жилья (сельские населенные пункты, коттеджи, города, поселки, промышленная застройка, садовые товарищества);
- территории градостроительного развития;
- особо охраняемые природные территории;
- водоохранные зоны водотоков, водозаборов, подземных источников, озер, водохранилищ;
- месторождения полезных ископаемых.

Для территорий вне зон планировочных ограничений был произведен анализ следующих компонентов (по имеющимся фондовым материалам):

- характеристика водоносных горизонтов (уровни, напоры);
- защищенность подземных вод (наличие юрского водоупора, донской и московской морен);
- состав и мощность зоны аэрации;
- наличие физико-геологических процессов.

В результате проведенных исследований была выбрана всего лишь одна площадка под строительство технопарка по переработке и обезвреживанию ТБО, для которой будет оформлена декларация о намерениях (по поводу использования выбранной площадки), что даст возможность согласования строительства технопарка со всеми контролирующими и разрешающими инстанциями. Для выбранной площадки выполнен объем работ по обеспечению ОВОС.

В настоящее время для строительства технопарка на данной площадке составлен проект инвестиций и сформулированы задачи, которые будут решаться на стадии разработки проектной документации.

МЕТОДЫ ВЫБОРА ВАРИАНТОВ ЗАЩИТЫ ПРИБРЕЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

Е.В. Дзагания

ООО «Инжзащита», ул. Пластунская, 202, Сочи 354055, тел. (факс) 8(8622)687474,
krylenka@gmail.com

Исследования природных условий для строительства сооружений инженерной защиты берегов обычно начинают с изучения геологических, геоморфологических и литодинамических условий, режимов уровня, волнения, течений в районе рассматриваемого участка берега. На их основе оценивают относительное динамическое равновесие подводного склона по отношению к волновым воздействиям и течению воды, потенциальный и реальный расход вдольбереговых наносов, а также ожидаемые переформирования береговой линии на заданный срок эксплуатации. Охранные мероприятия должны обеспечивать экологическую совместимость осуществляемых инженерных реше-

ний с живой природой. Оптимальное решение может быть получено только в результате совместных усилий биологов и инженеров. Однако, это только часть вопроса, а другая часть связана с берегами. Их защита их от разрушительной деятельности волн – важнейшая задача охраны природы. Учет стоимости земли при сравнении вариантов землепользования может существенно повлиять на перспективные планы размещения различных рекреационных объектов и использования природных ресурсов. Кроме того, инженерные решения, связанные с берегозащитой, должны учитывать рекомендации по всем предыдущим исследованиям и выбрать из числа сравниваемых вариантов оптимальный, который в свою очередь должен быть основан на передовой технологии производства строительных работ, применения местных строительных материалов и безотходного их оборота в процессе эксплуатации. Обобщающими результативными документами такого научного поиска должны быть региональные генеральные схемы берегозащиты на заданный срок, а для непосредственного практического воплощения – межотраслевые научно-технические программы. Таким образом, оптимизация использования береговой зоны моря представляет процесс, имеющий целью довести развитие объекта до наилучшего состояния, при котором обеспечивается наивыгоднейшее значение критерия эффективности.

Комплексный метод оценки позволяет определить структуру и перспективу застройки береговых зон. После выявления причин эрозии берегов можно разрабатывать численную модель, которая будет представлять важные контролируемые процессы. Дж. Ван дер Вейде с соавторами [1] ограничились только гидродинамическими процессами (рис. 1-1).

Первый блок представляет гидродинамические процессы – волны, приливы, ветровой нагон, течения, которые определяют прибрежное поле потоков. В тех местах, где соответствующие скорости потоков больше критической скорости, происходит перенос наносов, как это показано во 2-м блоке. Если поле течений неоднородно, будут градиенты в переносе отложений. Это ведет к эрозии или приращению, что вызывает морфодинамические изменения, как указано в 3-м блоке.

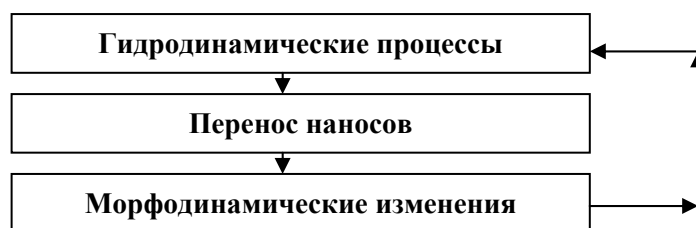


Рис. 1. Блок-схема модели береговых процессов

Морфодинамические изменения через какой-то интервал времени могут стать значительными. В этом случае на характеристики прибрежного волнения и условия потоков будет оказано воздействие, вызывающее пере-

стройку исходных факторов и переноса отложений. Тогда должна быть добавлена петля обратной связи, как показано на рис. 1 стрелкой обратной связи.

Природа слишком сложна, чтобы ее можно было точно отразить в любой модели. Поэтому были предприняты многочисленные попытки схематизировать ситуацию, сосредоточиваясь только на основных принципах. Для выбора адекватной модели можно применить пошаговый подход. Первый шаг – пространственная схематизация, выполняемая путем подбора 1-, 2- или 3-мерного описания задачи. Процессы поперечного движения наносов обычно моделируют в 2-х измерениях, при этом главные оси – вертикальная и поперечная по отношению к берегу. В этом случае принимают, что во вдольбереговом направлении процесс является однородным.

Двухмерную модель часто используют для вдольберегового процесса, применяя два горизонтальных измерения – вдоль берега и перпендикулярно ему. В этом случае принимают, что вертикальный перенос воды и отложений мал и что вертикальное распределение скоростей течений и концентрации отложений наносов являются равномерными, так что можно использовать среднее значение, чтобы количественно определить перенос отложений и скорость переноса. В зонах, где дело обстоит не так, требуется трехмерная модель.

Второй шаг состоит в том, чтобы схематизировать размерность времени. Морфодинамические изменения зависят от времени и могут проявлять циклический или неустановившийся характер. При рассмотрении долгосрочной эрозии циклические процессы можно обойти, применяя долгосрочные статистические входные данные.

Переходные процессы моделируют двумя способами, в зависимости от периода времени проектирования и масштабов времени данного процесса. Если изменения относительно медленны по сравнению с периодом времени проекта, то применяют так называемые начальные модели – фактические гидродинамические условия и существующую топографию морского дна используют как входные, и модель вычисляет начальную скорость изменений в топографии морского дна. Если изменения являются быстрыми, а новое равновесие достигнуто в пределах периода времени проекта, то применяют так называемые равновесные модели и используют новые гидродинамические условия, которые накладывают на модель как ступенчатую функцию. В этом случае модель вычисляет в разных циклах равновесную топографию морского дна для новых условий, пренебрегая петлей обратной связи рис. 1. В промежуточных случаях учитывают обратную связь методом итерационного вычисления новой топографии, используя морфодинамические изменения, вычисленные после каждого шага, как ввод для следующего шага вплоть до достижения периода времени проекта.

Третий шаг в процессе отбора – принятие решения о выборе модели управляющих процессов. Как только эти процессы хорошо поняты, можно придерживаться теоретического подхода, часто ведущего к математическим уравнениям. Если процессы слишком сложны, то больше подходит эмпири-

ческий метод (на основе натуральных наблюдений или экспериментов на моделях). Во многих случаях применяют комбинированный подход. Эмпирические модели приемлемы для конкретных районов и для четко определенных проблем. В Европе, Японии, США идут долгосрочные исследовательские программы по разработке теоретического подхода, который привел бы к блоку более универсально приемлемых моделей, но уровень “отработанного метода” еще не достигнут.

Для защиты ценностей надо после проведения оценки ситуации сделать заключительный шаг для решения проблемы – отбор адекватной стратегии управления эрозией и мер по борьбе с ней. В зависимости от того, какие ценности подвергаются опасности, могут быть применены следующие стратегии [1]:

1) защита района, поскольку экономические, культурные или экологические ценности оправдывают меры защиты;

2) отступление – опасную зону оставляют, ценности перемещают, когда стоимость перемещения ценностей мала, а защитные меры экономически невыгодны или невыполнимы;

3) отсроченное отступление – опасная зона будет оставлена через значительный период времени, но принимают временные меры, чтобы выиграть время, ожидая разработки соответствующего сценария отступления.

В случае если избрана стратегия защиты, требуются технические мероприятия для ее осуществления.

Суть методов, которые позволяют выбрать адекватную стратегию и разработать техническую концепцию и критерии отбора при проектировании и строительстве сооружений для укрепления берега, состоят в следующем. Выбор стратегии управления эрозией производят на основе сравнения окончательной стоимости защитных мероприятий и стоимости мероприятий по смягчению нежелательных последствий.

Социальные последствия стратегии отступления могут быть серьезными, поэтому для ухода от ответственности руководители предпочитают вариант стратегии отсроченного отступления, используя низкочастотные временные меры защиты с целью замедления процесса эрозии, чтобы позволить людям лучше подготовиться к будущему уходу из опасной зоны. Чтобы избежать эвакуации из зоны разрушения в будущем, обычно устраивают санитарную зону, где не разрешают строить никаких постоянных сооружений. Ширина таких санитарных зон должна рассчитываться по среднегодовой величине эрозии и должна быть, по крайней мере, в 50-100 раз больше среднегодовой эрозии, обеспечивая безопасность на 50-100 лет вперед.

Кажущаяся простота действий – отсыпка или намыв гальки или песка на пляж столько, сколько требуется для насыщения вдольберегового потока наносов, обращается в трудную многоплановую задачу. Сложность связана с природными условиями, их прогнозом на заданный срок, отвечающий классу капитальности защищаемого объекта, технологическим обеспечением, требованиями контроля, нормами финансирования, наличием карьеров и т. д. До настоящего времени ни один из перечисленных вопросов не доведен до прак-

тической ясности и согласованности. В результате нарастает разрыв между современными технологическими возможностями и существующим низким уровнем теоретических и практических разработок по данному направлению берегозащиты. Вместе с тем этот способ обещает получение наиболее выгодных результатов как в области технологии работ, социальной значимости, экономики, так и природоохранных мероприятий.

Предпочтение следует отдавать тому способу инженерной защиты, при котором обеспечивается наилучшее сохранение природных и социальных ресурсов. Таким образом, защита берегов от разрушения моря в зонах хозяйственного освоения и рекреации представляет важнейшее природоохранное мероприятие, которое должно предусматривать увеличение естественных свободных пляжей за счет сохранения и повышения мощности вдольберегового потока наносов и охраны источников его пополнения. В условиях дефицита вдольберегового потока наносов защита берегов должна осуществляться с помощью гидротехнических сооружений.

Применение прогрессивных технологий предполагает их оптимизацию, то есть выбор на основе специальной оценки всех возможных вариантов (альтернатив) оптимальных из множества возможных.

Оптимизация береговой зоны допускает два основных направления воздействия на природную среду: с помощью традиционных берегозащитных сооружений и новых прогрессивных способов и средств. Возведение сооружений инженерной защиты не всегда является оптимальным из-за высокой стоимости и недостаточной надежности, поэтому с их помощью можно решать частные задачи регулирования в пределах особо ценных участков городской застройки, развития промышленных и коммунальных систем или заповедных территорий. Определяющим для оптимизации природной среды является создание таких сооружений и технологий, которые обеспечивали бы целостность берегового процесса в рамках отдельных динамических областей и береговых участков.

Практика показывает, что успешно используются те сооружения, которые наиболее естественно вписываются в природный берег и соответствуют параметрам волнового потока, поэтому технологическая схема стабилизации береговой линии должна в минимальной степени нарушать естественный ход береговых процессов. В техногенном ландшафте управление береговым процессом можно свести к защите берега временным сооружением, конструктивная схема которого будет определяться сроком его эксплуатации; к использованию методов консервации искусственного режима у сооружения, ограничивая деформации подводного берегового склона путем применения комбинированных решений; поддержанию процессов динамического равновесия организацией непрерывных технологических процессов подпитки пляжей.

Однако эти меры не дают оптимального решения. В первом случае для сохранения устойчивости пляжа требуется увеличивать размеры берегоукрепительных сооружений, что неизбежно приведет к развитию контурного и краевого размыва и удорожанию строительства в целом. Во втором – игнори-

руются процессы формирования вдольберегового потока и его насыщения наносами в границах сооружения, последствием чего может быть сокращение сроков эксплуатации пляжа как инженерного объекта.

Для придания берегам стабильности необходимо регулировать береговой процесс в направлении максимального приближения к естественным процессам динамического равновесия. Как уже отмечалось, есть два принципиально разных подхода к решению этой проблемы:

1) повсеместное использование искусственных песчаных пляжей или комплекса сооружений комбинированного типа;

2) поддержание естественных процессов расчленения побережья и образование устойчивой береговой линии путем преобразования их формы сооружениями.

Метод выбора оптимального варианта защиты берегов от разрушения с помощью функции желательности Харрингтона был дан в работе [2].

Литература

1. *Ван дер Вейде Дж., де Врег Х., Саньянг Ф.* Основные принципы управления береговой эрозией. Сборник трудов Международной конференции «Комплекс. управл. прибреж. зонами и его интеграция с морскими науками» в С.-Петербурге, Россия, 26-29 сентября. 2000 г. – СПб., 2003. – С. 35-49.

2. *Дзаганя Е.В., Крыленко В.В., Крыленко И.В.* Определение обобщенных критериев оптимизации мероприятий защиты берегов от разрушения Труды Международной конференции «Создание и использование искусственных земельных участков на берегах и акватории водоемов». – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – 323 с.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПОДТОПЛЕНИЯ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ (НА ПРИМЕРЕ ДОЛИНЫ ГЛЕБУЧЕВОГО ОВРАГА г. САРАТОВА)

А.В. Иванов, А.С. Шешнев, И.А. Яшков, А.Г. Кузин

Саратовский государственный технический университет имени Ю. А. Гагарина, лаборатория инженерной геоэкологии, Саратов, ул. Политехническая, 77,
тел./факс (8452)-998-545, yashkovia@mail.ru

Территория долины Глебучева оврага приурочена к центральной части г. Саратова и является зоной проявления ряда опасных процессов, прежде всего, инженерно-геоэкологического характера. Известно наличие разрывного нарушения в земной коре (с амплитудой вертикального смещения более 100 метров), подчеркнутого вверх по разрезу флексурой, зоной разуплотнения и собственно оврагом как формой рельефа. Левый борт оврага осложнен зоной оползневой опасности. Кроме того – это территория подтопления и

развития суффозионных, эрозионных и других опасных геолого-географических природно-антропогенных процессов. Для рассматриваемой территории потенциальной застройки авторами выполняется широкий комплекс исследований с соответствующими экономическими оценками и предложениями проектировщикам.

Планирование строительства потребовало внимательно обратиться к геоэкологическим проблемам территории. Эти опасности имеют комплексную причинность и обусловлены как природными, так и антропогенными факторами. Глебучев овраг в его современном состоянии – пример экологически неграмотной деятельности жителей и местных властей на территории города. Исследования геоэкологической истории овражно-балочной сети Саратова за последние двести лет [1, 2] показали его серьезную деградацию как формы рельефа и природного дренажного элемента на территории города. На протяжении десятков лет овраг подвергается систематической засыпке техногенными грунтами от обычного бытового мусора до продуктов разрушения промышленных объектов. В результате в долине оврага наблюдаются многометровые толщи разнообразных насыпных грунтов, обогащенных разнообразными загрязнителями (в том числе веществами первого класса опасности – солями свинца). Антропогенные отложения затрудняют естественную дренирующую функцию оврага, способствуют усилению процессов подтопления и заболачивания. Канализационные стоки прилежащих поселков десятилетиями сливаются в овраг или поступают через врезки в ливневой коллектор.

В данной геоэкологической ситуации возможны три сценария ее дальнейшего развития. Первый – продолжение негативного воздействия человека на овражную систему, в результате чего фактически уже сформирована зона экологического бедствия в центральной части города и ситуация будет стремительно усугубляться. Второй – прекращение воздействия и фиксация ситуации. Но, при этом необходимо учесть, что антропогенное воздействие привело систему к стадии саморазвития – негативные процессы, спровоцированные и усиленные человеком, способны теперь развиваться самостоятельно и бесконтрольно. Так, например, аномалии тяжелых металлов распространяются во всех направлениях, вытягиваясь преимущественно в сторону берега р. Волги под действием воздушных потоков, поверхностных и грунтовых вод. Процесс подтопления также будет только прогрессировать. Третий сценарий – решение обозначенных экологических проблем и благоустройство территории оврага.

В геологическом строении верхней части разреза территории долины Глебучева оврага принимают участие современные антропогенные, балочные отложения, аллювиальные верхнечетвертичные отложения и отложения аптского яруса нижнего мела. Описание стратиграфии отложений приводится ниже.

Нижнемеловые отложения (K_1) распространены на данной территории повсеместно. Залегают на левом борту оврага в его средней и верхней части

на глубине от 3-5 м до 10 м, в днище оврага на глубине 13-25 м. В составе их присутствуют отложения барремского, аптского и альбского ярусов.

Нерасчлененные апт-барремские отложения (K_{1a-bg}) представлены глинами твердой консистенции, слоистыми, с тонкими прослоями и присыпками песчаного и алевроитистого материала. Мощность глин более 40 м.

Аптский ярус представлен легкими песчанистыми глинами с достаточно многочисленными алевро-песчаными прослоями. Отложения аптского яруса (K_{1a}) в верхней части разреза представлены переслаивающейся песчано-алеврито-глинистой толщей. Пески и алевроиты составляют суммарно менее 50 % объема толщи. Часто в глинах присутствуют прослои и линзы (“караваи”) песчаников, мощность которых обычно находится в пределах 0,1-0,5 м, редко до 0,7-1 м.

Следует отметить, что в своей верхней части нижнемеловые отложения в известной мере выветрены (элювиированы), имеют повышенную трещиноватость, несколько разуплотнены, содержат включения гипса и т.п. Мощность – 2-5 м.

Незатронутые выветриванием альбские глины твердой консистенции вскрыты в днище оврага вблизи его правого борта. Вскрытая мощность глин более 10 м.

Деляпсивные нижнее-четвертичные отложения (dpQ_i) представляют собой отложения древнего погребенного оползня. Возрастная датировка отложений достаточно условна. Представлены они смещенными, разбитыми на блоки и частично перемятыми нижнемеловыми глинами. Мощность – 20 м.

Морские хвалынские отложения (Q_{III}) на правом склоне оврага представлены суглинками, пылеватыми песками, глинами. Нижняя часть разреза представлена суглинком мягкопластичной консистенции с прослоями песка и примесью гравия мощностью около 9,0 м или суглинком тугопластичной консистенции с прослоями гравия мощностью 11,15 м. Суглинки перекрываются пылеватым водонасыщенным песком мощностью (5,3 м) или пылеватым маловлажным песком с примесью гравия и включениями галечника мощностью 7,0 м. Верхняя толща отложений хвалынского возраста – суглинок (снизу вверх: мягкопластичной консистенции – 3 м, тугопластичной – 5,45 м, полутвердой – 2,55 м) мощностью 11,0 м и глины тугопластичной консистенции с примесью гравия (4,5 м), песок (3 м). Отложения перекрыты техногенными грунтами. Максимальные мощности отложений хвалынского возраста на правом склоне оврага достигают 23-27 м.

Делювиальные верхнечетвертичные–современные отложения (dQ_{III-IV}) распространены преимущественно на левом борту оврага. Залегают непосредственно под насыпными грунтами. Представлены преимущественно суглинками с тонкими прослойками песка. Суглинки имеют мощность 1,5-13 м, преимущественно тугопластичную консистенцию. Ниже залегают глины мощностью 4,2-5,6 м.

Аллювиальные верхнечетвертичные-современные отложения (aQ_{III-IV}) распространены по имеющимся данным только в днище оврага, но даже здесь они частично размыты. Представлены преимущественно суглинками с

прослоями и линзами песков. Мощность суглинков до 3 м. В грунтах часто присутствуют включения щебня, дресвы и полуокатанной мелкой гальки и гравия осадочных пород.

Аллювиально-делювиальные отложения голоценового возраста (adQ_{IV}) слагают русло водотока Глебучева оврага. Отложения представлены песками тонко-мелкозернистыми, серо-бурыми, желто-бурыми, грязно-бурыми, глинистыми, или суглинками песчаными, серовато-бурыми, желто-бурыми, пластинчатыми, гумусированными. Средняя мощность отложений составляет 4-5 м.

Современный речной аллювий (aQ_{IV}) залегает в днище оврага под намывными песками и насыпными грунтами. Представлен преимущественно суглинками с содержанием органических веществ, иногда заторфованными. В суглинках также присутствуют включения дресвы и полуокатанной мелкой гальки и гравия осадочных пород (опок, песчаников). Мощность речного аллювия до 10-15 м, реже более.

На территории исследований отмечается несколько водоносных горизонтов.

Водоносный хвалынский аллювиальный горизонт ($aQ_{III}hv$) распространен на площади развития хвалынской террасы, вытянутой вглубь территории вдоль Глебучева оврага от Волгоградского водохранилища. Горизонт является безнапорным на всем участке, поток направлен к тальвегу оврага. Абсолютные отметки глубин залегания уровней изменяются от 16 до 43,45 м. Водоносный горизонт подстилается нижнемеловыми (альбскими и аптскими) глинами полутвердой консистенции.

На левом борту оврага водоупорами являются выходящие на поверхность элювирированные тугопластичной консистенции аптские глины с прослоями песка и водоупорный ниже-среднеаптский терригенный горизонт полутвердой консистенции с прослоями песка. Ближе к тальвегу склон с поверхности сложен мягкопластичным и водонасыщенным суглинком делювиального генезиса мощностью 1-3 м.

Естественные выходы грунтовых вод характерны для бортов Глебучева оврага. Однако его дренирующее значение для юго-западного склона Соколовгородского поднятия и центральной части города было весьма велико за счет глубокого вреза в коренные нижнемеловые породы. С засыпкой оврага стало прогрессировать подтопление. По ряду скважин на правом борту оврага подъем уровня грунтовых вод с начала 1980-х годов составил величину от 0,25 до 1,15 м/год.

Фильтрационные свойства насыпных отложений относительно низкие, поскольку за время их существования (30-50 лет) грунты в значительной степени уплотнились как в процессе естественных диагенетических преобразований, так и под действием вышележащей толщи антропогенных отложений и автотехники. Таким образом, данную толщу можно рассматривать как техногенный водоупор. К нижней части перекрывающего слоя приурочены зоны разгрузки локальных водоносных горизонтов, имеющих закономерное «падение», параллельное коренному склону.

В местах новейших насыпных отложений поверхность резко сокращается поверхностный сток, и воды практически в полном объеме просачиваются внутрь грунтового массива, что способствует подтоплению и заболачиванию отдельных участков. Значительно влияние данной техногенной толщи на эколого-геологическое состояние подземных вод: инфильтруясь, атмосферные и поверхностные воды обогащаются техногенными примесями, мигрируя от источников загрязнения (изучаемой толщи) в сторону погребенного коллектора и, в дальнейшем, Волги.

Намывные песчаные отложения, созданные с помощью гидромеханизмов после сооружения ливневого коллектора в целях выравнивания рельефа, уже в процессе формирования накладывались на созданные ранее антропогенные насыпные отложения. Намывные отложения представлены песками мелкими и средними с редкими включениями строительного мусора, которые перекрывают ранее созданные насыпные грунты. Линзовидное тело корытообразной формы занимает притальвежную часть долины и в настоящее время погребено на глубины от 7 (на присклоновых участках) до 14 м (в центральной части). Гидрогеологическое значение этих отложений весьма велико: они имеют хорошую водопроницаемость и обеспечивают отвод преимущественно естественных грунтовых вод, как со склонов, так и в сторону Волги. Приток поверхностных и атмосферных грунтовых вод не велик, поскольку сверху и частично снизу намывные грунты перекрыты значительной по мощности толщей насыпных грунтов, имеющих слабую фильтрационную способность.

Общая мощность антропогенных отложений и степень преобразованности естественного гидрогеологического режима имеют прямую зависимость и значительно меняются в пределах территории исследований. Наибольшие мощности антропогенных отложений располагаются в прирусловых участках бывшего водотока оврага, а также на присклоновых выположенных участках вдоль левого борта оврага.

На территории исследований современная гидросеть представлена несколькими постоянными водотоками техногенного характера. Заболоченные участки располагаются вдоль левого борта оврага. Два заболоченных массива разделяет плотина. Глубина болот достигает 1-1,5 м, ширина на отдельных участках – до 10 метров.

Вся центральная часть изучаемой территории имеет уровень грунтовых вод (УГВ) менее 1 м. Вдоль левого склона УГВ меняется от 0 м (заболоченные участки) до 2-3 м. На отдельных участках, соответствующих максимуму мощности насыпных отложений, УГВ опускается до 10 м. Грунтовые воды в данном случае «обтекают» положительные антропогенные формы рельефа и равномерно распределяются на выровненных выположенных участках.

Проведенные исследования выявили множество специфических моментов в оценке территории потенциальной застройки в геоэкологически проблемной зоне. Так, в частности, анализ ситуации показал недостаточность стандартных геологических исследований даже в случае их качественного проведения. Планируется бурение дополнительных скважин, которые должны пересечь плоскость разрывного нарушения (что даст дополнительную ин-

формацию для уточнения геометрических параметров плоскости, величины амплитуды смещения, оценки «живучести» разрывного нарушения и т.д.), отобрать и изучить керн по интервалу зоны дробления, более детально стратифицировать аллювиальные и подстилающие толщи в обоих блоках, разоб-щенных разломом.

Помимо собственно строительных работ предлагается очистить овраг до естественной поверхности, прочистить русло когда-то протекавшей в этой долине речки, восстановить согласно инженерным требованиям бетонный коллектор, отвести канализационные стоки от прилежащего частного сектора, организовать вдоль тальвега и коллектора парковую зону и т.д.

Литература

1. *Иванов А.В., Шешнев А.С., Яшков И.А.* Анализ пространственно-временных изменений городской естественной и искусственной дренажных сетей по серии карт (на примере Саратова) // Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Матер. междунар. конф. – Саратов; Урумчи, 2008. – Т. 1. – С. 204-208.

2. *Виноградова Т.Н., Иванов А.В., Яшков И.А.* Эволюционный анализ овражно-балочной сети в условиях городской системы (на примере долины р. Гуселки, г. Саратов) // Экология: синтез естественно-научного, технического и гуманитарного знания: материалы Всеросс. науч.-практ. конф. – Саратов, 19-22 октября 2010 г. / редкол. Иванов и др. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2011. – С. 13-24.

ОЦЕНКА ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПОЛИГОНА ТБО г. ЛИПЕЦКА НА СТАДИИ ЕГО РЕКОНСТРУКЦИИ

И.И. Косинова, Т.Е. Пахомова

Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Университетская площадь 1, тел. (4732)208-289, сот. 89518632736, факс (4732)208-289, e-mail: tanya_smile_13@mail.ru

Инженерно-экологические изыскания производятся на различных этапах существования объектов, включают как предпроектную, проектную, так и стадии рекультивации. Важным элементом экологических оценок территорий особо опасных объектов являются также инженерно-экологические изыскания на стадии их реконструкции [1, 3].

Данная проблема исследовалась на примере полигона твёрдых бытовых отходов «Центролит», который находится в пределах правобережной части города Липецка. Он располагается на месте неработающих в настоящее время отстойников хозфекальных стоков завода «Центролит». Захоронение ТБО на полигоне происходит в виде брикетирования. Оставшиеся ТБО после отбора вторичных ресурсов брикетируются под высоким давлением, при этом их

объем уменьшается в 4-5 раз, что позволяет более эффективно использовать площадь полигонов для захоронения твердых бытовых отходов.

На данной станции производится приём и сортировка твёрдых бытовых отходов с целью выделения вторичного сырья, пригодного к переработке. Сортировка проводится вручную. Твёрдые бытовые отходы после отбора вторичных ресурсов брикетируются под высоким давлением, при этом их объём уменьшается в 4-5 раз, что позволяет более эффективно использовать площадь полигонов для их захоронения. Отходы на полигон доставляются в виде брикетов размером 0,8 x 1,5 м со станции брикетирования, расположенной на территории «Центролит». Полигон брикетируемых отходов ТБО «Центролит» находится в стадии активной разработки. Он характеризуется наиболее современными технологиями по сортировке, подготовке отходов к вторичной переработке и захоронению [2].

Инженерно-экологическая оценка основывается на эколого-литогеохимических, радиометрических и тератологических данных за период с 2005 по 2009 г. По полученным результатам проводилась обработка материалов, и создавались карто- и фактографические базы (рис.1). Общее свертывание информации производилось путем создания цифровых моделей итоговых карт через подготовку баз данных, комплексного совместного анализа всех материалов, построения карт-гипотез, выбора варианта, наиболее адекватно отражающего связь с признаками сформированной модели.

На основании анализа построенных карт было выявлено наличие следующих категорий экологических оценок:

- 1) экологическая норма;
- 2) экологический риск;
- 3) экологический кризис.

Экологическая норма и экологический риск характерны для всех изучаемых компонентов, в то время как зона экологического кризиса приурочена к данным, полученным в результате тератологических исследований. Зона, соответствующая экологической норме, в среднем составляет 10%. Она приурочена к границам участка, подвергшегося изучению. За период с 2005 по 2009 г. отмечается улучшение экологической ситуации, что выражается в увеличении площади исследуемой зоны на 4% (с 2005 по 2009 г.). В процентном отношении данная зона составляет 8% в 2005 г. и 12% в 2009 г.

Зона экологического риска в пространственном отношении имеет форму овала, который вытянут в широтном направлении. За период с 2005 по 2009 г. площадь данной зоны уменьшилась на 5%, (с 85% в 2005 г. до 80% в 2009 г.). Контур зоны экологического кризиса также вытянут в широтном направлении и приурочен к восточной части полигона. Её площадь за пять лет выросла приблизительно в два раза. Отмечается рост зон экологической нормы и кризиса на фоне уменьшения площади зоны экологического риска.

По результатам данных, полученных в результате пятилетних наблюдений, уровень экологической опасности полигона ТБО «Центролит» оценивается как неопасный. Однако в последнее время отмечается тенденция к нарастанию негативных реакций.

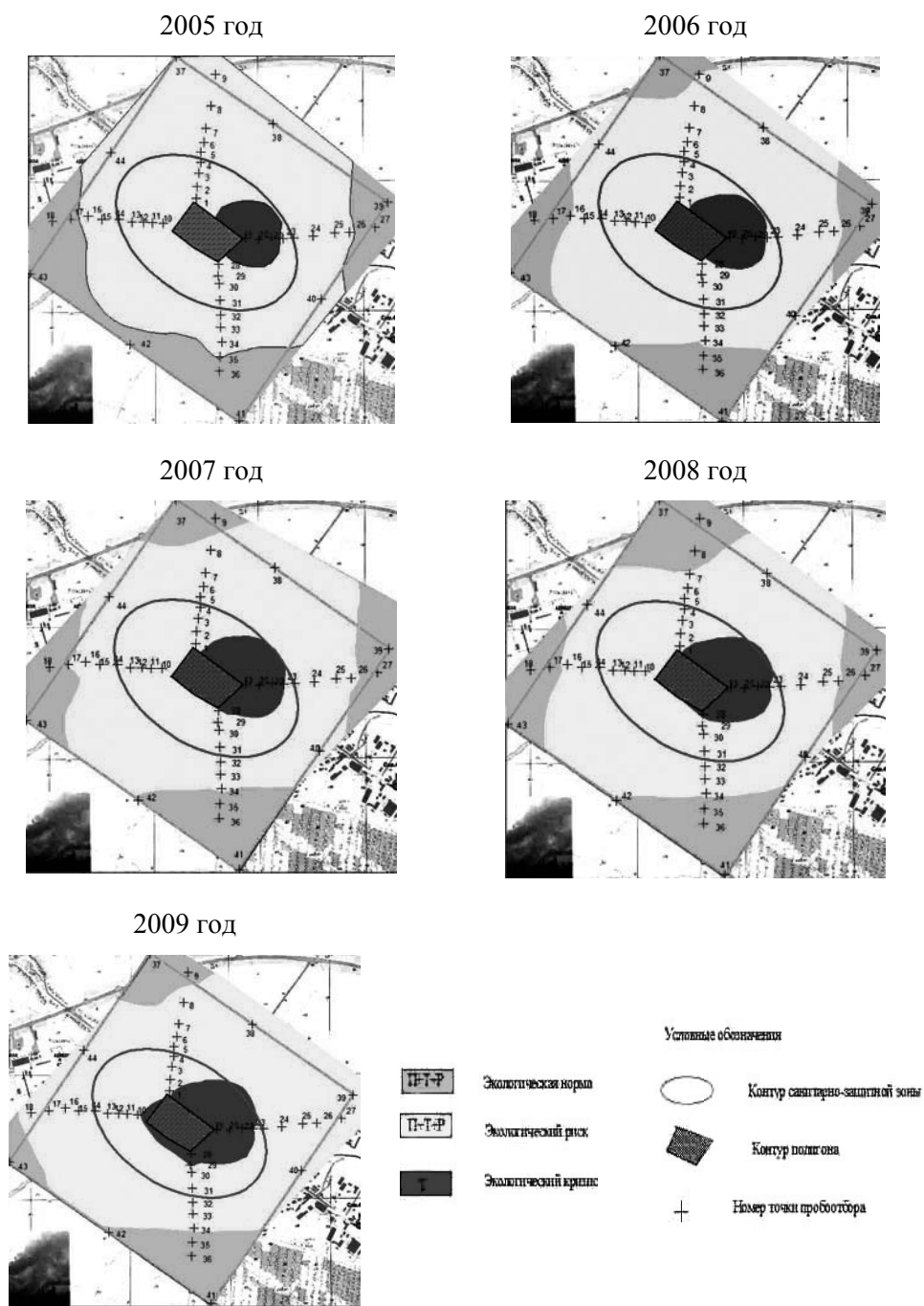


Рис. 1. Синтетические карты зоны влияния полигона ТБО «Центролит»

Инженерно-экологические изыскания, проведенные на территории реконструкции полигона ТБО «Центролит» позволяют рекомендовать данную технологию складирования отходов как наиболее безопасную для компонентов природной среды. Выявлена экологическая мишень, подвергающаяся максимальному воздействию – растительность. Это связано с комплексным воздействием, оказываемым на экосистемы через атмо-, гидро –и литофильные пути поступления загрязняющих элементов.

Литература

1. Макаров, О. А. Твердые бытовые отходы: проблемы и решения [текст] / О. А. Макаров, И. В. Тюменцев, А. С. Горленко А. С. [и др.] // Экология и промышленность России. – 2000. – № 9. – С. 41-45.

2. Пахомова Т. Е. Оценка радиометрических характеристик почвенных отложений зоны влияния полигона ТБО «Центролит» [текст] / Т. Е. Пахомова // Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы. Материалы второй международной научно-практической конференции г. Воронеж, 4-6 октября 2011 г. – Воронеж, 2010. – С. 478-480

3. Пинаев, В. Е. Проблемы загрязнения окружающей среды твердыми отходами [текст] / В. Е. Пинаев // Вестник Московского ун-та. Серия 6. Экономика. – 2003. – № 4. – С. 92-106.

ИНЖЕНЕРНАЯ ПОДГОТОВКА ТЕРРИТОРИИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА В СЛОЖНЫХ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

С.В. Кривицкий*, Н.А. Опекунова*, А.И. Желваков**

* Московский государственный строительный университет (МГСУ), 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д.26, +7(495)2874914, E-mail: geolog305@ya.ru

** ООО «ИК «Экология и природа», 117279, г. Москва, ул. Введенского, 26-3-88, тел.: +7(495)2324057, E-mail: ecopriroda@ya.ru

В последние годы в пригородных районах мегаполисов наблюдается бум коттеджного и промышленного строительства. В связи с этим всё меньше остаётся земельных участков, на которых можно вести строительство, не занимаясь инженерным обустройством такой территории.

Доклад посвящён вопросам устойчивого проектирования и строительства на территориях так называемых неудобий, требующих проведения рекультивационных работ. К такого рода территориям относятся земельные участки, подвергшиеся деградации в результате отрицательного воздействия, в том числе переувлажненные, подтопленные, затопленные, загрязненные продуктами эрозии и пр.[5]. В докладе рассмотрен вариант инженерного обустройства заболоченной территории для рационального и экологически безо-

пасного освоения земельного участка под массовое жилищно-гражданское малоэтажное строительство.

Участок строительства площадью 20 га расположен в Красногорском районе Московской области вблизи дер. Аникеевка в верховьях р. Липки. Река Липка имеет протяжённость 13 км и является левым притоком р. Москвы, относится к гидрологически не изученным малым рекам – комплексных гидрологических изысканий не проводилось.

Исследуемый участок представляет собой заболоченную пойму реки и имеет вытянутую в плане форму, шириной примерно 100-150 м, протяженностью в среднем 800 м. Вся пойменная часть реки густо заросла рогозом и тростником, площадь заросшей поймы порядка 90% (рис. 1).

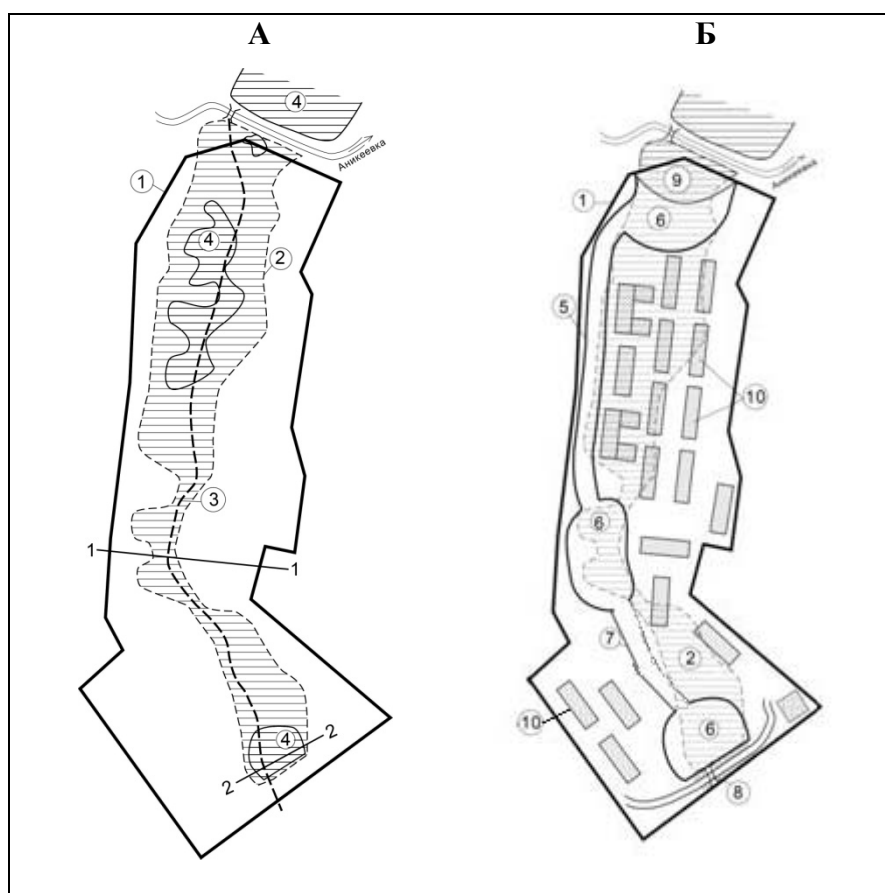


Рис. 1. План участка до (А) и после (Б) планируемых работ:
 1 – граница участка инженерного обустройства; 2 – подтопленный участок берега реки;
 3 – существующее русло реки; 4 – участки с открытой водной поверхностью;
 5 – проектируемое русло реки; 6 – проектируемые пруды; 7 – коллектор;
 8 – грунтовая плотина с водопропускным сооружением; 9 – гидроботаническая площадка;
 10 – планируемая застройка участка; 1-1 – инженерно-геологический разрез;
 2-2 – расчетный гидрологический створ

Основная задача, которую поставил заказчик, выяснить возможность образования территории на подтопленном участке с целью строительства жилья эконом-класса для семей военнослужащих (рис. 1б).

Для оценки возможности инженерного обустройства территории были выполнены комплексные инженерные изыскания: проведена топосъемка масштаба 1:500, выполнены инженерно-геологические, гидрометеорологические и экологические изыскания согласно требованиям документов [2-4].

Геологические условия участка

Типичный инженерно-геологический разрез представлен на рис. 2.

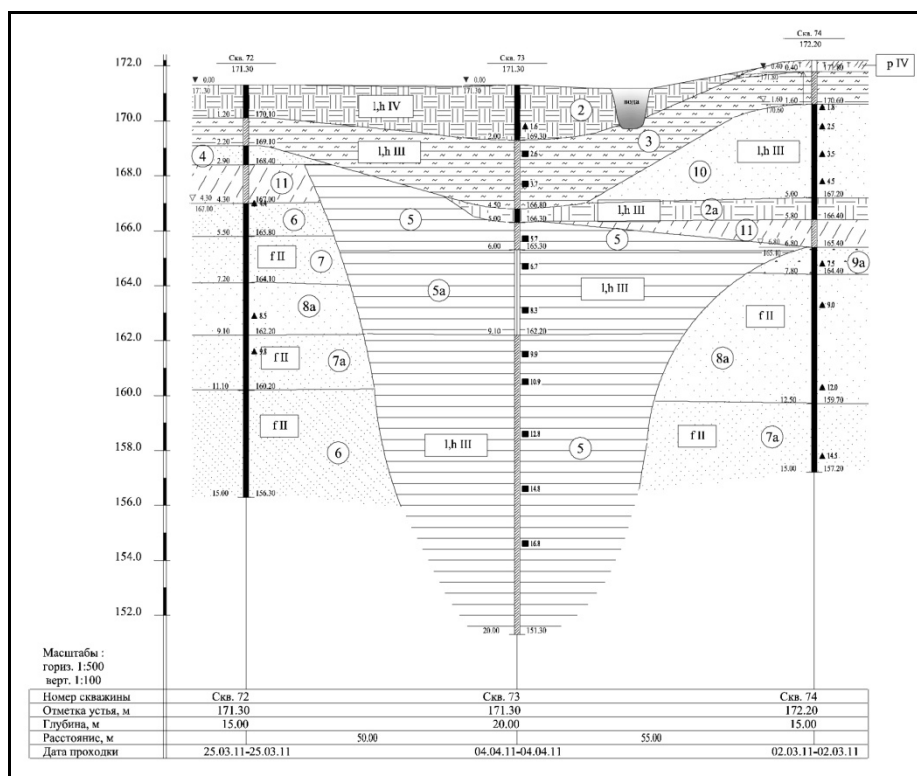


Рис. 2. Инженерно-геологический разрез 1-1 (см. рис. 1а):

Почвенно-растительный слой (р-Q_{IV}); Торф среднеразложившийся, насыщенный водой (1,h-Q_{IV}); Суглинок мягкопластичной консистенции (1,h-Q_{IV}); Суглинок тугопластичной консистенции (1,h-Q_{IV}); Песок пылеватый, средней плотности, насыщенный водой (1,h-Q_{IV}); Песок мелкий, средней плотности, влажный и насыщенный водой (1,h-Q_{IV}); Песок средней крупности, средней плотности, насыщенный водой (1,h-Q_{IV}); Песок крупный, средней плотности, насыщенный водой (1,h-Q_{IV}); Песок мелкий, средней плотности, насыщенный водой (fg-Q_{II}); Песок средней крупности, средней плотности, насыщенный водой (fg-Q_{II}); Суглинок мягкопластичной консистенции (fg-Q_{II}); Суглинок тугопластичной консистенции (fg-Q_{II}).

В геологическом отношении под почвенно-растительным слоем (p-Q_{IV}) на глубине 0,1–0,3 м залегают современные озерно-болотные отложения (l,h-Q_{IV}), представленные торфами среднеразложившимися, влажными и насыщенными водой, суглинками мягкопластичной и тугопластичной консистенции и песками от пылеватых до крупных, средней плотности, влажными и насыщенными водой.

Общая мощность толщи озерно-болотных отложений составляет 1,6–8,4 м. Под озерно-болотными отложениями, на глубине 1,9–8,5 м от уровня дневной поверхности, залегают среднечетвертичные флювиогляциальные отложения (fg-Q_{II}), представленные песками мелкими и средней крупности, средней плотности, насыщенными водой, и суглинками мягкопластичной и тугопластичной консистенции, максимальной вскрытой общей мощностью 8,1 м.

Гидрогеологические условия участка характеризуются двумя водоносными горизонтами.

Первый от поверхности водоносный горизонт приурочен к озерно-болотным отложениям. Водовмещающими породами водоносного горизонта служат пески мелкие и крупные. Подземные воды вскрыты на глубине 3,6 м, установившийся уровень подземных вод зафиксирован на глубине 3,0 м.

Инженерно-гидрологические работы

Основной целью проведения инженерно-гидрологических работ было выяснение максимального уровня воды, определение глубин подтопленной поймы и русла реки, оценка толщины иловых отложений для определения строительных объемов вынимаемых грунтов.

По результатам выполненных исследований было установлено, что практически всё русло реки густо поросло высшей водной растительностью. В целом средняя глубина реки в русле – порядка 1 м, наибольшая глубина 3 м зафиксирована в русловом пруду в начале участка. Толщина иловых отложений в среднем составляет 1-1,5 м. Наибольшая толщина зафиксирована в русловых прудах и составляет 2-2,5 м.

Проектные решения

1. Проектом предусмотрено создание нового русла реки и трех рекреационных прудов (рис. 1б) с целью уменьшения площади пойменного затопленного участка и формирования водного дизайна селитебной территории в рекреационных целях.

2. Вдоль береговой зоны водных объектов проектируется берегозащитное сооружение с прогулочной набережной из вертикальной бетонной стенки на свайном основании.

3. Для улучшения качества воды формируемых водных объектов предлагается создание гидроботанической площадки (ГБП). ГБП представляет собой мелководный водоем, засаживаемый высшими водными растениями для доочистки ливневых поверхностных стоков, содержащих взвешенные и органические вещества [1].

Очистка стоков на ГБП происходит в результате поглощения соединений тяжелых металлов растениями-макрофитами и фильтрации загрязняющих веществ сообществом микроорганизмов, прикрепленных к растениям.

4. На конечном участке реки проектируется грунтовая плотина, необходимая для образования пруда и для организации проезда по гребню плотины на территорию застройки.

5. Вертикальную планировку и образование территории на слабых грунтах предлагается производить без выторфовки с применением высокопрочных современных геотканей [6].

Заключение

Рассмотренный проект жилой застройки на подтопленной территории относится к проблеме экологизации строительства, при которой происходит восстановление деградированных земель с целью создания экополисов. При этом возможно использование биоинженерных технологий и биопозитивных материалов и конструкций. Такой подход позволяет создавать принципиально новые объекты, родственные природе и включаемые в естественные экосистемы.

Литература

1. *Кривицкий С.В.* Методы биоинженерной геоэкологии при проведении экологической реабилитации природных объектов // Вестник МГСУ. – 2009. – № 4. – С. 285-291.
2. *СП 11-102-97.* Инженерно-экологические изыскания для строительства. – М.: Госстрой, 1997.
3. *СП 11-105-97.* Инженерно-геологические изыскания для строительства. – М.: Госстрой, 1997.
4. *СП 11-103-97.* Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства. – М.: Госстрой, 1997.
5. *Тетиор А.Н.* Устойчивое развитие города. <http://www.leadnet.ru/tet/t0.htm>.
6. <http://www.geotextile.ru/geo/textil.nsf/cat1/artg05>.

НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ И ПРАКТИКА УЧЕТА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ ДНА АКВАТОРИЙ ПРИ ВЫБОРЕ ПЛОЩАДОК (ТРАСС) РАЗМЕЩЕНИЯ МОРСКИХ СООРУЖЕНИЙ

С.Г. Миронюк

ООО «Питер Газ», 117630, г. Москва, Старокалужское шоссе, д. 62. Тел.: (495) 784-71-61,
факс: (495) 784-71-62, e-mail: Mironyuk.Sergey@petergaz.com

Значительные материальные затраты на сооружение трубопроводов и объектов обустройства месторождений в морских условиях (стоимость строительства одного километра подводных трубопроводов составляет 3,64-6,70 млн. дол.) делают актуальной проблему совершенствования процедуры выбора их оптимальных трасс (площадок). В последние годы, в основном в связи с освоением морских месторождений углеводородов, строительством трансграничных газопроводов (Nord Stream, Южный поток и др.), нефтепроводов внутри страны, этой проблеме уделяется все большее внимание [2, 8, 12, 16].

Согласно [12] при выборе трассы магистрального газопровода необходимо учитывать следующие основные факторы: приведенные затраты, минимальный срок строительства, удобство эксплуатации, надежность эксплуатации, влияние на окружающую среду и др.

К числу наиболее важных показателей (критериев оптимальности), используемых при выборе трасс трубопроводов относят: приведенные затраты, время строительства, надежность трубопровода [4].

В настоящее время, по мнению П.П. Бородавкина [3], надежность является самым важным критерием при выборе или расчете оптимального маршрута. Надежность и безопасность трубопроводных систем в значительной мере зависят от инженерно-геологических, гидрометеорологических и других условий прохождения трассы [9].

В соответствии с СТО Газпром 2-3.7-050-2006 [15] при выборе направления трассы морского трубопровода должны быть учтены следующие природные факторы и явления, которые могут вызвать снижение надежности и/или безопасности объекта: нестабильность морского дна, осадка грунта, неровности морского дна, мутьевые потоки, сейсмическая активность. В ВН 39-1.9-005-98 [5] выбор трассы морского трубопровода рекомендовано выполнять по критериям оптимальности (к таковым отнесены, прежде всего, техническая и экологическая безопасность сооружения) и оценивать следующие инженерно-геологические данные: грунтовые условия и морфологию морского дна, сейсмическую активность, характер и протяженность тектонических разломов. Выработано правило [6, 13] обходить участки дна с сильно пересеченным рельефом, выходами скальных гряд, газовыми проявлениями, возможными проявлениями грязевого вулканизма, с донными льдами большой мощности, участки экзарации. Согласно нашим оценкам

площадки (трассы) особо опасных и технически сложных объектов должны быть удалены от кратера действующего грязевого вулкана не менее чем на 4-5 км [10].

К числу основных критериев оптимальности в документе [6] отнесены надежность и минимальные приведенные затраты на строительство и эксплуатацию сооружений. В международном стандарте ISO 13623:2000(E) [20] для выбора наиболее безопасной и надежной трассы трубопровода рекомендуется учитывать следующие факторы инженерно-геологических условий: сейсмичность, расчлененность рельефа, неустойчивость морского дна, эрозию грунта, миграцию наносов, осадки грунта, слабые донные осадки, приповерхностные скопления газов и абразию. В стандартах BS 8010 [17] и DNV-OS-F101 [18] содержатся требования при изысканиях для выбора оптимальной трассы трубопроводов изучить вопросы, касающиеся неустойчивости и неровностей морского дна, осадки его поверхности, сейсмической активности, а также свойств грунтов.

В районах повышенной активности геологических процессов при детальном исследовании в коридоре трассы трубопроводов предписывается оценить активность грязевых вулканов и покмарок, сейсмическую опасность, сейсмогенные подвижки по разломам, устойчивость склонов, характеристики обломочных потоков и опасность их воздействия на трубопроводы [18].

Согласно Руководству [19] при проектировании морских трубопроводных систем необходимо учитывать и такие «экзотические» геологические объекты и явления как очень слабые грунты, подвижные песчаные волны, валунные поля, айсберговые борозды (плугмарки), коралловые скалы, покмарки и газовые венты.

На сегодняшний день в России отсутствуют нормативные документы, устанавливающие требования и рекомендации к выбору площадок объектов систем подводной добычи.

За рубежом указания по этому вопросу имеется в части 1 международного технического стандарта ISO 13628 [21]. Следующие геологические опасности должны быть учтены для выбора безопасных мест размещения объектов обустройства нефтегазовых месторождений: покмарки, приповерхностный газ (газовые карманы), землетрясения, подводные препятствия, вулканы, оползни, размыв дна, придонные газогидраты.

В 2002 г. было завершено строительство первого в России подводного магистрального газопровода *Джубга-Самсун* («Голубой поток»). Морская трасса пересекает российский и турецкий шельфы, континентальные склоны и абиссальную равнину Черного моря. Проект выполнялся на основе норвежских Правил DNV 1981 и DNV 1996, которые легли в основу концептуального, базового и детального проектов морского участка газопровода. Морские изыскания, выполненные с целью выбора коридора для прокладки двух ниток газопровода и оценки геологических опасностей, а также прочностные расчеты, показали, что наибольшую угрозу для целостности сооружения на российском склоне представляют землетрясения с магнитудой 7,1-8,0 (при редкой повторяемости (T) 10000 лет) вязкопластические потоки обломочного

материала с $T=10000$ лет, мутьевые потоки, оползни на крутых склонах каньонов и на отдельных участках континентального склона, сейсмогенные подвижки при землетрясениях с $T=5000$ и 10000 лет [1].

При анализе рисков методом экспертных оценок сделано заключение об отсутствии неприемлемых геологических рисков на трассе рассматриваемого газопровода [7].

Оценка альтернативных вариантов трассы в пределах российского шельфа и склона показала, что с точки зрения геологических опасностей (обломочные потоки, оползни, сейсмогенные подвижки) восточный вариант трассы газопровода представляется более предпочтительным, чем западный.

В ходе разработки концептуального проекта строительства газопровода *Джубга-Лазаревское-Сочи* (введен в эксплуатацию в 2011 г.) были проанализированы два варианта генерального направления трассы: приморский и морской.

Приморский вариант строительства газопровода намечался в пределах области низкогорных хребтов южного склона Северо-Западного Кавказа. Сильно расчлененный рельеф, выработанный на нижне – и верхнемеловом субстрате, специфические климатические, геолого-литологические условия и сложное тектоническое строение территории предопределяют широкое развитие здесь опасных геологических процессов. К ним относятся крупные оползни, обвально-осыпные процессы, эрозия, сели и др.

Морской вариант трассы длиной около 159 км проходит вдоль черноморского побережья в пределах кавказского шельфа. Общее направление проектируемой трассы газопровода – юг-юго-восток.

В полосе изысканий геофизическими методами идентифицированы поверхностные оползни, газонасыщенные осадки, формы эрозионного размыва дна – промоины, ложбины. Согласно экспертной оценке вероятность формирования обломочных потоков в период эксплуатации газопровода крайне низкая.

Шельф и прилегающая суша характеризуются высокой сейсмичностью – до 9 баллов по шкале MSK-64.

Сопоставление инженерно-геологических условий двух вариантов трассы – приморского (сухопутного) и морского выявило преимущество последнего. Сильно расчлененный рельеф, необходимость преодоления русел горных рек, обвалы, оползни, другие сравниваемые факторы (надежность эксплуатации, экологический ущерб, безопасность населения и др.) не позволили рассматривать приморский вариант как оптимальный.

В свою очередь главными критериями при выборе трассы в пределах средней части шельфа были: а) минимальная длина трассы; б) расположение в средней его части с целью уменьшения земляных работ и исключения волнового воздействия; в) прокладка объекта вне зоны сероводородного заражения Черного моря; г) обход участков лавинной седиментации (устья рек) и подводных каньонов.

При выборе площадок для установки подводного оборудования (опорных плит, манифольдов и др.) и оптимальных трасс трубопроводов в районе

освоения таких месторождений как Штокмановское (Баренцево море) и Киринское (Охотское море) особое внимание уделялось в первом случае изучению форм донного рельефа (покмарок, плугмарок, палеодолин), оползней и слабых грунтов, во втором – оценке сейсмической опасности, разжижаемости грунтов, исследованию литодинамических процессов и экзарации (рис. 1).

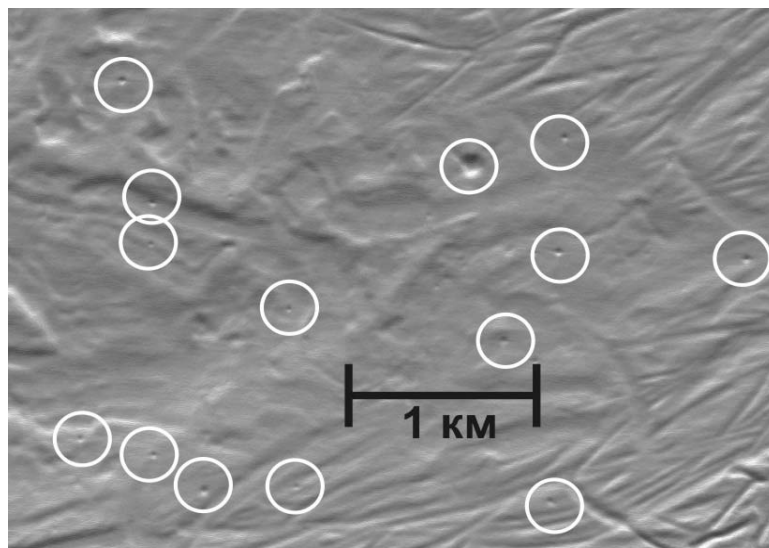


Рис. 1. Покмарки и реликтовые айсберговые борозды (плугмарки) на дне Баренцева моря

Тщательным образом были изучены различные виды газопроявлений, в том числе газовые трубы и карманы в верхней части осадочного чехла шельфов указанных морей.

Локализация опасных участков морского дна на стадии «проект» привела, в ряде случаев к существенной корректировке ранее выбранных трасс трубопроводов и мест расположения площадных объектов подводных добычных комплексов.

Литература

1. *Айбулатов Н. А.* Гравитационный перенос осадочного материала на континентальном склоне и безопасность строительства и эксплуатации газопровода Россия-Турция. Обз. информ. Сер. Охрана окружающей среды и промышленная безопасность. – М.: ИРЦ Газпром, 2002. – С. 46
2. *Астафьев С. В., Калинин Э.Н., Поломошинов А. М., Сурков Г. А.* Проблемы выбора трассы подводного трубопровода в условиях шельфа о. Сахалин. – <http://sakhgu.ru/Expert/Geography/2001/15/Index.html>
3. *Бородавкин П. П.* Оптимизация трассы трубопровода – наиболее важное условие повышения надежности // Наука и техника в газовой промышленности. – 2007. – № 3. – С. 70-73.

4. *Бородавкин П. П., Березин В.Л., Рудерман С. Ю.* Выбор оптимальных трасс магистральных трубопроводов. – М.: Недра, 1974. – 240 с.
5. ВН 39-1.9-005-98. Нормы проектирования и строительства морского газопровода. – М.: ОАО «Газпром», 1998. – 20 с.
6. ВСН 51-9-86. Проектирование морских подводных нефтегазопроводов. – М.: Мингазпром, 1987.
7. *Горяинов Ю. А.* Управление проектами строительства морских трубопроводов. – М.: ЗЛО «Формула энергии», 2004. – 272 с.
8. *Дерцакян А. К.* Поиск оптимального выбора трассы газопроводов // Газовая промышленность. – 1988. – № 1. – С. 8-9.
9. *Миронюк С. Г.* Геологические опасности дна восточной части Черного моря и их учет при выборе трасс подводных газопроводов // Геология, география и экология океана: Материалы Международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Д. Г. Панова (8-11 июня 2009 г., г. Ростов-на-Дону). – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2009. – С. 230-233.
10. *Миронюк С. Г.* Грязевые вулканы Азово-Черноморского бассейна и прилегающей территории и оценка их опасности для зданий и сооружений // ГеоРиск. – 2010. – № 3. – С.14-22.
11. Морские трубопроводы / Ю. А. Горяинов, А. С. Федоров, Г. Г. Васильев и др. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2001. – 131 с.
12. *Осередыко Ю. С., Ларичев О. И., Мечитов А. И.* Исследование процесса выбора трассы магистрального трубопровода // Проблемы и процедуры принятия решений при многих критериях / Под ред. С. В. Емельянова, О. И. Ларичева: Сб. тр. ВНИИСИ. – М., 1982. – № 6. – С. 61-72.
13. Пособие по инженерным изысканиям для проектирования и строительства магистральных газопроводов на шельфе. – М.: РАО ГАЗПРОМ, 1996. – 118 с.
14. *Сакс С. Е., Землякова Г. С., Чумаков М. М.* Выбор трассы морских трубопроводов Штокмановское ГКМ – береговой терминал // Наука и техника в газовой промышленности. – 2006. – №1. – С.89-91.
15. СТО Газпром 2-3.7-050-2006 (DNV-OS-F101). Морской стандарт DNV-OS-F101. Подводные трубопроводные системы/ ОАО «ГАЗПРОМ». – М.: ООО «ВНИИ-ГАЗ», 2006. – 430 с.
16. *Токарев Д. В., Фазлетдинов Р. А.* О выборе трассы магистрального нефтепровода по критериям социального и экологического ущерба // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2010. – № 2. – С. 79-84.
17. BS 8010. Part 3, 1993. Pipelines subsea: design construction and installation. 77 p.
18. DNV-OS-F101. Offshore standard. Submarine pipeline system. – DNV, 2007. – 240 p.
19. GL 2004. Rules and Guidelines Industrial Services. IV-Part 8. Pipelines. Chapter 1. Rules for Subsea Pipelines and Risers. Germanischer Lloyd Offshore and Industrial Services GmbH, 2004. – 128 p.
20. ISO 13623 : 2000(E). Нефтяная и газовая промышленность – Системы трубопроводной транспортировки. – 84 с.
21. ISO 13628-1. Petroleum and natural gas industries-Design and operation of subsea production systems-Part 1: General requirements and recommendations. – 233 p.

О РОЛИ ПРЕДПРОЕКТНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА МАЛООСВОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

М.А. Митрофанова, И.И. Косинова

Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Университетская площадь 1,
тел. (4732)208-289, сот. 89066722191, факс (4732)208-289, e-mail: marfa-mma@mail.ru

В настоящее время в России и мире в условиях реализации концепции устойчивого развития происходит внедрение и функционирование систем экологического менеджмента [1]. В соответствии с международным стандартом ISO 14000, система экологического менеджмента (СЭМ) – это часть общей системы менеджмента, включающая организационную структуру, планирование деятельности, распределение ответственности, практическую работу, а также процедуры, процессы и ресурсы для разработки, внедрения, оценки достигнутых результатов реализации и совершенствования экологической политики, целей и задач.

В основе любой СЭМ лежит модель Деминга, согласно которой управление качеством осуществляется циклически и проходит через определенные этапы: планирование, осуществление, контроль, корректировка. На стадии планирования разрабатывается экологическая политика предприятия. Также, согласно ГОСТРИСО 14001-2007, при планировании «Организация должна разработать, внедрить и поддерживать процедуры идентификации экологических аспектов своей деятельности, продукции и услуг; выявить те аспекты, которые оказывают или могут оказывать значимые воздействия на окружающую среду (т.е. значимые экологические аспекты). Стадия осуществления заключается в выполнении запланированных работ. На третьем этапе производится контроль результатов, полученных в ходе выполнения процесса, выявление и анализ отклонений, их причин. И наконец, на стадии корректировки принимаются меры по устранению причин отклонений от запланированного результата, изменения в планировании и распределении ресурсов. В итоге, при прохождении всех этапов петли Деминга, достигается главная цель менеджмента – получение постоянного улучшения результата [3, 5].

Геомониторинг является основополагающим элементом контрольной стадии СЭМ, на основе которого производится прогноз развития экосистем и разработка корректирующих мероприятий по охране и рациональному использованию окружающей среды. Отдельным видом геомониторинга выступает геоэкологический мониторинг. Он представляет собой систему наблюдения за такими природными компонентами как: атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, донные осадки, почвенный покров, рельеф и геологическая среда, радиационный и газогеохимический фон, растительный покров, животный мир наземных и водных экосистем, экзогенные геологические процессы и гидрологические явления [4].

В данной работе система геоэкологического мониторинга (ГМ) рассматривается на примере строительства уникального, не имеющего аналогов объекта

«Система магистральных газопроводов Бованенково – Ухта. Переход через Байдарацкую губу (сухопутные участки)». Данный трубопровод обеспечит транспортировку газа с месторождений п-ва Ямал в центральные районы России и далее на Запад в страны ближнего зарубежья.

Специфичность данного проекта заключается в сложных климатических и инженерно-геологических условиях территории, выявленных на этапе проведения инженерно-экологических изысканий 2005–2007 гг. Байдарацкая губа характеризуется суровым арктическим климатом с большой годовой амплитудой температуры, частыми штормами и метелями, высокой относительной влажностью в течение всего года, наличием вечной мерзлоты, сложными литодинамическими, гидрологическими и ледовыми условиями [2].

Имеют место следующие особые условия строительства: высокая восприимчивость природной среды к техногенным воздействиям; наличие многолетних мерзлых пород; широкое распространение криогенных процессов в прибрежной зоне; вязкопластичное течение грунтов по склонам морского дна; повышенная коррозионная активность засоленных грунтов; наличие особо охраняемых природных территорий (Ямальский заказник); наличие водоохранных зон и прибрежных защитных полос; отсутствие в районе строительства транспортных, энергетических систем и коммуникаций связи. В связи с подобным перечнем условий реализации проекта, важнейшее значение имеет разработка и осуществление системы ГМ, с целью выявления тенденций воздействия газопровода на природную среду.

Геомониторинг строительства рассматриваемого объекта включает в себя наблюдения по следующим компонентам: снежный покров, поверхностные и подземные воды, донные осадки, почвенный покров, растительность.

Необходимо отметить, что проводимые мониторинговые исследования не в полной мере являются комплексными. Это проявляется, прежде всего, в обособленности сетей наблюдения по каждому наблюдаемому параметру. Так, например, точки наблюдения почвенных отложений не связаны с пунктами отбора снежного покрова и растительности. Также, недостаточно обоснованным является расположение пунктов отбора грунтовых вод. Таким образом, весьма проблематично провести сопоставление всех полученных данных в пространстве и во времени, а также оценить степень воздействия непосредственно процесса строительства.

Нами были проанализированы результаты мониторинговых исследований 2009 г. сухопутных участков перехода газопровода через Байдарацкую губу. Данные исследований на Ямальском участке были сопоставлены с результатами инженерно-экологических изысканий и мониторинга 2008 г. Так как на Уральском участке мониторинг проводился впервые, полученную информацию мы сравнивали только с данными предпроектных инженерно-экологических изысканий [2].

Мониторинг снежного покрова проводился для изучения пылевых выпадений из атмосферы. Важно отметить, что как на Ямальском, так и на Уральском участках строительства отмечается повсеместное превышение нормативного содержания взвешенных веществ (ВВ). Однако, аналогичная ситуация наблюда-

лась и на стадии изысканий до начала строительства, что свидетельствует о высоком фоновом содержании взвешенных веществ в приземном слое атмосферы на этой территории.

Мониторинг поверхностных вод показал, во-первых, превышение содержания ВВ во всех исследуемых водоемах. Причем, на Ямальском берегу наиболее показательной выглядит ситуация, сложившаяся в бассейне р. Нявтарка. Здесь в точке V4, расположенной за пределами влияния строительства содержание взвешенных веществ значительно ниже величины ПДК. По направлению к устьевой части реки, на переходе озера 1-й и 2-й нитками газопровода концентрации возрастают, выше понтонной переправы через реку достигают количества в 16ПДК, а ниже моста – 18,5ПДК. При впадении в р. Яра-Яха содержание ВВ составляет 233,2 мг/л (31ПДК). Но полученные значения ниже установленных в 2008 г. и близки к фоновым. На Уральском участке наиболее наглядна ситуация, сложившаяся на левом притоке р. Тамб-Яха, пересекаемом в верховьях рядом объектов строительства. Так, в точках, расположенных за пределами влияния строящихся на текущий момент объектов содержание ВВ составляет в среднем 12ПДК. Ниже по течению реки (после перехода, а также ниже водопропуска на переходе автодорогой) фиксируется концентрация 14,7ПДК. Ниже перехода притока ниткой ВОЛС – 312ПДК. Этот уровень на порядок превышает зафиксированный в 2007 г. до начала строительных работ, а, следовательно, указывает на непосредственное негативное воздействие строительства (плоскостной смыв с территорий с нарушенным растительным покровом, обнажением грунтов легкого механического состава, смыв с карт намыва).

Во-вторых, в большинстве рассматриваемых водоемов были зафиксированы повышенные содержания таких компонентов, как: марганец (23 водных объекта), железо (17) и медь (19). Подобная ситуация обусловлена высоким региональным фоном и наличием большого числа геохимических барьеров при миграции элементов.

Данные мониторинга донных осадков показывают повышенные концентрации никеля и меди практически во всех отобранных образцах. Однако если на Ямале количество этих элементов в большинстве случаев совпадает с уровнем 2008 г., то содержание никеля и меди на Урале выше показателей 2007 г. Стоит сказать, что концентрации меди в донных осадках коррелируют с таковыми в поверхностных водах, чего нельзя сказать о содержании никеля.

В донных грунтах Ямальского берега значительно возросли, по сравнению с показателями 2008 г., концентрации нефтепродуктов (в среднем на 76,4 %). Наибольший вклад в такой прирост вносят пробы, отобранные в р. Нявтарка (D5,13) выше понтонной переправы и в ее левом притоке (D6,7). Аналогичное распределение нефтепродуктов наблюдалось в 2008 г., когда понтонная переправа работала как механическое препятствие при нагонах морских вод, задерживая пленки нефтепродуктов и препятствуя свободному транспорту наносов. В 2009 г. понтонная переправа была заменена мостовой, что значительно улучшило водообмен, но движение наносов в этой зоне остается затрудненным. Данная ситуация также подтверждается повышенным содержанием меди, цинка и никеля в пробах, отобранных ниже переправы.

Анализ результатов грунтовых вод выявил участки непосредственного негативного воздействия в пределах Ямальского участка. Здесь в районе производственной базы, жилого городка зафиксированы максимальные содержания нефтепродуктов, железа, марганца, превышающие показатели мониторинга 2008 г. На Уральском берегу в единичной пробе G2, расположенной у автодороги, отмечены максимальные концентрации железа и марганца, несколько превышающие фоновые, установленные на стадии предпроектных изысканий.

Результаты мониторинга почвенного покрова свидетельствуют о превышении нормативных показателей никеля, меди, цинка, в большинстве отобранных проб. Особенностью почв Уральского участка является наличие в ландшафтах высокой лайды, которая, тем не менее, подвержена подтоплению при приливно-нагонных явлениях, в результате чего на данной территории происходит формирование щелочной барьерной зоны с аккумуляцией выше перечисленных элементов. Подтверждением этой особенности служит довольно равномерное распределение повышенных концентраций элементов на всей исследуемой территории.

На Ямале сложившаяся ситуация наблюдается в почвах низкой лайды и берегового бара р. Яра-Яха (образцы P5, 6, 8, 10), которые характеризуются высоким уровнем аккумуляции тяжелых металлов. Это обусловлено сносом данных элементов с мелкоземом паводковых вод и отложением их в верхних почвенных горизонтах, а также особым геохимическим режимом функционирования лайды с формирующимся здесь щелочным и торфяным геохимическим барьером. Мониторинг растительности включал маршрутные наблюдения и исследования на стационарных площадках. Результаты изучения растительного покрова Ямальского берега выявили наибольшие изменения в массивах плоскостристых болот. Имеют место участки подтопления, связанные с техногенными факторами.

На Уральском участке особое внимание вызывает делихенизация отдельных участков, местами – сведение растительности до минерального слоя, что обусловлено перевыпасом северного оленя и движением внедорожной гусеничной техники. При отсутствии адекватных корректирующих мер, возможно дальнейшее развитие обозначенных процессов, а также распространение подтопления в местах прохождения автодорог.

Таким образом, геомониторинг объекта строительства «Система магистральных газопроводов Бованенково – Ухта. Переход через Байдарацкую губу (сухопутные участки)» подчеркнул роль предпроектных инженерных изысканий. Их результаты в пределах малоосвоенных территорий могут приниматься в качестве фоновых показателей и использоваться для осуществления последующих инженерно-экологических оценок.

Литература

1. Белоусов В.И. Экологический менеджмент / В.И. Белоусов, Л.И. Кобцева. – Воронеж, 1999. – 224 с.
2. Итоговый отчет о результатах производственного экологического мониторинга в период строительства объекта «Система МГ Бованенково-Ухта. Подводный переход через Байдарцкую губу» 2008 – 2009 гг.
3. Митрофанова М.А., Косинова И.И. Современное состояние системы экологического менеджмента в газовой промышленности. Материалы научной сессии Воронежского государственного университета. Секция экологической геологии / Под ред. И.И. Косиновой. – Воронеж: ИПФ «Воронеж», 2011. – С. 56-59.
4. СНиП 11-02-96 «Инженерные изыскания для строительства».
5. Барабошкина Т.А. Феномен эколого-геологического риска. // Земля и Вселенная. – 2002. – № 1.

СИСТЕМА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПРЕДКРИЗИСНЫХ СИТУАЦИЙ НА ПРЕДПРОЕКТНЫХ СТАДИЯХ

Ив. И. Молодых

ФГУП ВСЕГИНГЕО, Московская обл., Ногинский р-н, пос. Зелёный, тел. (495) 521-20-00,
факс (495) 913-51-26, e-mail: ivanmolodykh@yandex.ru

Анализ современного развития негативных проявлений опасных природных и техноприродных процессов (ОПТП) позволяет сделать вывод о наличии кризисных противоречий в сложной системе «человек↔окружающая среда». О прогрессирующем характере нарушений устойчивости техноприродной среды можно судить по увеличению частоты и мощности опасных явлений, когда, по утверждению С.К.Шойгу на саммите «Комплексная безопасность – 2011», за последние полтора года в мире произошло семь крупнейших природных катастроф, которые повторяются один раз в тысячу лет. На это же указывают, в частности, возрастающие экономические потери, часто превышающие величину ВВП [1]. Совершенно очевидно, что за последние десятилетия техноприродная среда существенно деградировала и стала ещё более уязвимой по отношению к изменениям режима развития природной среды. В начале XX в. на планете ежегодно регистрировалось, в среднем, до 10 крупных техноприродных катастроф, в 50-е – 60-е гг. уже до 65, а в начале XXI в. их количество превышает 220. По данным Международного комитета Красного Креста от стихийных бедствий за это время погибло более 11 млн. человек. Цунами 2004 г. (200 тыс. жертв), нанесло экономический ущерб более \$10 млрд., ураганы 2005 г. нанесли США ущерб \$156 млрд. По оценкам экспертов Совета Европы, ежегодно около 30 млн. человек становятся «климатическими беженцами» и вынуждены менять место жительства в силу ухудшения экологической ситуации, нехватки ресурсов, природных катастроф.

С позиций системного подхода наша планета представляет сложную многофакторную структуру в виде непрерывного гомологического ряда техноприродных геосистем (ТПС), дифференцируемых по интенсивности и глубине техногенного воздействия на геологическую среду [2]. Проявления ОПТП, как негативные скачкообразные изменения устойчивости геологической среды, рассматриваются при этом как резкий ответ на изменение внешних условий (в т.ч., от техногенных нагрузок). Отсюда следует, что для безопасного использования ТПС необходимо выявить массивы горных пород с различной степенью устойчивости и соответствующим образом спланировать мероприятия инженерной защиты, препятствующие критическому нарушению устойчивости. Особенно важно проведение таких оценочных процедур на предпроектных стадиях, когда, по сути, формируется стратегия освоения и использования территорий. До последнего времени нормативная база инженерно-геологических обоснований не позволяла исчерпывающим образом оценить современное состояние массивов горных пород с позиций их предельного равновесия. Это приводит к тому, что при нарушении устойчивости ТПС колоссальная масса средств направляется на ликвидацию последствий и оказание помощи пострадавшим, в то время, как затраты на прогнозирование негативных ситуаций и обеспечение защитных мер до 15 раз меньше по сравнению с предотвращённым ущербом. Следовательно, нужны принципиально новые подходы к выявлению кризисного состояния геологической среды. Разработанная концепция инженерно-геологических оценок предкризисных ситуаций позволяет произвести такую оценку. Ключевыми моментами концепции являются: своевременная идентификация предкризисных ситуаций, когда ещё возможны локализация источника кризиса и соответствующая оперативная корректировка управляющих воздействий для минимизации негативных последствий техноприродных опасностей; получение исчерпывающей информации на предпроектных стадиях (детализируемой на более поздних этапах реализации инвестиционного проекта).

Проблематика природных кризисов, их стадийности, распространения и пр. с позиций географической науки рассмотрена в работах А.Д. Арманда и др. [3]. Инженерно-геологические аспекты анализа предкризисных ситуаций были проанализированы в работах [2, 4, 5], где, в частности, указано, что комплексные инженерно-геологические обоснования безопасного развития ТПС на предкритических стадиях являются решающим условием эффективного освоения и использования геологической среды, а также инструментом регулирования уровня безопасности населения и объектов экономики.

Концепция инженерно-геологических оценок предкризисных ситуаций включает анализ т.н. «триггер-эффектов» (или эффектов «спускового крючка»), разработку сценариев развития критических ситуаций и обоснование мер по минимизации негативных последствий.

Для предпроектных стадий отправной точкой являются результаты инженерно-геологических исследований мелкого и среднего масштабов. Специфика решаемых задач определяет необходимость прогнозирования предкризисных ситуаций, что для указанных масштабов, отражающих, как прави-

ло, статическую картину состояния геологической среды, представляет определённую новизну. Предлагаемая система оценок предкризисных ситуаций включает.

1. Выявление закономерностей предкризисного и кризисного состояния геологической среды. Основными закономерностями являются:

– для каждого вида негативной для ТПС ситуации может быть установлена специфическая пространственная приуроченность и причины, определяющие их преимущественное возникновение в тех или иных районах т.к. для;

– все природные катастрофы характеризуются значительной мощностью и поражающей способностью независимо от механизма и продолжительности;

– чем больше интенсивность природного явления, тем реже оно повторяется с той же силой;

– возможное проявление кризисной ситуации может быть предсказано с большей или меньшей надёжностью;

– проявления ОПТП могут возникать в парагенетической связи и при этом их частота и разрушительная сила увеличиваются;

– техногенная нагрузка на геологическую среду без учета экологических императивов, с нарушением технологии строительства, без возведения защитных сооружений в совокупности способствуют активизации и усилению природных катастроф.

2. Создание типологии предкризисных ситуаций и собственно кризисов по принципу их масштабов и генезиса, позволяющая определить применение определенного набора методов управления ТПС. В зависимости от причин возникновения кризисных ситуаций, факторов, воздействующих на их развертывание, следует предусмотреть наиболее вероятные типы кризисов и, следовательно, предупредить их заблаговременно.

Поскольку скрытые нарастания критических значений параметров устойчивости ПТС носят кажущийся «хаотический» характер, для оценок «триггер-эффекта» используются базисные положения синергетики, исследующей вопросы согласованности взаимодействия частей при образовании структуры как единого целого. Для инженерной геологии важен анализ аттракторов – структур, влияющих на нарастание или нарушение устойчивости всей системы, т.н. программ поведения, сформировавшихся в ходе геологической истории эволюционной трансформации того или иного объёма геологической среды. Аттракторы делят пространство всех возможных состояний системы на области притяжения, попав внутрь которых система неизбежно эволюционирует к соответствующему аттрактору.

3. Учёт историко-геологических факторов, в соответствии с которыми происходила эволюционная трансформация геологической среды в пространственных границах ТПС. Для правильной оценки устойчивости массивов горных пород на любом уровне расчленения геологической среды (от планетарного до элементарного участка) необходима детальная реконструкция

условий, при которых формировался субъект построений – т.е. выявление закономерностей формирования структуры и свойств геологической среды.

4. Использование базисных положений теории сложных самоорганизующихся систем (исследующей вопросы согласованности взаимодействия частей при образовании структуры как единого целого, по Г.Хакену), научно-методической базы анализа природных рисков и новых категорий инженерной геологии (природных опасностей и рисков), выделенных и обоснованных А.Л.Рагозиным. Одной из парадигм инженерно-геологического анализа предкризисных ситуаций является положение о том, что риск создаётся принимаемыми решениями, а опасности – обстоятельствами.

5. Картографирование осваиваемых и используемых территорий предлагается осуществлять в следующих направлениях – создание карт инженерно-геологических условий, оценки устойчивости геологической среды к техноприродным нагрузкам и риска.

Карты инженерно-геологических условий, как традиционная форма представления инженерно-геологической информации, необходимы для выявления региональных и зональных факторов, определяющих состояние геологической среды. При этом природные и техногенные факторы должны быть отражены в максимально возможной степени, поскольку они в равной степени могут оказывать влияние на определённый сценарий формирования и развития предкризисной ситуации.

Оценочно-прогнозные карты устойчивости геологической среды к техноприродным нагрузкам являются средством моделирования состояния геологической среды, оценки и прогноза её поведения при совокупном воздействии природных и техногенных факторов [6]. На этих картах приводятся результаты оценок уязвимости геологической среды и техногенных объектов проявлениям ОПТП, специфики пространственного распределения неравновесных структур и прогнозные оценки развития предкризисных ситуаций согласно разработанным сценариям. Здесь же отражена степень природной опасности территории.

Карты природного риска, методология составления которых разработана под руководством А.Л. Рагозина, представляющие результаты риск-анализа, применительно к специфике решаемых задач, можно рассматривать как наиболее современную и оптимальную для проектировщиков карту инженерно-геологического районирования. В этих материалах могут быть отражены как риски отдельных процессов (например, по сейсмической, оползневой, карстовой, паводковой опасностям), так и общие природные риски.

6. Обоснование мероприятий по управлению риском. Основная задача при этом состоит в представлении информации, помогающей избежать кризисных решений, принимаемых в момент перехода объекта управления в область неуправляемых или недопустимых состояний.

Представленная система инженерно-геологической оценки предкризисных ситуаций на предпроектных этапах показывает, что обоснование мер по поддержанию устойчивости территорий следует рассматривать с позиций выявления условий формирования и развития структур, влияющих на равно-

весное состояние той или иной ТПС. Для каждой из этих систем необходима разработка комплексных программ докризисных мероприятий, повышающих её устойчивость к всевозможным природным и техногенным негативным ситуациям, в которых должны быть предусмотрены организационные, технические, информационные и др. меры, базирующиеся на соответствующем инженерно-геологическом материале.

Литература

1. Арманд А.Д., Люри Д.И., Жерихин В.В. и др. Анатомия кризисов. – М.: Наука, 1999.
2. Молодых Ив. И. Инженерно-геологический анализ предкризисных ситуаций и обеспечение безопасности недропользования // Разведка и охрана недр. – 2010. – № 7. – С. 52-57.
3. Молодых Ив. И. Актуальные вопросы изучения предкризисных ситуаций (инженерно-геологический анализ) // Актуальные вопросы инженерной геологии и экологической геологии. Труды Международной научной конференции. – М.: МГУ, 2010. – С. 146-147.
4. Молодых Ив. И. Проблемы инженерно-геологических оценок предкризисных ситуаций // Сергеевские чтения. Вып. 12. – 2010. – С. 460-465.
5. Осипов В.И. Природные катастрофы на рубеже XXI века // Вестник РАН. – 2001. – Т. 71. – № 4. – С. 291-302.
6. Трофимов В.Т., Красилова Н.С. Карты оценки устойчивости геологической среды к природным и техногенным воздействиям // Новые типы инженерно-геологических и эколого-геологических карт. Труды Международной научной конференции. – М.: МГУ, 2001. – С. 58-60.

СПЕЦИФИКА ОЦЕНКИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ И РИСКА ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ И ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

Т.И. Подгорная

Тихоокеанский государственный университет, 680035, Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136,
факс (4212)-324064; e-mail: tat-podg@yandex.ru

Активное развитие транспортных и трубопроводных систем, морских портов, промышленных комплексов по переработке полезных ископаемых на территории Дальнего Востока требует специфического подхода к анализу и оценке геологической опасности и риска для выбора мест размещения и строительства различных объектов и направления трасс проектируемых линейных сооружений.

Разнообразие природно-климатических и инженерно-геологических условий и степени пораженности геологическими процессами на протяжении

десятков и сотен километров в полосе трасс нефтепроводов, газопроводов, автомагистралей, линий электропередач, на участках горно-перерабатывающих предприятий вызывает необходимость их дифференциации на основе инженерно-геологического районирования территорий. Наиболее сложными при освоении и застройке являются сейсмоопасные районы Сахалина, Камчатки, Якутии, Хабаровского и Приморского краев, Амурской области и Еврейской Автономной области. При этом максимально опасны неустойчивые горные склоны, береговые склоны крупных рек и морские побережья, подверженные эрозии, развитию оползней, осыпей и обвалов. Немало проблем создают болотистые и периодически затапливаемые участки речных пойм и надпойменных террас, особенно в зоне развития многолетнемерзлых грунтов. Геолого-литологическое строение в сфере взаимодействия сооружений с геологической средой характеризуется комплексом осадочных пород четвертичного возраста биогенного, аллювиального, аллювиально-морского, аллювиально-пролювиального генезиса, наличием образований элювиально-делювиального генезиса, осадочных, метаморфических, эффузивных и интрузивных скальных пород, которые служат основанием и вмещающей средой для трубопроводов.

Негативная роль эндогенных и экзогенных геологических процессов исследовалась специалистами института ОАО ДальТИСИЗ в 1998-2010 гг. для строительства автодорог, трубопроводов и других сооружений по проекту “Сахалин-1”, “Сахалин-2”, для реконструкции железной дороги на Сахалине, а также для проектирования нефтепровода ВСТО-1, 2, газопровода Сахалин-Хабаровск-Владивосток, для морских портовых зон и многих других объектов в Хабаровском и Приморском крае. Было установлено, что для строительства в регионе реальную опасность представляют не только землетрясения, но и цунами, а также грязевые вулканы.

Весьма опасными для всех видов строительства в соответствии с СНиП 22-01-95 являются районы с интенсивностью землетрясений 8–9 баллов. Снижение степени сейсмической опасности для сооружений возможно по результатам сейсмического микрорайонирования с учетом геолого-гидрогеологических условий и сейсмических свойств грунтов на каждой площадке. Степень опасности цунами для строительства трубопроводов и автодорог на восточном побережье Сахалина в районе заливов Пильтун и Чайво оценивается как весьма высокая (высота заплеска волны достигает 3–4 м). На южном и западном побережье для морских портов Корсаков, Холмск, Невельск и сопутствующих сооружений в прибрежной зоне степень опасности цунами – высокая (высота волны до 2 м) [1]. На побережье Японского моря для портов Врангель, Козьмино и рекреационных зон залива Находка степень опасности – умеренная (высота заплеска волны до 1 м) [2].

Уникальная территория грязевого вулкана “Пугачевский”, оказавшаяся на пути проектируемого нефтепровода, по инженерно-геологическим особенностям была отнесена специалистами института ОАО ДальТИСИЗ к зонам риска чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Главными причинами этого являлись наличие специфических структурно-неустойчивых грунтов (сопочный ил) и неуправляемые водо-газо-грязевые выбросы в сочетании с опасностью взрывов и возгорания газов, которые представляли реальную угрозу для нефтепровода [3]. По результатам изыскательских работ при участии автора направление трассы трубопровода было изменено, и строительство состоялось в обход вулкана. Это был важный шаг для предупреждения экологических проблем в случае аварий и разливов нефти, пожаров, загрязнения природной среды на побережье Охотского моря.

Анализ, оценка и прогнозирование опасности и риска различных типов экзогенных геологических процессов: оползней, заболачивания, подтопления, суффозии, морозного пучения грунтов, высокотемпературной многолетней мерзлоты (t минус $0,2^{\circ}$ – минус 2°), струйчатой и овражной эрозии, абразии, речной эрозии и затоплений в период паводков 1 и 10% обеспеченности, является неотъемлемой частью современных инженерно-геологических изысканий для строительства на Дальнем Востоке.

Опасность для строительства нефтепровода ВСТО-2 и газопроводов, проходящих с Сахалина и Якутии через Хабаровск во Владивосток, при пересечении Средне-Амурской равнины на протяжении более 350 км связана с наличием заболоченных земель, обширных болот, необходимостью пересечения многочисленных малых рек, старичных озер, проток и русла Амура. В ходе инженерных изысканий (2005-10 гг.) было установлено, что в полосе трассы заболачиванию подвержено 80 % территории, болота мелкие I типа (с торфом мощностью до 2 м) покрывают 7,5% поверхности, подтопление подземными водами угрожает трубопроводам на протяжении 78% территории, затоплению паводками и речной эрозии подвержено 27% трассы. Учитывая высокую площадную пораженность, эти процессы представляют опасность для строительства трубопроводов, и относятся по СНиП 22-01-95 к категории "весьма опасные" и "опасные". По совокупности природных факторов практически вся равнинная территория прохождения трасс трубопроводов относится к III категории сложности (сложная) для строительства, что требует целенаправленного применения инженерной защиты.

Для строительства магистрального водовода (протяженность 16,5 км), проложенного по левобережной пойме от Тунгусского водозабора до Хабаровска, с участком уникального подводного дюкерного перехода через Амур опасность и риск геологических процессов изучались в 2007-2008 гг. Водовод, диаметр которого 1020 мм, пересекает пойму, острова и дно р. Амур севернее железнодорожного моста. На участке прокладки трубопровода угрозу его устойчивости представляло подтопление, заболачивание, затопление поймы в период паводков 1–10 % обеспеченности и эрозионные процессы (боковая и донная эрозия) в русле реки. Интенсивность глубинной и боковой эрозии на Амуре зависит от скорости течения, литологического состава и степени размываемости отложений по берегам и на дне реки. Средняя скорость течения у левого берега составляет 0,51 м/сек, у правого берега – 0,55 м/сек, в русле – 1,15-1,25 м/сек. Песчаные и глинистые грунты, слагаю-

щие левый берег, острова и дно реки, относятся к неустойчивым легкоразмываемым отложениям. Поэтому наибольшему риску речной эрозии подвержен западный участок трассы у левого берега Амура, а также дно реки, где распространены пески и элювиальные глинистые грунты. Более устойчивыми к эрозии являются участки дна и правый берег, где вмещающей средой для трубопровода служат гравийно-галечниковые отложения и скальные грунты. На основе оценки опасности геологических процессов были разработаны специальные противоэрозионные защитные мероприятия для водовода на суше и на дне реки.

Инженерные изыскания для разработки проекта реконструкции Сахалинской железной дороги на участке Корсаков – Арсентьевка, выполненные специалистами ОАО ДальГИСИЗ в 2002 г., позволили оценить опасность и риск эндогенных и экзогенных процессов в южной и центральной части Сахалина. Трасса железной дороги существует в 8-9 бальной зоне сейсмической интенсивности ("весьма-опасная" зона по СНиП 22-01-95). Наибольшее значение для реконструкции железной дороги на рассматриваемой территории протяженностью 150 км имеет заболачивание и наличие болот, которые развиты в пойме рек Сусуя и Найба. Протяженность средних и глубоких болот I и II типа (мощность торфа до 6 м) и заболоченных участков составляет 22,5% протяженности трассы; участки, подверженные подтоплению подземными водами, составили 52%. Линейная или струйчатая эрозия развита на оголенных участках склонов и откосов железнодорожных выемок и насыпей. Плоскостной смыв активно происходит на слабо задернованных склонах холмов и низких гор с вырубками и гарями. Смываемая почва и дисперсный материал заиливает дренажные и противоэрозионные защитные сооружения вдоль железной дороги. Интенсивная речная эрозия на 40 реках, пересекаемых железной дорогой, угрожает мостам и дорожным насыпям. Глубинная и боковая эрозия приводит к отступанию береговой линии, является причиной нарушения устойчивости склонов. Оползни, осыпи на рассматриваемой территории поражают береговые склоны рек, склоны холмов, крутые уступы морских террас, подверженных абразии, откосы искусственных выемок и насыпей. По масштабам проявления наибольшую опасность для железной дороги в период эксплуатации представляют заболачивание, болота, морская абразия, речная эрозия (степень опасности – "весьма опасная" и "опасная"). Для защиты реконструируемой железной дороги и сопутствующих сооружений от опасных геологических процессов и снижения ущерба были обоснованы противоэрозионные, противоабразионные, противооползневые мероприятия, регулирование поверхностного стока и техническая мелиорация земель.

Изучение возможного влияния промышленных комплексов на различные элементы геологической среды дает возможность предположить "ответную реакцию" природной среды на ожидаемые воздействия, составить прогноз возникновения природно-техногенных геологических процессов, установить их опасность и риск для сооружений на конкретных площадках.

Методика прогноза развития геологических процессов, оценка степени их опасности и возможного риска (ущерба) была разработана автором на примере промплощадки Албазинского горно-обогатительного комбината и золото-извлекательной фабрики, хвостохранилища, а также на площадках Амурского гидromеталлургического комбината и парогазовой установки новой Хабаровской ТЭЦ.

На площадке Албазинского ГОКа, который находится на севере Хабаровского края в отрогах Омальского хребта, наибольшую опасность для сооружений представляют сейсмичность и подтопление подземными водами. Рассматриваемая территория согласно карт общего сейсмического районирования (ОСР-97 А, В СНиП II-7-81*) находится в зоне с сейсмической интенсивностью 7 – 8 баллов. Прогнозирование опасности и риска этих процессов выполнялось по результатам изысканий, выполненных ОАО ДальГИСИС в 2008-10 гг. на стадии "проект". Подтопление производственных объектов рудопереработки ожидается под влиянием верховодки, трещинных вод и водоносного горизонта аллювиально-пролювиальных отложений, которые циркулируют в интервале глубин 0,8–6,6 м. Негативному воздействию подземных вод будет подвергаться комплекс проектируемых сооружений (ЗИФ, компрессорная, котельная, пожарное депо и др.). В процессе строительства на участках подрезки склона в западной части территории в искусственных откосах, в местах разгрузки подземных вод возможно формирование локальных оползней. Смещения будут подвержены делювиальные суглинки и супеси. Прогнозная глубина захвата склона оползневыми деформациями 3–5 м соизмерима с мощностью глинистых грунтов на участках подрезки склонов. При ликвидации почвенно-растительного слоя в обнаженных искусственных откосах, сложенных глинистыми грунтами, активизация струйчатой эрозии ожидается в период снеготаяния и ливневых дождей. При подпоре поверхностного стока насыпями возможно техногенное заболачивание местности.

Прогноз опасности и риска природно-техногенных геологических процессов и категория их опасности по СНиП 22-01-95 представлен в табл. 1.

Таким образом, рассмотренные примеры оценки геологической опасности и риска при размещении промышленных комплексов, транспортных систем и других объектов в специфических инженерно-геологических условиях Дальнего Востока, показывают насколько важно при детальных инженерно-геологических исследованиях учитывать современное состояние геологической среды, выполнять оценку и прогноз опасности и риска эндогенных и экзогенных процессов, угрожающих строительству и эксплуатации сооружений. На основе конкретных оценок опасности реально возможным становится обоснование эффективных мер инженерной защиты для предупреждения или снижения возможного ущерба.

Таблица 1

Прогноз геологической опасности и риска на территории объектов рудопереработки Албазинского ГОКа

Опасность							Риск (ущерб)	
Вид опасности	Где возможна	Когда существует	Чему угрожает	Каким образом проявляется	Категория опасности	В чем выражается	Категория риска	
Сейсмичность 7-8 баллов	Повсеместно в районе промплощадки	При взрывах в зоне разработки руды	ЗИФ, котельная, пожедело и другие объекты	Нарушение устойчивости и условий эксплуатации сооружений, трубопроводов	Опасная и весьма опасная	Необходимость затрат на сейсмостойкие конструкции	Экономический	
Подтопление подземными водами	Пологий склон холма, долины ручьев	При интенсивной инфильтрации осадков В случае постоянных или аварийных утечек из коммуникаций При подпоре подземного потока фундаментами	ЗИФ, котельная, компрессорная, пожедело	Повышение влажности и снижение прочности грунтов, морозное пучение Разгрузка подземных вод в откосах Просачивание воды в подвалы Деформации фундаментов Коррозия трубопроводов Загрязнение подземных вод промстоками	опасная	Необходимость инженерной защиты объекта затраты на гидроизоляцию, устройство дренажа Необходимость замены трубопроводов и др.	Экономический Экологический	

Литература

1. Атлас береговой зоны Сахалина. ФГУП «ИПК ДальПресс». – Владивосток, 2002. – С. 17.
2. Кофф Г.Л., Ганзей С.С. и др. Оценка воздействия опасных природных процессов на территории находкинского городского округа. – Владивосток: Изд-во «Дальнаука», 2007. – 104 с.
3. Подгорная Т.И. Оценка состояния геологической среды для строительства трубопроводов в условиях Дальнего Востока России // Сергеевские чтения. Вып. 6. Инженерная геология и охрана геологической среды. Современное состояние и перспективы развития. Мат. годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. – М.: Изд. ГЕОС, 2004. – С. 422-426.

ТЕХНОЛОГИЯ МЕЛИОРАЦИИ ТЕРРИТОРИЙ, ЗАНЯТЫХ ОСАДКАМИ СТОЧНЫХ ВОД

А.Д. Потапов, П.Ю. Дьяконов

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»
129337 Москва, Ярославское шоссе д.26 МГСУ каф. Инженерной геологии и геоэкологии,
т/ф +7499 1881587 e-mail: geolog305@yandex.ru

Урбанизация общества ведет к увеличению площади, этажности и плотности застройки. Нехватка территорий вызывает необходимость ревизии предприятий расположенных в черте города, вывода их или ликвидации при малейшей возможности. В середине восьмидесятых годов прошлого столетия напряженная ситуация с площадями для жилой застройки сложилась в Москве. Было принято решение подготовить под застройку территорию занятую Люблинскими полями фильтрации (ЛПФ), расположенными в пойме Москвы-реки.

Из дошедших до наших дней топографических описаний этой местности датируемых 1670-1680 гг. известно, что на дворцовых землях на левобережной пойме Москвы-реки на территории ограниченной с юга рекой, с востока деревней Чагино, с северо-востока Угрешско-Мячковской дорогой, с севера Перервинским монастырем и с запада деревней Марьино (топонимика названных объектов сохранилась до наших дней) располагались два болота: Братеевское – вдоль реки и северо-восточнее его – Долгое.

После естественного высыхания болот, вследствие понижения уровня грунтовых вод, в 1913г. территория была инженерно оборудована под поля фильтрации. Для этого были устроены суглинистый экран, покрывающий поверхность, и дамбы обвалования, разделяющий территорию на чеки, подобные рисовым, площадью около 1 га. Эти чеки заполнялись стоками (осадками) сточных вод (ОСВ) городской канализации. Прекращение залива ЛПФ

стоками канализации Курьяновской станции аэрации, по данным моделирования, привело бы к понижению уровня грунтовых вод на 2-6 м, а водные поверхности исчезли бы сами через несколько лет.

С сороковых годов прошлого столетия промышленные и научно-исследовательские организации Москвы использовали городскую канализацию для утилизации химических отходов. В результате иловый осадок и грунты ЛПФ содержали многие металлы в десятки, сотни и даже тысячу раз превышающие предельно допустимые концентрации (ПДК). В осадке превышение ПДК составляло: по серебру в 1162 раза; по кадмию в 304, по висмуту в 81; по олову в 78; по хрому в 75; по цинку в 61; по меди в 50; по вольфраму в 31; по никелю в 31; молибдену в 28; стронцию в 12; свинцу в 9; кобальту в 6 и бору в 3 раза. В грунте дамб концентрации токсичных металлов превышали фоновые в десятки раз (по серебру в 90; цинку в 30; хрому в 20; вольфраму и висмуту в 12; меди, олову, свинцу, фосфору в 6-8, никелю и молибдену в 5 раз).

В ОСВ содержались яйца аскарид, плоских червей, остриц, тифозные бактерии. По степени загрязнения осадок и грунты относились к высоко опасным для здоровья населения, и заключением Москомприроды их использование в качестве удобрений на газонах в городе и сельскохозяйственных полях категорически запрещалось.

Осадок имел высокую газогенерирующую способность. Под насыпным грунтом слой ОСВ генерировал метан на 40-60% территории освоенных методом «отжима». Газ скапливался в техподпольях домов и коммуникациях, и мог образовывать взрывоопасные концентрации.

Воды сбросного канала и отжатые из осадка имели повышенное содержание, в 6-10 раз превышающее ПДК, по многим элементам (бериллий, висмут, фосфор и т.д.). В грунтовых водах основную опасность представляли только соединения азота. Содержание остальных компонентов не превышало ПДК более чем в 1,6 раза и после естественного разбавления не представляли опасности.

Представлялось целесообразным захоронить на месте максимальное количество ОСВ с проведением мероприятий по снижению или полной ликвидации его вредного воздействия и газогенерирующей способности.

В 1985 г было принято решение провести инженерную подготовку территории ЛПФ под жилую застройку в объеме 3,3 млн. м² (11,2% всего возможного строительства в пределах МКАД) на площади 550 га. Подготовка велась методом «отжима» илового осадка с последующим вывозом последнего автотранспортом для удобрения сельхозугодий.

Метод состоял в выдавливании ОСВ от одного края чека к противоположной дамбе, большим (до 3-х м) слоем песка, надвигаемого бульдозером. При этом ОСВ терял часть влаги при соприкосновении с песком, приобретал сметанообразную консистенцию, грузился на автосамосвалы и вывозился на расстояние 35-50 км.

К моменту начала описываемых ниже опытно-производственных работ таким способом было подготовлено 145 га, из них 130 сдано под застройку.

На оставшейся площади (~ 400 га) находилось более 12 млн. м³ иловых осадков городской канализации, представляющих собой пульпообразную массу, примерно, на 90% по объему состоящую из воды. Для отжима осадка и планировки территории требовалось завести 25 млн. м³ песка.

Указанная технология имела ряд существенных недостатков:

- тяжелые, наиболее насыщенные органикой фракции ОСВ, не отжимались песком, а оставались погребенными под ним, становясь источником генерации биогаза, в основном метана;

- для отжима осадка требовалось большое количество песка (около 2 м³ на 1 м³ ОСВ), который добывался в поймах рек Москва, Ока и Волга, при этом нарушался их водный баланс и экологическое состояние;

- в год завозилось очень мало (0,60-0,65 млн. м³) песчаного грунта, что не позволяло провести освоение в короткие сроки. При этом дефицит песка нарастал;

- для транспортировки песка и осадка требовалось большое количество автотранспорта. Недопоставка самосвалов КамАЗ в 1990-1995 гг. составляла 200шт.;

- для складирования ОСВ требовались специально оборудованные карьеры с суглинисто-пленочными экранами. Поскольку по факту они не оборудовались, Мособлисполком запретил выделение земли для утилизации осадка;

- подготовленное методом «отжима» основание не обладало требуемой несущей способностью. Застройка производилась зданиями и сооружениями на свайном основании.

Общее удорожание жилья в результате подготовки территории ЛПФ методом «отжима» составляло 60 рублей на 1 м² застройки (в ценах 1984 г.).

В качестве альтернативной была разработана и внедрена на площади 1,2 га технология рекультивации иловых площадок ЛПФ под социальную инфраструктуру с использованием естественных и искусственных грунтовых материалов и интенсивного динамического уплотнения (ИДУ) [1].

Существо ее состоит в том, что для засыпки иловых карт используются песок, зола или отходы литейного производства, которые перемешиваются с ОСВ до однородного состояния, с помощью ИДУ. На подготовленном таким образом основании устраивается дренажная система любого типа для сбора и удаления избыточной влаги. Высокое напряженно-деформированное состояние (НДС) и однородность состава дренируемого грунта массива приводит к увеличению его «фильтрующих» свойств, значительному уменьшению концентрации ила в грунте и «осветлению» отфильтрованных грунтовых вод, которые разгружаются (самотеком или принудительно) в р. Москва.

По этой технологии для засыпки использовались искусственные грунты: золошлаковые смеси (ЗШС) ТЭЦ-22 и ТЭЦ-ЗИЛа, отходы литейного производства заводов ЗИЛ и Станколит. Песок применялся как контрольный вариант. Стоимость золы и отходов литейного производства была на порядок ниже стоимости песка, а их использование имело огромное социальное и экологическое значение, т.к. позволяло утилизировать вредные отходы.

Предприятия были готовы поставлять указанные грунтовые материалы на ЛПФ за свой счет, что бы только от них избавиться.

Наряду с разработкой описанной технологии проводились работы по определению газогенерирующей способности подготовленного этим способом грунтового массива, определялась несущая способность основания и агрессивность слагающих его грунтовых разностей по отношению к железобетону. Исполнителями по ним были специалисты профильных институтов: ВНИИ Геоинформсистем, Мосинжпроекта, Мосгоргеотреста, МНИИТЭП и др.

Карта, на которой проводились опытно-производственные работы, располагалась в микрорайоне №3. Основание ее было сложено суглинками (серовато-черными и зеленовато-серыми) пылеватыми, мягкопластичными, сильновлажными, мощностью более 1,5 м. Расчетное сопротивление суглинков не превышало $1,0 \text{ кг/см}^2$. Средняя мощность слоя ОСВ по ЛПФ составляла 2,7 м и колебалась в диапазоне от 1,2 до 4,6 м. На рассматриваемой карте она составляла 2,6-2,8 м.

В ходе работ учитывался опыт, полученный при уплотнении ЗШС на подходе к мосту через р. Москва на скоростной автомагистрали Ховрино-Борисово, который показал, что методом ИДУ можно смешивать и частично отжимать ОСВ (мощностью 0,5-2,3 м) погребенный под грунтом насыпи (мощностью 3,0-6,0 м). При этом нижние слои (глубина 4-6 м) уплотнялись до плотности сухого грунта $\rho_d = 1,49-1,51 \text{ кг/см}^2$, что соответствует коэффициенту уплотнения $K_y = 0,89-0,90$, а верхние слои соответственно

$$\rho_d = 1,53 \text{ кг/см}^2 \text{ и } K_y = 0,92 \text{ [2]}.$$

В рамках ИДУ можно выделить два типа уплотнения: ударным разрушением, применимым к грунтам с высокой водопроницаемостью и мало-влажным грунтам; и динамическую консолидацию, применимую к водонасыщенным грунтам, в том числе залегающим ниже уровня грунтовых вод. Динамическая консолидация, сопровождается образованием высокого порового давления, повышением несущей способности и уменьшением сжимаемости основания. Причем закономерности этих изменений не соответствуют традиционным представлениям о поведении грунтов под нагрузкой. При обычных методах нагружения маловодопроницаемых водонасыщенных оснований, процессы рассеивания порового давления и накопление деформаций осадки происходит параллельно и существенно растянуты во времени, порой на десятилетия.

Для динамической консолидации характерно, что осадки завершаются непосредственно по окончании фазы ударной обработки, возникающее поровое давление рассеивается не вызывая дополнительных деформаций основания в короткие сроки, не превышающие 1 месяц. Несущая способность основания непосредственно после ударной обработки резко падает, и по мере снижения порового давления происходит ее возрастание. По окончании инфильтрации воды из основания, несущая способность последнего приближа-

ется к новому стабильному уровню, превышающему в 2-4 раза исходную величину.

Производственным работам предшествовали достаточно подробные лабораторные исследования, при которых испытывались ЗШС и отходы литейного производства указанных выше предприятий Москвы, и их смеси в различных пропорциях. Были получены зависимости деформируемости грунтов и смесей при изменении их влажности и плотности. Определены другие механические свойства и коэффициенты фильтрации в зависимости от составов смесей. За неимением возможности заметим, что наиболее высокие из полученных углов внутреннего трения составляли для ЗШС $\varphi = 39^\circ$, для формовочной земли $\varphi = 34,5^\circ$, для их смесей, значения φ близки к значениям для ЗШС. Сцепление практически отсутствовало. Коэффициент фильтрации ЗШС составлял $K_{\phi} = (0,2-3,4) \cdot 10^{-4}$ см/с, а формовочной земли $K_{\phi} = 10^{-2}-10^{-3}$ см/с.

Предполагалось провести опытно-производственные работы на 4-х картах, засыпанных соответственно песком, ЗШС, формовочной землей и смесью этих материалов. Однако неритмичность и несвоевременность поступления грунтовых материалов, нарушения технологической дисциплины не позволили осуществить задуманное. Кроме того, пользуясь неохоранемостью площадки, на нее отсыпали суглинок Метростроя и строительный мусор. Поэтому состав грунта засыпки определялся «по факту» бурением и отбором образцов. Это значительно снижало чистоту эксперимента, но повышало практическую значимость работ, приближая к реальному строительству.

После проведения работ удалось выяснить, что

- ИДУ позволяет смешивать ОСВ при засыпке его природными и искусственными грунтами на всю глубину до получения однородной смеси за 1-2 этапа трамбования;

- время рассеивания порового давления для ЗШС, формовочной земли и их смесей составляет 1-2 суток. ИДУ интенсифицирует процесс водоотдачи. Сбор воды можно осуществлять дренажной системой любого типа;

- для повышения несущей способности основания, после дренирования массива, необходимо провести трамбование в 1-2 этапа ИДУ;

- влажность грунта засыпки снижается в 1,5-2 раза;

- засыпку иловых карт необходимо производить слоем грунта не менее 4-х м, при этом до 10% ОСВ накрыть не удастся, его следует вывозить для депонирования.

Кроме того были отработаны технологические схемы и параметры ИДУ, такие как тип механизма, схема его движения по карте и сетка трамбования, ширина и мощность технологических проездов и т.п.

Удалось установить, что содержание органики в грунте засыпки после проработки рекультивируемой территории с помощью ИДУ, не превышает 10%, т.е. грунты не относятся к категории биогенных. В глинистых грунтах подстилающего экрана содержание органики может достигать 30%, что соответствует слабо заторфованным грунтам, однако, мощность таких грунтов не превышала 0,3 м.

Результаты работ по ИДУ опытно-производственных карт контролировались Мосгоргеотрестом, специалисты которого отметили, что разработанный метод освоения иловых карт дал положительные результаты и может быть рекомендован для освоения ЛПФ.

Была разработана Инструкция по применению технологии ИДУ при освоении иловых карт ЛПФ. К сожалению события 1992г. не позволили внедрить технологию в производство в полном объеме. Однако, высокая экономичность, технологичность и социальная значимость технологии могут быть востребованы и сегодня.

Литература

1. Дьяконов П.Ю. Патент №2000387 «Способ подготовки основания на участках с осадками сточных вод». Роспатент, 11.06.1993г.
2. Дьяконов П.Ю., Потапов А.Д., Болтунов В.А. Применение тяжелых трамбовок при возведении насыпей в транспортном строительстве // Вестник МГСУ. – М., 2009. – № 1. – С. 97-100.

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ РАЗМЕЩЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ КОММУНИКАЦИЙ В СЛОЖНЫХ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

И.М. Сеньющенкова, О.О. Новикова

Московский государственный строительный университет,
129337, Москва, Яролавское ш., д. 26, 8 915 346 27 87, irina-sen811@yandex.ru

В современных крупных городах одной из основных инфраструктурных проблем является транспортная. Число автомобилей неуклонно увеличивается из года в год, привычным явлением при этом стали пробки и парковки вдоль тротуаров. Экологическая ситуация ухудшается, увеличиваются выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух и уровень шума. Если при этом в городе имеется сложившееся историческая застройка на сложном рельефе, то ситуация усложняется многократно [1].

В связи с этим, основная цель исследований – разработка подходов использования городских оврагов и балок для размещения транспортных коммуникаций. Для достижения поставленной цели определены следующие задачи. Анализ опыта использования овражно-балочных территорий для размещения транспортных коммуникаций в крупных городах РФ. Экологические и инженерно-геологические факторы освоения данных участков. Разработка рекомендаций по безопасному использованию данных территорий для размещения транспортных коммуникаций.

С одной стороны, овраги выполняют средозащитную функцию [2], но с другой, существенно затрудняют градостроительную планировку. Например, в г. Нижнем Новгороде овраги приспособлены как съезды, в г. Самаре их активно ликвидируют, в г. Брянске овраги остались практически «неосвоенными» с точки зрения транспортных коммуникаций (это объясняется природоохранным статусом территорий, а так же экономическим фактором).

Основными экологическими факторами при размещении транспортных коммуникаций в оврагах и балках являются:

- 1) загрязнение атмосферного воздуха, а, следовательно, и сопредельных сред;
- 2) шумовое воздействие;
- 3) аэрационный режим;
- 4) влияние на геологическую среду (вибрация, активизация опасных геологических процессов, изменение гидрогеологических условий);
- 5) биосферное влияние (изменение естественной среды обитания особо редких представителей флоры и фауны, и, как следствие, снижение биоразнообразия и деградация экосистемы).

Загрязнение атмосферного воздуха автомагистралями тесно связано с аэрационным режимом, так как движение воздушных масс влияет на распределение загрязнителей. Состав транспортного потока, его интенсивность и вид используемого топлива в контексте данного исследования являются нерегулируемыми факторами, варьировать может только схема размещения магистрали (относительно оврага), а также режим движения (наличие перекрестков и светофоров).

В результате натурно-экспериментальных исследований выявлено, что наиболее благоприятный экологический эффект наблюдается при прямоточной схеме проветривания [4, 5]. Например, магистраль может располагаться по дну оврага, на присклоновых участках, либо поперек оси оврага (мосты, дамбы). Коэффициенты трансформации ветрового потока приведены в табл. 1.

Анализируя данные исследования аэрационного режима можно сделать следующие выводы:

1. Коэффициенты трансформации ветрового потока, полученные ранее для овражно-балочного рельефа, трудно применимы на практике при градостроительном освоении данных территорий, так как они не конкретизированы для различных типов склонов.

2. Вместе с тем, полученные ранее результаты передают общую тенденцию к снижению скорости ветрового потока, а, следовательно, и коэффициента трансформации, в зависимости от угла атаки (максимальные значения на участках, продуваемых ветром до 1,5, минимальные на непродуваемых и замкнутых – менее 0,6).

3. Обработанные экспериментальные данные показали, что для продуваемых участков максимальный коэффициент трансформации ветра наблюдается на дне (до 1,7 против 1,5, полученных ранее), далее вверх по склону оврага он незначительно снижается, но остается в пределах 1,4–1,6, что соответствует ранее произведенным исследованиям.

4. Для участков оврагов, непродуваемых ветром, получено четкое разграничение коэффициентов трансформации по мере продвижения по склону оврага. Минимальный коэффициент на дне 0,2, затем он плавно возрастает до 0,7 (верхняя часть склонов).

5. В замкнутых участках оврагов наблюдается наиболее неблагоприятный аэрационный экологический режим с точки зрения продуваемости. На дне коэффициент трансформации приближается к нулю, а затем плавно возрастает до 0,6 для верхней части склонов.

Таблица 1

Коэффициенты трансформации ветрового потока в оврагах по сравнению с открытым ровным местом при устойчивом состоянии атмосферы на высоте 2 м от поверхности земли и при скорости ветра на ровном месте до 6 м/с

Форма рельефа	Участки оврага	Коэффициенты трансформации ветрового потока		
		Полученные в результате анемометрических съемок	Предложенные Е.Н. Романовой	Предложенные С.А. Сапожниковой
Участки оврагов, продуваемых ветром	Дно	1,5 – 1,7	1,3 – 1,5	0,6
	Нижние части склонов	1,4 – 1,6		
	Средние части склонов	1,5 – 1,6	1,4 – 1,5	
	Верхние части склонов	1,4 – 1,5		
Участки оврагов, непродуваемых ветром	Дно	0,2 – 0,4	Менее 0,6	0,5
	Нижние части склонов	0,3 – 0,4		
	Средние части склонов	0,5 – 0,6	0,6 – 0,7	
	Верхние части склонов	0,5 – 0,7		
Замкнутые участки оврагов	Дно	0,005 – 0,3	Менее 0,6	
	Нижние части склонов	0,2 – 0,3		
	Средние части склонов	0,3 – 0,5		
	Верхние части склонов	0,2 – 0,6		

С точки зрения шумового воздействия автомагистрали, расположенные в оврагах, являются менее шумными, чем на равнинном рельефе, так как склоны выполняют экранирующую функцию [3, 6]. Результаты натурно-экспериментальных исследований шума в оврагах приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Результаты измерения эквивалентного уровня шума
для участков городских оврагов**

№ уч.	Тип участка	Экв. уровень шума в источнике, дБА	Экв. уровень шума в точках измерения, дБА			Расчетный экв. уровень шума, дБА		
			1	2	3	1	2	3
1	Примыкает к дамбе с линейным источником	78,2	Точки на склоне дамбы			70,2	55,7	55,2
			71,0±2,55	68,8±0,84	59,2±0,83			
2	Участок на дне оврага (фон)	-	Точки на дне оврага			53,7	53,7	53,7
			54,6±1,14	47,6±2,07	41,2±1,30			
			4	5	6	-	-	-
			39,0±1,0	38,2±1,92	33,6±2,51			
3	Участок примыкает к линейному источнику	71,4	70,0±0,707	66,8±1,304	60,4±3,362	64,4	52,9	48,9
4	Линейный источник на дне оврага	80,4	Точки на склоне оврага			78,0	75,2	71,3
			1	2	3			
			75,2±1,14	73,0±2,00	69,8±1,483			
			Точки на присклоновом участке			67,3	59,8	54,3
4	5	6						
			59,4±1,140	53,4±2,410	49,8±2,170			

Сравнивая характеристики фактического снижения эквивалентного уровня шума для различных типов участков оврага можно сделать следующие выводы:

1. Овражно-балочный рельеф, по сравнению с равнинным, обладает экранирующими свойствами. Так, на расстояниях до 60 м от линейного источника шума, что соответствует склоновым и присклоновым участкам, наблюдается более интенсивное снижение эквивалентного уровня шума (максимум для участка с источником на дамбе). Из этой положительной динамики выпадает участок с присклоновым расположением линейного источника шума, но и это закономерно, так как на рассматриваемый пространственный отрезок приходится равнинный участок территории.

2. На расстояниях от источника более 60 м кривые для участков с линейным источником на дне оврага и на дамбе идентичны и практически совпадают. На участках с присклоновым расположением источников снижение эквивалентного уровня шума происходит менее интенсивно, чем на других участках.

3. Участки с линейными источниками шума, расположенными на дне оврага и на дамбе не нуждаются в применении дополнительных шумозащитных экранов, в остальных случаях их применение оправдано.

Таблица 3

Геолого-морфологический анализ городских оврагов

Город	Геологическое строение овражно-балочных территорий	Геологические процессы	Функциональное использование	Санитарно-гигиеническое состояние
Города, подчиняющие рельеф				
Брянск (овраги занимают правый склон р.Десны)	Суглинок лессовидный; Мергели опоковидные; Мел; Мелкозернистые пески и алевроиты с прослоями глин;	Суффозия Оползнеобразование Просадка Овражная эрозия	Дачи, малоэтажная и многоэтажная застройка, промышленные предприятия, автомобильные магистрали	Свалка бытовых и промышленных отходов; многие родники не каптажированы
Смоленск (овраги занимают правый и левый берег р.Днепр)	Суглинок лессовидный Известняк доломитизированный Мергель доломитизированный Глина опесчаненная Песчаник плотный	Суффозия Оползнеобразование Просадка Овражная эрозия	Дачи, малоэтажная и многоэтажная застройка, промышленные предприятия, автомобильные магистрали	Свалка бытовых и промышленных отходов; многие родники не каптажированы, русла ручьев не расчищены
Нижний Новгород (овраги занимают правый берег р.Оки и Волги)	Суглинок лессовидный Алевроитовый мергель с прослоями глины Гипс	Оползнеобразование Осыпи Промоины Просадка Овражная эрозия	Некоторые овраги ликвидированы, автомагистрали, дачи, зеленые зоны, застройка	Свалка отходов
Города, подавляющие рельеф				
Самара (овраги занимают левый берег р.Волги)	Суглинок лессовидный Глина Известняк доломитизированный Гипс	Карст Подтопление Просадка Оползнеобразование Овражная эрозия	Некоторые овраги ликвидированы, застройка, карьерные выработки, автомагистрали	Сброс сточных вод, свалки отходов
Волгоград (овраги занимают правый берег р.Волги)	Лессовидный суглинок Песок Песчаник Глина	Суффозия Просадка Оползнеобразование Подтопление Овражная эрозия Дефляция Осыпи	Некоторые овраги ликвидированы, свалки и полигоны отходов, застройка, дачи	Сброс сточных вод, свалки отходов, родники не каптажированы

Зачастую инженерно-геологические условия являются определяющими при принятии решения об использовании городских оврагов и балок. При этом существует и обратная связь, объекты влияют на геологическую среду, провоцируя опасные геологические процессы. Произведенный анализ

(табл. 3) инженерно-геологических условий в различных городах РФ показал, что строительство автомагистралей осложняется.

Влияние транспортных коммуникаций на экосистему оврага огромно. Воздействие может иметь отдаленные последствия, пролонгированные на многие десятилетия. Овражно-балочные территории во многих городах еще пока остаются зелеными островами, поэтому при принятии решения об освоении этих зеленых зон необходимо обязательно учитывать данный фактор. Так, более приемлемо, их использование для рекреационных целей, а для размещения транспортных коммуникаций необходимо разрабатывать альтернативные проекты.

Таким образом, в результате исследований можно сделать следующие выводы:

1. Городские овраги имеют высокую средозащитную эффективность. В них складывается стабильный экологический и аэрационный режимы.

2. Овражно-балочный рельеф выполняет экранирующую функцию.

Многие городские овраги и балки являются местом обитания редких видов, поэтому необходимо охранять эти территории, заботясь о благе будущих поколений, даже при высокой инвестиционной привлекательности данных участков.

Литература

1. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения: Справочник. перев. с англ. / Ренком В.У., Клафи Г., Хамберт С. и др. – М.: Транспорт, 1981 – 592 с.

2. Берлянд, М.Е., Генихович, Е.Л., Грачева, И.Г. Основы расчета загрязнения воздуха в условиях пересеченной местности с учетом термической неоднородности // Тр. ГТО. – 1982. – Вып. 450. – С. 3-17.

3. Буадзе, В.Ш. Борьба с транспортным шумом на сложном рельефе. – М.: ЦНТИ по гражданскому строительству и архитектуре, 1973. – 21с.

4. Вайсман, А.А. Градостроительство и ветер. – СПб.: «Издательство Буховского», 2000. – 232с.

5. Серебровский, Ф.Л. Аэрация населенных мест. – М.: Стройиздат, 1985. – 172 с.

6. Makawa, Z. Simple estimation methods for reduction by variously shaped barriers // Architectural Acoustics. – 1985, vol. 4, p. 369-382.

МЕТОДИКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ВЫБОРЕ МЕСТ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

В.Н. Экзарьян, Д.С. Козловский

Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе
МГРИ-РГГРУ, 117997, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 23, email: ekf.dekanat@yandex.ru,
тел/факс (495)433-51-10

При выборе мест размещения объектов атомной энергетики экологические исследования должны выполняться в три этапа.

Первый этап исследований охватывает большие по площади территории, в пределах которых выделяются перспективные для строительства объектов атомной энергетики районы. Эти исследования выполняются, как правило, в масштабе 1: 500 000 и мельче.

Перспективными районами следует считать территории, в пределах которых отсутствуют (ниже перечислены критерии выбора районов):

- особо охраняемые территории и акватории;
- водоохранные зоны;
- зоны санитарной охраны водозаборов;
- уникальные природные ландшафты;
- незащищенные подземные воды;
- места обитания животных, занесенных в Красную книгу;
- места произрастания флоры, занесенной в Красную книгу;
- лесные массивы Гослесфонда РФ;
- историко-архитектурные, археологические и другие объекты, представляющие национальное достояние РФ.

Кроме этого необходимо учитывать удаленность от крупных городов и населенных пунктов, а также сложившуюся в регионе функциональную инфраструктуру.

Для выделения перспективных районов должны выполняться следующие исследования:

1. Сбор, анализ и обобщение материалов Росгидромета, ресурсных кадастров (лесной, водный, земельный и т.д.), и ранее выполненных исследований, касающихся вышеуказанных критериев выбора перспективных районов.

2. Дешифрирование космических снимков (КС) и аэрофотоснимков (АФС).

3. Камеральная обработка картографического и фактографического материалов с составлением комплекта карт, отражающих состояние природно-ресурсного потенциала территории, современные экологические условия, существующую инфраструктуру и т.д.

Исследования первого этапа могут проводиться в камеральных условиях, т.е. без выезда на объект. Основным видом исследований камеральная обработка материалов. По результатам работ составляется итоговая карта ме-

стоположения перспективных для строительства объектов атомной энергетики районов.

Исследования второго этапа выполняются только в пределах выделенных перспективных районов применительно к масштабам 1:25 000 – 1: 50 000. Целевой задачей исследований является выделение перспективных для строительства объектов атомной энергетики площадок.

Перспективные площадки выделяются путем оценки территории по следующим показателям:

- геолого-гидрогеологическое строение;
- особенности рельефа и геоморфологические условия;
- водоохранные зоны мелких водотоков и водоемов;
- гидрологический режим водных объектов;
- климатические характеристики неблагоприятных метеорологических явлений;
- климатические условия атмосферной дисперсии;
- защищенность подземных вод;
- состояние почвенно-растительных сообществ;
- неотектонические условия территории;
- наличие и степень активности природно-техногенных процессов.

Для выделения перспективных площадок должны выполняться следующие исследования:

1. Рекогносцировочное маршрутное обследование территории.
2. Проходка горных выработок.
3. Опытные гидрогеологические работы.
4. Почвенно-геохимические исследования.
5. Гидрологические исследования и расчеты.
6. Геофизические исследования.
7. Метеорологические и аэрологические исследования.
8. Выборочное опробование компонентов природной среды.
9. Радиационные исследования.
10. Лабораторные работы.
11. Камеральная обработка материала.

Все исследования проводятся последовательно только в пределах выделенных на первом этапе перспективных районов. По результатам исследований второго этапа составляется кадастр перспективных для строительства объектов атомной энергетики площадок. Материалы кадастра могут использоваться для вариантной оценки площадок по различным заданным критериям при выполнении процедуры оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС). По существу, исследования второго этапа должны обеспечить экологическое обоснование выбора места расположения объекта атомной энергетики.

На третьем этапе выполняются собственно изыскания под строительство объекта, включающие инженерно-экологические изыскания. Состав и методика проведения инженерно-экологических изысканий подробно изложена в СП 11-102-97.

По результатам инженерно-экологических изысканий составляются отчет (заключение) и программа создания и ведения мониторинга окружающей среды.

Мониторинговые наблюдения проектируется в зоне возможного влияния объекта атомной энергетики.

Основными функциями мониторинга являются:

– Контроль и наблюдения за состоянием и изменениями компонентов природной среды в зоне влияния объекта.

– Оценка состояние компонентов природной среды.

– Моделирование и прогнозирование изменений природной среды, вызванных воздействием объекта.

– Разработка рекомендаций по принятию управляющих решений.

Предлагаемое поэтапное исследование экологических проблем атомной энергетики позволяет оперативно решать поставленные задачи, оптимизировать виды и объемы исследований и изысканий, применять наиболее эффективные методы получения информации на различных этапах с учетом масштабов исследований.

Литература

1. СП-11-10-02-97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства». – М.: Минстрой России, 1997.

2. Экзарьян В.Н. и др. Методика геоэкологических исследований. – М.: «Щит-М», 2009.

5. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ НА ПРЕДПРОЕКТНЫХ ЭТАПАХ СТРОИТЕЛЬСТВА

НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНО- ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ВЫПОЛНЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ ПРИ ОСВОЕНИИ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА (ПРИМЕР МОСКВЫ)

В.Л. Беляев

Москомархитектура, 125047, г. Москва, Триумфальная пл., д. 1, стр. 1, т.499-766-21-17,
факс 499-766-23-03, Vbeliaev@kpr.mos.ru
Национальное объединение изыскателей 129090 г. Москва, Большой Балканский пер., д. 20,
стр. 1, т. 680-27-15, факс 680-28-83 Vbelyaev2011@mail.ru

Проблема освоения подземного пространства для Москвы сохраняет свою актуальность даже в условиях провозглашения прирезки новых территорий. Причем она актуальна не только для исторического центра города, но и для «Новой Москвы» с учетом характера планируемой застройки, в определенном смысле являясь альтернативой сверх амбициозного проекта.

В Москве ситуация затруднена слабым уровнем государственного управления в области освоения подземного пространства (организационно-управленческий аспект, нормативная правовая база) и сложными инженерно-геологическими условиями. Наиболее важными составляющими при этом являются: песчано-глинистые отложения со специфическими свойствами (пльвуны, пучинистые глины и пр.), закарстованные каменноугольные известняки и доломиты, древние погребенные долины; особенности залегания и динамики подземных вод, опасные геологические процессы: карстово-суффозионные, оползни, подтопление. Геологическая среда подвержена негативным техногенным воздействиям (динамические и статические нагрузки, утечки из водонесущих сетей, откачки подземных вод и т.п.). В свою очередь возведение и эксплуатация подземных зданий и сооружений (далее – ПЗС) также сопровождается воздействием на геологическую среду с отрицательным влиянием на само ПЗС, смежные ПЗС или наземные объекты. Влияние гравитационного поля и тектонических движений также должно учитываться.

Имеются системные проблемы в регулировании проведения инженерных изысканий в целом (далее – ИИ). Согласно п. 15 ст. ГрК РФ ИИ направлены на обоснование материалов, необходимых, прежде всего, для градостроительного проектирования (территориального планирования и планировки территории), являясь, поэтому специальным связующим инструментом граддеятельности.

В то же время, наблюдается нивелирование указанной концептуальной нормы. В самом Кодексе заметен перекокс в сторону стадии подготовки проектной документации¹, что не отвечает традиционной отечественной практике их системного (постадийного) проведения и нормам СНиП [3]. Под девизом «упрощения территориального планирования» в 2011 г. внесены дополнения и изменения в ГрК РФ, упразднившие конкретику обязательного проведения ИИ на стадиях территориального планирования. Не восполнен правовой пробел в части их проведения для обоснования документации по планировке территории.

При формировании новой федеральной государственной информационной системы территориального планирования (ФГИС ТП) игнорируются законодательные нормы о государственном фонде материалов и данных ИИ (далее – ГФМиД ИИ). Все это в итоге приводит к нерациональному использованию территории и существенному снижению безопасности принимаемых проектно-планировочных решений, в т.ч. применительно к подземному строительству.

Ни в ГрК РФ, ни в принятом в его развитие Порядке проведения ИИ [2] специфика изысканий для подземного строительства достаточно не раскрыта. Несколько шире она раскрыта в указанном выше СНиПе и в ряде СП, регулирующих порядок проведения ИИ различных видов (СП 11-102-97, СП 11-103-97; СП 11-104-97; СП 11-105-97 и др.).

Отсутствие нормативного порядка формирования и ведения единого ГФМиД ИИ, затрудняет проведение изысканий, сдерживает координацию с ИСО ГД, и ФГИС ТП, с ведением государственных картографо-геодезического и геологического фондов.² Минрегионом России также до сих пор не утвержден состав отчетов о результатах ИИ.

В то же время, правильная реализация общих федеральных норм и их развитие на региональном уровне в определенной мере позволило бы учесть специфику ПЗС. Однако в московском законодательстве рассматриваемые вопросы отражены крайне слабо. Градостроительный кодекс Москвы не содержит специальных указаний на этот счет. Порядок выполнения ИИ на территории Москвы, утвержденный по согласованию с Минрегионом России

¹ Очевидно, эта тенденция соответствует переходу на западную «геотехническую» систему проведения ИИ, однако механический перенос такой модели в отечественную практику недопустим (см. ниже).

² Отсутствие ГФМиД ИИ снижает эффективность сбора, анализа и обобщения материалов прошлых лет как основного вида ИИ на стадии градпроектирования.

приказом Москомархитектуры от 18.06.2009 № 160 включает лишь единичные нормы применительно к подземным сетям.

Для создания ПЗС наиболее важны инженерно-геологические изыскания, которые должны обеспечивать комплексное изучение инженерно-геологических условий и прогноза возможных изменений. Также важны инженерно-геотехнические изыскания, по сути, вычленимые из инженерно-геологических изысканий. Специальные инструктивно-методические документы по проведению инженерно-геологических изысканий для условий подземного строительства утратили сил¹, поэтому можно руководствоваться только общими нормами СНиП (СП). Кроме того, узаконенная на уровне технического регламента факультативность научного сопровождения ИИ и геомониторинга не гарантирует их проведения даже при строительстве уникальных ПЗС в сложных инженерно-геологических условиях.

Безусловно, все это, прежде всего, требует совершенствования федерального градостроительного законодательства и нормативов с воссозданием (с учетом специфики подземного строительства) системы проведения ИИ в ГрК РФ и подзаконных актах, а также при актуализации СНиПа по ИИ и СНиПа инженерной защите. При этом нужно понимать, что переход к указанной выше геотехнической модели возможен при построении постоянно действующих (дежурных) объемных моделей геологической среды и размещения ПЗС в ней², что потребует существенного и скоординированного развития также смежного законодательства (о геодезии и картографии и о недрах). Минрегиону России также необходимо разработать порядок формирования и ведения ГФМиД ИИ в увязке в частности с госгеолфондами³. Необходимо также предусмотреть законодательную норму об обязательности проведения геомониторинга при возведении уникальных ПЗС в сложных инженерно-геологических условиях.

Одновременно следует совершенствовать и московское градостроительное законодательство (специальная глава по ИИ в Градкодексе Москвы, доработка Порядка выполнения ИИ на территории города⁴). При этом целесообразно указать, что ПЗС в условиях прогресса строительных и горных технологий могут размещаться на территориях любого назначения, однако с учетом планировочных ограничений, устанавливаемых в соответствии с законодательством и с учетом уровня геологического риска. Впрочем, оценка такого риска (опасности) для этапа градпроектирования представляет собой отдельную достаточно сложную научную задачу [1].

¹ Например, Рекомендации по инженерно-геологическим изысканиям для подземного гражданского и промышленного строительства ПНИИИС Госстроя СССР, М.: Стройиздат, 1987.

² Такие модели в последние годы в экспериментальном порядке построены для ряда территорий города Москвы.

³ В Москве предпринимались необоснованные попытки концентрации указанных информационных ресурсов у органов, уполномоченных в сфере использования и охраны недр.

⁴ В ГрК РФ, в свою очередь, необходимо установить, что субъекты РФ принимают такой порядок применительно ко всем стадиям ИИ.

Необходимо указать, что при обосновании проекта Генплана города, а также территориальных или отраслевых схем следует выполнять специальное районирование, оценку ограничений, риска возникновения ЧС, в том числе вблизи отдельных уникальных ПЗС. При этом учитываются сведения ГФМиД ИИ.

Для совершенствования правовых норм разработки документации по планировке территории целесообразно указать, что именно на этой стадии, принимаются принципиальные проектные решения применительно к ПЗС, соответствующие рассмотренным выше специальным положениям Генплана города, территориальным и отраслевым схемам и ПЗЗ города, а также документам технического регулирования и стандартизации, нормативам градпроектирования, результатам ИИ¹ и материалам по обоснованию проекта планировки территории.

Отдельной проблемой также является техническое регулирование при выполнении ИИ в целом и особенно для градостроительного проектирования. В частности это связано с тем, что принятие специального технического регламента в области ИИ проблематично. Поэтому правительству Москвы необходимо инициировать разработку на федеральном уровне «подземных» разделов документов технического регулирования и стандартизации (технические регламенты, национальные стандарты, своды правил и др.), регулирующих аспекты безопасности ПЗС, порядок изысканий и проектирования с учетом факторов развития на московской территории негативных геологических процессов. Соответствующее научно-методическое обоснование для этого проводится. Основная сложность здесь состоит в том, что стадия градпроектирования пока не охвачена техническим регулированием.

Не смотря, на исключительную сложность рассмотренных проблем, появляется надежда на их решение. В частности реализация государственной программы «Градостроительная политика города Москвы на период 2012-2016 гг.» предусматривает в 2012 г. развитие соответствующей нормативной правовой и «нормативно-технической» базы и разработку новой пятилетней программы градостроительного освоения подземного пространства столицы. Хотелось бы верить, что это даст импульс развитию подземной урбанистики, а значит и устойчивому территориальному развитию не только в столице, но и в других крупнейших городах страны, где эта проблема также стала актуальной.

Литература

1. *Belyaev V.L., Potapov B.V.* Increase of safety planning decisions in conditions of development of underground areas on the basis of estimation and management of risks. Engeopro, Moscow. 2011.

¹ Норму о том, что документация по планировке территории должна разрабатываться, в т.ч. с учетом результатов ИИ необходимо внести в ГрК РФ.

2. Постановление Правительства Российской Федерации от 19 января 2006 г. № 20 "Об инженерных изысканиях для подготовки проектной Документации, строительства и реконструкции объектов капитального строительства".

3. СНиП 11-02-96 "Инженерные изыскания для строительства. Основные положения", утвержден Постановлением Минстроя РФ от 29.10.1996 N 18-77.

ОБ УТОЧНЕНИИ ПОНЯТИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ И ПРИРОДООХРАННОМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВЕ

О.В. Бушлаева, В.А. Королев

Геологический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, кафедра инженерной и экологической геологии, 19992, Москва, Воробьевы горы, МГУ, e-mail: Buslaeva.ov@gmail.com

Инженерно-экологические изыскания являются важным видом исследований на предпроектных стадиях строительства многих объектов. До недавнего времени природный комплекс рассматривался и изучался лишь с точки зрения его полезности при хозяйственной деятельности. При этом главным было обеспечение устойчивости того или иного инженерного сооружения. В последние десятилетия в связи с резко возросшими масштабами антропогенных воздействий на природный компонент окружающей среды, а также тенденциями к усилению их последствий, все больше внимания уделяется вопросам устойчивости и сохранности самой природной среды.

На этом фоне наряду с традиционно выполняемыми видами инженерных изысканий (инженерно-геодезическими, инженерно-геологическими и т.д.) в систему инженерных изысканий для строительства были введены инженерно-экологические изыскания [9]. Вместе с тем в этом документе ряд важных понятий не раскрыт и трактуется разными исследователями по-разному.

Согласно [9] под *инженерно-экологическими изысканиями* понимается *самостоятельный вид комплексных инженерных изысканий для строительства, выполняемый для оценки современного состояния и прогноза возможных изменений окружающей природной среды под влиянием антропогенной нагрузки с целью предотвращения, минимизации или ликвидации вредных и нежелательных экологических и связанных с ними социальных, экономических и других последствий и сохранения оптимальных условий жизни населения.*

Инженерно-экологические изыскания являются неотъемлемой частью проектных и строительных работ. Среди основных задач инженерно-экологических изысканий выделим следующие:

- изучение природных и техногенных условий территории, возможность её хозяйственного использования;

- оценка современного состояния природной среды на данной территории;
- выявление неблагоприятных природных и техногенных экологических факторов;
- прогнозирование негативных экологических последствий в процессе строительства и эксплуатации объекта;
- разработка мероприятий для снижения или предотвращения негативных экологических последствий;
- разработка материалов по оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС);
- разработка мероприятий по охране окружающей среды (ООС).

Для выполнения вышеперечисленных видов работ, в первую очередь, необходимо определиться с такими основополагающими, широко употребляемыми понятиями как «природная среда», «окружающая среда», «охрана окружающей среды».

В [1] под окружающей средой понимается *среда обитания и производственной деятельности человека*, а в [2] – *окружающий человека природный и созданный им материальный мир*.

Заметим, что понятие «окружающая среда» является более общим, более широким, чем понятие «природная среда». Окружающая среда включает природную среду и искусственную (техногенную) среду, т.е. природная среда является, хоть и важнейшей, но все же составной частью окружающей среды. Однако в последнее время понятия «окружающая среда» и «природная среда» часто уравниваются и взаимоподменяются. Так, например, в Федеральном законе «Об охране окружающей среды» под «*окружающей средой*» понимается *совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов, а также антропогенных объектов* [12]. Далее в том же законе приводятся определения перечисленных элементов:

«природная среда (далее также – природа) – совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов;

компоненты природной среды – земля, недра, почвы, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, растительный, животный мир и иные организмы, а также озоновый слой атмосферы и околоземное космическое пространство, обеспечивающие в совокупности благоприятные условия для существования жизни на Земле;

природный объект – естественная экологическая система, природный ландшафт и составляющие их элементы, сохранившие свои природные свойства;

природно-антропогенный объект – природный объект, измененный в результате хозяйственной и иной деятельности, и (или) объект, созданный человеком, обладающий свойствами природного объекта и имеющий рекреационное и защитное значение;

антропогенный объект – объект, созданный человеком для обеспечения его социальных потребностей и не обладающий свойствами природных объектов [12].

Из приведенных дефиниций с неизбежностью вытекают следующие неопределенности. Во-первых, не ясно, что конкретно находится под охраной закона – «окружающая среда» или «природная среда». Так, если регулируется охрана окружающей среды, то, следовательно, должна обеспечиваться охрана любого антропогенного объекта. Это означает, что данный закон должен вводить нормы практически любого вида охранной деятельности. Однако, под *охраной окружающей среды* в том же законе понимается *деятельность органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, общественных и иных некоммерческих объединений, юридических и физических лиц, направленная на сохранение и восстановление природной среды, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов, предотвращение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и ликвидацию ее последствий (далее также – природоохранная деятельность)* [12]. Исходя из этого определения, природоохранной следует называть любой вид охранной деятельности.

В соответствии с приведенной выше трактовкой понятия «охраны окружающей среды» перечень подлежащих охране объектов становится по сути бесконечным. Следовательно, бесконечным становится и перечень мероприятий по их охране, а, соответственно, четко систематизировать такие мероприятия и затраты на их осуществление практически невозможно, так как непонятно, что и от чего необходимо охранять.

Таким образом, уравнивание понятий «окружающая среда» и «природная среда» и связанных с ними понятий «охрана окружающей среды» и «охрана природной среды» может привести к неразберихе в решении конкретных вопросов, в том числе и при инженерно-экологических изысканиях.

Нетрудно видеть, что в определении инженерно-экологических изысканий (определение приведено выше) употребляется понятие «*окружающая природная среда*», терминологически синтезирующее вышеперечисленные два понятия. Однако в [4,9] определение этого понятия не приводится. В [2] под понятием «окружающая природная среда» понимается тоже, что и природная среда, а именно *природная составляющая среды обитания и производственной деятельности человечества – часть окружающей среды*. Это же понятие использовалось в законе РСФСР «Об охране окружающей природной среды», действовавшем до 2002 года. В этом законе под «окружающей природной средой» подразумевалась *совокупность естественных компонентов (атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почв, недр) окружающей природной среды, природных комплексов, ландшафтов и объектов, определяющих условия жизнедеятельности человека, обитания животных, растений и других живых организмов* [13]. В такой трактовке категория «окружающая природная среда» полностью соответствует категории «природная среда».

Также следует отметить, что как объект природоохранного законодательства понятие «окружающая среда» в зарубежных экономически развитых государствах стало употребляться в 60–70 гг. XX в., т.е. в то время, когда со-

стояние природы было признано как кризисное. В нашей стране это понятие было введено в оборот позже и впервые фигурировало в Законе РСФСР от 19 декабря 1991 года «Об охране окружающей природной среды» [3].

В работе [7] правильно указывается на некорректность понятия «окружающая среда». В словосочетании «окружающая среда» очевидна тавтология, допущенная при переводе с английского языка – «environment». В литературе и практике природоохранительной деятельности иногда употребляется словосочетание «окружающая человека среда». Применение данного понятия явно подчеркивает *антропоцентрический* подход *природоохранной* деятельности. Ошибочность такого подхода подробно изложена в работе [10].

Задача изыскателя состоит, прежде всего, в том, чтобы обосновать создание единой природно-технической системы (ПТС), функционирующей в оптимальном режиме [5]. Поэтому в качестве объекта инженерно-экологических изысканий должен быть системный объект, характеризующийся прямыми и обратными связями между компонентами этой системы. Под понятием «природно-техническая система» понимается *ассоциация природных и техногенных элементов, взаимодействующих между собой и функционирующих как единая система* [6]. Термин «природно-техническая система», на наш взгляд, адекватно отражает исследуемый природный комплекс, воздействующее на него сейчас или в будущем инженерное сооружение (или любой другой объект хозяйственной деятельности), а также существующие между ними прямые и обратные связи. Применение в инженерно-экологических изысканиях понятия «природно-технической системы» позволяет точнее устанавливать границы производимых исследований.

Согласно [9] в состав инженерно-экологических изысканий входит изучение отдельных компонентов природной среды. Как известно, природная среда включает в себя четыре главных компонента – атмосферу, гидросферу, литосферу и биоту (живую компоненту природной среды). Первые три компонента составляют (по В.И. Вернадскому) биосферу – сложную наружную оболочку Земли – среду обитания живой компоненты [5].

В нормативных документах [4,9] под компонентами природной среды понимаются *воздух, поверхностные и подземные воды, недра (включая грунты, горные породы), почвы, растительный и животный мир*. В [12] это понятие расширено включением в него также озонового слоя атмосферы и околоземного космического пространства.

Заметим, что определения, приведенные в вышерассмотренных нормативных документах, не являются полными. В этих документах упускаются из рассмотрения такие важные природные факторы как геологические процессы, протекающие в литосфере, проявления которых, часто вызывает колоссальные изменения природных систем и приводит к катастрофическим последствиям. Классификация геологических и других процессов по экологическим последствиям предложена в работах [10,11].

Отмеченное выше упущение ярко отражает проблему недостаточности геологизации инженерно-экологических изысканий. Необходимость их дополнения обязательным исследованием геологических факторов (в том числе

изучением современных геологических процессов) и применением соответствующей терминологии подробно рассмотрено в работах [10, 11].

На наш взгляд в приведенных выше определениях подземные воды и недра имело бы смысл объединить под общим понятием «геологическая среда» в терминологии Е.М.Сергеева. По Е.М. Сергееву под понятием «*геологическая среда*» понимается *верхняя часть литосферы, которая рассматривается как многокомпонентная динамическая система, находящаяся под воздействием инженерно-хозяйственной деятельности человека и, в свою очередь, в известной степени определяющая эту деятельность* [8].

Необходимо обратить внимание и на тот факт, что в природоохранном законодательстве понятие «*недра*» имеет иное значение, чем понятие «геологическая среда». Понятие «недра» используется в связи с охраной и рациональным использованием минерально-сырьевых ресурсов литосферы, в то время как термин «геологическая среда» – в связи с использованием ее пространственно-материальных ресурсов (ресурсов геологического пространства) [5].

Итак, с 90-х годов прошлого века, в состав традиционно выполняемых видов инженерных изысканий для строительства включены и инженерно-экологические изыскания. Появилось множество природоохранных нормативных документов. Однако в настоящее время в природоохранных законодательных и нормативных документах наблюдается некоторая путаница в используемых понятиях и определениях, поэтому одной из первоочередных задач является дальнейшее уточнение используемой в них терминологии.

Литература

1. Большая советская энциклопедия / ред. А. М. Прохоров. – 3-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1970-1978. – Т. 1-30.
2. Большой энциклопедический словарь. – М.: Изд-во: АСТ, 2005.
3. *Бринчук М.М.* Экологическое право (право окружающей среды). – М.: Юристъ, 1998.
4. Приказ от 29 декабря 1995 года № 539 об утверждении «Инструкции по экологическому обоснованию хозяйственной и иной деятельности».
5. *Королев В.А.* Мониторинг геологической среды: Учебник / Под ред. В.Т. Трофимова. – М.: Изд-во МГУ, 1995.
6. *Козин В.В., Петровский В.А.* Геоэкология и природопользование. Понятийно-терминологический словарь. – Смоленск: Ойкумена, 2005.
7. *Реймерс Н.Ф.* Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). – М.: Изд-во журнала «Россия молодая», 1994.
8. *Сергеев Е.М.* Инженерная геология – наука о геологической среде // Инженерная геология. – 1979. – № 1.
9. Свод правил по инженерным изысканиям для строительства СП 11-102-97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства» от 10.07.1997 г. № 9-1-1/69.
10. *Трофимов В.Т.* О необходимости совершенствования идеологии инженерно-экологических изысканий и геологизации их содержания // Инженерные изыскания. – 2011. – № 9.

11. Трофимов В. Т., Зилинг Д. Г. Экологическая геология. – М.: Геоинформмарк, 2002.
12. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 №7-ФЗ.
13. Федеральный закон РСФСР «Об охране окружающей природной среды» от 19.12.1991 г. № 2060-1..

КРИТЕРИИ НЕОБХОДИМОСТИ, ПРИОРИТЕТЫ И ПРИНЦИПЫ ПРЕДПРОЕКТНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

**И.В. Дудлер*, С.П. Лярский*,
Е.А. Воронцов**, П.Ю. Шульгин****

* ООО «Энергопроекттехнология» /ГК «Росатом»/, Москва, 115054, Б. Строченовский пер., 6,
тел. (495) 476-45-15, e-mail: div-33@yandex.ru, lsp@mir6d.ru

** Московский государственный строительный университет,
Москва, 129337, Ярославское шоссе, 26, (495) 726-33-29, e-mail: mgsu.sk@mail.ru

С середины 90-х годов прошлого века нормативными документами было закреплено положение о проведении инженерных изысканий на всех этапах жизненного цикла строительных объектов, начиная с изысканий, предшествующих проектированию – так называемых предпроектных изысканий (СНиП 11-02-96). Ситуация изменилась в начале XXI века после издания Закона о техническом регулировании и ряда последующих документов. Градостроительным кодексом РФ (2004 г. с изменениями на 15.03.2010 г.) проведение инженерных изысканий предусматривается только в главе 6 «Архитектурно-строительное проектирование, строительство, реконструкция объектов капитального строительства». Предпроектные инженерные изыскания для территориального планирования, градостроительного зонирования и планировки территории в явном виде не регламентированы. Постановлением Правительства РФ от 16.02.2008 г. № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» предпроектные изыскания фактически отменены. Вместе с тем практика строительства особо опасных, технически сложных, а также уникальных объектов, включая возводимые в городах в условиях плотной и исторической застройки, свидетельствует о необходимости предпроектных изысканий. Это нашло отражение в отдельных методических документах, изданных в последние годы [2, 3], а также в разработанном Государственной Корпорацией «Росатом» проекте свода Правил «Инженерные изыскания для размещения, проектирования и строительства АЭС».

Особая роль предпроектных изысканий в решении задач безопасности населения при строительном освоении территорий была подчеркнута на ряде последних международных конференций [1, 4, 5]. Вместе с тем, далеко не все положения, связанные с постановкой, организацией и проведением предпроектных изысканий, а также с использованием полученной изыскательской

информации, воспринимаются однозначно, имеют правовое и научно-техническое обоснование. Следует вернуться к основным вопросам: в каких случаях необходимы предпроектные изыскания и какими критериями определяется эта необходимость? Не менее значим и ряд других вопросов, в том числе: каковы приоритеты предпроектных изысканий, какие принципы должны быть положены в их основу?

Прежде чем сформулировать ответы, нужно подчеркнуть, что предпроектные инженерные изыскания актуальны для территорий не только **вновь осваиваемых**, но и для **реконструкции ранее освоенных и эксплуатируемых**, в том числе в условиях существующей плотной городской застройки.

Несмотря на специфику изучения указанных территорий, а также ответственность различий в предпроектных изысканиях для **разных типов строительных объектов**¹, изыскания на предпроектной стадии отличаются рядом черт, позволяющих предложить общие критерии их необходимости, выделить приоритеты и принципы проведения. При этом надо учитывать, что принципиальной особенностью всех предпроектных изысканий является изучение значительных площадей возможного размещения объекта и зон его влияния, по которым практически всегда имеется обширный объем фондовых (архивных) изыскательских материалов. Естественно, следует учитывать несколько аспектов оценки предшествующей **изученности природных условий**: полноту комплекса изученных факторов природных условий, масштабы существующих изыскательских съемок, давность изыскательской информации, а также наличие данных о проводившемся мониторинге окружающей среды.

Как известно, предпроектный этап строительного освоения территорий сопряжен с необходимостью принятия широкого спектра управляющих и технических решений. Это решения по размещению строительных объектов, их предварительной компоновке (территориальное планирование) и ряду принципиальных строительных решений (например, предварительный выбор типа фундаментов) [2, 4], а также решения о необходимости и составе системы инженерной защиты территории, зданий и сооружений от опасных природных и природно-техногенных процессов. На основе соответствующей изыскательской информации составляется целый ряд проектных документов, в том числе материалы обоснования лицензии на размещение (для АЭС), обоснование инвестиций и оценку воздействия объекта на окружающую среду (ОВОС), а также принимаются решения об отводе земель, открытии финансирования проектных работ. Для АЭС дополнительно составляется предварительный отчет по обеспечению безопасности.

¹ Так, например, для АЭС – это выбор пункта (10х10 км) и площадки (3х3 км) размещения АЭС; для ГЭС – изыскания для обоснования схемы водно-энергетического использования реки, территории размещения створа гидротехнических сооружений и зоны водохранилища; для линейных сооружений – изыскания с целью обоснования их трассы и т.д.

Для большинства строительных объектов приоритетную роль играют инженерно-геологические изыскания, оценка и прогнозирование особенностей взаимодействия разных объектов с геологической средой. Это во многом определяет условия (критерии) необходимости их выполнения на предпроектном этапе освоения или реконструкции территорий. В общем случае следует выделять *две группы таких критериев*.

Первая группа – определенная категория строительных объектов, взаимодействующих с геологической средой, вторая группа – природные или природно-техногенные условия, при которых для обоснования *размещения строительных объектов и предварительной проработки ряда проектных решений, в том числе вариантов генеральных планов*, предпроектные изыскания строго обязательны.

Критериями для выделения первой группы являются:

– высокая степень опасности строительного объекта для окружающей среды (например, объекты захоронения радиоактивных веществ);

– высокая степень сложности строительного объекта и/или опасность его разрушения для окружающей среды и населения (например, высотные многофункциональные комплексы, высокие плотины);

– повышенная сложность комплекса зданий и сооружений, входящих в строительный объект, отличающихся широким спектром воздействий на геологическую среду, разной конструкцией и чувствительностью к опасным геологическим/инженерно-геологическим процессам (например, крупный энергетический или промышленный объект);

– значительная протяженность наземного, подземного или подводного строительного объекта, трасса которого проходит через различные регионы или участки с существенно отличающейся геологической обстановкой (например, магистральные газопроводы, тоннели метрополитена);

– значительная площадь территории строительного освоения, требующая комплексного градостроительного зонирования (например, расширение или реконструкция городов, строительство крупных поселений).

Критериями для выделения второй группы являются:

– значительная сложность природных условий, отдельные компоненты и параметры которых или их группы по предварительной оценке могут являться факторами, исключающими или ограничивающими возможность строительства конкретного строительного объекта в этих условиях (например, высокая сейсмичность, опасность цунами, схода снежных лавин, оползней и т.д.);

– высокая степень техногенных изменений природных условий, в том числе негативное изменение экологической обстановки (например, подработанные территории, зоны распространения гидроотвалов, хранилищ твердых бытовых отходов, загрязнения грунтов нефтепродуктами и т.д.).

Опыт проведения инженерно-геологических изысканий в Московском столичном регионе показывает, что во всех случаях планируемой квартальной застройки, при которой, как правило, рассматривается вариантное размещение зданий и сооружений, предпроектные изыскания остро необходимы,

даже применительно к возведению относительно несложных объектов. К сожалению, часто предпроектные изыскания на городских территориях фактически подменяются анализом предварительных материалов инженерно-геологических изысканий, выполняемых по техническим заданиям для стадии проекта. Подобная ситуация во многом обусловлена особенностями получения исходно-разрешительной документации, финансирования проектно-изыскательских работ и жесткими сроками проектирования. Негативным следствием такой практики являются необоснованное завышение объемов изыскательских работ и принятие часто неоптимальных проектных решений по «посадке» сооружений.

Приоритетами предпроектных инженерных изысканий следует считать:

1) выявление факторов, исключających и/или ограничивающих возможность размещения в заданном районе конкретных видов строительных объектов;

2) изучение конкурирующих пунктов и площадок размещения строительных объектов с обоснованием приоритетных по наиболее благоприятным условиям (с минимальным числом ограничивающих факторов);

3) изучение не только площади планируемого размещения в границах намечаемого строительного объекта, но и зоны его влияния на окружающую среду, особенно в пределах зоны существующей эксплуатируемой застройки;

4) зонирования территории по степени влияния планируемого строительного объекта на окружающую среду;

5) установление, в случае изучения ранее освоенных строительством территорий, характера техногенных изменений природной среды и составление предварительных прогнозов ее дальнейших изменений под влиянием строительства намечаемого объекта;

6) представление изыскательской информации, необходимой и достаточной для предварительной проработки ряда проектных решений, в том числе по основаниям, фундаментам и системе инженерной защиты территории, зданий и сооружений от опасных природных и природно-техногенных процессов;

7) обоснование рекомендаций к программе дальнейших изысканий для стадий проектирования, включая рекомендации к организации и ведению мониторинга окружающей среды в пределах рассматриваемой территории.

Анализ существующего опыта проектно-изыскательских работ свидетельствует о необходимости руководствоваться следующими **принципами при проведении предпроектных инженерно-геологических изысканий**:

1) выполнения инженерно-геологических изысканий в комплексе с другими основными видами изысканий;

2) районирования изученных территорий и ранжирования конкурентных пунктов/площадок размещения строительных объектов по степени благоприятности инженерно-геологических и геоэкологических условий [5];

3) ретроспективного анализа техногенных изменений природной среды на ранее застроенных территориях и предварительного прогнозирования воз-

можных дальнейших изменений под влиянием возведения и эксплуатации намечаемого строительного объекта;

4) зонирования территории по степени влияния планируемого строительного объекта на окружающую среду;

5) вариантности проектных решений, включая объекты и мероприятия инженерной защиты от опасных природных процессов.

При постановке предпроектных изысканий следует также учитывать **возможность широкого повторного использования соответствующих изыскательских материалов**. Например, для размещения и проектирования других строительных объектов, пополнения региональных геологических фондов, составления или уточнения комплекта крупномасштабных геологических карт, проверки ранее сделанных прогнозов техногенных изменений геологической среды, оценки эффективности реализованных защитных мероприятий от опасных геологических/инженерно-геологических процессов и т.д.

Техническим регламентом РФ «О безопасности зданий и сооружений» (2009 г.) предусматривается завершение в 2012 году актуализации нормативных документов в области строительства. В свете изложенных выше положений представляется крайне важным закрепить в актуализируемых нормативных документах: необходимость проведения инженерных изысканий на предпроектных этапах строительного освоения и реконструкции ранее освоенных территорий; перечень строительных объектов, для которых проведение инженерных изысканий на предпроектных этапах является строго обязательным; перечень природных и природно-техногенных условий, в которых решения о размещении новых или реконструкции существующих строительных объектов и дальнейшем строительном освоении территорий должны приниматься только после выполнения предпроектных изыскательских работ.

В соответствующих технических нормативных документах должны быть закреплены приоритеты и принципы, а также оптимальная технология производства предпроектных инженерных изысканий.

В докладе приводятся и обсуждаются характерные примеры проведения предпроектных инженерно-геологических изысканий для разных типов объектов.

Литература

1. Дудлер И.В., Воронцов Е.А. Системный подход к инженерным изысканиям для строительства многофункциональных высотных зданий и комплексов / 10-я Юбилейная международная специализированная выставка «Инвестиции, Строительство, Недвижимость» REALTEX-2005. МГСУ. Семинар «Высотные и большепролетные здания. Технология инженерной безопасности и надежности». – М., 2005. – С. 15-17.

2. МДС 50-1.2007. Проектирование и устройство оснований, фундаментов и подземных частей многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов. – М.: ФГУП «НИЦ «Строительство», 2007.

3. Общие положения к техническим требованиям по проектированию жилых зданий высотой более 75 м. Правительство Москвы, Москомархитектура, 2002.

4. Хайме Н.М., Дудлер И.В., Ойзерман М.Т. Проблемы актуализации нормативной базы инженерных изысканий для строительства АЭС // Сергеевские чтения. Вып. 12. – М., 2010. – С. 70-75

5. Dudler I.V., Khayme N.M. Significance and Principles of Engineering Site Investigations for Guarantee of People Safety on the Territories of Especially Hazardous and Technically Complicated Constructions Installation.// Environmental Geosciences and Engineering Survey for Territory Protection and Population Safety. International conference EngeoPro-2011. – Moscow, 6-8.09.2011. – P. 239-240.

КЛЮЧЕВОЙ ВОПРОС СОВРЕМЕННЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

В.П. Костарев, С.А. Виноградова

ВерхнекамТИСИЗ, 614016 Пермь, ул.Куйбышева, 52, тел. 239-31-55
Факс 239-33-08, E-mail: vktisiz@lacos.org

Ключевых вопросов инженерно-геологических изысканий для строительства много. И опытный профессионал–изыскатель может составить не односторонний перечень. Но изначально при обязательном (в соответствии с Системой нормативных документов в строительстве [4], скоропалительно отмененной) инженерно-геологическом сопровождении любой задумки в строительном освоении территорий использование материалов прошлых лет – неперенный атрибут изучения природных условий и техногенных факторов осваиваемых земельных участков, то есть инженерных изысканий. В строительных нормах и правилах по инженерным изысканиям недалекого прошлого [3] экономное расходование материальных и трудовых ресурсов, качество планирования и организации (в том числе разработки программы исследований), проведения полевых и камеральных работ и составления технического отчета во многом определялись обязательным применением результатов исследований (включая научные публикации) и изысканий предыдущих времен. Полнота использования материалов, как и соблюдение требований нормативных документов периодически (в основном с заданной повторностью) контролировались профессиональными комиссиями Госстроя СССР. Нынешние проверки, уже проходящие в период саморегулирования, ближе к чисто формальным и, как правило, сути не отражающим.

А ведь этот вид работ (сбор и анализ, а, следовательно, использование материалов исследований прошлых лет) стоит первым в составе инженерно-геологических изысканий [5] и является обязательным, особенно для стадии предпроектной документации. Важен он и на последующих стадиях.

Но чаще всего в техническом задании заказчика на выполнение инженерно-геологических изысканий в этом пункте (Сведения о наличии материалов ранее проведенных инженерных изысканий и исследований) мы получаем «прочерк», в смете и договорах «забываем» отразить сложность получения материалов. В программе изысканий, а затем и в техническом отчете по их результатам раздел «Изученность инженерно-геологических условий» «комкаем» или исключаем, забывая о том, что именно добросовестная оценка изученности (а не перечень проведенных ранее работ) природных условий и техногенных факторов территории (ее инженерно-геологической обстановки) позволяет объективно (вкуче с данными по намечаемому к строительству объекту) определить виды (разновидности) и объемы предстоящих (необходимых) инженерно-геологических изысканий.

Особенно важны итоги исследований прошлых лет при изучении и прогнозе развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов, в частности, подтопления и карста, латентных, динамично развивающихся в техноприродных условиях, трудно и сложно прогнозируемых и порой приводящих к весьма печальным последствиям [3]. С другой стороны, квалифицированный сбор, качественные анализ и обработка материалов изысканий и исследований прошлых лет (например, среднемасштабного геологического и гидрогеологического картирования и опубликованных работ) с инженерно-геологическим обследованием территории могут стать основным критерием предварительной оценки карстоопасности в районах древнего карбонатного карста. Подобное произошло на одном из ответственных объектов Свердловской области, изучаемом с 1955 г., но так и не знающим специальных карстологических исследований.

Одной из основных причин, обуславливающих невыполнение первого вида инженерно-геологических изысканий, стала чрезмерно спешная приватизация 90-х гг. При проведении ее «забыли» о территориальных фондах изыскательских организаций, зачастую создаваемых и живущих (вопреки всему) за собственный счет (особенно в последнее двадцатилетие) организации – фондодержателя. Свободный доступ к другим фондам и архивам, как правило, закрыт.

Отсутствие внешнего контроля и необязательность выполнения требований нормативных документов, более всего после ликвидации территориальных изыскательских организаций и принятия Федерального закона «О техническом регулировании» (№184-ФЗ от 27 декабря 2002 г.), усугубили положение. Саморегулирование, введенное практически без подготовки и с нарушением Федерального закона «О саморегулируемых организациях» в части наличия самостоятельной нормативной базы, не спасает ситуацию и не уменьшает количество недостатков, присущих современным инженерно-геологическим изысканиям практически повсеместно [1]. Среди них слабый анализ и неэффективное использование материалов изысканий прошлых лет, поверхностное изучение опасных геологических процессов и недостаточная обоснованность гидрогеологического прогноза.

Восстановление и создание территориальных и Федерального фондов комплексных инженерных изысканий – неотложная задача общегосударственного масштаба. Она напрямую связана с порядком проведения изысканий, установление которого (с учетом формирования фондов) передано Правительством РФ (постановлением от 19 января 2006 г. №20) исполнительной власти субъектов страны, которая почему-то очень редко использует эту возможность, порой подвергая риску доверяющее ей местное население.

Начиная с конца 80-х гг. (со времени создания кооперативов и временных творческих коллективов по выполнению инженерных изысканий, а затем ликвидации многочисленных проектно-изыскательских организаций, не выдержавших условия дикого рынка) утеряны и нередко не подлежат восстановлению многие изыскательские материалы. И наиболее важные из них – с фактами проявления негативных и опасных инженерно-геологических процессов, изучение которых всегда требует продолжительного времени и непосредственно влияет на качество прогноза, то есть на обеспечение безопасности зданий и сооружений. Существенно страдает при этом информационное обеспечение градостроительной деятельности. Происходящее сегодня (включая выдачу допусков к изысканиям непрофессионалам) граничит, по существу, с преступлением или им является.

Даже при разработке концепции геологической безопасности территорий субъектов не отражаются условия формирования исходных данных, и редко обсуждается кондиционность среднемасштабного геологического, гидрогеологического и инженерно-геологического картирования, выполненного в основном в далекие 60-70-е годы прошлого столетия.

Решение по государственным фондам, их функционированию и порядку финансирования должно быть принято безотлагательно. Опираясь на седьмую главу Градостроительного кодекса РФ, а также постановления Правительства России от 19.01.2006 г. №20, от 16.02.2006 г. №393 и от 16.02.2008 г. №87, целесообразно начать с формирования территориальных фондов и в первую очередь в регионах со сложными инженерно-геологическими условиями, где необходима (целесообразна) инженерная защита от сочетания взаимообусловленных опасных природных и техноприродных процессов [6].

Очевидно и более быстрое решение: при актуализации положений СНиП 11-02-96 [5] определиться с государственным Федеральным и региональными фондами и восстановить институт базовых территориальных изыскательских организаций (возможно, на конкурсной основе, через каждые 5-7 лет), сыгравший положительную роль в становлении и развитии инженерных изысканий в стране. Только с помощью территориальных организаций осуществимы квалифицированное создание и качественное ведение банка инженерно-геологических данных.

Литература

1. Костарев В.П, Виноградова С.А. О качестве инженерно-геологических изысканий и их негосударственной экспертизе // Сергеевские чтения. Вып. 12. – М.: РУДН, 2010. – С. 47-51.
2. Красноштейн А.Е., Барях А.А., Санфиоров И.А. Березники: риски и реалии // ГеоРиск. – 2007, декабрь. – С. 4-6.
3. СНиП 1.02.07-87. Инженерные изыскания для строительства. – М.: ПНИИ-ИС Госстроя СССР, 1988. – 104 с.
4. СНиП 10-01-94. Система нормативных документов в строительстве. Основные положения. – М.: Минстрой России, 1994. – 22 с.
5. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. – М.: ПНИИИС, 1997. – 44 с.
6. СНиП 22-02-2003. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. – М.: ПНИИИС, 2004. – 42 с.

О НЕОБХОДИМОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ НА ПРЕДПРОЕКТНОЙ СТАДИИ СТРОИТЕЛЬСТВА КАРЬЕРОВ

С.Г. Медведева, В.А. Королёв

Кафедра инженерной и экологической геологии, 119991, РФ, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д.1. Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, тел. 8-910-525-33-05, e-mail twelanis@mail.ru

Освоение территорий месторождений строительных материалов (МСМ) традиционно не считается сложным мероприятием, которое может привести к негативным последствиям, так как не предполагает активного химического, радиационного и иного загрязнения ни территорий, отведённых под строительство карьеров, ни прилегающих к ним площадей. Тем не менее, уже на предпроектной стадии строительства карьеров по разработке МСМ, по нашему мнению, необходимы не только инженерно-геологические, но и инженерно-экологические изыскания. Проиллюстрируем этот тезис для МСМ территории Калужской области [4-7].

Подавляющее большинство МСМ Калужской области приурочено к четвертичным отложениям и относится согласно «Классификации...» [3] ко 2-ой группе как небольшие линзообразные или неправильной формы месторождения с невыдержанным строением и резко изменчивой мощностью полезной толщи или непостоянным качеством песка и песчано-гравийного материала. Это обуславливает достаточно простые горнотехнические условия разработки и минимальное количество обязательных технологических операций вплоть до полного их отсутствия. В связи с этим в комплекс геологораз-

ведочных работ, проводимых на предпроектной стадии, инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания включаются либо в сокращенном виде, либо полностью отсутствуют. На практике проводятся лишь геологоразведочные работы, направленные на уточнение геологического строения МСМ и определение качества полезного ископаемого, и инженерно-геодезические изыскания. При определении качества сырья обязательным является исследование радиологических свойств, поскольку территория Калужской области попала в шлейф радиоактивных выбросов Чернобыльской АЭС в период аварии на четвертом блоке в 1986 г. Качество и химический состав вскрышных пород изучается лишь для исключения их использования как попутного полезного ископаемого.

Таблица 1

Содержание элементов в почве (мг/кг)

№ точки	год	As	Cu	Co	Ni	Zn	Sr	Cs	V	S
1	2001	4,45	7,95	-	-	-	-	-	-	-
	2011	11,19	20,33	8,62	10,11	90,0	102,1	4,58	84,86	548,48
2	2001	1,85	5,2	-	-	-	-	-	-	-
	2011	9,67	9,0	5,3	0,0	34,86	99,45	4,1	51,25	617,21
3	2001	3,45	16,5	-	-	-	-	-	-	-
	2011	6,54	21,54	5,26	13,13	54,32	127,0	4,89	56,87	532,3
4	2001	2,9	7,7	-	-	-	-	-	-	-
	2011	8,6	7,7	5,58	0,0	43,58	96,89	5,54	71,88	583,99
6	2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2011	8,74	11,4	0,0	11,48	95,64	306,18	2,37	52,12	462,14
ПДК		2	3*	5	4	23			150	160
кларк		1,7	100	37	150	120	140	3,7	140	480

* Курсивом даны ПДК подвижной формы элементов.

Однако отсутствие инженерно-экологических данных об исходном состоянии территорий МСМ осложняет оценку уровня их техногенного загрязнения на этапе разработки и затрудняет составление рекомендаций для рекультивации. Например, в результате проведенных в 2001 и в 2011 г. исследований химического состава почв на прилегающей к Ново-Пятовскому карьеру территории (Дзержинский район Калужской области) выявлено повышенное содержание мышьяка и серы, а также наличие стронция и цезия (табл. 1). Но в связи с отсутствием анализов почвенного состава на препроектной стадии точно установить, является ли их источником собственно разработка месторождения, не представляется возможным.

При этом в сравнении с кларком вещества содержание мышьяка составляет 1,1-6,6 кларка, меди – 0,05-0,2 кларка, кобальта – 0-0,2 кларка, никеля – 0-0,09 кларка, цинка – 0,3-0,8 кларка, стронция – 0,7-2,2 кларка, цезия – 0,6-1,5 кларка, серы – 0,96-1,3 кларка.

Фоновые концентрации элементов, определённые в почвах вне зоны локального загрязнения, характерные для Российской Федерации, приведены в табл. 2 [2].

Таблица 2

Фоновые концентрации элементов (мг/кг)

Место наблюдения	As	Cu	Co	Ni	Zn	Sr	V
Наро-Фоминский р-н (Моск.обл.)	-	11	8	16	40	-	-
Верхнее Поволжье	-	9,2-14	3,2-8,2	21-37	78-154	-	-
Омская обл.	9,1	25	<10	37	56	162	68

При сопоставлении литературных данных и результатов собственных исследований почв прилегающей территории карьера очевидно, что концентрации меди, кобальта и никеля не превышают фоновые содержания этих элементов, а содержания цинка, стронция и ванадия несколько выше фонового.

В 2011 г. было проведено исследование указанной территории МСМ на предмет изучения загрязнения почв полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ) [6,7]. Они представляют собой сложные органические соединения, состоящие из трёх – шести бензольных колец; ряд ПАУ обладает свойствами канцерогенов, мутагенов либо токсикантов. В отобранных пробах нами определялось 16 приоритетных ПАУ.

Из 16 приоритетных ПАУ в образцах преобладают 9: бенз(а)пирен (B(a)P), фенантрен (Phen), антрацен (Antr), флуорантен (Flt), пирен (Pyr), бенз(а)антрацен и хризен (BaA+Chrys), бенз(b)флуорантен и бенз(k)флуорантен (BbF+BkF); содержание остальных ПАУ ниже предела обнаружения. Бензперилен (BPL) присутствует в пробах растительности, но в почве и подстиляющем грунте его содержание ниже предела обнаружения. Из этих соединений B(a)P относится к сильным канцерогенам и мутагенам; BbF – к сильным канцерогенам; BaA – к канцерогенам; Antr, Chrys и BPL – к сомнительным канцерогенам, но мутагенам; Flt и BkF – к мутагенам [6].

Содержание бенз(а)пирена на всей площади, прилегающей к карьере, ниже ПДК. Однако при сравнении с фоновой площадкой выявлено превышение содержания бенз(а)пирена в растительности в 3,8-4,3 раза, в почве в 4,3 раза и в подстиляющем грунте в 2,5 раза в пробах, отобранных на площадках, расположенных с подветренной стороны от карьера. Также в пробах этих площадок наблюдается значительное превышение уровня других ПАУ относительно их фонового содержания.

Содержание бенз(а)пирена в растительности, почве и подстиляющем грунте, связанное исключительно с ведущейся разработкой МСМ, близко к

уровню бенз(а)пирена, обусловленному выхлопами автотранспорта, в точке № 3, находящейся у автотрассы.

Для оценки источника поступления ПАУ нами были использованы коэффициенты А и В согласно [1]:

$$A = (Pyr + B(a)P) / ((Phen + Chrys);$$

$$B = Antr / (Antr + Phen).$$

При $A > 1$ – источник считается антропогенным; при $B > 0,1$ – источником являются продукты горения (табл.3).

Таблица 3

Оценка источника загрязнения

№ точки	№ пробы	А	В
1	1-1А	>1	> 0,1
3	3-1А	>1	> 0,1
4	4-1А	<1	> 0,1
6	6-1А	>1	> 0,1

Из приведенных данных видно, что доля техногенных источников загрязнения почв территории МСМ опасными ПАУ достаточно велика.

Основным источником загрязнения среды ТМ и ПАУ при отработке МСМ являются выхлопы от работающего карьерного транспорта. В случае Ново-Пятовского месторождения это бульдозеры, применяемые на вскрышных работах, и автосамосвалы, вывозящие горную массу, поскольку на карьере используются экскаваторы с электродвигателями.

Преимущество проведения анализа на ПАУ состоит в том, что при отсутствии исходных характеристик химического состава почв и грунтов, возможно провести оценку источника загрязнения. В настоящее время анализ ПАУ на предполагаемых к разработке территориях МСМ не проводится.

Таким образом, целью инженерно-экологических изысканий на предпроектной стадии разработки МСМ должны являться сбор исходной эколого-геологической информации о состоянии эколого-геологических условий на территории МСМ и их нормативно-правовая оценка. Эта информация необходима также и для составления ОВОС на осваиваемой территории МСМ.

В состав этих исследований должны входить комплекс методов изучения исходного (до разработки МСМ) состояния основных компонентов эколого-геологической системы:

1) оценка состояния абиотических компонентов территории МСМ: подпочвенных грунтов, подземных вод, особенностей проявления опасных экзогенных геологических процессов и т.п.;

2) оценка состояния биотических компонентов территории МСМ: почв, растительности, почвенных и наземных организмов, санитарно-гигиенических условий.

При этом существенное внимание должно уделяться анализу исходного содержания в указанных компонентах токсичных загрязняющих веществ, выявлению источников их поступления (природных или/и техногенных). Кроме

того, необходим предварительный анализ возможного изменения экологической ситуации на территории за счет самого процесса разработки МСМ: добычи полезного ископаемого, его складирования, предварительной подготовки, транспортировки и т.п.

Выводы

1. Необходимо обязательное проведение инженерно-экологических изысканий на предпроектной стадии строительства карьера месторождений строительных материалов вне зависимости от сложности геологических и горнотехнических условий предполагаемой разработки.

2. Целесообразно введение в комплекс инженерно-экологических изысканий анализа на содержание ПАУ для установления фоновых уровней и дальнейшего мониторинга динамики загрязнения как универсального индикатора загрязнения.

Литература

1. *Габов Д.Н.* Критерии загрязнения почв ПАУ // Экология и промышленность России. – 2008, ноябрь. – С. 45.

2. Загрязнение почв Российской Федерации токсикантами промышленного происхождения в 2009 г. // Ежегодник. – Обнинск: ГУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2010. – 138 с.

3. Классификация запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. – М, 1997. – 16 с.

4. *Медведева С.Г., Королёв В.А.* Экология и защита окружающей среды на территориях месторождений строительных материалов Калужской области // Труды X межд. научн. конф. «Новые идеи в науках о Земле», Москва, РГГРУ, 12-15 апреля 2011. – М.: РГГРУ, 2011. – Т. 3. – С. 33.

5. *Медведева С.Г., Королёв В.А.* Эколого-геологические особенности разработки месторождений строительных материалов // Труды XI межвуз. молодёжн. научн. конф. «Школа экологической геологии и рационального недропользования», Санкт-Петербург, 30 мая-3 июня 2011. – СПб.: СПбГУ, 2011. – С. 254-256.

6. *Медведева С.Г., Королёв В.А.* Содержание тяжёлых металлов и полициклических ароматических углеводородов в системе «растение-почва-подстилающий грунт» на Ново-Пятовском карьере известняков (Калужская область) // II межд. научно-практич. конф. «Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы», Воронеж, 4-6 октября 2011. – Воронеж: «КОМПИР» Центр документации, 2011. – С. 166-168.

7. *Медведева С.Г., Королёв В.А.* Воздействие разработки месторождений строительных материалов на окружающую среду (на примере Ново-Пятовского карьера, Калужская область) // XXII конф. молодых учёных, посвящённая памяти чл.-корр. АН СССР К.О. Кратца, «Геология и геоэкология: исследования молодых», Апатиты, 8-10 ноября 2011. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2011. – С. 27-30.

ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ РАДОНООПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРЕДПРОЕКТНЫХ ЭТАПАХ СТРОИТЕЛЬСТВА

П.С. Микляев*, **Т.Б. Петрова****, **А.Л. Дорожко***, **В.М. Макеев***

* Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва, Уланский пер., д. 13,
тел. (495) 624-41-14, e-mail: peterm7@inbox.ru

** МГУ им. М.В. Ломоносова, химический факультет, тел. (495) 939-23-32,
e-mail: alpinzayac@mail.ru

В настоящее время оценка потенциальной радоноопасности территорий на предпроектных этапах строительства практически не проводится. Главным образом это связано с расплывчатыми формулировками в нормативных документах, регламентирующих этот вид исследований. В строительных нормах СП 11-102-97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства» в части, касающейся исследований на предпроектной стадии, приведены лишь общие слова о необходимости выявления некоторых косвенных признаков повышенного радоновыделения из грунтов. Основные исследования радоноопасности, заключающиеся, главным образом, в измерениях ППР непосредственно на участке строительства, предусмотрены на стадии проекта. Согласно «Основным санитарным нормам обеспечения радиационной безопасности» ОСПОРБ-99/2010, нормирующим показатели радоноопасности (п. 5.1.6): «При выборе участков территорий под строительство зданий жилищного и общественного назначения выбираются участки с плотностью потока радона не более 80 мБк/м²с. При проектировании здания на участке с плотностью потока радона более 80 мБк/м²с в проекте должна быть предусмотрена система защиты здания от радона». Естественно, что санитарные нормы не регламентируют ни стадию строительства, на которой необходимо проводить такого рода исследования, ни конкретные размеры участка исследований, ни методы определения ППР. В результате в инженерно-экологических изысканиях как-то сама собой устоялась практика, согласно которой оценка потенциальной радоноопасности территорий проводится только на стадии проекта путем непосредственных измерений ППР только в пределах контуров проектируемых объектов. На предпроектных этапах, когда точное положение габаритов проектируемых сооружений неизвестно, исследований потенциальной радоноопасности в большинстве случаев не проводится вообще. Иногда, на предпроектных этапах изысканий, как правило, под небольшие микрорайоны, измеряют ППР по разреженной регулярной сети на всей территории проектируемого строительства, что вообще говоря, имеет мало смысла, т.к. просто дублирует проектные изыскания.

Однако, специальные исследования поведения радона в грунтовых массивах и поступления его из грунтов в здания, а также опыт многочисленных измерений ППР на участках строительства [3] показывает, что для оценки потенциальной радоноопасности недостаточно однократно зафиксировать величину ППР на территории строительства, тем более, ограниченной только

контуром сооружения. Необходим долгосрочный прогноз среднегодового значения плотности потока радона из грунтов основания в проектируемое здание [3].

Основные недостатки применяющегося в настоящее время подхода связаны с тем, что непосредственные измерения ППР на поверхности ненарушенного грунтового массива характеризуют лишь его самый верхний слой, мощностью от 1 до 3 м. Это делает метод ППР неэффективным в особенности на платформенных территориях, закрытых чехлом покровных рыхлых отложений, которые создают свою структуру радонового поля, и скрывают, затушевывают тем самым радоновые аномалии, связанные с эманулирующими объектами, залегающими глубже. Так, например, слой нерадиоактивных слабопроницаемых или водонасыщенных отложений, мощностью около 3 м, перекрывающий высокордиоактивные породы, может полностью экранировать поступление радона к поверхности [3]. Такие участки по существующим нормам признаются безопасными, хотя очевидно, что при заглублении фундамента проектируемого сооружения на глубину 3 м и более, интенсивность поступления радона в здания может быть весьма высокой. Широко распространена и обратная ситуация, когда высокие потоки радона, формируются в приповерхностном слое покровных суглинков с повышенным природным содержанием радия, мощностью всего 1 м, подстилающимся слаборадиоактивными отложениями [3, 4]. В результате безопасный в целом участок ошибочно классифицируется как радоноопасный. Нестабильность плотности потока радона во времени еще более затрудняет оценку радоноопасности, т.к. ППР, полученная по результатам однократных измерений, явно не соответствует среднегодовому значению [2]. Кроме того, исследования на этапе проекта в пределах участков, ограниченных контуром проектируемых сооружений, в рабочем масштабе 1:500 – 1:2000 не дают необходимой и достаточной информации для выявления аномалий, связанных с крупными геологическими телами и, в особенности, с широкими и протяженными зонами трещиноватости, перекрытыми рыхлыми отложениями.

Таким образом, инженерно-экологические изыскания в части оценки потенциальной радоноопасности, выполняющиеся на стадии проекта в настоящее время неэффективны. Оценка потенциальной радоноопасности может быть выполнена на основе комплексных радиогеоэкологических исследований, задача которых – выявление в геологической среде аномальных радоновых полей, анализ возможных механизмов поступления радона в проектируемые здания и оценку потенциальной опасности радона для проживающего на данной территории населения. Проведение подобных исследований возможно на предпроектном этапе строительства при разработке генеральных планов населенных пунктов, проектов детальной планировки и проектов застройки отдельных микрорайонов в масштабах 1: 25 000 – 1:100 000.

В общем случае аномальные радоновые поля могут быть связаны с двумя причинами (двумя типами эманулирующих объектов) [3,4]:

– присутствием в приповерхностной части геологического разреза пород, характеризующихся повышенным содержанием радия (материнского

радионуклида по отношению к радону) и высокой эманулирующей способностью (способностью выделять свободный радон в порово-трещинное пространство);

– наличием на территории зон нарушений различного масштаба и генезиса (разломы, флексуры, геодинамически активные зоны, зоны трещиноватости регматическая сеть линеаментов и т.п.) в пределах которых наблюдается повышенная трещиноватость горных пород, и существуют условия для вертикального переноса газовой-жидких флюидов, в том числе и радона, к поверхности земли.

Наиболее контрастные радоновые аномалии связаны с сочетанием этих двух условий.

Таким образом, для оценки потенциальной радоноопасности территории необходимо изучение радиационно-физических свойств горных пород. Такие исследования могут проводиться как по фоновым материалам (результаты предыдущих геохимических, радиологических и геоэкологических съемок, инженерно-экологических изысканий) так и по результатам непосредственного радиологического опробования грунтов на исследуемой территории. Глубина опробования должна охватывать массив грунтов, до глубины не менее 10 м ниже предполагаемых отметок заложения фундаментов. Объем опробования определяется однородностью геологического строения территории и должен быть достаточным для характеристики удельной активности радия и коэффициентов эманирования во всех основных геолого-генетических комплексах грунтов, слагающих исследуемую территорию. По возможности необходимо проведение выборочных измерений объемной активности (ОА) радона в почвенном воздухе и ППР с поверхности основных типов грунтов, выходящих в пределах исследуемой территории на дневную поверхность или обнажающихся в карьерах (котлованах). Кроме того, для получения дополнительной информации о путях переноса радона в геологической среде, целесообразно определять объемную активность радона в водоносных горизонтах вскрытых скважинами и в местах их естественной разгрузки. Результатом исследований должно быть получение четких представлений о распределении радия и радона в геологической среде и выделение геолого-генетических комплексов отложений, характеризующихся повышенным содержанием радия и коэффициентом эманирования.

Другая, не менее важная задача – выделение зон нарушений различного масштаба и генезиса, в том числе скрытых под рыхлыми отложениями, которые могут выступать в качестве зон вертикального переноса газовой-жидких флюидов, в том числе и радона, к поверхности земли. Несмотря на то, что связь аномальных радоновых полей с зонами повышенной трещиноватости и проницаемости горных пород широко известна и давно применяется в геологическом картировании, при оценке радоноопасности этот факт до сих пор никак не учитывался. Очевидно, это связано с невозможностью анализа простирающихся нарушенных зон в масштабе 1:500 на территории отдельной строительной площадки. Между тем, многочисленные исследования, в том числе

проведенные авторами данной работы, показывают, что вертикальные конвективные потоки порово-трещинных газов в зонах трещиноватости – наиболее мощный источник поступления радона в атмосферу и, соответственно, основной фактор формирования радоноопасности.

По нашему мнению, исследования целесообразно проводить в два этапа. На первом этапе необходимо выделить на исследуемой территории предполагаемые высокоградиентные зоны нарушений на основе результатов детального дешифрирования космических снимков, аэрофотоснимков, разномасштабных топографических карт, цифровой модели рельефа. Оценка степени геодинамической активности структур проводится с учетом строения древнего субстрата: наличия в нем зон структурно-вещественных неоднородностей и зон дислокаций. При полевых наблюдениях следует уделять внимание ландшафтно-геоморфологическим признакам, таким как закономерная смена растительных сообществ, форм рельефа, экзогенных процессов (эрозия, аккумуляция, просадки поверхности различного генезиса и т.п.), мест сосредоточенной разгрузки подземных вод [1]. На втором этапе выполняется комплекс радиометрических измерений по профилям, проложенным вкрест простирания выделенных зон с целью установить наличие в их пределах радоновых аномалий, определить их интенсивность, ширину и протяженность в плане. Полный комплекс измерений включает определения плотности потока радона из грунта, объемной активности радона в поровом воздухе и подземных водах, удельной активности радия в грунтах. Рекомендуется также проведение измерений объемной активности и эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона в подвальных помещениях зданий, расположенных в пределах выделенных зон. При этом, однако, следует иметь в виду, что значения ОА и ЭРОА радона в зданиях сильно зависят от методики измерений (мгновенные, интегральные), конструктивных особенностей здания, типа строительных материалов, а также режима эксплуатации и воздухообмена помещений, в которых проводятся измерения.

По результатам исследований строятся радиогеоэкологические карты и разрезы, характеризующие структуру эманулирующих объектов и формируемое ими радоновое поле до глубины 10 м ниже предполагаемых отметок заглубления проектируемых сооружений. На карты и разрезы наносится распространение и глубина залегания основных геолого-генетических комплексов отложений, выступающих в качестве источников повышенного радоновыделения с указанием численных значений удельной активности радия и коэффициентов эманирования грунтов. Также на карты наносятся зоны нарушений, к которым приурочены аномалии радонового поля. Обозначаются контуры выявленных аномалий с указанием численных значений основных показателей радоноопасности: ППР с поверхности грунта, ОА радона в подпочвенном воздухе и подземных водах, ЭРОА радона в зданиях. На основе полученных материалов проводится районирование территории по степени потенциальной радоноопасности территории с выделением следующих категорий:

– неопасная – участки, где до глубины 10 м ниже предполагаемой отметки заложения фундаментов проектируемых сооружений отсутствуют отложения, являющиеся источником повышенного радоновыделения, а также отсутствуют зоны нарушений в массиве пород;

– потенциально опасная – участки, на которых в геологическом разрезе присутствуют отложения являющиеся источником повышенного радоновыделения, при этом аномалии радонового поля, связанные с зонами нарушений отсутствуют;

– опасная – участки, приуроченные к зонам нарушений в массиве пород, в пределах которых выявлены аномалии радонового поля.

В пределах безопасных участков поток радона из грунтов в проектируемые сооружения не будет превышать нормативных пределов при любой конструкции подземной части и глубине заложения фундамента. На потенциально опасных участках при определенной глубине заложения фундамента существует вероятность, что плотность потока радона из грунта в здание может превышать нормативный предел. В пределах опасных участков существует вероятность, что плотность потока радона из грунта в здание будет превышать нормативный предел независимо от глубины заложения фундамента (без учета специальных радонозащитных мероприятий).

Результаты оценки потенциальной радоноопасности, полученные на предпроектных этапах строительства могут иметь самостоятельное значение, например, при оценке стоимости земель, а также должны использоваться при проведении инженерно-экологических изысканий на проектных этапах. Задачи оценки радоноопасности на стадии проекта – уточнение положения выявленных ранее эманулирующих объектов непосредственно в пределах габарита проектируемого здания, а также определение численных значений показателей, необходимых для прогнозного расчета концентрации радона в помещениях проектируемых зданий и разработки, в случае необходимости, проекта радонозащитных мероприятий.

В заключение отметим, что в крупных мегаполисах преобладает точечное строительство и изыскания проводятся часто только на этапе проекта. Поэтому для территорий крупных городов целесообразно создание карт районирования по степени радоноопасности на основе описанного выше принципа с использованием имеющихся материалов инженерно-экологических и инженерно-геологических изысканий.

Таким образом, разработана концепция оценки потенциальной радоноопасности на предпроектных этапах строительства, основанная на анализе геологического строения территории и учитывающая закономерности формирования радонового поля. Предлагаемая концепция может лечь в основу усовершенствования существующих и разработки новых нормативных документов в строительной отрасли.

Работа выполнена при поддержке РФФИ. Грант № 10-05-01050-а.

Литература

1. Макаров В.И., Дорожко А.Л., Макарова Н.В., Макеев В.М. Современные геодинамически активные зоны платформ // Геоэкология. – 2007. – № 2. – С. 99-110.
2. Маренный А.М., Микляев П.С., Петрова Т.Б., Маренный М.А., Пензев А.В., Козлова Н.В. Временные флуктуации плотности потока радона на территории Москвы // АНРИ. – 2011. – № 1. – С. 23-36.
3. Микляев П.С., Петрова Т.Б. Механизмы формирования потока радона с поверхности почв и подходы к оценке радоноопасности селитебных территорий // АНРИ. – 2007. – № 2. – С. 2-17.
4. Микляев П.С., Петрова Т.Б., Цапалов А.А. Принципы оценки потенциальной радоноопасности территорий // АНРИ. – 2008. – № 4. – С. 14-19.

ОСОБЕННОСТИ АНАЛИЗА СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА ДЛЯ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН

А.Д. Потапов, П.Ю. Дьяконов

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»
129337 Москва, Ярославское шоссе д.26 МГСУ каф. Инженерной геологии и геоэкологии,
тел./факс. +7499 1881587 e-mail: geolog305@yandex.ru

Обсуждение проблемы оценки природных опасностей и рисков для объектов капитального строительства целесообразно проводить в рамках требований нормативной технической документации (НТД). На сегодняшний момент в гидроэнергетике поле НТД только формируется. Это вызвано сменой собственника генерирующих предприятий. Государство практически устранилось от проблем создания новых мощностей в энергетике, и не нормирует правила их строительства. Эта роль отводится саморегулируемым организациям (СРО). Становление принципов взаимодействия СРО и органов технического нормирования находится в стадии разработки [1]. При этом учет накопленного опыта был бы очень полезен.

В нашей стране техническое нормирование в энергетике осуществлялось с помощью государственных и отраслевых стандартов, общегосударственных строительных норм и правил, ведомственных нормативов и других документов. Государство брало на себя бремя ответственности в случае чрезвычайной ситуации. В области проектирования объектов гидроэнергетики в сейсмоопасных регионах специальные требования нормировались СНиП «Строительство в сейсмических районах». Представляется целесообразным обсуждать опасности для грунтовых плотин при воздействии одного из наиболее грозных природных явлений – землетрясения, через призму положений выше названных СНиП [5, 6].

Здесь имеется одна принципиальная особенность. Нормы сейсмостойкого строительства 60-70-х годов прошлого века не допускали повреждения

элементов конструкций, угрожающих безопасности людей (Примечание к п.1.1) и требовали предупреждения возможности разрушений, которые могут вызвать катастрофические последствия (п.5.2) [5], т. е. вопрос о риске не обсуждался. При этом сейсмический риск в отечественных и зарубежных методиках определялся как опасность повреждения при землетрясении сооружений, возведенных в данном районе [7]. Проявление катастрофических явлений при землетрясении может быть связано с человеческими жертвами. Возникал вопрос о денежной оценке жизни отдельно взятого человека, появлялась необходимость учитывать морально – нравственные категории [8], а это не является предметом инженерных наук.

Поэтому сейсмический риск характеризовался количеством толчков ***B***, ожидаемых на некотором участке за определенный промежуток времени с интенсивностью ***I: B=B(I)***. Этот показатель был назван «функцией сотрясаемости района» [3]. Очевидно, для оценки сейсмического риска достаточно подсчитать вероятность образования очага землетрясений в окрестностях рассматриваемой точки как функцию магнитуды, и просуммировать влияние таких очагов на интенсивность. Эта методика была положена в основу нормативных документов регламентирующих проектирование сооружений в сейсмических районах.

В современном понимании это не оценка риска, как вероятности и ущерба от проявления опасного геологического процесса, а оценка опасности, т.е. только вероятности того, что опасный природный процесс (ОПП) произойдет в определенный промежуток времени [2]. И хотя в последних редакциях СНиП отсутствуют пункты о недопустимости возможности разрушений, из расчетов следует, что прочность грунтовых плотин должна быть обязательно обеспечена, а допускаемые остаточные деформации и повреждения не должны приводить к опасным последствиям (п. 5.8) [6], вопрос о допуске ущерба не рассматривается. Таким образом, СНиП «Строительство в сейсмических районах» не может быть основой для риск-анализа сейсмического воздействия на грунтовые плотины.

В настоящее время предложены современные методики проведения риск-анализа природных опасных явлений, например для оползневых процессов. (См. работы: Габибов Ф.Г., Пырченко В.А., Ниязов Р.А. в сборнике Проблемы снижения природных опасностей и рисков. Материалы Международной научно-практической конференции «ГЕОРИСК-2009». Том II, М., РУДН, 2009). Эти методики, разработанные в разных странах, предназначены для управления риском, имеют много общего, и принципиально могут быть сведены к следующему. Управление риском включает три взаимосвязанных и взаимодополняющих блока. Это анализ риска; оценка риска; защитные и управленческие мероприятия. Анализ риска состоит из анализов опасности и последствий ОПП. На базе и в совокупности с этим блоком разрабатываются критерии «приемлемого» риска и проводится сопоставление величины риска со значением «приемлемого» риска, что составляет блок оценки риска. Дополняя его защитными и управленческими мероприятиями, мерами по их реализации и обратной связи формируется блок управления риском.

Эта схема может быть успешно применена для риск-анализа сейсмического воздействия на грунтовые плотины. Последние являются искусственными сооружениями, поэтому в методику анализа необходимо внести некоторые коррективы, которые учитывали бы как природные условия, так и конструктивно-компоновочные и технологические особенности. Здесь важная роль отводится инженерно-геологическим изысканиям, особенно на предпроектных этапах строительства. К сожалению, последние редакции СНиП [6] в отличие от [5] этот момент опускают.

К основным природным особенностям можно отнести: сейсмологические и геотектонические характеристики района строительства; инженерно-геологические и гидрогеологические особенности створа плотины; топографию и геометрию створа сооружения, размеры и глубину водохранилища.

Конструктивно-компоновочные факторы это: геометрическая форма и размеры плотины, особенности противofильтрационных и дренажных устройств, мероприятия по повышению прочности и устойчивости откосов и др.; расположение в теле сооружения грунтов, их виды и физико-механические характеристики.

Технологические факторы: методы и способы укладки, степень уплотнения грунтов и т.п.

Природные факторы во многом определяют место расположения проектируемой плотины. Для проведения риск-анализа необходимо располагать большим массивом данных о природных условиях, конструктивно-компоновочных и технологических особенностях проектируемой грунтовой плотины в сейсмически опасной зоне. На стадии предпроектного проектирования, в силу сокращенного объема изысканий, таких данных может просто не быть.

Важным элементом риск-анализа является назначение критерия «приемлемого» риска. В СНиП [6] допускаются предельные необратимые деформации, сохраняющие без ремонта напорный фронт сооружения. Вероятно, это положение необходимо принять как бесспорное и максимально допустимое. Перелив воды через гребень грунтовой плотины, а так же трещины в противofильтрационном устройстве зачастую приводит к катастрофическим последствиям. Так в Индии в 1976 г. разрушилась 18-метровая плотина Дханибара. В 1979 г. там же размыты правобережная и левобережные плотины гидроузла Мачху-II высотой около 60 м. Погибли тысячи людей. В ЮАР в 1977 г. смыта верховая перемычка строящейся каменно-набросной плотины Ханс Стриждом [4].

Чтобы продемонстрировать величину материального ущерба от разрушений рассмотрим плотину Титон (США, штат Айдахо) смытую в результате суффозии в зубе ядра в 1976 г. Несмотря на своевременное предупреждение о грозящей катастрофе, погибли 14 человек. При стоимости гидроузла 102 млн. долларов убытки составили 400 млн. долларов, а с учетом последствий их размер превысил 1 млрд. долларов [4].

Возвращаясь к вопросу о деформациях, заметим, что оценка их величины возможна только при учете волнового характера сейсмического воздейст-

вия и напряженно-деформированного состояния (НДС) плотины. Последнее определяется многими факторами: зависимостью между деформациями и напряжениями грунта (математическая модель); технологией возведения; режимом заполнения водохранилища; процессами консолидации в противофильтрационном устройстве (ПФУ) в строительный и эксплуатационный периоды; взаимодействием скелета грунта с поровой жидкостью в водонасыщенных грунтах сооружения.

Разработка математической модели поведения грунтовых материалов, ее экспериментальная проверка и определение характеристик, разработка методики расчетов требуют многолетней работы большого коллектива теоретиков, экспериментаторов и расчетчиков, наличия хорошо оборудованной научно-исследовательской базы и больших финансовых вложений.

Утверждение СНиП [6] о допущении необратимых деформаций следует понимать не как необходимость определения количественных характеристик этих деформаций, а как возможную вероятность таких повреждений. Ведь СНиП были регламентирующим документом, нарушение требований которого, в случае аварии влекло за собой уголовную ответственность проектировщика. Намеренное же допущение трещинообразования может иметь катастрофические последствия.

Таким образом, при проведении риск-анализа сейсмического воздействия на грунтовые плотины в качестве критерия «приемлемого» риска целесообразно ориентироваться на обеспечение их безусловной сейсмостойкости. Возможность повреждений считать экстраординарной ситуацией, указывающей на необходимость проведения защитных мероприятий. Управление риском для грунтовых плотин сводится к проектированию разных вариантов сооружения, отличающихся ПФУ, видом дренажа, схемой расположения в теле, способом и степенью уплотнения грунтов, а так же большим количеством других проектных решений. Выполнить такую сложную работу по силам только крупным проектно-изыскательским организациям.

Без гидроэлектростанций развитие электроэнергетики на современном этапе развития техники невозможно. Возведение объектов гидроэнергетики капиталоемкое, длительное и медленно окупаемое мероприятие. Оно может быть достаточно не привлекательным для частных инвесторов. Очень наглядным материалом, демонстрирующим преимущества инвестирования в строительство ГЭС, может служить тщательно и в полном объеме выполненный риск-анализ проектируемого объекта. При этом государству целесообразно проявлять большую заинтересованность в инвестировании строительства ГЭС. Здесь возрождение производственных объединений способных выполнять изыскательские, проектные и научно-исследовательские работы в области гидроэнергетики жизненно необходимо. СРО не смогут организовать выполнение таких работ еще длительное время.

Литература

1. *Вороний Н., Ковалев Г.* Надежность в электроэнергетике будет обеспечена // Энергонадзор. – 2010. – № 10.
2. *Казеев А.И.* Оползневая опасность и риск в зарубежной теории и практике. (По семинару «Lagam», г.Равелло, Италия, 2008). Проблемы снижения природных опасностей и рисков. Материалы Международной научно-практической конференции «ГЕОРИСК-2009». Т. II. – М.: РУДН, 2009. – С. 348-353.
3. *Ризниченко Ю.В.* Бюллетень Известий АН СССР // Физика Земли. – 1965. – № 11.
4. *Розанов Н.С., Царев А.И., Михайлов Л.П., Соколов И.Б.* Аварии и повреждения больших плотин. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
5. СНиП-II-A.12-69* Строительные нормы и правила. Часть II Нормы проектирования. Глава 12. Строительство в сейсмических районах. Стройиздат. – М., 1977.
6. СНиП-II-7-81* Строительные нормы и правила. Строительство в сейсмических районах. Госстрой России. – М., 2001.
7. *Шейдеггер А.Е.* Физические аспекты природных катастроф. – М.: Недра, 1981.
8. *Rosenblueth, E., 1973.* Proc. World Conf. Earthquake Eng., 5th, Rome. Invited paper on Analysis of Risk.

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ АНАЛИЗЕ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПРЕДПРОЕКТНЫХ ЭТАПАХ СТРОИТЕЛЬСТВА

М.А. Харьковина

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, геологический факультет,
Москва, 119992, Москва, Ленинские горы, д. 1, e-mail: kharkina@mail.ru

Существующие нормативы на инженерно-экологические изыскания, носящие сейчас рекомендательный характер, практически не затрагивают вопросов оценки геологических процессов. В СП 11-102-97 рассматриваются преимущественно вопросы оценки загрязнения компонентов литосферы и в них только упоминается необходимость выявления опасных геологических, гидрометеорологических и техно-природных процессов и явлений при дешифрировании аэрокосмоснимков (п. 4.3) и при организации стационарных экологических наблюдений (п.4.89). Это относится как к разработке предпроектной, так и проектной документации инженерно-экологических изысканий.

Анализ инженерно-экологических условий невозможен без оценки геологических процессов и требует дифференцированного подхода к определению их влияния на различных представителей биоты, поскольку существуют различия в пространственном распространении и списочном составе природных процессов, угрожающих жизни. Необходим не только *антропоцентрический подход*, где в центре исследований стоит человек, но и *биоцентриче-*

ский подход, где главенствующее место занимают представители животного мира и растительность. Особенно это касается малообжитых районов, где инженерно-экологические условия исследуются на предпроектных этапах строительства, в частности при прокладке трубопроводов в малодоступных районах с низкой плотностью населения.

Антропоцентрический подход к оценке геологических и других природных процессов на территории России позволил установить, что массовая гибель людей происходит при большой скорости развития процесса, высокой плотности населения и отсутствии систем своевременное оповещение населения, а также защитных сооружений. На территории России массовая гибель людей возможна при полномасштабном проявлении наводнений, землетрясений, цунами и селей (рис. 1). Эти события прогнозируются при проявлении 9-ти балльных землетрясений в Байкальской рифтовой зоне, на Сахалине и в Приморье [4]. На Кавказе и Камчатке тяжесть экологических последствий может быть усилена за счет проявления селей с объемом выноса твердой массы порядка 1 млн м³. Многочисленные жертвы возможны при катастрофических наводнениях на отдельных участках рек Оки, Вятки и Сосны в европейской части России, на Лене, Енисее и Тоболе и их притоках в азиатской части страны [1]. Список природных процессов и явлений, приводящих к единичным человеческим жертвам и большим материальным потерям существенно длиннее и включает, помимо вышеупомянутых явлений, еще и смерчи, нагоны, быстрые оползни, карстовые провалы и экстремально низкие температуры



Биоцентрический подход к оценке геологических и других природных процессов подразумевает их рассмотрение с позиции комфортности существования животных (зооцентрический подход) и произрастания растений (фитоцентрический подход). Зооцентрический подход в настоящее время практически не разработан. Фитоцентрический подход к оценке геологических процессов определяет их с позиции сохранности почвы. В отличие от человека, способного воспользоваться достижениями цивилизации, смягчить или избежать пагубных для себя последствий, растения зависят от состояния почвы, именно она служит источником питательных соединений и биофильных элементов, а ее сохранность и плодородие – основной экологический критерий в оценке состояния фитоценозов.



Для территории России в перечень природных процессов, протекающих с уничтожением почвы и угрожающих массовой гибели растений входят засухи, смерчи, интенсивные дожди, пыльные бури, градобития, сели, смерчи, а также пожары на торфяниках, изменяющие свойства верхних горизонтов литосферы в результате термического воздействия (почвенные покровы заменяются на вторичные пирогенные образования). Районы с возможной

массовой гибелью растений сконцентрированы в основном в европейской части страны (рис. 2). Различия в тяжести экологических последствий обусловлены реакцией растений и человека на длительность воздействия геологических процессов. Для растений опасность убывает с уменьшением времени воздействия процессов: длительное затопление или засоление земель опаснее, чем кратковременное проявление землетрясений, даже большой интенсивности. Для человека же эта зависимость часто обратная: длительно действующие процессы могут не представлять непосредственной опасности, так как используя достижения научно-технического прогресса, их пагубных последствий можно избежать с помощью природоохранных мероприятий, либо путем предупреждения и эвакуации населения.

В СП 11-102-97 отсутствует всякая информация о подходах и способах оценки экологических последствий геологических процессов. Специфика оценки состояния экосистем требует использования не только традиционных абиотических критериев геологических процессов, определяющих состояние литосферы и хорошо проработанных в СНиП 22-01-95, но и биотических (медико-статистических, ботанических, микробиологических, зоологических) и социально-экономических критериев, определяющих состояние живого при проявлении тех же процессов [2, 3]. Существуют критерии, оценивающие тяжесть экологических последствий отдельно для человека, отдельно для животных, отдельно для растений. При антропоцентрическом подходе к оценке геологических процессов используются как правило медико-статистические (число погибших при катастрофе) и социально-экономические критерии. К последним относятся размер материального ущерба при проявлении землетрясений, наводнений, селей и других катастрофических процессов, доля домов с полной неработоспособностью систем жизнеобеспечения при проявлении тех же процессов, перенос жилых домов (% от домов в населенном пункте) при проявлении оползней и селей, а также при оседании поверхности над подземными выработками и др. При фитоцентрическом подходе оценки экологических последствий геологических процессов используются следующие критерии: проективное покрытие пастбищной растительности и плодородие почв (% от потенциального) при оценке эрозии, пыльных бурь и интенсивных дождей; потеря урожая ведущей культуры при проявлении засух, экстремально низких температур, градобитий и др.

Подводя итоги сказанному можно констатировать, что анализ инженерно-экологических условий, особенно на предпроектных этапах строительства, невозможно осуществлять без оценки экологических последствий геологических и других природных процессов отдельно для человека, отдельно для других представителей биоты. Необходимо использовать не только традиционные геологические критерии, но и привлекать медико-статистические, социально-экономические и ботанические критерии оценки геологических процессов.

Литература

1. Атлас природных и техногенных опасностей в Российской Федерации / Под ред. С.К. Шойгу. – М.: ИПЦ «Дизайн. Информация. Картография», 2005.
2. Виноградов Б.В., Орлов В.П., Снакин В.В. Биотические критерии выделения зон экологического бедствия России // Известия Академии наук. Серия географическая. – 1993. – № 5. – С. 77-89.
3. Зилинг Д.Г., Харькина М.А. Оценка экологических последствий проявления геологических процессов при эколого-геологических исследованиях и картографировании // Разведка и охрана недр. – 2003. – № 7. – С. 57-61.
4. Общее сейсмическое районирование Российской Федерации – ОСР-97-В, 5%-ная вероятность превышения расчетной интенсивности в течении 50 лет (период повторяемости сотрясений 1000 лет). Масштаб 1:8 000 000 / Гл. ред. В.Н. Страхов, В.И. Уломов. – НПП «Текарт», 2000.
5. СНиП 22-01-95. Геофизика опасных природных воздействий. – М.: Минстрой России, 1995.
6. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. – М.: Госстрой России, 1997.

УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ

- Кей-Жан Шюу, см. Николаев А.В., с. 198*
- Абрамова Т.Т. Экраны для защиты зданий, сооружений от воздействия колебаний грунта, с. 235*
- Алешин А.С., Никитин С.Н. Сейсмическое микрорайонирование как синтез методов инженерной геологии и геофизики, с. 7*
- Алёшин Ю.Г., Торгоев И.А. Генезис и трансформация рисков на участках заложения высокогорных хвостохранилищ (внутренний Тянь-Шань), с. 240*
- Алферов И.Н., см. Гаев А.Я., с. 14*
- Алферов И.Н., см. Гаев А.Я., с. 175*
- Алферова Н.С. см. Гаев А.Я., с. 14*
- Алферова Н.С., см. Гаев А.Я., с. 175*
- Астапова В.А., см. Ческидов В.В., с. 85*
- Атрощенко Ф.Г., см. Лопатин К.А., с. 195*
- Аузина Л.И. Оценка риска подтопления проектируемых сооружений на островах р.Ангара (г.Иркутск). с. 164*
- Бабаевская Л.В., см. Столяров В.Г., с. 218*
- Башилов И.П., см. Николаев А.В., с. 198*
- Белюсова А.П. Организация мониторинга атомных станций при их проектировании и эксплуатации, с. 245*
- Беляев В.Л. Направления совершенствования инженерно-геологического обоснования градостроительного проектирования и выполнения инженерных изысканий при освоении подземного пространства (пример Москвы), с. 328*
- Богомолов А.Н., Олянский Ю.И., Шиян С.И., Тихонова Т.М., Киселева О.В. Опыт предупреждения деформаций оснований на замедленно-просадочных грунтах, с. 253*
- Богомолов А.Н., Олянский Ю.И., Шиян С.И., Щекочихина Е.В., Чарыкова С.А. Инженерно-геологические особенности сарматских глин краевых прогибов юга Русской платформы, с. 10*
- Борсукова О.В., см. Кофф Г.Л., с. 184*

- Борсукова О.В., см. Чеснокова И.В., с. 230*
- Брюхань А.Ф., Брюхань Ф.Ф., Коськин И.О., Черемикина Е.А. Оценка пригодности площадки в Адлерском районе Сочи для размещения мобильной газотурбинной электростанции, с. 257*
- Брюхань Ф.Ф., см. Брюхань А.Ф., с. 257*
- Булдакова Е.В., см. Заиканов В.Г., с. 105*
- Буслаева О.В., Королев В.А. Об уточнении понятий, используемых в инженерно-экологических изысканиях и природоохранном законодательстве, с. 332*
- Вдовина О.К., Лаврусевич А.А., Карабаев Г.В. Некоторые эколого-геохимические аспекты лёссового псевдокарста, с. 168*
- Верхотуров А.Г. Природные опасности при освоении месторождений юго-восточного Забайкалья, с. 261*
- Виноградова С.А. см. Костарев В.П., с. 342*
- Воронцов Е.А., см. Дудлер И.В., с. 337*
- Габибов Ф.Г. Об одной новой методике исследования крупных оползней, с. 172*
- Гаев А.Я., Килин Ю.А., Алферов И.Н., Алферова Н.С. О гидрогеохимических исследованиях закарстованных территорий, с. 175*
- Гаев А.Я., Алферов И.Н., Алферова Н.С., Рахимов А.И., Погосян Ю.М. О принципах оценки водных ресурсов горно-складчатых областей, с. 14*
- Галкин А.Н., Котягов В.Ф., Кремнев А.П., Красовская И.А., Германова Л.С., Смоляков Л.А. Опыт градостроительного освоения овражно-балочных систем в Витебске, с. 265*
- Гаспарян Р.К. Влияние подземных пустот на устойчивость геосреды г.Гюмри, с. 270*
- Германова Л.С., см. Галкин А.Н., с. 265*
- Грибанова Л.П., Сондык А.О., Каковкина А.Ю. Выбор перспективных площадок для строительства технопарков по переработке и обезвреживанию ТБО в Московском регионе, с. 275*
- Григорьева С.В., Макеев В.М., Коробова И.В. Оценка геодинамических условий территорий на предпроектных этапах строительного освоения, с. 18*
- Гридневский А.В. Цифровые модели геологической среды как основа стратегического территориального планирования Ростовской области, с. 90*
- Гринь Н.Н. Оптимизация инженерно-геологических изысканий в районах распространения лёссовых грунтов (на примере территории г. Иркутска), с. 179*

- Грязнов О.Н., Гуман О.М., Долинина И.А., Захаров А.В.* Принципы размещения полигонов твердых бытовых отходов в геологических структурах Среднего Урала, с. 95
- Гуман О.М., см. Грязнов О.Н., с. 95*
- Давыдько Р.Б., см. Толмачев В.В., с. 78*
- Дзаганя Е.В.* Методы выбора вариантов защиты прибрежных объектов, с. 277
- Долинина И.А., см. Грязнов О.Н., с. 95*
- Дорожко А.Л., см. Макеев В.М., с. 119*
- Дорожко А.Л., см. Микляев П.С., с. 350*
- Дудлер И.В., Лярский С.П., Воронцов Е.А., Шульгин П.Ю.* Критерии необходимости, приоритеты и принципы предпроектных инженерно-геологических изысканий, с. 337
- Дьяконов П.Ю. см. Потапов А.Д., с. 314*
- Дьяконов П.Ю. см. Потапов А.Д., с. 355*
- Елохин В.А., см. Елохина С.Н., с. 23*
- Елохина С.Н., Елохин В.А., Сенюта Т.Е.* Государственная информационно-аналитическая система экзогенных геологических процессов в Уральском федеральном округе, с. 23
- Желваков А.И. см. Кривицкий С.В., с. 290*
- Железняк М.Н., Шипицына Л.И., Мисайлов И.Е.* Формирование геоэкологической базы данных железорудных месторождений Алданского щита, с. 26
- Жидков Р.Ю.* Трехмерное моделирование геологической среды крупных городов как основа для осуществления генерального планирования и предварительного проектирования высотных и заглубленных сооружений, с. 100
- Жукова А.М., см. Панкратова К.В., с. 69*
- Заиканов В.Г., Минакова Т.Б., Заиканова И.Н., Булдакова Е.В., Сависько И.С.* Геоэкологическое обоснование генпланов городов (на примере ГО Дальнеречинск), с. 105
- Заиканова И.Н., см. Заиканов В.Г., с. 105*
- Захаров А.В., см. Грязнов О.Н., с. 95*
- Здобин Д.Ю.* О новом виде органических грунтов, с. 30
- Зубко Ю.Н., см. Николаев А.В., с. 198*
- Иванов А.В., Шешнев А.С., Яшков И.А., Кузин А.Г.* Инженерно-геоэкологические условия подтопления урбанизированной территории (на примере долины Глебучевого оврага г. Саратова), с. 282

- Иванова Л.Д., Павлова Н.А.* Создание базы данных надмерзлотных, межмерзлотных и грунтовых вод территории северо-востока России в целях инженерно-геологического и гидрогеологического моделирования, с. 35
- Каган А.И., см. Морозов В.Н., с. 129*
- Казакова И.Г. см. Федонкина И.Н., с. 148*
- Казеев А.И., см. Постоев Г.П., с. 208*
- Каковкина А.Ю. см. Грибанова Л.П., с. 275*
- Карабаев Г.В. , см. Вдовина О.К., с. 168*
- Кауркин М.Д. см. Севостьянов В.В., с. 212*
- Килин Ю.А., см. Гаев А.Я., с. 175*
- Киселева О.В. см. Богомолов А.Н., с. 253*
- Козловский Д.С. см. Экзарьян В.Н., с. 325*
- Козлякова И.В.* Оценка условий подземного строительства в Москве на основании анализа разновозрастного эрозионного рельефа, с. 110
- Колесник С.С. см. Лопатин К.А., с. 194*
- Колесников И.Ю., см. Морозов В.Н., с. 129*
- Коробова И.В., см. Григорьева С.В., с. 18*
- Коробова И.В., см. Макеев В.М., с. 119*
- Королев В.А. см. Буслаева О.В., с. 332*
- Королёв В.А. см. Медведева С.Г., с. 345*
- Королёв В.А., см. Минина М.В., с. 124*
- Косинова И.И., Пахомова Т.Е.* Оценка инженерно-экологических условий полигона ТБО г. Липецка на стадии его реконструкции, с. 287
- Косинова И.И., см. Митрофанова М.А., с. 300*
- Костарев В.П., Виноградова С.А.* Ключевой вопрос современных инженерно-геологических изысканий, с. 342
- Коськин И.О., см. Брюхань А.Ф., с. 257*
- Котягов В.Ф., см. Галкин А.Н., с. 265*
- Кофф Г.Л., см. Чеснокова И.В., с. 230*
- Кофф Г.Л., Чеснокова И.В., Борсукова О.В., Попова О.В.* Оценка сейсмического и инженерно-геологического риска для ранних стадий проектирования населенных пунктов на примере восточного побережья о.Хонсю, с. 184
- Красовская И.А., см. Галкин А.Н., с. 265*

- Крашенинников В.С.* Статическое зондирование как один из инструментов оценки карстовой опасности, с. 40
- Кремнев А.П., см. Галкин А.Н., с. 265*
- Кривицкий С.В., Опекунова Н.А., Желваков А.И.* Инженерная подготовка территории для строительства в сложных геоэкологических условиях, с. 290
- Кривошеев Р.П., Любимова Т.В.* Районирование сложнопостроенных территорий на основе количественного выражения компонентов инженерно-геологических условий, с. 113
- Кузин А.Г. см. Иванов А.В., с. 282*
- Лаврусевич А.А.* Типы лессового псевдокарста и оценка уязвимости и опасности лессовых массивов, с. 189
- Лаврусевич А.А., см. Вдовина О.К., с. 168*
- Лапочкин Б.К., см. Постоев Г.П., с. 208*
- Лопатин К.А., Атрощенко Ф.Г., Колесник С.С.* Система безлюдной наблюдательной сети гидрогеологического мониторинга подземных вод на алмазодносных месторождениях Якутии, с. 194
- Любимова Т.В.* Особенности инженерно-геологического районирования Черноморского побережья северо-западного Кавказа, с. 116
- Любимова Т.В., см. Кривошеев Р.П., с. 113*
- Лярский С.П., см. Дудлер И.В., с. 337*
- Макарова Н.В., см. Макеев В.М., с. 119*
- Макеев В.М. см. Микляев П.С., с. 350*
- Макеев В.М., Макарова Н.В., Дорошко А.Л., Суханова Т.В., Микляев П.С., Коробова И.В.* Структурно-геодинамический анализ зоны сопряжения Окско-Мокшинского прогиба и Приволжского поднятия как основа для изучения инженерно-геологических условий, с. 119
- Макеев В.М., см. Григорьева С.В., с. 18*
- Мальнева И.В.* Оценка интенсивности выветривания как важнейшего фактора развития экзогенных геологических процессов на участках предполагаемого размещения строительных объектов (на примере Северного Кавказа), с. 45
- Мамаев Ю.А., см. Осипов В.И., с. 138*
- Манукин А.Б., см. Николаев А.В., с. 198*
- Медведева С.Г., Королёв В.А.* О необходимости проведения инженерно-экологических изысканий на предпроектной стадии строительства карьеров, с. 345

Микляев П.С., Петрова Т.Б., Дорожко А.Л., Макеев В.М. Принципы оценки потенциальной радоноопасности территорий на предпроектных этапах строительства. с. 350

Микляев П.С., см. Макеев В.М., с. 119

Минакова Т.Б., см. Заюканов В.Г., с. 105

Миндель И.Г., см. Севостьянов В.В., с. 212

Минина М.В., Королёв В.А. Районирование территории на основе оценки оползневой опасности с целью обоснования системы инженерной противооползневой защиты, с. 124

Миронов О.К. Опыт создания и использования базы данных фондовой изыскательской информации, с. 49

Миронов О.К., см. Пикулик Е.А., с. 73

Миронюк С.Г. Нормативные требования и практика учета геологических опасностей дна акваторий при выборе площадок (трасс) размещения морских сооружений, с. 295

Мисайлов И.Е., см. Железняк М.Н., с. 26

Митрофанова М.А., Косинова И.И. О роли предпроектных инженерных изысканий при строительстве на малоосвоенных территориях, с. 300

Мокрицкая Т.П. Аспекты систематизации инженерно-геологических данных о свойствах грунтов среднего Приднепровья, с. 55

Молодых Ив.И. Система инженерно-геологической оценки предкризисных ситуаций на предпроектных стадиях, с. 304

Морозов В.Н., Каган А.И., Колесников И.Ю., Татаринов В.Н., Татаринова Т.А. Совершенствование методов проектирования отработки месторождений и выбора мест размещения подземных объектов, с. 129

Мурый А.А. ГИС-технологии и анализ цифровых моделей рельефа при инженерно-геотектонических исследованиях на территории Большого Сочи, с. 60

Никитин С.Н., см. Алешин А.С., с. 7

Николаев А.В., Башилов И.П., Кеh-Jian Shou, Свалова В.Б., Манукин А.Б., Зубко Ю.Н. Сейсмо-деформационный мониторинг опасных природных процессов, с. 198

Николаева С.К., Огородникова Е.Н. Особенности инженерно-экологических условий территорий распространения техногенных грунтов, с. 64

Новикова О.О. см. Сенюценкова И.М., с. 319

Огородникова Е.Н., см. Николаева С.К., с. 64

Ольховатенко В.Е. Инженерно-геологическое районирование Кузнецкого угольного бассейна применительно к строительству крупных карьеров, с. 134

- Олянский Ю.И., см. Богомолов А.Н., с. 10*
- Олянский Ю.И., см. Богомолов А.Н., с. 253*
- Опекунова Н.А., см. Кривицкий С.В., с. 290*
- Осипов В.И., Мамаев Ю.А., Ястребов А.А. Методика ранжирования по степени оползневой опасности участков левобережного склона долины р.Мзымта по трассе железной дороги Адлер-Альпика-Сервис в г.Сочи, с. 138*
- Павлов А.Н., см. Петров Н.Ф., с. 203*
- Павлова Н.А., см. Иванова Л.Д., с. 35*
- Панкратова К.В., Жукова А.М. Результаты экспериментальных исследований влияния некоторых техногенных факторов на дисперсные грунты как источник дополнительной инженерно-экологической информации на предпроектной стадии изысканий, с. 69*
- Пахомова Т.Е., см. Косинова И.И., с. 287*
- Петров Н.Ф., Прокопьева Н. А., Павлов А.Н. Инженерно-геологический анализ причин образования оползней на Сюкеевском месторождении гипса в республике Татарстан, с. 203*
- Петрова Т.Б., см. Микляев П.С., с. 350*
- Пикулик Е.А., Миронов О.К. Визуализация данных в процессе инженерно-геологических исследований, с. 73*
- Погосян Ю.М., см. Гаев А.Я., с. 14*
- Подгорная Т.И. Специфика оценки геологической опасности и риска для размещения промышленных комплексов и транспортных систем на Дальнем Востоке, с. 308*
- Попова О.В., см. Кофф Г.Л., с. 184*
- Попова О.В., см. Чеснокова И.В., с. 230*
- Постоев Г.П., Лапочкин Б.К., Казеев А.И. Об учете особенностей развития оползневого процесса при строительстве на склоновых территориях, с. 208*
- Потапов А.Д., Дьяконов П.Ю. Особенности анализа сейсмического риска для грунтовых плотин, с. 355*
- Потапов А.Д., Дьяконов П.Ю. Технология мелиорации территорий, занятых осадками сточных вод, с. 314*
- Прокопьева Н. А., см. Петров Н.Ф., с. 203*
- Пуневский С.А., см. Ческидов В.В., с. 85*
- Рагозин Н.А., см. Севостьянов В.В., с. 212*
- Рахимов А.И., см. Гаев А.Я., с. 14*

- Рященко Т.Г.* Инженерно-геологическое картографирование в Монголо-Сибирском регионе (ретроспектива и новые подходы), с. 143
- Сависько И.С., см. Заиканов В.Г., с. 105*
- Свалова В.Б., см. Николаев А.В., с. 198*
- Севостьянов В.В., Миндель И.Г., Трифонов Б.А., Рагозин Н.А., Кауркин М.Д.* Комплексная оценка сейсмичности площадки Туапсинского нефтеперерабатывающего завода (НПЗ), с. 212
- Сенюта Т.Е., см. Елохина С.Н., с. 23*
- Сенющенкова И.М., Новикова О.О.* Анализ экологических факторов размещения транспортных коммуникаций в сложных геоморфологических условиях, с. 319
- Смоляков Л.А. см. Галкин А.Н., с. 265*
- Сондык А.О., см. Грибанова Л.П., с. 275*
- Столяров В.Г., Бабаевская Л.В.* Прогноз параметров землетрясений и проблемы проектирования оснований и фундаментов, с. 218
- Суханова Т.В., см. Макеев В.М., с. 119*
- Татаринев В.Н., см. Морозов В.Н., с. 129*
- Татаринова Т.А., см. Морозов В.Н., с. 129*
- Тихонова Т.М., см. Богомолов А.Н., с. 253*
- Толмачев В.В., Давыдько Р.Б.* Карстовый мониторинг как основа для изысканий на предпроектных этапах строительного освоения территорий Нижегородской области, с. 78
- Торгоев И.А., см. Алёшин Ю.Г., с. 240*
- Трифонов Б.А., см. Севостьянов В.В., с. 212*
- Федодеев В.И.* Физико-химическая механика грунтов и прогнозирование оползней, с. 223
- Федонкина И.Н., Казакова И.Г.* Региональная оценка структурно-тектонических условий территорий - важная составляющая при инженерно-геологических изысканиях в Московском регионе, с. 148
- Фейт Г.Н.* Комплексная инженерно-геологическая оценка опасности газодинамических явлений на полях проектируемых шахт и при освоении глубоких горизонтов, с. 82
- Харькина М.А.* К вопросу оценки геологических процессов при анализе инженерно-экологических условий на предпроектных этапах строительства, с. 359
- Чарыкова С.А., см. Богомолов А.Н., с. 10*

Черемкина Е.А. см. Брюхань А.Ф., с. 257

Ческидов В.В., Пуневский С.А., Астапова В.А. Оптимизация плотности сети инженерно-геологического опробования и районирование намывных массивов на горных предприятиях, с. 85

Чеснокова И.В., Кофф Г.Л., Борсукова О.В., Попова О.В. Опыт инженерно-геологического районирования высокосейсмичных территорий на примере уникального строительства в Калининградской области, с. 230

Чеснокова И.В., см. Кофф Г.Л., с. 184

Шестакова А.А. Картографирование мерзлотных ландшафтов с учетом сукцессий растительности (на примере Лено-Алданского междуречья), с. 153

Шешеня Н.Л. Принципы инженерно-геологической типизации городских территорий применительно к решению задач их строительного освоения и инженерной защиты, с. 158

Шешнев А.С., см. Иванов А.В., с. 282

Шипицына Л.И., см. Железняк М.Н., с. 26

Шиян С.И., см. Богомолов А.Н., с. 10

Шиян С.И., см. Богомолов А.Н., с. 253

Шульгин П.Ю. см. Дудлер И.В., с. 337

Щекочихина Е.В., см. Богомолов А.Н., с. 10

Экзарьян В.Н., Козловский Д.С. Методика экологических исследований при выборе мест размещения объектов атомной энергетики, с. 325

Ястребов А.А. см. Осипов В.И., с. 138

Яшков И.А., см. Иванов А.В., с. 282

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ (<i>В.И. Осипов</i>)	5
1. Сбор и анализ материалов региональных инженерно-геологических исследований. Создание и ведение банков инженерно-геологических данных	7
<i>Алешин А.С., Никитин С.Н.</i> Сейсмическое микрорайонирование как синтез методов инженерной геологии и геофизики	7
<i>Богомолов А.Н., Олянский Ю.И., Шиян С.И., Щекочихина Е.В., Чарыкова С.А.</i> Инженерно-геологические особенности сарматских глин краевых прогибов юга Русской платформы	10
<i>Гаев А.Я., Алферов И.Н., Алферова Н.С., Рахимов А.И., Погосян Ю.М.</i> О принципах оценки водных ресурсов горно-складчатых областей	14
<i>Григорьева С.В., Макеев В.М., Коробова И.В.</i> Оценка геодинамических условий территорий на предпроектных этапах строительного освоения	18
<i>Елохина С.Н., Елохин В.А., Сенюта Т.Е.</i> Государственная информационно-аналитическая система экзогенных геологических процессов в Уральском федеральном округе	23
<i>Железняк М.Н., Шипицына Л.И., Мисайлов И.Е.</i> Формирование геокриологической базы данных железорудных месторождений Алданского щита	26
<i>Здобин Д.Ю.</i> О новом виде органических грунтов	30
<i>Иванова Л.Д., Павлова Н.А.</i> Создание базы данных надмерзлотных, межмерзлотных и грунтовых вод территории северо-востока России в целях инженерно-геологического и гидрогеологического моделирования	35
<i>Крашенинников В.С.</i> Статическое зондирование как один из инструментов оценки карстовой опасности	40
<i>Мальнева И.В.</i> Оценка интенсивности выветривания как важнейшего фактора развития экзогенных геологических процессов на участках предполагаемого размещения строительных объектов (на примере Северного Кавказа)	45
<i>Мионов О.К.</i> Опыт создания и использования базы данных фондовой изыскательской информации	49
<i>Мокрицкая Т.П.</i> Аспекты систематизации инженерно-геологических данных о свойствах грунтов среднего Приднестровья	55
<i>Мурий А.А.</i> ГИС-технологии и анализ цифровых моделей рельефа при инженерно-геотектонических исследованиях на территории Большого Сочи	60
<i>Николаева С.К., Огородникова Е.Н.</i> Особенности инженерно-экологических условий территорий распространения техногенных грунтов	64
<i>Панкратова К.В., Жукова А.М.</i> Результаты экспериментальных исследований влияния некоторых техногенных факторов на дисперсные грунты как источник дополнительной инженерно-экологической информации на предпроектной стадии изысканий	69

<i>Пикулик Е.А., Миронов О.К.</i> Визуализация данных в процессе инженерно-геологических исследований.....	73
<i>Толмачев В.В., Давыдько Р.Б.</i> Карстовый мониторинг как основа для изысканий на предпроектных этапах строительного освоения территорий Нижегородской области.....	78
<i>Фейт Г.Н.</i> Комплексная инженерно-геологическая оценка опасности газодинамических явлений на полях проектируемых шахт и при освоении глубоких горизонтов.....	82
<i>Ческидов В.В., Пуневский С.А., Астапова В.А.</i> Оптимизация плотности сети инженерно-геологического опробования и районирование намывных массивов на горных предприятиях.....	85
2. Типизация инженерно-геологических условий для предварительной оценки территорий строительства.....	90
<i>Гридневский А.В.</i> Цифровые модели геологической среды как основа стратегического территориального планирования Ростовской области.....	90
<i>Грязнов О.Н., Гуман О.М., Долинина И.А., Захаров А.В.</i> Принципы размещения полигонов твердых бытовых отходов в геологических структурах Среднего Урала.....	95
<i>Жидков Р.Ю.</i> Трехмерное моделирование геологической среды крупных городов как основа для осуществления генерального планирования и предварительного проектирования высотных и заглубленных сооружений.....	100
<i>Заиканов В.Г., Минакова Т.Б., Заиканова И.Н., Булдакова Е.В., Савицко И.С.</i> Геоэкологическое обоснование генпланов городов (на примере ГО Дальнеречинск.....	105
<i>Козлякова И.В.</i> Оценка условий подземного строительства в Москве на основании анализа разновозрастного эрозионного рельефа.....	110
<i>Кривошеев Р.П., Любимова Т.В.</i> Районирование сложнопостроенных территорий на основе количественного выражения компонентов инженерно-геологических условий.....	113
<i>Любимова Т.В.</i> Особенности инженерно-геологического районирования Черноморского побережья северо-западного Кавказа.....	116
<i>Макеев В.М., Макарова Н.В., Дорожко А.Л., Суханова Т.В., Микляев П.С., Коробова И.В.</i> Структурно-геодинамический анализ зоны сопряжения Окско-Мокшинского прогиба и Приволжского поднятия как основа для изучения инженерно-геологических условий.....	119
<i>Минина М.В., Королёв В.А.</i> Районирование территории на основе оценки оползневой потенциала с целью обоснования системы инженерной противооползневой защиты.....	124
<i>Морозов В.Н., Каган А.И., Колесников И.Ю., Татаринов В.Н., Татаринова Т.А.</i> Совершенствование методов проектирования отработки месторождений и выбора мест размещения подземных объектов.....	129
<i>Ольховатенко В.Е.</i> Инженерно-геологическое районирование Кузнецкого угольного бассейна применительно к строительству крупных карьеров.....	134
<i>Осипов В.И., Мамаев Ю.А., Ястребов А.А.</i> Методика ранжирования по степени оползневой опасности участков левобережного склона долины р.Мзымта по трассе железной дороги Адлер-Альпика-Сервис в г.Сочи.....	138

<i>Ряценко Т.Г.</i> Инженерно-геологическое картографирование в Монголо-Сибирском регионе (ретроспектива и новые подходы).....	143
<i>Федонкина И.Н., Казакова И.Г.</i> Региональная оценка структурно-тектонических условий территорий - важнейшая составляющая при инженерно-геологических изысканиях в Московском регионе.....	148
<i>Шестакова А.А.</i> Картографирование мерзлотных ландшафтов с учетом сукцессий растительности (на примере Лено-Алданского междуречья).....	153
<i>Шешеня Н.Л.</i> Принципы инженерно-геологической типизации городских территорий применительно к решению задач их строительного освоения и инженерной защиты	158
3. Мониторинг, моделирование и прогнозирование природных опасностей. Оценка природных рисков	164
<i>Лузина Л.И.</i> Оценка риска подтопления проектируемых сооружений на островах р.Ангара (г.Иркутск)	164
<i>Вдовина О.К., Лаврусевич А.А., Карабаев Г.В.</i> Некоторые эколого-геохимические аспекты лёссового псевдокарста.....	168
<i>Габибов Ф.Г.</i> Об одной новой методике исследования крупных оползней.....	172
<i>Гаев А.Я., Килин Ю.А., Алферов И.Н., Алферова Н.С.</i> О гидрогеохимических исследованиях закарстованных территорий.....	175
<i>Гринь Н.Н.</i> Оптимизация инженерно-геологических изысканий в районах распространения лёссовых грунтов (на примере территории г. Иркутска)	179
<i>Кофф Г.Л., Чеснокова И.В., Борсукова О.В., Попова О.В.</i> Оценка сейсмического и инженерно-геологического риска для ранних стадий проектирования населенных пунктов на примере восточного побережья о.Хонсю.....	184
<i>Лаврусевич А.А.</i> Типы лёссового псевдокарста и оценка уязвимости и опасности лёссовых массивов.....	189
<i>Лопатин К.А., Атрощенко Ф.Г., Колесник С.С.</i> Система безлюдной наблюдательной сети гидрогеологического мониторинга подземных вод на алмазоносных месторождениях Якутии.....	194
<i>Николаев А.В., Башилов И.П., Кех-Jian Shou, Свалова В.Б., Манукин А.Б., Зубко Ю.Н.</i> Сейсмо-деформационный мониторинг опасных природных процессов.....	198
<i>Петров Н.Ф., Прокопьева Н. А., Павлов А.Н.</i> Инженерно-геологический анализ причин образования оползней на Сюкеевском месторождении гипса в республике Татарстан.....	203
<i>Постоев Г.П., Лапочкин Б.К., Казеев А.И.</i> Об учете особенностей развития оползневой процесса при строительстве на склоновых территориях.....	208
<i>Севостьянов В.В., Миндель И.Г., Трифонов Б.А., Рагозин Н.А., Кауркин М.Д.</i> Комплексная оценка сейсмичности площадки Туапсинского нефтеперерабатывающего завода (НПЗ).....	212
<i>Столяров В.Г., Бабаевская Л.В.</i> Прогноз параметров землетрясений и проблемы проектирования оснований и фундаментов	218
<i>Федодеев В.И.</i> Физико-химическая механика грунтов и прогнозирование оползней	223
<i>Чеснокова И.В., Кофф Г.Л., Борсукова О.В., Попова О.В.</i> Опыт инженерно-геологического районирования высокосейсмичных территорий на примере уникального строительства в Калининградской области ..	230

4. Комплексный анализ инженерно-экологических условий на предпроектных этапах строительства. Обоснование методов подготовки и инженерной защиты территорий при строительном освоении	235
<i>Абрамова Т.Т.</i> Экраны для защиты зданий, сооружений от воздействия колебаний грунта.....	235
<i>Алёшин Ю.Г., Торгоев И.А.</i> Генезис и трансформация рисков на участках заложения высокогорных хвостохранилищ (внутренний Тянь-Шань)....	240
<i>Белоусова А.П.</i> Организация мониторинга атомных станций при их проектировании и эксплуатации.....	245
<i>Богомолов А.Н., Олянский Ю.И., Шиян С.И., Тихонова Т.М., Киселева О.В.</i> Опыт предупреждения деформаций оснований на замедленно-просадочных грунтах.....	253
<i>Брюхань А.Ф., Брюхань Ф.Ф., Коськин И.О., Черемикина Е.А.</i> Оценка пригодности площадки в Адлерском районе Сочи для размещения мобильной газотурбинной электростанции.....	257
<i>Верхотуров А.Г.</i> Природные опасности при освоении месторождений юго-восточного Забайкалья.....	261
<i>Галкин А.Н., Котязов В.Ф., Кремнев А.П., Красовская И.А., Германова Л.С., Смоляков Л.А.</i> Опыт градостроительного освоения овражно-балочных систем в Витебске.....	265
<i>Гаспарян Р.К.</i> Влияние подземных пустот на устойчивость геосреды г. Гюмри.....	270
<i>Грибанова Л.П., Сондык А.О., Каковкина А.Ю.</i> Выбор перспективных площадок для строительства технопарков по переработке и обезвреживанию ТБО в Московском регионе.....	275
<i>Дзаганя Е.В.</i> Методы выбора вариантов защиты прибрежных объектов....	277
<i>Иванов А.В., Шешнев А.С., Яшков И.А., Кузин А.Г.</i> Инженерно-геоэкологические условия подтопления урбанизированной территории (на примере долины Глебучевого оврага г. Саратова).....	282
<i>Косинова И.И., Пахомова Т.Е.</i> Оценка инженерно-экологических условий полигона ТБО г. Липецка на стадии его реконструкции.....	287
<i>Кривицкий С.В., Опекунова Н.А., Желваков А.И.</i> Инженерная подготовка территории для строительства в сложных геоэкологических условиях...	290
<i>Миронюк С.Г.</i> Нормативные требования и практика учета геологических опасностей дна акваторий при выборе площадок (трасс) размещения морских сооружений.....	295
<i>Митрофанова М.А., Косинова И.И.</i> О роли предпроектных инженерных изысканий при строительстве на малоосвоенных территориях.....	300
<i>Молодых Ив.И.</i> Система инженерно-геологической оценки предкризисных ситуаций на предпроектных стадиях.....	304
<i>Подгорная Т.И.</i> Специфика оценки геологической опасности и риска для размещения промышленных комплексов и транспортных систем на Дальнем Востоке.....	308
<i>Потапов А.Д., Дьяконов П.Ю.</i> Технология мелиорации территорий, занятых осадками сточных вод.....	314
<i>Сенющенкова И.М., Новикова О.О.</i> Анализ экологических факторов размещения транспортных коммуникаций в сложных геоморфологических условиях.....	319

<i>Экзарьян В.Н., Козловский Д.С.</i> Методика экологических исследований при выборе мест размещения объектов атомной энергетики.....	325
5. Совершенствование нормативной базы инженерных изысканий на предпроектных этапах строительства.....	328
<i>Беляев В.Л.</i> Направления совершенствования инженерно-геологического обоснования градостроительного проектирования и выполнения инженерных изысканий при освоении подземного пространства (пример Москвы).....	328
<i>Буслаева О.В., Королев В.А.</i> Об уточнении понятий, используемых в инженерно-экологических изысканиях и природоохранном законодательстве	332
<i>Дудлер И.В., Лярский С.П., Воронцов Е.А., Шульгин П.Ю.</i> Критерии необходимости, приоритеты и принципы предпроектных инженерно-геологических изысканий.....	337
<i>Костарев В.П., Виноградова С.А.</i> Ключевой вопрос современных инженерно-геологических изысканий.....	342
<i>Медведева С.Г., Королёв В.А.</i> О необходимости проведения инженерно-экологических изысканий на предпроектной стадии строительства карьеров.....	345
<i>Микляев П.С., Петрова Т.Б., Дорожко А.Л., Макеев В.М.</i> Принципы оценки потенциальной радоноопасности территорий на предпроектных этапах строительства.....	350
<i>Потапов А.Д., Дьяконов П.Ю.</i> Особенности анализа сейсмического риска для грунтовых плотин.....	355
<i>Харькина М.А.</i> К вопросу оценки геологических процессов при анализе инженерно-экологических условий на предпроектных этапах строительства.....	359
УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ.....	364

Научное издание

СЕРГЕЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ

**Роль инженерной геологии и изысканий
на предпроектных этапах
строительного освоения территорий**

Выпуск 14

**Материалы годичной сессии
Научного совета РАН по проблемам геоэкологии,
инженерной геологии и гидрогеологии
(22–23 марта 2012 г.)**

Издание подготовлено в авторской редакции

Технический редактор *Т.В. Анисимова*
Компьютерная верстка *М.Н. Заикина*
Дизайн обложки *М.В. Рогова*

Подписано в печать 14.02.12 г. Формат 70×100/16. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 43,9. Тираж 320 экз. Заказ 54

Российский университет дружбы народов
115419, ГСП-1, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3

Типография РУДН
115419, ГСП-1, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3, тел. 952-04-41