

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Научный Совет РАН
по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук
МЧС РОССИИ
Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам
гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций
(федеральный центр науки и высоких технологий)
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

АНАЛИЗ, ПРОГНОЗ И УПРАВЛЕНИЕ ПРИРОДНЫМИ РИСКАМИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

Материалы 9-й Международной научно-практической
конференции «ГЕОРИСК–2015»

ANALYSIS, PREDICTION AND MANAGEMENT OF NATURAL RISKS IN THE MODERN WORLD

The 9th international scientific and practical conference
«GEORISK–2015»

В двух томах

Том 1

Москва
Российский университет дружбы народов
2015

УДК 504.06:502 (063)

ББК 20.1

А64

Редакционная коллегия:

В.И. Осипов (ответственный редактор),

Н.Г. Мавлянова (ответственный секретарь),

А.В. Аникеев, Е.В. Булдакова, И.В. Галицкая, О.Н. Еремина, А.Д. Жигалин,

В.Г. Заиканов, В.П. Зверев, С.В. Козловский, О.К. Миронов,

Т.С. Орлов, Г.П. Постоев, Д. О. Сергеев, О.Н. Трапезникова

Издание осуществлено при финансовой поддержке

Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 15-05-20853)

и Федерального агентства научных организаций

А64 Анализ, прогноз и управление природными рисками в современном ми-

ре : материалы 9-й Международной научно-практической конференции
«ГЕОРИСК–2015» : в 2 т. / отв. ред. В.И. Осипов. – Москва : РУДН, 2015.

ISBN 978-5-209-06739-9

Т. 1. – 582 с. : ил.

ISBN 978-5-209-06740-5 (т. 1)

В сборнике опубликованы доклады, представленные на 9-ю Международную научно-практическую конференцию по проблемам снижения природных опасностей и рисков «Анализ, прогноз и управление природными рисками в современном мире (ГЕОРИСК–2015)», состоявшуюся 12–14 октября в г. Москве в рамках деловой программы Международного конгресса по управлению рисками «Глобальная и национальная стратегии управления рисками катастроф и стихийных бедствий». Доклады сгруппированы в четыре секции: изучение опасных природных процессов и их прогнозирование с учетом изменчивости природных и техногенных факторов; разработка систем мониторинга опасных природных процессов и создание систем раннего оповещения о чрезвычайных ситуациях, оценка и управление природными рисками, инженерная защита территорий и разработка нормативных документов; особенности оценки опасных природных процессов в Арктическом регионе и областях распространения многолетнемерзлых пород.

Предназначено для органов государственной власти, страховых компаний, строителей, проектировщиков, изыскателей и научных работников, занимающихся проблемами прогнозирования, оценки и управления природными и техноприродными рисками.

The collection of articles includes the proceedings of report submitted to the international scientific-practical conference «Analysis, prediction and management of natural risks in the modern world (GEORISK–2015)» held in Moscow, October 12–14, 2015. The reports deal with the following topics: the study and forecasting of natural hazards based on the variability of natural and anthropogenic factors; development of systems for monitoring natural hazards and the establishment of early warning systems for emergencies; assessment and management of natural risks, engineering protection of territories and the development of regulatory documents; specific of natural processes in the Arctic zone and of permafrost regions.

The book is intended for governmental bodies, insurance companies, builders, designers, surveyors and researches engaged in the problems of prediction, assessment and management of natural and technological risk.

ISBN 978-5-209-06739-9

ISBN 978-5-209-06740-5 (т. 1)

УДК 504.06:502 (063)

ББК 20.1

© Коллектив авторов; отв. ред. В.И. Осипов, 2015

© Российский университет дружбы народов, Издательство, 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящий сборник включены доклады, поступившие на 9-ю Международную научно-практическую конференцию по проблемам снижения природных опасностей и рисков «Анализ, прогноз и управление природными рисками в современном мире (ГЕОРИСК – 2015)», которая традиционно с 1993 г. проводится Научным советом РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, Институтом геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН совместно с Министерством РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.

В 2015 г. отмечается 25-летие МЧС России. В связи с этим знаменательным событием конференция «ГЕОРИСК – 2015» проходит в рамках деловой программы международного конгресса по управлению рисками «Глобальная и национальная стратегии управления рисками катастроф и стихийных бедствий» (12–14 октября 2015 г., Москва).

Опасные природные и техноприродные процессы относятся к числу важнейших дестабилизирующих факторов, препятствующих устойчивому развитию человечества. Сегодня от научного сообщества и органов по чрезвычайным ситуациям страны требуется дальнейшая разработка научных основ оценки опасных природных процессов, на основании данных мониторинга, моделирования и прогнозирования; совершенствования технологий по предотвращению и ликвидации последствий катастрофических явлений. В связи с этим предложенные для обсуждения на конференции темы получили широкий отклик среди специалистов.

Доклады распределены по 4 секциям:

1. Изучение опасных природных процессов и их прогнозирование с учетом изменчивости природных и техногенных факторов.

2. Разработка систем мониторинга опасных природных процессов и создание систем раннего оповещения о ЧС.

3. Оценка и управление природными рисками, инженерная защита территорий и разработка нормативных документов.

4. Особенности оценки опасных природных процессов в Арктическом регионе и областях распространения многолетнемерзлых пород.

В рамках сформулированных тем в адрес оргкомитета конференции поступило 204 доклада из России, Азербайджана, Армении, Белоруссии, Казахстана, Кыргызстана, Молдавии, Таджикистана, Туркменистана, Узбекистана, Украины. После рецензирования в настоящий сборник из 2 томов вошло 184 доклада, содержащих оригинальные, ранее не опубликованные материалы собственных исследований авторов. Тексты всех сообщений приводятся в авторской редакции. Наиболее интересные из представленных в сборнике докладов вынесены на устную сессию конференции.

Оргкомитет выражает надежду, что опубликованные доклады, как и сама конференция, позволят определить новые подходы к прогнозированию опасных природных процессов, а также к оценке уязвимости объектов, ущербов и рисков социальных, экономических и экологических потерь от этих опасностей, в том числе в Арктическом регионе; сформулировать актуальные задачи дальнейших исследований по анализу природных рисков, их нормативно-правовому обеспечению и использованию как в практике государственного управления, так и для любых локальных объектов строительства с целью обеспечения безопасности населения, объектов экономики и окружающей среды на всех уровнях (локальном, муниципальном, региональном и федеральном); способствовать развитию научного сотрудничества между специалистами в области оценки и управления природными рисками.

Конференция проводится при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований (грант
№ 15-05-20853) и Федерального агентства научных органи-
заций.

*Сопредседатель оргкомитета
конференции «ГЕОРИСК – 2015»,
академик*

В.И. Осипов

*Сопредседатель оргкомитета
конференции «ГЕОРИСК – 2015»,
доктор технических наук*

В.А. Акимов

*Ответственный секретарь оргкомитета
конференции «ГЕОРИСК – 2015»,
доктор геолого-минералогических наук*

Н.Г. Мавлянова

**ПРИРОДНЫЕ КАТАСТРОФЫ:
АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ
И ПУТИ МИНИМИЗАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ**

В.И. Осипов

*Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва
E-mail:direct@geoenv.ru*

**NATURAL DISASTERS:
ANALYSIS OF DEVELOPMENT
AND REDUCTION OF CONSEQUENCES**

The study of relationship between the disastrous natural phenomena and the global climate change as well as the aggravating human-induced impact on the environment is of crucial importance for the cognition of nature, revealing of recurrence and mechanisms of hazard development, as well as emerging new natural hazards. The paper considers the impact of global climate change and technogenesis on manifestation of natural disasters (including the Arctic zone), problems in assessing natural risks and elaboration of procedures for reducing unfavorable consequences.

Введение. В глобальной проблеме безопасности катастрофические природные явления рассматриваются в числе важнейших дестабилизирующих факторов, препятствующих устойчивому развитию человечества. По мнению академика В.И. Вернадского, земная поверхностная оболочка должна рассматриваться не только как область вещества, которое мы активно используем в виде минеральных ресурсов, но и как область энергии. Энергетические преобразования, происходящее в земной коре, на ее поверхности и в

прилегающих к ней слоях атмосферы, выражаются в развитии множества катастрофических природных процессов.

Статистический анализ катастрофических событий показывает, что их количество неуклонно растет как в мире в целом, так и в отдельных странах. При этом величина ущерба увеличивается в два раза быстрее. Это означает, что развитие техносферы на Земле идет без достаточного учета пространственного распределения природных опасностей и создания инженерной защиты.

В последние десятилетия большое влияние на развитие природных катастроф оказывают глобальные климатические изменения на Земле. Изучение закономерностей климатических вариаций и изменений состояния компонентов окружающей среды дает возможность определять направления адаптационных мероприятий, которые необходимо осуществить для поддержания устойчивости глобальной природно-технической системы.

Вторым глобальным процессом, обуславливающим рост природных катастроф, следует считать техногенез, связанный с ростом индустриализации общества, увеличением потребления природных ресурсов и урбанизацией. Развитие техногенеза неизбежно сопровождается усилением воздействия на окружающую среду и нарушением ее устойчивости, что также приводит к развитию опасных процессов.

Изучение обоих факторов нестабильности относится к числу критических технологий, входящих в пакет приоритетного направления по рациональному природопользованию. Научные аспекты этих технологий на протяжении ряда последних лет разрабатываются в рамках Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Природная среда России: адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики» под руководством академика Н.П. Лаверова. Представленные ниже данные базируются в основном на материале, полученном в рамках этой программы.

Глобальные изменения климата и природные катастрофы. На основе палеоклиматических реконструкций в Институте географии РАН установлено, что наблюдающиеся сейчас вариации климата связаны с естественными изменениями температуры на Земле, обусловленными периодической сменой в четвертичное время эпох похолодания (оледенения) с межледниковыми периодами потепления. При этом наибольшие скорости естественных изменений температуры характерны для переходных фаз межледниково-ледниковых микроциклов. На основе разработанной методики удалось осуществить количественные палеоклиматические реконструкции для последнего межледниково-ледникового цикла голоцена, позволившие оценить не только амплитуды, но и скорости изменения температур [2].

Естественный температурный тренд во второй половине голоцена (после климатического оптимума) направлен в сторону похолодания. За последние 6000 лет средняя скорость падения среднегодовой температуры воздуха в средней полосе Восточно-Европейской равнины составила 0,002 °C за 10 лет. На фоне общего тренда к похолоданию на этой территории происходят климатические колебания продолжительностью от нескольких столетий до первых тысячелетий. Скорость изменения среднегодовой температуры воздуха при таких колебаниях составляет около 0,02 °C за 10 лет.

Важнейший климатообразующий фактор формирования короткопериодных колебаний климата – солнечная активность. Выявлен достоверный отклик основных климатических характеристик (приземная температура воздуха, температура поверхности океанов и количество осадков) на солнечную активность. Установлено, что климатический отклик на вариации солнечной и геомагнитной активности характеризуется значительной пространственно-временной неоднородностью и носит региональный характер.

Для всесторонней оценки влияния как солнечной активности, так и антропогенных факторов на изменение природ-

ной среды необходимо учитывать особенности пространственно-временного энергообмена между атмосферой–океаном–сушей, а также циркуляции вещества в атмосфере и океане.

Изменение климата непосредственно влияет на интенсивный рост природных опасностей, особенно гидрометеорологических. На рис. 1 показано изменение суммарного числа случаев опасных гидрометеорологических явлений на территории России в течение 1991–2010 гг., нанесших огромный социальный и материальный ущерб стране [4].

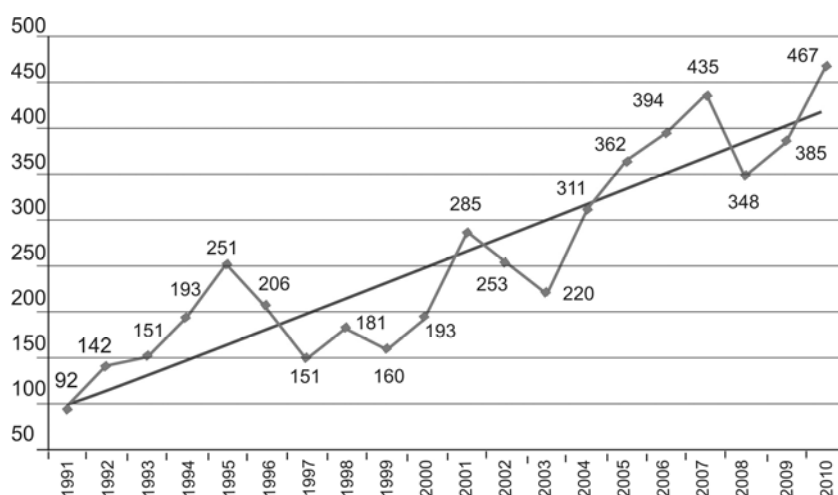


Рис. 1. Рост суммарного числа опасных гидрометеорологических явлений на территории России за 1991–2010 гг.

Подтверждение сказанного – ряд крупнейших природных катастроф в нашей стране за последние годы. К числу таких экстремальных явлений относится весеннее наводнение на р. Лена в Якутии в 2001 г., экстремальная жара и лесные пожары в Европейской части России в 2010 г., наводнение в Краснодарском крае в июне 2012 г., наводнение на Дальнем Востоке (2013 г.), аномально холодные зимы 2012 г. Перечисленные катастрофы сопровождались человеческими и гигантскими материальными потерями: в ката-

строфах погибло более 230 чел., пострадало 220 тыс. чел.; суммарный материальный ущерб составил 82 млрд руб.

В Институте водных проблем РАН в последние годы выполнены исследования по повышению точности и надежности методов прогнозирования опасности катастрофических наводнений. Разработана рекомендация по изменению землепользования речных бассейнов с целью регулирования стока и уменьшения максимальных расходов катастрофических паводков и наводнений. На основе исследования возможных механизмов стока развита теория катастрофических явлений и разработана система физико-математических и динамико-стохастических моделей, позволяющих воспроизводить поведение гидрологических систем при различных гидрометеорологических ситуациях и техногенных нагрузках на водосборе. На базе созданной системы моделей разработаны детерминистический, вероятностный, а также комбинированный стохастико-детерминистический методы оценки риска и масштаба катастрофических наводнений [5].

Другой компонент окружающей среды, проявляющий высокую «чувствительность» к климатическим изменениям – многолетняя мерзлота. Переход грунтов из мерзлого в талое состояние приведет к масштабным деформациям Земной поверхности и развитию опасных природных явлений на значительных территориях Западной и Восточной Сибири.

Термокарст – наиболее распространенный мерзлотный процесс, заключающийся в образовании отрицательных форм мезо- и микрорельефа в результате вытаивания подземных льдов и высокольдистых пород. Исследование физики этого процесса показывает, что важным фактором развития термокарста являются микроклиматические неоднородности внутри единых ландшафтных комплексов. Эти неоднородности способствуют неравномерному вытаиванию льда. Образование заполненного водой понижения глубиной всего 6 см может обусловить начало развития термокарста. Поэтому нарушение растительного покрова,

например, при прохождении вездехода, может способствовать зарождению процесса.

Среди параметров, определяющих развитие термокарста, важное значение имеет толщина слоя сезонного оттаивания: с ростом его мощности возрастает вероятность развития термокарста [10].

Техногенез и природные катастрофы. Наряду с климатическими изменениями важную роль в развитии опасных природных процессов играют техногенные воздействия на природную среду. Естественные климатические циклы существенно влияют на относительно быструю вариацию климата в пределах нескольких десятилетий. При более долгопериодном тренде климатических изменений, соответствующем столетиям, важным фактором изменения природной среды становятся антропогенные воздействия. Анализ донных отложений горных озер позволил оценить влияние техногенного фактора на изменения окружающей среды. Выявлено, что наиболее интенсивно техногенное влияние началось с конца XIX столетия – с развитием современного индустриального общества [3].

В Институте физики атмосферы РАН выполнена модельная оценка изменения многолетней мерзлоты при глобальных климатических изменениях с учетом антропогенного воздействия. Согласно проведенным расчетам, общая площадь распространения приповерхностных многолетнемерзлых пород на суше в Северном полушарии в XXI в. может сократиться с 20 млн км² до 5,3–12,8 млн км² в зависимости от сценария антропогенного воздействия (рис. 2) [7].

Сокращение площади криолитозоны вызвано деградацией приповерхностных мерзлых пород в регионах Центральной, Западной Сибири и Северной Америки. При самом жестком сценарии антропогенного влияния деградацией могут быть затронуты и некоторые районы Восточной Сибири. В тех регионах, где многолетняя мерзлота сохраняется, возрастает глубина сезонного оттаивания. Так, в Восточной Сибири она

возрастает от 2,0–2,5 м (при умеренном сценарии антропогенного воздействия) до 2,5–3,0 м при агрессивном сценарии.

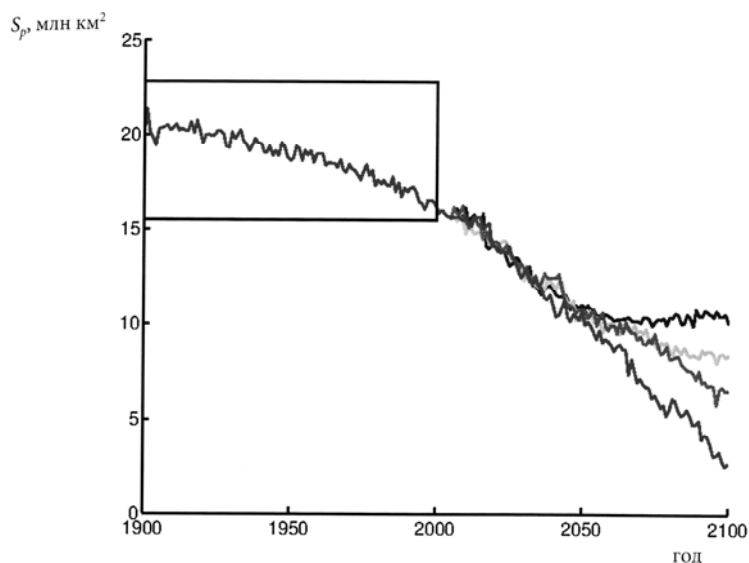


Рис. 2. Изменение площади распространения многолетнемерзлых грунтов на Земле в XX–XXI столетиях при мягком (1), средних (2, 3) и жестком (4) сценариях антропогенного воздействия

В качестве примера концентрированного техногенного воздействия на природную среду, может быть рассмотрен Березниковско-соликамский промышленный район в Пермском крае, где ведется активная добыча калийного минерального сырья.

Разработка калийных солей здесь началась еще в 1934–1936 гг. За прошедшее время образовалось обширное выработанное пространство (в том числе под промышленной зоной и жилыми кварталами г. Березники), которое в последние годы полностью не закладывалось, т.е. оставалось свободным в виде подземных пустот. Одновременно в указанные годы по нарастающей увеличивалась загрязненность и

агрессивность подземных вод, фильтрующих залежи соли, что привело к росту интенсивности процесса растворения солей и инфильтрации рассола в подземные пустоты.

В 2006 г. на Березниковском калийном производственном руднике № 1 (БКПРУ-1) произошла крупная техногенная авария – прорыв подземных вод, в результате которой в течение двух выработанное пространства рудника объемом 80 млн м³ оказалось затоплено. Авария привела к образованию 28 июля 2007 г. на поверхности грандиозного провала объемом 8,6 млн м³ с размерами в плане 300 × 400 м и видимой глубиной более 30 м (рис. 3). Ущерб от этой крупнейшей техногенной аварии составил более 3 млрд руб.



Рис. 3. Техногенный провал на Березниковском калийном руднике 28 июля 2007 г.

Спустя 3 года (в 2010 и 2011 гг.) в этом же районе произошло еще два провала. Размер провала, образовавшегося в районе железнодорожной станции Березники, достиг в плане 123 × 70 м и глубины 98 м. Все это свидетельствует о продолжении развития опасных процессов и росте геоэкологического

риска на этой территории, где расположены жилые и административные здания, промышленные объекты (в том числе с опасным производством), транспортные и инженерные системы.

Природные катастрофы в зоне Арктики. В последние годы Арктика привлекает особое внимание в связи с большими запасами энергоресурсов и расширением геополитического значения этого региона. Активно развивающееся промышленное освоение арктического побережья в ближайшее будущее распространится и на акваториальную часть Российской Арктики.

Большое влияние на состояние Арктики оказывает мировой океан, где наблюдается «конвейерная лента» течений. Теплые поверхностные воды Тихого океана движутся, подогревая Гольфстрим, из тропиков к Норвежскому морю, где они охлаждаются, опускаются на большие глубины и охлажденными возвращаются в Тихий океан (рис. 4) [6].

В настоящее время активно развивается процесс таяния полярных льдов. Считается, что за последние полвека в Арктике произошло сокращение поля постоянных (паковых) льдов в два раза. Развитие этого процесса идет неравномерно: он практически не заметен на восточной Аляске и Северной Гренландии, а наиболее отчетливо проявляется в зоне влияния теплого течения Гольфстрима.

Не менее интенсивно идет процесс сокращения массы ледников Арктики. Оценка состояния оледенения архипелагов Российской Арктики на ближайшие десятилетия показывает, что в текущем столетии дефицит баланса массы ледников будет возрастать. Особенно высоких удельных потерь массы следует ожидать на ледниках Земли Франца-Иосифа и Новой Земли.

Влияние океана не единственный фактор, контролирующий температурные изменения, происходящие в арктическом регионе. На континентальной части Арктики, где действует целый комплекс факторов, климатические изменения приземных температур носят еще более сложный характер, принимая иногда разнонаправленные тенденции.

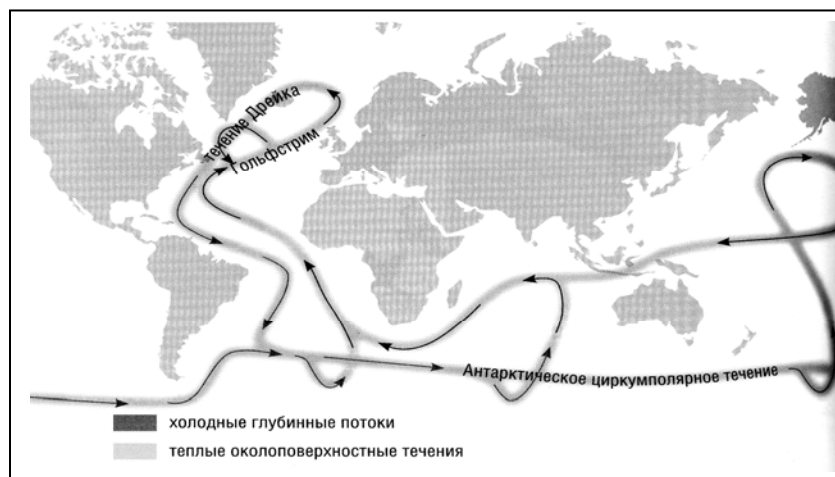


Рис. 4. Глобальные океанические течения и тепломассобмен в Мировом океане

Данные метеорологических наблюдений за последние 150–180 лет свидетельствуют о том, что в прибрежных частях Арктики отмечается потепление, которое характеризуется значительными региональными различиями. Выделяется два периода выраженного потепления температуры воздуха: в конце XVIII в. и во второй половине прошлого столетия. Последнее потепление вызвало на севере России изменения температур, приведенные в табл. Наибольший тренд изменения температуры отмечался на севере Западной Сибири (населенные пункты Тазовское, Салехард, Надым) и в Якутии. В то же время в районах крайнего Северо-Востока среднегодовые температуры воздуха остались практически неизменными.

Важнейший дестабилизирующий фактор в этом регионе – оттаивание пород на участках распространения льдистых отложений, повторно жильных льдов, пластовых залежей льда. Развитие этого процесса на континентальной части Арктики вызывает активизацию термокарста, термоэрозии, солифлюкции, сезонного пучения, площадного опускания земной поверхности. Особенно существенных изменений следу-

Таблица

**Возрастание среднегодовых температур воздуха
Севера России за 1960–1995 гг.**

Регион	Среднелетняя температура	Среднезимняя температура	За год
Европейский Север	0,4	1,0	0,7
Западная Сибирь	0,9	1,4	1,2
Якутия	0,3	2,2	1,4
Северо-Восток	0,1	0,07	0,005

ет ожидать на территориях с большим запасом льда в разрезе пород. К таким территориям относится полуостров Ямал и, в частности, находящееся здесь Бованенковское газоконденсатное месторождение, где были вскрыты пластовые льды средней мощностью 8 м при максимальной – 28,5 м. Площадь отдельных ледяных включений достигает здесь 10 км², а объем – более 4 млн м³ [1]. При этом нужно учитывать, что засоленные мерзлые породы оттаивают и теряют несущую способность даже при отрицательных температурах.

С деградацией многолетнемерзлых пород связан процесс образования термокарста в арктических и приарктических районах. Механизм образования карстовых провалов (озер) принято объяснять обрушением кровли пород, перекрывающих полости (пустоты), возникающие в мерзлой толще за счет локального оттаивания погребенного льда или льдонасыщенных грунтов. В последние годы на севере Западной Сибири обнаружен другой генетический тип термокарстовых образований – пневматического или газовзрывного механизма их формирования [1]. Так в июле 2014 г. в 30 км южнее Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения в юго-западной части полуострова Ямал был обнаружен глубокий кратер наподобие воронки взрыва, в нижней части заполненный водой (рис. 5).

Воронка имела округлую форму с диаметром на поверхности около 60 м и глубину свыше 50 м. Вокруг воронки



Рис. 5. Термокарстовая воронка взрывного типа на полуострове Ямал. Вид с вертолета

наличествовал бруствер из пород, выброшенных на расстояние до 120 м. Общий вид воронки свидетельствует о том, что она возникла в результате мощного выброса газа, скопившегося в неглубокой подземной залежи, образовавшейся в результате вытаявания погребенного льда (пластового, жильного) или ядра булгуны (гидролоколита).

Накопившийся в полости газ мог быть сингенетическим биохимического происхождения или катагенетическим, мигрировавшим из более глубоких горизонтов по глубинным разломам. Не исключается его образование в результате диссоциации (распада) газогидратов при изменении термобарических условий.

Образовавшаяся таким образом термокарстовая воронка является не единственной в арктической зоне. Аналогичные образования были обнаружены на Ямале; а также в устье р. Енисей. Последняя воронка, получившая название «Воронки Таймыра», имеет диаметр около 4 м и глубину 60 м.

Оценка природных рисков и инженерная защита.

Реализация стратегии геоэкологической безопасности основывается на трех основных принципах:

а) заселение территорий и размещение промышленных и инфраструктурных элементов должно осуществляться с учетом места, времени и интенсивности проявления различных опасных природных процессов;

б) в ходе селитебного и хозяйственного освоения земель необходимо предусматривать инженерную защиту территорий и возводимых объектов от прогнозируемых природных опасностей;

в) возведение элементов техносферы не должно провоцировать развитие новых опасных процессов.

Первое требование выполняется на основе широкого и всестороннего изучения развития различных природных процессов и получения их пространственных, временных (повторяемости) и энергетических параметров, на основе которых строятся карты районирования интересующей нас территории применительно к развитию отдельных (или нескольких) опасных природных процессов. Ценность получаемой информации существенно повышается, если карта содержит элементы прогнозирования развития изучаемого процесса на ближайшее будущее и перспективу.

В качестве примера такой карты можно привести работу, выполненную Институтом геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, по сейсмическому микрорайонированию территории Имеретинской низменности перед началом проектирования там комплекса сооружений Зимних Олимпийских игр 2014 г. (рис. 6).

Второе требование – соблюдение принципа инженерной защиты территории и объектов техносферы, реализуется, когда нет гарантии природной безопасности возводимого объекта или планируемой хозяйственной деятельности. В этом случае решается вопрос о строительстве специальных защитных сооружений или применении более современных технологий, обеспечивающих безопасность объектов.

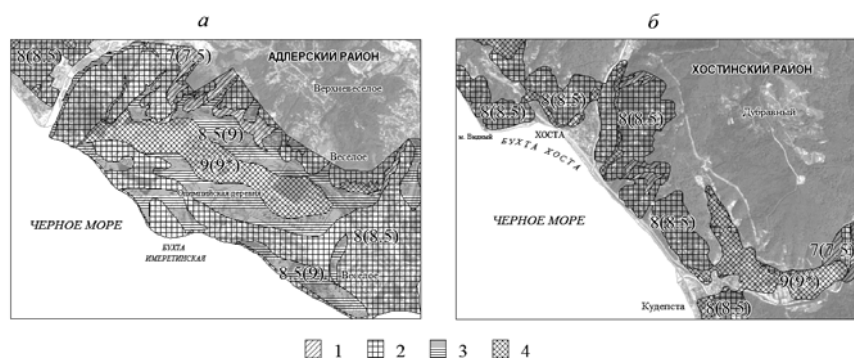


Рис. 6. Фрагменты карты СМР для Адлерского (а) и Хостинского (б) районов г. Б. Сочи:

1 – $I = 7$ (7,5); 2 – $I = 8$ (8,5); 3 – $I = 8,5$ (9); 4 – $I = 9$ (9*)

Прекрасным примером строительства защитных сооружений может служить дамба, построенная в 2009 г. в Финском заливе и защищающая г. Санкт-Петербург от наводнений при подъеме воды в р. Нева.

Другим примером крупного проекта, требующего инженерной защиты, является транспортный переход через Керченский залив, строительство которого начнется в ближайшее время. Район строительства подвержен двум видам природных опасностей – высокой сейсмичности и неустойчивым погодным условиям, выражающихся в сильных ветрах, обледенении, изменении ледового режим в зимнее время. Оба фактора в наибольшей степени проявятся при строительстве мостового перехода. В то же время при реализации тоннельного варианта перехода влияние первого фактора смягчится, а второго – будет практически полностью отсутствовать. Это говорит о том, что в случае адекватности технико-экономических показателей обоих вариантов с позиции безопасности преимущество имеет тоннельный вариант перехода.

К числу важнейших документов, лежащих в основе стратегии природной безопасности, относят карты рисков, отражающие математическое ожидание социальных и мате-

риальных потерь при развитии различных опасных явлений и позволяющие принимать решения по разработке превентивных мероприятий, направленных на снижение возможных потерь. В качестве объектов риска рассматриваются население страны, а также различные объекты экономики (здания, сооружения, транспортные системы, другие элементы инфраструктуры) и окружающей природной среды (элементы биосферы, гидросферы, литосферы, атмосферы). Помимо вероятности развития опасного природного явления оценивается уязвимость – вероятность получения объектами риска определенной степени повреждений, определяющих необходимость затрат на их восстановление.

Использование современных информационных технологий позволяет оперативно составлять карты природного индивидуального и интегрального риска как для страны в целом, так и для различных регионов Российской Федерации.

На рис. 7 представлена карта природного риска, составленная в Институте геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН для территории России [8]. Карта охватывает территорию всей страны и отображает вероятность индивидуального риска (гибели) жителей различных регионов России в связи с развитием различных природных опасностей.

На рис. 8 приведен фрагмент карты индивидуального сейсмического риска для жителей Большого Сочи для периода повторяемости землетрясений $T = 1000$ лет [9].

Анализ полученных данных для г. Сочи и их сравнение с аналогичными показателями 2007 г. (до начала строительства Олимпийского комплекса) показывает заметное уменьшение площадей застроенной части города с неприемлемым уровнем риска: территория города с неприемлемым уровнем риска (более $1 \cdot 10^{-4}$) уменьшилась по сравнению с 2007 г. с 38,9 до 8,6%. Этот факт объясняется сносом ветхого жилья в городе и строительством новых более сейсмостойких объектов.

В связи с дальнейшим развитием и планами использования Большого Сочи в качестве курортного и спортивного

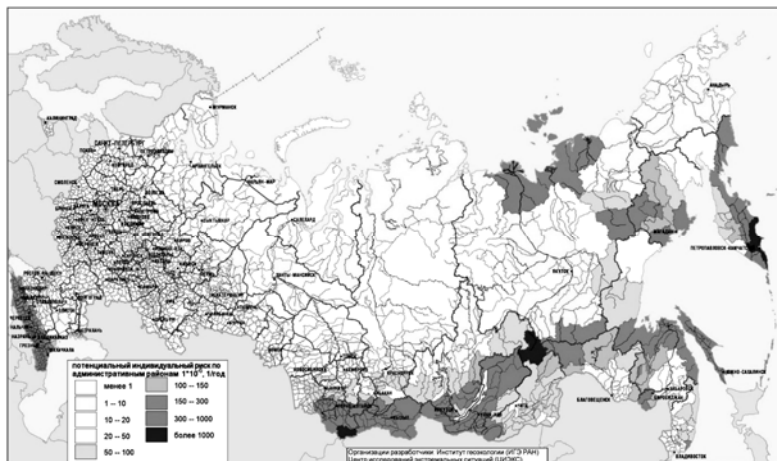


Рис. 7. Карта индивидуального природного риска для населения РФ: смертельный исход и травмы различной тяжести в случае возникновения опасных процессов

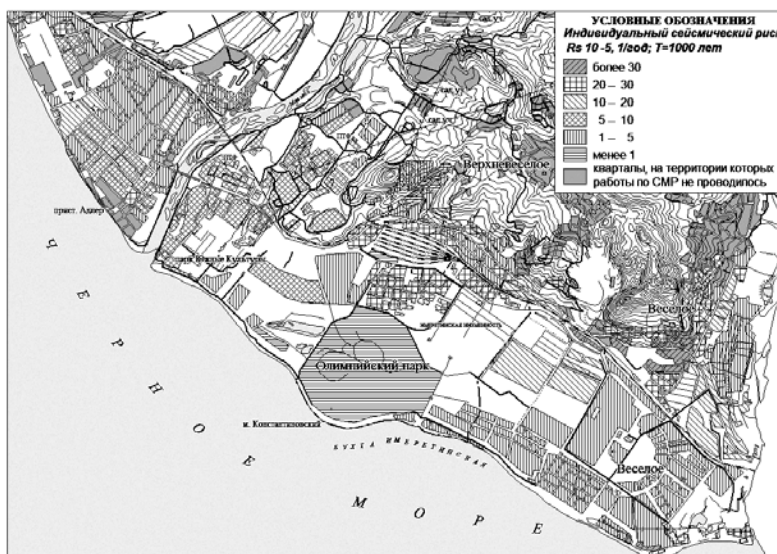


Рис. 8. Фрагмент карты индивидуального сейсмического риска для г. Б. Сочи, включая территорию размещения объектов Олимпийского комплекса, $T = 1000$ лет

центра следует продолжить работы по оценке риска при планировании строительства новых объектов. При этом усилия ученых следует акцентировать на совершенствовании методов оценки сейсмического и других природных рисков как в социальных, так и экономических показателях, а также разработке комплексных карт природного и техногенного риска.

Заключение. Изучение связи развития катастрофических природных явлений с глобальным изменением климата, а также с усиливающимся техногенным воздействием на окружающую среду имеет фундаментальное значение для познания природы, повторяемости, механизмов развития и появления новых видов природных угроз для научно обоснованной разработки технологий снижения их негативных последствий. Эта работа становится неотъемлемым механизмом всеобщей стратегии выживания человечества и его адаптации к условиям изменяющейся природной среды. Конечной целью такой деятельности должно стать недопущение достижения предела устойчивости природной обстановки и предупреждение экологических катастроф на локальном и глобальных уровнях.

Сказанное требует от научного сообщества и органов по чрезвычайным ситуациям страны дальнейшей разработки научных основ оценки опасности природных процессов, опираясь на данные мониторинга, моделирования и прогнозирования, и совершенствование технологий по предотвращению и ликвидации последствий катастрофических явлений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Богоявленский В.И.* Угроза катастрофических выбросов газа из криолитозоны Арктики. Воронки Ямала и Таймыра // Бурение и нефть. – 2014. – № 9. – С. 12–17.
2. *Величко А.А., Борисова О.К.* Анализ экстремальных короткопериодных и долгопериодных ландшафтно-климатических изменений в голоцене и плейстоцене как ключ к пониманию современных природных процессов // Природная среда России: адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата и развития

атомной энергетики: сборник статей. – М.: ИФЗ РАН, 2014. – С. 158–160.

3. *Добрецов Н.В.* Климат во времени и пространстве // Наука из первых рук. – Новосибирск, 2010. – № 6. – С. 80–87.

4. *Котляков В.М.* Современные изменения природной среды Северного Кавказа // Природная среда России: адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики: сборник статей. – М.: ИФЗ РАН, 2014. – С. 161–165.

5. *Кучмент Л.С.* Разработка методов оценки опасности катастрофических наводнений и снижения ущерба в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики // Природная среда России: адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики: сборник статей. – М.: ИФЗ РАН, 2014. – С. 133–155.

6. *Марчук Г.И., Кочергин В.П., Саркисян А.С. и др.* Математические модели циркуляции в океане: научные издания. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1980.

7. *Мохов И.И.* Модельные оценки режимов вечной мерзлоты при глобальных изменениях климата // Природная среда России: адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики: сборник статей. – М.: ИФЗ РАН, 2014. – С. 177–179.

8. *Осипов В.И., Фролова Н.И., Суцев С.П., Ларионов В.И.* Оценка сейсмического и природного риска для населения и территории Российской Федерации // Экстремальные природные явления и катастрофы: сборник статей. – Т. 2: Геология урана, геоэкология, гляциология / Отв. ред. В.М. Котляков – М.: ИФЗ РАН, 2011. – С. 28–48.

9. *Осипов В.И., Ларионов В.И., Суцев С.П., Фролова Н.И., Угаров А.Н., Кожаринов С.В., Барская Т.В.* Оценка сейсмического риска территории г. Б. Сочи // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2015. – № 1. – С. 3–19.

10. *Перльштейн Г.З.* Изменение криолитозоны России, вызванные глобальным потеплением: природные опасности и современные геоэкологические проблемы // Природная среда России: адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики: сборник статей. – М.: ИФЗ РАН, 2014. – С. 288–291.

**ИЗУЧЕНИЕ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ
И ИХ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ
С УЧЕТОМ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПРИРОДНЫХ
И ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ**



**THE STUDY AND FORECASTING
OF NATURAL HAZARDS BASED
ON THE VARIABILITY OF NATURAL
AND ANTHROPOGENIC FACTORS**

ОЦЕНКА КАРСТОВОЙ ОПАСНОСТИ ПРИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Р.Ф. Абдрахманов

*Институт геологии УНЦ РАН, Уфа
E-mail: hydro@ufaras.ru*

EVALUATION OF KARST HAZARDS IN HYDRAULIC ENGINEERING CONSTRUCTION

Karst is considered a danger to the example of the South-Ural region known widespread (up to 30–40% of the territory) in karst plain-platform and mountain-folded areas. The greatest development it has in Urals and on the western slope of the Southern Urals. Karst carbonate and sulfate deposition of the Permian and Carboniferous age are in many places come to the surface, or lie close to it, creating a complex environment for hydraulic engineering.

Опыт мирового и российского гидротехнического, особенно гидроэнергетического строительства, свидетельствует о дренающей опасности карста, которая приводит к утечке воды из водохранилища. В практике гидростроительства в Испании (плотины Мария-Кристина, Монте-Хаке, Камараза), Франции (Сен-Гильельм-ле-Дезер), США (Хэлс-Бар, Ланьер) и других странах имеются случаи полного поглощения карстующимися породами воды из высоконапорных водохранилищ [2].

Богатый опыт гидроэнергетического строительства имеется в бывшем СССР и России. Специальные инженерно-

геологические исследования, как отмечает А.Г. Лыкошин [4], позволили принимать верные и зачастую весьма смелые решения при строительстве плотин в сильнозакарстованных районах.

В Южно-Уральском регионе построено несколько крупных (Павловское, Юмагузинское, Нугушское и др.) и свыше 500 средних и малых водохранилищ. Павловская ГЭС на р. Уфе – первая крупная гидроэлектростанция, построенная на сильнозакарстованных породах [4].

В СССР при строительстве этой плотины впервые в отечественной практике были выполнены большие работы по устройству глубоких противofильтрационных цементационных завес в сильнотрещиноватых и закарстованных породах (рис. 1).

Изыскания под данный проект проводились в 1940–1944, 1949–1950 гг. московским отделением института «Гидропроект». В 1950 г. началось строительство гидроузла, в ходе которого продолжались исследования, необходимые для составления рабочих чертежей. Водохранилище вступило в эксплуатацию в 1960 г. Полный объем водохранилища составляет 1,4 млрд м³.

Другое крупное водохранилище, построенное в условиях сильной закарстованности – Юмагузинское на р. Белой (рис. 2). Оно характеризуется следующими параметрами. Высота плотины 65 м, напор на сооружении (максимальный) 60 м, объем водохранилища 0,9 млрд м³. В геоморфологическом отношении створ плотины Павловского водохранилища находится в пределах Уфимского плато, а Юмагузинского – у выхода р. Белой из гор. Долины имеют глубокий врез (150–200 м), ящикообразный поперечный профиль с крутыми обрывистыми склонами.

Выбранный вариант створа плотины Юмагузинского водохранилища, на котором остановимся подробнее, находится в сложных инженерно-геологических условиях. В структурно-тектоническом отношении он расположен на

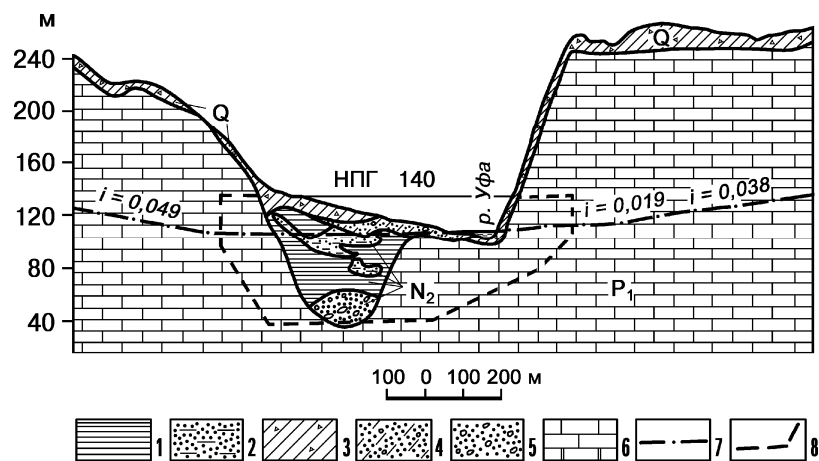


Рис. 1. Геолого-гидрогеологический разрез по створу Павловской плотины [4]:

1–6 – водоносные породы: 1 – глины, 2 – пески глинистые, 3 – суглинки со щебнем, 4 – песчано-гравийные отложения с суглинистым заполнителем, 5 – гравийно-галечниковые отложения, 6 – известняки и доломиты; 7 – уровень грунтовых вод и его уклон; 8 – контур цементационной завесы

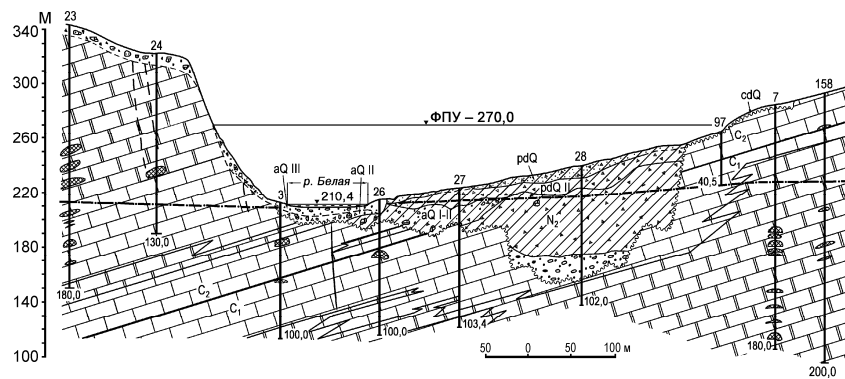


Рис. 2. Геолого-гидрогеологический разрез по оси плотины Юмагузинского водохранилища [3]

Условные обозначения см. на рис. 1

западном краю Западно-Уральской внешней зоны складчатости, разбитой серией тектонических нарушений, в том числе субширотным тектоническим разломом, по которому и произошел прорыв р. Белой в Предуралье [3].

В геологическом строении участка гидроузла участвуют карбонатные толщи нижнего и среднего карбона, представленные известняками, доломитами, доломитизированными известняками. Вся карбонатная толща закарстована. Каверны и полости заполнены дресвяно-щебнистым суглинистым материалом, нередко с известняково-доломитовой мукой (см. рис. 2).

Долина р. Белой выполнена четвертичными и неогеновыми отложениями. Бурением и геофизическими исследованиями в ее пределах выявлено домиоценовое палеорусло с глубиной вреза в карбонатные толщи до 80 м, прижатое к правому борту долины. Палеорусло заполнено миоценовыми и верхнеплиоценовыми глинистыми отложениями мощностью до 30 м с включениями дресвы, щебня, глыб и галек и прослоями валунно-галечниковых грунтов. Бассейн карстовых вод, приуроченный к карбонатным толщам нижнего и среднего карбона, является единой гидравлической системой с классическим гидродинамическим профилем, т.е. полным набором зон (по Д.С. Соколову) циркуляции (вертикальной, переходной, горизонтальной, сифонной и глубинной).

Карстовые воды безнапорные за исключением палеорусла р. Белой, где величина напора достигает 60 м. Поток карстовых вод направлен в сторону р. Белой с гидравлическим уклоном 0,0958–0,0187 от левого борта и 0,0671–0,0196 от правого борта.

Карбонатный массив в левобережном примыкании плотины (ниже древнего базиса дренирования – абсолютная отметка 140 м), то есть в зоне сифонной циркуляции – слабопроницаемый. Выше, между древним и современным базисом дренирования, в зоне горизонтальной циркуляции – водопроницаемый. На уровне современного базиса – сильноводо-

проницаемый (> 1 л/мин), а в зоне вертикального движения достигает 1,04–3,13 л/мин. В правобережном примыкании плотины карбонатный массив в зоне горизонтальной и переменной циркуляции характеризуется в основном как слабо-допроницаемый. В пределах зоны вертикальной циркуляции преобладают интервалы водопроницаемые с отдельными массивами слабо- и даже практически непроницаемых карбонатных пород (рис. 2).

В пределах днища долины карбонатный массив имеет сравнительно невысокие значения коэффициентов фильтрации от 1 до 10 м/сут., редко до 100 м/сут. Последние характерны для зоны тектонического нарушения. Размеры обнаруженных бурением и подтвержденных геофизическими исследованиями карстовых полостей в основном не превышают в диаметре 1, реже 2 м и очень редко 3 м и более. Причем в большинстве своем они заполнены остаточными продуктами выщелачивания и обрушения сводов полостей (щебень, дресва, карбонатная мука).

Построенные графики зависимости размеров вскрытых карстовых полостей и их положения в разрезе плотины позволили выявить следующие закономерности [3]:

1) большинство вскрытых полостей (65%) сосредоточено в интервалах 140–220 м (абсолютные отметки), т.е. между современным и древним базисами коррозии, и только 10% ниже древнего и 25% – выше современного;

2) карстовые полости размером до 1 м в 65% случаев разбросаны по всему изученному разрезу, а полости крупнее 1 м в 35% случаев сосредоточены в интервале между древним и современным базисами коррозии;

3) подавляющее большинство карстовых полостей (90%) расположено ниже НПУ водохранилища, поэтому являются каналами обходной фильтрации.

Современная скорость карбонатного карста невелика и опасности не представляет. В то же время, реальной угрозой является возможность суффозионного выноса заполнителя карстовых полостей в карбонатных массивах берегового

примыкания плотины в связи с изменением гидродинамического режима после заполнения водохранилища. Во избежание этого создана противифльтрационная цементационная завеса в береговых примыканиях плотины и «стена в грунте» – в днище долины в зоне палеорусл р. Белой. Изыскания проводились в 1998–2004 гг., временная эксплуатация водохранилища началась в 2004 г., в эксплуатацию сдано в 2007 г. [1].

В связи со всем вышеизложенным на современном этапе изучения карста при гидротехническом строительстве весьма актуальным является организация карстового мониторинга различного уровня и целевого назначения, который позволит дать научно-обоснованный анализ закономерностей формирования карста, прогнозировать динамику его развития, использовать эту информацию для решения практических задач в области инженерной геологии и гидрогеологии закарстованных территорий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдрахманов Р.Ф., Тюр В.А., Юров В.М. Юмагузинское водохранилище: Формирование гидрологического и гидрохимического режимов. – Уфа: Информреклама, 2008. – 152 с.
2. Гвоздецкий Н.А. Проблемы изучения карста и практика. – М.: Мысль, 1972. – 392 с.
3. Абдрахманов Р.Ф., Мартин В.И., Попов В.Г., Рождественский А.П., Смирнов А.И., Травкин А.И. Карст Башкортостана. – Уфа: Информреклама, 2002. – 383 с.
4. Лыкошин А.Г. Карст и гидротехническое строительство. – М.: Стройиздат, 1968. – 183 с.

РИСКИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Т.Т. Абрамова

*Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: attoma@mail.ru*

THE RISKS IN CONSTRUCTION OF SUBSURFACE ENGINEERING STRUCTURES

In this article, we consider the negative consequences of construction works on development of underground space in the constrained city conditions of large megalopolises (Moscow, St. Petersburg). We demonstrate the need of continuous geomonitoring during the process of creation of deep ditches in soil of unstable structure.

Городское и промышленное строительство превратилось в настоящее время в глобальный процесс, темпы и масштабы которого быстро растут. Огромная концентрация людей, промышленности, транспорта и коммунального хозяйства в современных мегаполисах обуславливает колоссальное воздействие на геологическую и природную среды обитания. Появившаяся в последнее время тенденция к освоению подземного пространства городов увеличивает степень воздействия на природную среду.

Одной из важнейших задач при строительстве подземных объектов на территории городов в условиях плотной застройки является обеспечение безопасности как самих этих объектов, так и зданий и сооружений, попадающих в зону их влияния. Она во многом определяется особенностями инженерно-геологических, гидрогеологических и геоэкологических условий, которые диктуют адекватный выбор технологии ведения строительных работ.

Устройство подземных сооружений в условиях плотной городской застройки на слабых грунтах относится к повышенному уровню риска. Поэтому допущенные ошибки в проектировании ограждающей конструкции котлована могут привести к значительному ее перемещению, а в некоторых случаях и к обрушению. Например, провал грунта глубиной свыше 5 м при щитовой проходке на улице Б. Дмитровка в Москве в 2000 г. произошел вследствие недостаточной изученности инженерно-геологических условий. Это было обусловлено тем, что расстояние между изыскательскими скважинами превышало регламентированное нормами расстояние. Поэтому при изысканиях не был вскрыт плывун, который и привел к указанной аварии.

Еще одним примером ошибки проектирования, вызванной недостаточной изученностью инженерно-геологических условий, является устройство котлована рядом с существующим зданием по адресу: Москва, ул. Мясницкая, д. 11. Рядом со зданием в плывунных песках устраивался опускной колодец [6]. Технология устройства колодца предполагала вибрационные воздействия, которые в плывунных грунтах вызвали существенные деформации. Произошла осадка земной поверхности и фундамента близлежащего здания. Впоследствии оно было разобрано вследствие его аварийности. Такой же механизм разрушения домов произошел при проведении работ по расширению набережной Обводного канала, домов на Рублевском шоссе и в Скатерном переулке в Москве.

Использование самых передовых мировых технологий по устройству подземных сооружений без учета специфики инженерно-геологических условий российских городов также опасно. Аварийная ситуация произошла в 1991 г. при реконструкции гостиницы «Невский палас» в Санкт-Петербурге, где работы выполнялись крупнейшей европейской фирмой по современным западным технологиям. В процессе ведения работ по устройству подземной части встраиваемого здания произошло разрушение трех соседних до-

мов (двух по Невскому проспекту и одного по Стремянной улице). Аналогичные ситуации имели место при строительстве в 1998 г. вокзального коммерческого комплекса на Лиговском проспекте.

Причиной практически всех аварий явилось расструктурирование надморенных слабых глинистых грунтов, которые в обширной зоне вокруг свай приходили в состояние вязкой жидкости и обусловили развитие дополнительных осадок соседних зданий. На основании 20-летних исследований программы FEM models петербургскими геотехниками разработана вязкопластичная модель грунта, реализующая особенности поведения водонасыщенных глинистых грунтов малой и средней степени литификации при квазистатическом нагружении (возведении зданий, нагружении опытной сваи или штампа при испытаниях и т.п.), разгрузке, связанной с откопкой котлована, устройством глубокой проходки при выполнении «стены в грунте» и др. [9; 10].

Для реализации проектных решений, в основу которых положен принцип сохранения природной структуры грунта, В.М. Улицкий и А.Г. Шашкин [9] считают, что необходимо: ограничить техногенные воздействия в период устройства котлована (не допускать динамических воздействий как внутри него, так и вокруг, исключить работы по устройству свай, погружению шпунта и т.п., ограничить движение транспорта вокруг котлована); не допускать нарушений последовательности ведения работ и щадящих технологических режимов; строго соблюдать проектные сроки каждого этапа работ по устройству котлована.

Необходимо ввести в практику геотехнических расчетов понятие расчета соседней застройки по первой группе предельных состояний. Соседняя застройка должна быть рассчитана по прочности и устойчивости при воздействиях со стороны строительства подземного сооружения, связанных с неопределенными задержками во времени строительства и нарушением природной структуры грунта. Следова-

тельно, нарушение щадящих технологических режимов и сроков производства работ не должно приводить к разрушению соседней застройки [9].

Другой причиной аварийных ситуаций является сочетание нескольких неблагоприятных факторов. Например, на площадке строительства многофункционального комплекса с подземной автостоянкой по адресу: Ленинградский проспект, вл. 39 (г. Москва), произошел провал поверхности грунта протяженностью около 20 м и глубиной 6 м. Ограждающая конструкция котлована была устроена в виде монолитной железобетонной «стены в грунте» толщиной 0,8 м глубиной 24 м. Устройство «стены в грунте» выполнялось захватками по 2,2 м под защитой бентонитового раствора, бетонирование осуществлялось методом ВПТ (вертикально перемещаемой трубы). Д.Е. Разводовский, О.А. Шулятьев и Н.С. Никифорова [6] считают, что это было вызвано тем, что мониторинг проводился не в полном объеме, в частности, не велись наблюдения за состоянием водонесущих коммуникаций, уровнем подземных вод и перемещением окружающего массива грунта. Кроме этого, не выполнялся анализ результатов мониторинга: имела место несоизмеримая с перемещениями «стены в грунте» осадка фундаментов расположенного рядом крытого теннисного корта.

При устройстве «стены в грунте» была нарушена технология, на что указывали дефекты: местами отсутствовал защитный слой бетона, имелись протечки и прорыв через так называемые «холодные швы» бетонирования. Участки прорыва подземных вод сквозь «стену в грунте» в различных местах в плане и по высоте стали причиной возникновения механической суффозии в грунтовом массиве, представленном водонасыщенными песками, что вызвало деформации подземных водонесущих коммуникаций и их прорыв. Поток водопродной воды вынес водно-песчаные массы внутрь котлована, вследствие чего снаружи «стены в грунте» произошло образование суффозионной воронки.

Вблизи площадки строительства (со стороны образовавшегося в результате аварии провала) расположено здание Фонда М.С. Горбачева. Для его защиты была запроектирована и устроена разделительная стенка из свай диаметром 300 мм, выполненных с шагом 400 мм, армированных трубой диаметром 273 мм. Между сваями осуществлялась инъекция с использованием цементного раствора. Эта разделительная стенка позволила избежать осадок фундаментов и деформаций конструкций здания Фонда [8].

Наиболее ответственным этапом работ по предотвращению аварий является геомеханический мониторинг. Инструкция по наблюдениям за смещениями земной поверхности и расположенными на ней объектами при строительстве в Москве подземных сооружений была составлена в 1997 г. [4].

А.М. Демин, М.А. Иофис и А.В. Гришин в своей работе [1] показали, что в настоящее время возникла острая необходимость в переработке этой инструкции и подготовке ее новой редакции. В результате анализа различных аварий ИПКОН РАН была предложена схема мониторинга, направленного на своевременное выявление признаков, предшествующих возникновению аварийных ситуаций. Кроме систематических наблюдений за ограждающими конструкциями котлована проводятся наблюдения за смещениями и деформациями массива грунта, находящегося за пределами этих конструкций, вокруг котлована. Этот мониторинг осуществляется с помощью глубоких реперов, заложенных в существующих или специально пройденных из отработываемого котлована скважинах.

Анализ большого количества работ по освоению подземного пространства Москвы и Санкт-Петербурга позволил геотехникам определить предельные деформации длительно эксплуатирующихся зданий и представить их в таблице [7]. В ней даны рекомендации по выбору метода крепления ограждающих конструкций котлована в зависимости

от удаленности существующей застройки и инженерно-геологических условий.

В.А. Ильичев, Р.А. Мангушев, В.М. Улицкий, Н.С. Никифорова и А.Г. Шашкин в своих исследованиях уделили особое внимание влиянию новых геотехнических технологий на осадки существующей застройки, перемещению ограждающих конструкций и дна котлованов, а также модернизации технологического регламента при проходке коммуникационных тоннелей под зданиями и сооружениями. Ими было установлено, что самым безопасным способом устройства ограждающих котлованов при строительстве сложных объектов с 2–5-уровневыми подземными паркингами является «top-down» (метод «сверху-вниз», который предусматривает одновременное устройство котлована подземного пространства и фундамента здания). Накопленный опыт проектирования и возведения подземных комплексов и защитных мероприятий позволил им рекомендовать метод строительства «top-down» при наличии глубоких котлованов (более 10 м) в слабых грунтах (более 8 м) к близко расположенной окружающей застройке [3, 9].

Однако по данным Городской экспертно-консультативной комиссии по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям (ГЭКК ОФ и ПС) при Правительстве Москвы в 2006–2009 гг. только на 8% всех объектов в Москве применялся этот метод [2]. Возможно, это обусловлено тем, что производство котлована по методу «top-down» в настоящее время считается одним из самых сложных с геотехнической точки зрения.

В заключение можно отметить, что опыт строительства подземных сооружений в крупных городах позволил геотехникам создать нормативную и расчетную базу, обеспечивающую сохранность окружающей застройки. Во многих случаях аварийные ситуации можно предотвратить, если профессионально и в полном объеме проводить мониторинг площадки строительства. Он имеет существенное значение,

поскольку дает возможность получать оперативную информацию о возможных изменениях в состоянии ограждающей конструкции, грунтового массиве, конструкциях существующих зданий и сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демин А.М., Иофис М.А., Гришин А.В. К вопросу об освоении подземного пространства Москвы // Инженерные изыскания. – 2010, июнь. – С. 18–20.
2. Ильичев В.А., Знаменский В.В., Морозов Е.Б., Чунюк Д.Ю. Опыт устройства котлованов в городе Москве // Сб. трудов научно-техн. конференции «Актуальные вопросы геотехники при решении сложных задач нового строительства и реконструкции». – СПб, 2010. – С. 33–37.
3. Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // ОФМГ. – 2012. – № 2. – С. 17–20.
4. Инструкция по наблюдениям за сдвигами земной поверхности и расположенными на ней объектами при строительстве в Москве подземных сооружений. – М.: ИПКОН РАН, 1997. – 76 с.
5. МГСН 2.07-01 Основания, фундаменты и подземные сооружения / Правительство Москвы. – М., 2003. – 108 с.
6. Разводовский Д.Е., Шулятьев О.А., Никифорова Н.С. Оценка влияния нового строительства и мероприятия по защите существующих зданий и сооружений // РАСЭ. – Т. XII. – 2008. – С. 21–26.
7. Руководство по комплексному освоению подземного пространства крупных городов. – М.: РААСН, 2004. – 208 с.
8. СТО 36554501-007-2006 Проектирование и устройство вертикального или наклонного геотехнического барьера методом компенсационного нагнетания. – М.: ФГУП НИЦ «Строительство», 2006.
9. Улицкий В.М., Шашкин А.Г. Развитие подземного пространства города в целях сохранения его исторического облика // Геотехника. – 2011. – № 6. – С. 20–31.

10. Улицкий В.М., Шашкин К.Г., Шашкин А.Г. Комплексный анализ результатов геотехнического мониторинга на площадке строительства подземного сооружения на площади Восстания в г. Санкт-Петербурге // Геотехника. – 2010. – № 2. – С. 50–57.

10. Руководство по комплексному освоению подземного пространства крупных городов. – М.^ РААСН, 2004. – 208 с.

**СОВРЕМЕННЫЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ
И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ,
ПРОЯВЛЯЮЩИЕСЯ С ВОЗРАСТАНИЕМ
СЛОЖНОСТИ ТЕХНОСФЕРЫ ГОРОДОВ
И ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ**

У.А. Азизов

*ГП Научно-производственный центр
«Геология гидроминеральных ресурсов»,
Ташкент, Узбекистан
E-mail:ggpuz@rambler.ru*

**MODERN HYDROGEOLOGICAL
AND ENGINEERING -GEOLOGICAL PROCESSES
HAVE ASSOCIATED TO HIGH CHALLENGES
TECHNOSPHERE CITIES AND CONURBATIONS**

In the article, the modern hydrogeological and geotechnical processes are divided into three categories. For each category, the conditions of soils on individual sites so in the urban area as a whole were evaluated. This estimate process is inadequate due to high complexity of technogenic impact on the urban environment. It is recommended to carry out systematic and comprehensive approach to the evaluation and future forecast as seismic and hydro-geological conditions.

За последние годы правительством Республики Узбекистан приняты различные постановления о расширении градостроительства до 2030 г. В зависимости от инженерно-геологических и других условий предусматривается разработка генеральных планов городов. Главная задача расширяющихся городов – безопасная и комфортная производственно-хозяйственная деятельность горожан. В современных условиях с возрастанием сложности и насыщенности техносферы проявляются новые повышенные требования к гидрогеологической и инженерно-геологической информации и оценке, как природных, так и техногенных рисков.

Все отдельно взятые виды деятельности человека сопутствуют различным видам опасности и неопределенности, а результаты их проявления характеризуются рисками. Проявляющиеся в городских условиях риски можно различать по объекту и источнику воздействия, местоположению относительно объекта воздействия, механизма возникновения, степени влияния и по возможности страхования [1].

Опасные явления, эпизодически происходящие, в природе и техносфере сопровождаются формированием негативных факторов, взаимодействие которых, наносит ущерб социальной системе. Под гидрогеологической и инженерно-геологической опасностью в городских условиях, понимается проявление нежелательных процессов, способных поражать инженерные объекты, наносить материальный ущерб, разрушительно действовать на городскую среду. Одной из основных задач при возникновении опасности является определение количественных характеристик опасностей и прогнозирование неблагоприятного последствия. Эти опасности характеризуются цикличностью своего развития. А развитие любой опасности рассматривается как последовательная смена ее состояний в пространстве и во времени [2]. При оценке рисков, связанных с неблагоприятными процессами, количественный показатель рассматривается численно равным денежной сумме, которую необходимо затратить для

устранения последствий. В нашем случае мы не определяли затраты на устранение последствий нежелательных процессов.

Исследуемая территория г. Ташкента расположена на волнистой, местами всхолмленной поверхности Чирчикского водораздела, расчлененного древними ирригационными каналами [4]. Южная и юго-восточная часть территории занимает современная долина р. Чирчик. Интенсивность проявления инженерно-геологических и гидрогеологических процессов обусловлена современными вертикальными движениями земной коры, геолого-литологическим строением, геоморфологическими условиями и хозяйственной деятельностью человека. Анализ геолого-тектонических условий показал, что современные вертикальные движения различных периодов в северной и северо-восточной части территории, испытывают вертикальные движения колебательного характера [3; 4; 7]. Эти участки являются потенциально опасными для строительства различных сооружений, соответственно при планировании и эксплуатации объектов надо учитывать или избегать подобные активные территории.

Активное проявление ряда экзогенных процессов таких, как просадочность, осадки, подтопления в основаниях зданий и сооружений, суффозионные, эрозионные, оползневые процессы приурочены к определенным геологическим условиям и имеют свои пространственные и временные закономерности [3; 6]. В основном это обусловлено особенностями литологии, уровня залегания подземных вод и характером рельефа. Более 50% территории г. Ташкента расположено на второй и третьей надпойменной террасе р. Чирчик, сложенных просадочными лессовыми, лессовидными породами. За последние 10–15 лет в юго-восточной и южной части города отмечены десятки зданий с признаками активизации просадочных деформаций в основаниях сооружений. Они зарегистрированы в районе Чиланзара (по ул. Малой кольцевой дороги, ул. Наккошлик и Дамбрабод),

Мирзо Улугбека (по ул. Абдуллаева, Ф. Ходжаева, Тимура Малика) и др. [4]. Оползневые, суффозионные и эрозионные процессы формируются в лессовых породах и развиты по бортам глубоких эрозионных врезов Нижнего Бозсу, Каракамиша, Бурджара, в уступах верхних террас. Эти процессы активизируются в слиянии каналов Актепа и Нижнего Бозсу. В последние годы в связи со строительством метрополитена активизируются процессы тиксотропии и суффозии, основной причиной которых является разжижение водонасыщенных лессовых и лессовидных пород на участке от станции метро «Х. Олимджана» до «Буюк Ипак Йули». Причиной подобных явлений является подтопление, вызванное снижением естественной дренированности подземных вод и не качественной работой дренажных систем [4].

К числу техногенных процессов относятся загрязнение геологической среды промышленными и бытовыми отходами, вследствие перепланировки города, сопровождающейся реконструкцией, частичной засыпкой ирригационной и овражно-балочной сети. Кроме этого, недоуплотненность без необходимой предварительной подготовки этих территорий в качестве оснований сооружений приводит к подтоплению техническими водами и просадочным деформациям. При этом, необходимо отметить влияние метрополитена на развитие подтопления. Тоннели метрополитена, построенные в условиях неглубокого залегания от 10–15 местами до 30 м создают искусственные преграды (барьеры) потоку подземных вод. Учитывая то, что метрополитен имеет три действующие линии (Чиланзарская, Юнусабадская и Узбекистанская), проходящие в разных направлениях, под влиянием перечисленных факторов происходят региональные изменения условий питания и транзита грунтовых вод в сторону поднятия их уровня [6].

Исходя, из вышеизложенных фактов можно констатировать нижеследующее:

– за отсутствием земельных ресурсов в существующих границах города новое строительство осуществляется на

просадочных лессовых породах и на грунтах с высокой сжимаемостью;

– увлажненные лессовые породы, техногенные грунты, образовавшиеся при перепланировке, захоронении строительных, промышленно-бытовых отходов при «собственных» и «транзитных» землетрясениях увеличивают сейсмическую интенсивность и снижают устойчивость, сокращая срок безопасной эксплуатации зданий и сооружений, что ухудшает качество окружающей среды, повышает гидрогеологический и инженерно-геологический риск;

– в сложившихся сейсмических, тектонических, гидрогеологических и инженерно-геологических условиях целесообразно провести комплексные исследования, обобщив ранее проведенные исследования для оценки риска неблагоприятных процессов в условиях городских территорий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Природные опасности России // Экзогенные геологические опасности. – Т. 1 / под ред. В.М. Кутепова. – М.: КРУК, 2002. – 345 с.

2. Нурмухамедов К.Ш. Исследование пространственной изменчивости инженерно-геологических свойств лессовых пород с целью прогноза сейсмической интенсивности: автореф. ... к.г.-м.н. – Т., 1982. – 25 с.

3. Якубов Д.Х. и др. О подготовке и некоторых результатах геодезических исследований отдельных участков сейсмогенных зон геодинамических полигонов Узбекистана // Современные движения и деформации земной коры на геодинамических полигонах. – М.: Наука, 1983. – С. 50–55.

4. Азизов У.А. Особенности современного состояния гидрографической сети города Ташкента // Тезисы Республиканской научно-технической конференции. – Т.: ГП «НИИМР» 2012. – С. 69–71.

5. Мавлянова Н.Г. Сейсмический риск в Узбекистане: автореф. ... д.геол.-мин.н. – Т., 2007. – 38 с.

6. Мавлянова Н.Г. Влияние строительства метрополитена на состояние лессовых пород в Ташкенте // Мат-лы Международной научной конференции «Инженерная геология массивов лессовых пород». – М., 2004. – С. 133–134.

7. Закиров М.М., Азизов У.А., Умурзаков Р.К. Роль новейшей тектоники в формировании гидрогеологических условий города // Мат-лы Международной научно-практической конференции «ГЕОРИСК – 2012». – М., 2012. – С. 84–89.

ПЫЛЬ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫЙ ФАКТОР В НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИХ РАЙОНАХ

С.Н. Алексанян^{*}, Э.М. Эсенов^{**}

*^{*} Научно-исследовательский геологоразведочный институт
Государственной корпорации «Туркменгеология»,
Ашхабад, Туркменистан
E-mail: erkfasvet@gmail.com*

*^{**} Научно-исследовательский институт сейсмостойкого
строительства Министерства строительства
Туркменистана, Ашхабад, Туркменистан
E-mail: lara2010kuz@yandex.ru*

DUST AS AN ECOLOGICALLY SIGNIFICANT FACTOR IN OIL PRODUCING AREAS

The article concerns the ecological risk factors of the Cheleken Peninsula which is a major centre of gas and oil production. Dust mineral decomposition and heavy metals concentrations.

Экологическому влиянию в нефтегазодобывающих районах подвергаются: атмосфера, гидросфера, грунт. Усилия по

охране природной среды должны носить системный и комплексный характер. Системные и комплексные мероприятия предполагают выявление, уменьшение и, по возможности, устранение таких факторов риска как пожароопасность, сейсмоопасность, сокращение и деградация сельскохозяйственных угодий, нерациональное землепользование. Постоянным действующим фактором риска, имеющим как непосредственные, так и долговременные последствия, являются все виды загрязнения, изучение которых, в системе непрерывного мониторинга осуществляется специализированными аналитическими лабораториями.

На небольшом полуострове Челекен (юго-запад Туркменского побережья Каспийского моря) находится много объектов, связанных с нефтегазодобычей, и функционирует два химических завода: йодо-бромный и завод технического углерода (ЗТУ). Экологическим исследованиям морской воды, донных отложений, грунта в прибрежной зоне полуострова Челекен посвящены работы [1; 2].

Данная работа посвящена пылевому загрязнению, которое является дополнительным фактором экологического риска. В выбросах отработанного газа находится большое количество сернистых газов, хлора, углекислого газа, тяжелых металлов и других веществ, вредных для человека и животных. Связываясь с пылью, взвешенной в воздухе, эти вещества способны образовывать более крупные частички и новые соединения. Тяжелые крупинки оседают на почву, легкие относятся ветром на разные расстояния в зависимости от его направления, скорости, от рельефа местности, влажности воздуха и т.д. [5–7; 9]. Эта загрязненная отходами функционирования промышленности, взвешенная в воздухе и мигрирующая на дальние расстояния пыль и является важной составляющей загрязнения атмосферы.

Все живое и неживое рано или поздно превращается в пыль: металл подвергается коррозии, минералы – эрозии и разложению, органическая материя – гниению и высыханию. Одним из важных показателей качества воздуха, наря-

ду с его газовой составляющей, является количество и особенности находящейся в нем пыли. Сухие атмосферные выпадения (САВ) оседают на поверхности естественных водоемов и почвы, проникают вглубь и мигрируют. Мелкодисперсная составляющая пыли практически не оседает. При малейшем движении воздуха она поднимается вверх и находится во взвешенном состоянии очень длительное время [3–5].

Ветер разносит пыль на большие расстояния. С Аравийского полуострова пыль приносится на территорию Туркменистана, где, смешиваясь, вступает в химическое и физическое взаимодействие с пылью, уже находящейся в воздухе, с частичками дыма и выхлопных газов, промышленными выбросами и т.д. Проникая в дыхательные органы человека, она вызывает серьезные заболевания.

Свойства пыли и воздействие различных ее видов на окружающую среду, недостаточно изучены. Актуальность изучения различных аспектов пыли и влияния ее на здоровье человека, особенно в промышленных районах, трудно переоценить. В промышленных районах полуострова Челекен исследования состава и свойств пыли существенно дополняют экологическую картину полуострова, и дадут возможность расширить ряд эколого-оценочных критериев.

Для улавливания пыли и выделения ее из воздуха существует несколько видов и типов пылеуловителей и пыле-накопительных камер. Некоторые типы пылеуловителей рассмотрены в работе А. Арнагельдыева, Б.К. Мамедова и Н. Нурбердыева [8]. В своей работе авторы использовали для сбора пыли в Туркменистане прибор, разработанный учеными Великобритании. По сути это дополненный астротарфом (пластиковая модель травы), прибор НИГМИ для улавливания САВ (Узбекистан). Простота и дешевизна прибора делают эту конструкцию довольно привлекательной для сбора и исследования пыли в пустынных районах, по-

сколько не используется электричество и вода Авторы, вероятно, осуществляли сбор пыли в сухое время года, так как в статье не упоминаются осадки в виде дождя и снега. Проблема такой конструкции состоит в том, что она может быть опрокинута ветром или животными и требует постоянного наблюдения.

Для сбора пыли и исследования ее состава и свойств, нами была изготовлена пыленакопительная камера простой конструкции. Внешний вид ее показаны на рис.



Рис. Пыленакопитель, использованный на полуострове Челекен

Верхняя часть этой камеры состоит из пирамидальной воронки, выполненной из оцинкованной жести (лучше из органического стекла). На конце воронки крепится пылесборник – мешок из полиэтилена, под который ставится глубокий поддон. Это позволяет быстро и просто менять мешок с накопившейся пылью. Для защиты мешка от возможных разрывов, его поместили в железный шкафчик. Вся конструкция крепится на железных профилях и закрепляется в грунте. Пыль вместе осадками собирается в пылесборнике. Она не выдувается обратно в атмосферу благодаря вертикальным бортикам и большому углу наклона плоскостей воронки. Для отвода и испарения воды в верхней части пылесборника делались отверстия. Основная масса пыли оседала на дне мешка. В случае обильных осадков, часть пыли с водой переливалась сквозь отверстия в мешке, но оставалась в поддоне. Эти пыленакопители выдерживали штормовые ветры и не требовали ремонта. В нашей конструкции нет принудительного всасывания, которое обычно завышает естественный процесс накопления пыли, кроме того он не требует электричества и воду.

Собранная пыль исследовалась на минералогический состав (рентгенофазовый анализ, дифрактометр XRD-6000). Для количественного определения тяжелых металлов использовался атомно-абсорбционный спектрофотометр АА-7000.

Анализ состава пыли, показал, что содержание тяжелых металлов в ней больше, чем в грунте наиболее загрязненных участков, находящихся вблизи ЗТУ (завода технического углерода) (таблица). Пыленакопитель № 1 был установлен на равнинной местности ближе к промышленным зонам (пункт № 1), а другой – на холме, высота которого около 20 м (пункт № 2). Пыль, выветренная с грунта, соединяясь с сажей и другими продуктами выбросов вместе с естественными осадками, собиралась в пыленакопителе.

Сравнивая минералогический состав грунта и пыли, мы пришли к выводу, что присутствующие в пыли ТМ – техно-

генного происхождения, так как рентгенофазовый анализ показал отсутствие минералов, содержащих таковые в большом количестве.

В таблице мы приводим концентрацию тяжелых металлов, определенную для пыли и грунта и ПДК этих металлов в грунте. Мы не включали в таблицу макрокомпоненты, исследованные нами (Ca, Mg, Na⁺, K, C, CO₃, HCO₃, SO₄), которые содержатся в большом количестве в породообразующих минералах грунта, таких как кальцит, ангидрит, гипс, доломит и т.п. Наличие в большом количестве этих компонентов объясняется естественным их происхождением и характеризует состав грунта местности. Токсического действия на организм человека они не производят. Количество пыли сильно зависит от высоты ее отбора и от погодных условий. В период сильных ветров в пункте № 1 пыли собирается в десятки раз больше, чем в пункте № 2. В более спокойную погоду это отношение составляет приблизительно -1,5.

Установлено также, что исследование пыли, проводимое регулярно и в течение длительного времени, дает большое количество геоэкологической информации. Мы считаем, что по возможности, надо расширить спектр определяемых металлов и территорию исследования, что поможет конкретизировать источники загрязнения и сделать необходимые и обоснованные выводы и разработать соответствующие рекомендации.

Концентрация тяжелых металлов в грунте и пыли представлена в табл.

Выводы:

1. Установлен перечень предприятий нефтегазодобывающего производства полуострова Челекен, относящихся к промышленным объектам экологического риска.

2. Выявлена зависимость количества накопления пыли от высоты ее отбора (установки), состава грунта и погодных условий (ветрового режима).

Таблица

Концентрация тяжелых металлов в грунте и пыли, мг/кг

Ме- таллы	ПДК для грунта (мг/кг)	Грунт ЗТУ		Пыль	
		50 м	100 м	Пункт № 1	Пункт № 2
Fe	11000,0	13147,5	17074,0	231307,5	41846
Cu	60,0	5,65	7,4	104,5	44,5
Zn	70,0	35,3	46,7	225,6	90,2
Pb	30,0	12,0	15,8	35,4	17,9
Ni	60,0	25,0	31,25	193,2	86,3
Co	30,0	22,1	27,5	47,9	26,7
Cd	–	17,2	24,4	38,5	17,2
Mn	1500	439,5	602,5	1598,0	711,5

3. Для исследования состава и свойств пыли была предложена (разработана) конструкция пыленакопителя, использованная авторами на полуострове Челекен.

4. Для выявления источников загрязнения и принятия мер защиты необходимо расширить территорию исследований и спектр определяемых металлов, наносящих вред здоровью человека.

5. Для получения большого количества геоэкологической информации исследования пыли необходимо проводить регулярно и в течение длительного времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексаиян С.Н.* Геоэкологический мониторинг грунтов полуострова Челекен // Проблемы освоения пустынь. – 20013. – № 3.
2. *Алексаиян С.Н., Гайнулина Т.Э., Лаврова Р.В.* Оценка качества морской воды в прибрежной зоне города Хазар (полуостров Челекен) // Проблемы освоения пустынь. – 20015. – № 1.
3. *Бекетов В.Е., Евтухова Г.П., Коваленко Ю.Л.* Конспект лекций «Аппараты сухой очистки газов». – Харьков: ХНАГХ, 2000. – 64 с.

4. *Бельгибаев М.Е.* Пылесолемер – прибор для улавливания пыли и солей в воздушном потоке // Проблемы освоения пустынь. – 1984. – № 1.
5. Геологический словарь. – Т. 2. – М.: Недра, 1987.
6. *Клименко А.П.* Методы и приборы для измерения концентрации пыли // Химия. – 1979.
7. *Минх А.А.* Методы гигиенических исследований // Медицина. – 1971.
8. *Сара Л.О. Хара, Джайлз Ф.С. Виргз, Арнагельдыев А., Мамедов Б.К.* Оценка переноса пыли в Центральных Каракумах // Пробл. осв. пустынь. – 1999. – № 2.
9. *Толкачева Г.А., Ковалевская Ю.И., Шардакова Л.Ю., Джумамуратов Т.Н.* Сухие атмосферные выпадения на осушенном дне Аральского моря // Пробл. осв. пустынь. – 2006. – № 3.

ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРИНЦИПЫ ФИЗИКО-СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МОКРЫХ ЛАВИН

Ю.Б. Андреев, Ж.Е. Молоткова, Н.М. Молотков

*Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова, Географический ф-т,
НИИ снежных лавин и селей, Москва
E-mail: ayura2@rambler.ru*

PHYSICAL-STATISTICAL MODELING PROSPECTS AND PRINCIPLES OF WET SNOW AVALANCHES

The article sets forth some approach to effective modeling of wet avalanches release by granular material damped with liquid for virtual definition of probable run-off distance and deposition volume in site. Such a modeling is necessary after comparison with nature data for prediction of possible wet ava-

lanches part increasing in general avalanche events number and their run-off distance, deposit volume and squares extending because of climate warming.

В связи с тенденцией глобального климата к потеплению [3; 7; 8] следует ожидать усиление активности мокрых лавин в различных горных регионах [1], выражающееся как в увеличении числа (и удельного веса в общей лавинной статистике), так и в росте величин их характеристик, таких как дальность выноса (длина отложений), площадь и объем отложений. Поэтому физическое моделирование и последующий статистический анализ результатов моделирования мокрых лавин в сравнении с имеющимися натурными данными в этих условиях приобретает повышенную роль.

В качестве исследуемого полигона нами выбран лавиносбор № 22 в Хибинах, для которого была построена соответствующая физическая модель в масштабе 1: 20 000 (рис. 1), на которой проводились пуски смоченного сыпучего материала (например, смеси древесных опилок и жидкого мыла, имитирующих влажную снежную массу лавинного тела с соответствующей вязкостью при учете коэффициентов подobia [5; 9].

В процессе проверки гипотезы о возможности моделирования мокрых лавин было предварительно проведено 70 пусков модельного материала различных объемов ($1 \text{ см}^3 = 10^3 \text{ м}^3$) древесной муки при увлажнении до 20%. При этом замерялись длины отложений – дальности выноса лавин с переводом их в соответствующие значения вероятностного зонирования (рис. 2) [2; 7].

Статистика полученных характеристик модельных лавин сравнивалась с аналогичными параметрами зарегистрированных реальных мокрых лавин (11 сходов за 1965–1984 гг. в рамках общего периода лавинных наблюдений в лавиносборе № 22 в Хибинах за 1953–2004 гг.), на основе чего были сделаны выводы о возможной аналогии результатов модели-



**Рис. 1. Модель лавиносбора № 22 в Хибинах (вид сверху)
с модельной лавиной из древесных оливок,
смоченных жидким мылом**

рования и реального процесса. Соответствующее значение корреляции между рядами дальности выноса реальных и модельных мокрых лавин составила 0,6 со значимостью около 0,1, что пока достаточно для продолжения исследования правомерности нашей гипотезы.

Поскольку модельная статистика значительно шире реальной, то на основе ее можно сделать перспективные заключения о вероятной доле катастрофических лавин в нише мокрых лавин с соответственной оценкой дальности выноса и площади отложений [1; 6]. Результатом такого анализа может стать перспективная оценка вероятного увеличения риска на основе статистики роста числа модельных лавин по-

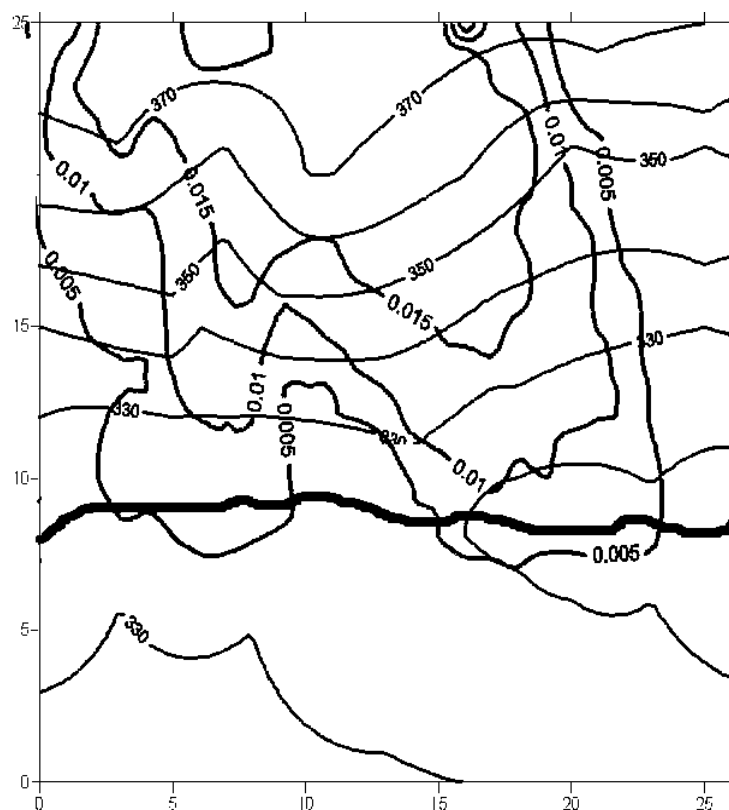


Рис. 2. Вероятностное зонирование нижних границ отложений модельных мокрых лавин по результатам 70 пусков на модели лавиносбора № 22: горизонтальные линии – изогипсы; вертикальные – линии вероятности зонирования-

вышенной дальности и объемов при увеличении доли влаги в смоченном сыпучем материале вплоть до образования водоснежных потоков.

К вышеизложенному добавим, что ранее нами была предложена формула функции краткосрочного временного прогноза влажных лавин в Хибинах F , а именно:

$$F = 0,03\Sigma X_4 + 0,75h_4/h_0, \quad (1)$$

действующая в критической области значений метеопараметров $t_{\text{ср.}} > -10\text{ }^{\circ}\text{C}$; $ht/h_0 \sim 1,1$, где X_4 – сумма текущих суточных осадков за 4 дня; h_4 – высота снега на метеоплощадке за 4 дня осадков; h_0 – исходная высота снега до снегопада; $t_{\text{ср.}}$ – текущая среднесуточная температура.

Корреляция значений этой функции со значениями дальности выноса, выраженной величинами вероятности зонирования p дает уравнение регрессии (связи между F и p) вида

$$p = 0,6 - 0,11F. \quad (2)$$

Многолетний тренд значений F может дать представление об увеличении риска от влажных лавин в связи с потеплением климата.

Здесь изложен первый этап моделирования влажных лавин. Дальнейшее развитие эксперимента должно включать значительно большее варьирование спускаемых объемов при постепенном наращивании степени увлажнения спускаемого материала с тем, чтобы проследить вероятную динамику активности мокрых лавин от современного состояния до трансформации их в водоснежные потоки при резком потеплении климата.

С другой стороны, можно изменять модельные объемы и увлажнение модельных лавин случайным образом и в случайных сочетаниях, чтобы попытаться смоделировать сезонный метеопроцесс для влажных лавин и определить корреляцию модельного сезона с рядом многолетних сезонов для установления связи натурной температуры и влажности воздуха с модельной степенью увлажнения (с использованием теории марковских цепей, стохастических процессов и генератора случайных чисел) [6].

Затем можно попытаться на этом основании построить модельную функцию прогноза, подобную вышеуказанной (1), для сравнения, чтобы в дальнейшем ввести еще один

модельный параметр и, таким образом, проводить двух-уровневое моделирование – морфометрическое и метеорологическое. Таким образом, получим моделирование последовательного процесса развития лавинной активности во времени, что с определением соответствия масштабов времени на модели и в натуре позволит надеяться и на много-летний временной прогноз по модели. Это, вероятно, позволит в какой-то мере прогнозировать тренд изменения дальности мокрых лавин и риск, основываясь на модельной, не столь ограниченной во времени статистике, чем на натуре. Особенно в плане определения повторяемости катастрофических лавин и их параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев Ю.Б., Божинский А.Н., Молоткова Ж.Л., Олейников А.Д., Черноус П.А. Краткосрочное пространственно-вероятностное прогнозирование сухих и мокрых лавин // Лед и снег. – 2011. – № 4 (113). – С. 64–68.
2. Божинский А.Н., Молоткова Ж.Е. О вероятностном крупномасштабном зонировании лавиноопасной территории // МГИ. – 2007. – Вып. 103. – С. 87–90.
3. Олейников А.Д. Применение существующих методов типизации зим для целей лавиноведения // МГИ. – 1982. – Вып. 45. – С. 70–76.
4. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. – М.: Наука, 1987. – 482 с.
5. Статистическое моделирование и прогнозирование / под ред. А.Г. Гранберга // Финансы и статистика. – М., 1990. – С. 127–129.
6. Суханов Л.А. Физическое моделирование снежных лавин гранулированными материалами // МГИ. – 2004. – Вып. 94. – С. 77–86.
7. Суханов Л.А. Вероятностное зонирование лавиносборов как инструмент мониторинга климата // XIII Гляциологический симпозиум «Сокращение гляциосферы: факты и анализ» (СПб, 24–28 мая 2004 г.): Тезисы докладов. – СПб, 2004. – С. 126.

8. Трошкина Е.С., Андреев Ю.Б., Светлосанов В.А. Много-летняя динамика снежности горных районов Евразии // Материалы гляциологических исследований. – 2001. – № 91. – С. 75–78.

9. Турбулентные течения: Труды Всесоюзного семинара по проблемам турбулентных течений. – М.: Наука, 1974. – 226 с.

ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ И РИСКА ОБРАЗОВАНИЯ ПРОВАЛЬНЫХ ВОРОНОК ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ РУСАКОВСКОГО МОСТА В МОСКВЕ

А.В. Аникеев, И.В. Козлякова

*Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва
E-mail: anikeev_alex@mail.ru, kozlyakova@rambler.ru*

KARST COLLAPSE HAZARD AND RISK EVALUATION FOR THE RECONSTRUCTION OF RUSAKOVSKY RAILWAY BRIDGE IN MOSCOW

Engineering geological conditions of the site are considered. Values of diameter of karst cave-in under the pile base of the reconstructed facilities are calculated. The probability of piles failure is defined and approach to the assessment of economical losses is suggested.

В 2014 г. начаты работы по реконструкции железнодорожного моста через Русаковскую улицу – одного из старейших в Москве, построенного в конце XIX в. Этот мост находится в пределах территории, потенциально опасной в отношении проявлений карстово-суффозионного процесса [4]. В основании проектируемого нового свайного основания путепровода залегают закарстованные терригенно-карбонатные породы каменноугольного возраста. В процес-

се работы над проектом встал вопрос определения размеров возможных карстовых провалов, которые могут образоваться под свайным фундаментом, и оценки влияния этих провалов на устойчивость природно-техногенного массива основания моста с учетом проектируемых защитных мероприятий.

Участок реконструкции расположен на третьей надпойменной террасе реки Рыбинки – правобережного притока р. Яузы – с абсолютными отметками земной поверхности 138,5–142,4 м. Отложения каменноугольного возраста – известняки, глины и мергели – залегают здесь на глубине около 20 м. Они перекрыты юрскими глинами мощностью 4–9 м и четвертичными песчано-глинистыми отложениями ледникового и аллювиального генезиса. Подземные воды приурочены к отложениям каменноугольного и четвертичного возраста. Воды четвертичных отложений преимущественно безнапорные, их уровень располагается на глубине более 5 м. В каменноугольной толще до изученной глубины (45 м) выделяются ратмировский, перхуровский и измайловский напорные водоносные горизонты известняков, разделенные неверовской и мещеринской слабопроницаемыми толщами глин и мергелей.

Главным в изменении устойчивости массива под влиянием работ по реконструкции Русаковского моста является вопрос о поведении горных пород в подошве новых свайных фундаментов, на которые опираются ростверки Устоя 2 и Опоры 1б. Ростверки сложной в плане формы представляют собой железобетонные плиты и служат основанием наземных сооружений. Их площадь под Устоем и Опорой равна $S_1 = 135,9 \text{ м}^2$ и $S_2 = 128,1 \text{ м}^2$.

Фундаментные сваи диаметром $D_c = 1,2 \text{ м}$ расположены в узлах сетки, элементарной ячейкой которой является параллелограмм со сторонами $L_x = 2,34 \text{ м}$, $L_y = 2,2 \text{ м}$, что создает тесную связь свайных опор с вмещающими грунтами. Забой всех свай, длина которых равна $h_c = 23,8 \text{ м}$, находится

в глинах мещеринской толщи выше их подошвы. Так как отметки подошвы ростверков разные, разными являются и отметки забоя скважин под Устоем и Опорой: $C_1 = 114,8$ м, $C_2 = 114,4$ м. Отличаются и проектные торцевые нагрузки, а также общее число свай: $F_1 = 2725$ кН, $N_1 = 33$; $F_2 = 2675$ кН, $N_2 = 27$. Важно и то, что без закладываемого в проект коэффициента запаса (при $K_3 = 1$) каждая свая выдерживает нагрузку, равную $F_d \approx 5565$ кН, т.е. $F_d/F_{1,2} > 2$. Из этого следует, что сваи могут работать и как сваи-стойки, и как висячие опоры.

Таким образом, мы полагаем, что в основании ростверков формируются природно-техногенные массивы, или геомассивы, мощностью $m_{гм} = h_c = 23,8$ м. И рассматриваем задачу оценки устойчивости мещеринских глин, подстилающих геомассивы и перекрывающих закарстованные известняки перхуровской толщи. Мощность этих глин, испытывающих равномерно распределенную нагрузку от веса природно-техногенного массива, составляет $m_1 = 1,7\text{--}2,4$ м на первом участке и $m_2 = 1,1\text{--}2,8$ м – на втором.

Рабочая гипотеза формулируется следующим образом (рис. 1). При критических значениях ширины ослабленного участка в подошве глин устойчивость экранирующего слоя мощностью $m_{1,2}$ нарушается. Происходит это в результате обрушения свода, высота которого не меньше мощности экрана (рис. 1, а) или среза глинистых грунтов по круглоцилиндрической поверхности (рис. 1, б).

Для первой расчетной схемы диаметр окна в разделяющем слое (D_0) находится из уравнения (1) [3]:

$$D_1 = 2m \cdot (\operatorname{tg} \varphi + C/\sigma_z), \quad (1)$$

где φ , C – угол внутреннего трения и сцепление глин, $\sigma_z = \sigma_{гм} + \gamma m$ – вертикальное давление в кровле растворимых пород (рис. 1, в).

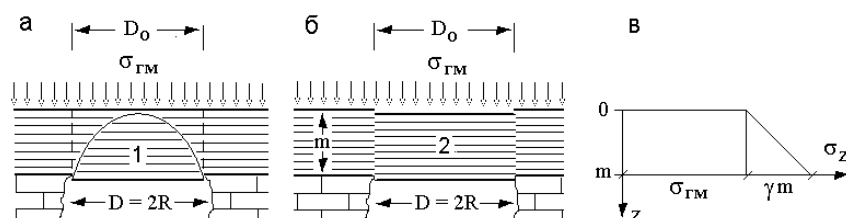


Рис. 1. Схемы к расчету устойчивости мешеринских глин при обрушении (а) и срезе (б) и эпюра вертикального давления в остане ненарушенных грунтов (в):

1, 2 – параболический свод обрушения и смещаемый блок глин;
 D_o – диаметр сквозного отверстия, примерно (а) или точно (б) равный диаметру полости D ; $\sigma_{ГМ}$ – давление от веса геомассива;
 γm – давление от веса (γ) глин.

Отметка $z = 0$ на рис. (в) соответствует абсолютным отметкам низа свайных фундаментов

Для определения D_o по второй схеме, учитывая небольшие значения m , можно использовать классическую модель Бирбаумера, записав ее в виде [1]:

$$D_1 = 4m[(\sigma_{ГМ} + \gamma m/2)\xi \operatorname{tg} \varphi + C]/(\sigma_{ГМ} + \gamma m), \quad (2)$$

где $\xi = \operatorname{tg}^2(45 - \varphi/2)$ – коэффициент бокового давления грунтов.

Давление $\sigma_{ГМ}$, входящее в уравнения (1), (2), определяется уравнением (3):

$$\sigma_{ГМ} = [\gamma_{срв}(S_p - S_c N)m_{ГМ} + FN]/S_p, \quad (3)$$

в котором $F = F_1 = 2725$ кН или $F = F_2 = 2675$ кН;

$S_p = S_1 = 135,9$ м² или $S_2 = 128,1$ м²;

$S_c = \pi D_c^2/4 = 1,1304$ м², $N = N_1 = 33$ или $N = N_2 = 27$;

$\gamma_{срв} = \sum m_i \gamma_i / m_{ГМ}$ – средневзвешенный объемный вес пород.

В основе решения детерминированных задач геомеханики лежит консервативный подход, поэтому в качестве

расчетных принимались нормативные значения объемного веса грунтов и их прочностные показатели, полученные с доверительной вероятностью 0,95. Для мещеринских глин по результатам изысканий они равны: $\gamma = 20,2 \text{ кН/м}^3$, $\varphi = 15^\circ$, $C = 55 \text{ кПа}$. При определении $\gamma_{\text{срв}}$ использовались колонки скважин, пробуренных вблизи участков 1 (Устой 2) и 2 (Опора 1б).

Вычисления диаметра провалов в подошве свай ($D = D_0$) показывают, что для 1-го сценария (рис. 1, а) его максимальные значения на участках 1 и 2 равны $(D_{\text{max}})_1 = 1,5 \text{ м}$, $(D_{\text{max}})_2 = 1,8 \text{ м}$, средние – $(D_{\text{ср}})_1 = (D_{\text{ср}})_2 = 1,3 \text{ м}$.

Для 2-го сценария (рис. 1, б) эти значения устойчиво больше, хотя и ненамного: $(D_{\text{max}})_1 = 2,0 \text{ м}$, $(D_{\text{ср}})_1 = 1,7 \text{ м}$, $(D_{\text{max}})_2 = 2,3 \text{ м}$, $(D_{\text{ср}})_2 = 1,6 \text{ м}$.

К сожалению, вероятность реализации рассмотренных выше сценариев развития процесса нам не известна и вряд ли может быть установлена при существующем уровне знаний о распределении подземных карстовых форм по размерам. Поэтому несмотря на то что высота открытых полостей в перхуровской толще, составляет 0,3–0,5 м, допускаем, что их размеры в плане могут оказаться в несколько раз больше. И на основе консервативного подхода выбираем в качестве расчетных значения $D_{\text{ср}} = 1,7 \text{ м}$, $D_{\text{max}} = 2,0 \text{ м}$ для первого участка и $D_{\text{ср}} = 1,6 \text{ м}$, $D_{\text{max}} = 2,3 \text{ м}$ для второго.

Поставим очень жесткое условие: фундаментная свая теряет опору и перестает функционировать, если расстояние от ее центра до центра круглой в плане воронки не больше радиуса последней ($l \leq D_1/2$, рис. 2, а). Провал в основании геомассивов может появиться в любой точке элементарной ячейки (рис. 2, б), но будем считать, что он образуется по кратчайшему расстоянию между соседними сваями, что отвечает наиболее опасной ситуации. Поскольку диагональ параллелограмма больше его сторон, то такими расстояниями служат отрезки $L_x = 2,34 \text{ м}$, $L_y = 2,2 \text{ м}$.

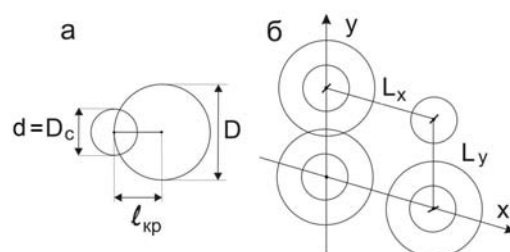


Рис. 2. Критическое расстояние ($l_{кр} = D/2$) между свайей фундамента ($d = D_c$) и провалом (D) в ее основании (а) и расположение провалов относительно узлов фундаментной сетки (б)

Опуская промежуточные выкладки ввиду ограниченного объема статьи, заметим только, что сформулированные выше условия (рис. 2) приводят к следующим выводам (см. табл.). В случае образования провальной воронки в подошве геомассивов вероятность разрушения одной свайной опоры высока: $P(1) = 71\text{--}97\%$, двух – практически исключается. Наиболее благоприятная ситуация определяется значениями $P(0) = 1\text{--}29\%$, но значение $P(0) = 1\%$ возможно только при $D_{\max} = 2.3$ м, поэтому $P(0) = 12\text{--}29\%$ представляются наиболее вероятными значениями такого исхода.

Таблица

Результаты определения вероятности поражения фундаментных свай диаметром $D_c = 1,2$ м ($P(0)$ – ни одной, $P(1)$ – одна и $P(2)$ – две сваи) провалами расчетным диаметром D при заданных форме и размерах L_x, L_y свайной сетки

№ участка	D	L_x	L_y	P(0)	P(1)	P(2)
	м			д.е.		
1	2,0	2,34	2,2	0,12	0,88	0,00
	1,7	2,34	2,2	0,25	0,75	0,00
2	2,3	2,34	2,2	0,01	0,97	0,02
	1,6	2,34	2,2	0,29	0,71	0,00

Для Москвы, почти вся площадь которой ($\geq 99\%$) относится к районам нереализованной провальной опасности [4], учет времени формирования редких крупных и частых мелких провалов – это тема самостоятельного исследования. Поэтому здесь для интересующего нас опасного события в качестве наиболее вероятных примем значения $P_1(1) = 0,75$ и $P_2(1) = 0,71$ (см. табл.). Тогда экономический риск поражения Устоя и Опоры запишется в виде

$$R_e = P_{1,2}(1) \cdot D = P_{1,2}(1) \cdot V \cdot C, \quad (4)$$

где D – ущерб (от англ. «damage»);

V – уязвимость («vulnerability»);

C – стоимость («cost») инженерного сооружения, которую можно принять равной 100% [2].

Проблема оценки уязвимости V в настоящее время далека от окончательного разрешения. Именно этим обусловлена главная трудность вычисления экономического риска от геологических опасностей. Но очевидно, что уязвимость рассматриваемых свайных ростверков чрезвычайно мала.

В начале статьи отмечалось, что проектом предусмотрен более чем двукратный запас устойчивости свай, поэтому, даже если под сваей-стойкой образуется провал, она начнет работать как висячая опора, и деформирование ростверка исключается. Но и при отказе одной сваи (если воронка «поднимется» до подошвы ростверка) соседние опоры полностью компенсируют это событие.

Учитывая вышесказанное, значение уязвимости в формуле (4) можно в первом приближении принять равным наименьшему значению $V = 0,002$, указанному в таблице Рекомендаций [5, с. 42], отдавая себе отчет, что и оно будет завышенным.

Подставляя в (4) значения всех сомножителей, находим, что на 1-м участке риск экономических потерь составляет $(R_e)_1 = 0,15\%$, на 2-м – $(R_e)_2 = 0,14\%$ от стоимости сооружения.

Полученные результаты легли в основу заключения о том, что риск потерь от провалообразования мал, а предусмотренная проектом цементация перхуровских карбонатных пород, подстилающих мещеринские глины, снизит его практически до нуля. Иначе говоря, геотехнические меры защиты позволят избежать нежелательных деформаций ростверков и связанных с ними сооружений даже в случае образования под ними карстового провала, размеры и вероятность появления которого невелики.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аникеев А.В.* Об использовании модели Бирбаумера в инженерном карстоведении // Сергеевские чтения: материалы годичной сессии РАН... (Москва, 23–24 марта 2009 г.). – Вып. 11. – М.: ГЕОС, 2009. – С. 257–262.
2. *Аникеев А.В.* Некоторые вопросы оценки карстового риска // Проблемы снижения природных опасностей и рисков: материалы Международной научно-практической конференции «Геориск – 2009» . – Т. 2. – М.: Изд-во РУДН, 2009. – С. 4–9.
3. *Аникеев А.В.* Геомеханические аспекты карстово-суффозионного процесса // Семинар по проблемам инженерного карстоведения (Дзержинск, 4–5 октября 2012 г.). – Дзержинск: ИГИС, 2012. – С. 72–81.
4. *Кутепов В.М., Козлякова И.В., Анисимова Н.Г. и др.* Оценка карстовой и карстово-суффозионной опасности в проекте крупномасштабного геологического картирования г. Москвы // Геоэкология. – 2011. – № 3. – С. 217–228.
5. Рекомендации по оценке геологического риска на территории г. Москвы / под ред. А.Л. Рагозина / Москомархитектура, ГУ ГО ЧС г. Москвы. – М.: Изд-во ГУП НИИЦ, 2002. – 59 с.

**РАЗВИТИЕ ПОЙМЕННО-РУСЛОВЫХ
КОМПЛЕКСОВ РЕК СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ АМУР
В УСЛОВИЯХ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПАВОДКОВ
И ПОВЫШЕННОЙ ВОДНОСТИ**

А.В Аношкин

*Институт комплексного анализа региональных проблем
Дальневосточного отделения РАН, Биробиджан
E-mail: anoshkin_andrey@rambler.ru*

**DEVELOPMENT OF FLOODPLAIN-CHANNEL RIVER
COMPLEXES IN JEWISH AUTONOMOUS REGION
DURING EXTREME FLOODS AND HIGH WATER**

The article provides an overview of physical and geographical conditions of the Middle Amur territory in terms of rain floods formation. It is given the analysis of hydrological regime for the rivers flowing into the Amur River, during the catastrophic floods of 2013.

Наводнения на реках различной величины – это наиболее опасные природные явления, занимающие одно из первых мест в ряду стихийных бедствий по повторяемости, площади распространения и суммарному материальному ущербу.

С конца 2013 г. юг Дальнего Востока, в частности, территория среднего течения р. Амур, оказались подвержены катастрофическим наводнениям, что привело к последовательному увеличению уровня воды в р. Амур и его притоках. Наводнение таких масштабов произошло впервые за 115 лет наблюдений. Столь катастрофические паводки, несомненно, значительно нарушили условия развития речных систем региона, и особенно это повлияло на речные русла и поймы рек – пойменно-русловые комплексы. Это связано с

тем, что данные природные комплексы являются наиболее динамичными объектами рельефа суши, кроме того, актуальность изучения последствий наводнений в границах пойменно-русловых комплексов обусловлена тем, что это одни из самых значимых природных субъектов хозяйствования.

Экстремальные повышения водности в первую очередь сказываются на руслах и поймах рек, изменяя их строение, ход развития и выполняемые функции, как с точки зрения природных комплексов, так и природно-антропогенных образований. В частности, активизируются процессы деформаций и переформирования форм пойменно-руслового рельефа (разрушение береговых откосов, спрямление излучин, смещение островов, смыв пойменных отложений). Данные процессы могут спровоцировать необратимые изменения в пределах рассматриваемых природных комплексов и привести к ухудшению геоэкологической ситуации в регионе.

В конце 2013 и в течение 2014 г. нами были организованы исследования, на основе полевых наблюдений, цель которых – оценить влияние экстремальных паводков на ход русловых процессов, в частности, на интенсивность и направленность плановых деформаций, на переформирование островных форм рельефа, на развитие пойменных массивов.

Анализ картографического материала, космических снимков и данных полевых наблюдений позволяет говорить об интенсивных эрозионно-аккумулятивных процессах в руслах и на поймах рек среднего течения р. Амур в период прохождения экстремальных паводков 2013 г. Следует отметить, что в рассматриваемый период времени на водотоках происходили как активные процессы эрозии (разрушения) форм рельефа, так и аккумуляции (осаждения) наносов.

В период прохождения паводков 2013 г. общие тенденции плановых деформаций отвечали среднемноголетним.

Самые значительные скорости разрушения берегов наблюдались у сегментных и омеговидных излучин, величины поперечного и продольного смещения превышали средние в 1,5–2 раза, но происходили за относительно короткий интервал времени (30–45 дней). Интенсивные разрушения вогнутых берегов отмечались нами на крутых сегментных излучинах, особенно с обрывистыми откосами, связано это с тем, что динамическая ось потока при экстремальных руслоформирующих расходах воды подходит под большим углом к берегу. После превышения уровня выхода воды на пойму и затоплении прирусловых территорий интенсивность русловых деформаций значительно уменьшалась, в границах пойменно-русловых комплексов устанавливался транзитный поток, занимающий все днище долины, общие скорости течения падали.

Несколько иная ситуация наблюдалась с прорванными излучинами (и с излучинами с тенденциями к прорыву), при превышении уровня выхода воды на пойму, особенно в первые двое суток, активизировались процессы развития спрямляющих протоков. Происходило активное разрушение берегов в результате их размыва и значительное углубление русла. На реках длиной менее 30 км и шириной до 10 м спрямляющие протоки достигли ширины основного русла менее чем за 2 месяца, что в естественных условиях (при среднемноголетней обеспеченности стока) по нашим расчетам происходит за 6 лет и более.

Особо следует остановиться на таком явлении как восстановление ранее не проточных или мало проточных водотоков в период прохождения паводков высокой водности. Часть рек, бассейны которых были изменены мелиорационными мероприятиями (Солонечная, Вертопрашиха, Грязнушка) более чем на 45–50% перестали существовать как единая линейно вытянутая отрицательная форма рельефа. Русла таких водотоков представляют собой систему небольших вытянутых водоемов, имеющих

овалообразную форму с полным отсутствием течения воды. В 2103 г. интенсивность паводков была настолько велика, что произошло восстановление русел рек, сформировались хорошо выраженные русловые и прирусловые формы рельефа, выравнились глубины, активизировались плановые деформации, достигшие на некоторых излучинах величины более 10 м за сезон.

Экстремальные руслоформирующие расходы воды 2013 г. оказали значительное влияние на островные формы рельефа. По данным наших наблюдений, с одной стороны, произошло значительное изменение форм и размеров существующих островов, с другой – сформировалось множество новых, преимущественно осередковых форм рельефа и прирусловых отмелей, особенно в нижних течениях рек. При повышении уровня воды была затоплена большая часть русловых островов и подтоплены отчлененные пойменные массивы. Острова с уровнем ниже пойменного оказались полностью под водой, произошел интенсивный размыв аллювиального материала их слагающего, после прохождения паводков поверхность их была представлена скоплением наносов в виде гряд и возвышенностей, изменились очертания. В то же время следует отметить, что центральная часть островов в плане осталась стабильной и практически не сместилась относительно русла.

Пойменные острова характеризуются локальными переформированиями береговой линии, характерными для среднего по водности года, но в то же время, произошло осаждение большого количества аллювиального материала по их периферии. Сформировались обширные песчано-галечные косы в устье многих островов и скопления крупнообломочного материала в вершинах в виде валов.

Затопление пойменных массивов в 2013 г. достигало глубины до 1,5 м продолжительностью более 2 месяцев. В этот период отмечено образование большого количест-

ва новых протоков за счет размыва межгрядных понижений и старых, зачастую уже полностью отмерших и превратившихся в цепочку озер пойменных ложбин. В границах нижней поймы отмечены многочисленные повреждения растительного покрова водным потоком, в результате чего возникли глубокие линейные рытвины, эрозионные борозды, промоины.

Летнее наводнение 2013 г. на р. Амур и его притоках превысило все прежние показатели из более чем столетнего опыта систематических наблюдений. Причины, характер, последствия этого гидрологического события столь редкой повторяемости еще предстоит подробно изучить с привлечением сил и знаний многих специалистов. Кроме того, особую тревогу вызывает ожидаемый рост частоты и интенсивности выходов рек из берегов при будущих изменениях климата [1]. Поэтому планирование и осуществление мероприятий направленных на минимизацию негативных последствий от наводнений приобретают сегодня особое значение.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гарцман Б.И.* Дождевые паводки на реках Дальнего Востока: методы расчетов, прогнозов, оценок риска. – Владивосток: Дальнаука, 2008. – 223 с.

**СЕЙСМИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ ТРАССЫ
ГАЗОПРОВОДА «ТУРКМЕНИСТАН–КИТАЙ»,
ПРОХОДЯЩЕЙ ПО ТЕРРИТОРИИ
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**Т.У. Артиков, Х.Л. Рахматулаев, А.Х. Ибрагимов,
Р.С. Ибрагимов, М.А. Мирзаев**

*Институт сейсмологии им. Г.А. Мавлянова АН РУз,
Ташкент, Узбекистан
E-mail: ibrroma@yandex.ru*

**ASSESSMENT OF SEISMIC HAZARD
OF THE TURKMENISTAN–CHINA GAZ PIPELINE
FOR THE PART ON THE TERRITORY
OF UZBEKISTAN**

The probabilistic seismic hazard assessment of the Turkmenistan-China gas pipeline is located in the southern part of the Republic of Uzbekistan is considered in this paper.

Трасса 4-й нитки газопровода «Туркменистан–Китай» расположена в южной части республики Узбекистан. По своему структурному положению данная территория относится к зоне перехода от Тянь-Шанского эпиплатформенного орогена к Туранской платформе. В силу своей значительной протяженности, различные участки газопровода относятся к областям с различным геолого-тектоническим строением и различными проявлениями сейсмической активности.

Основные тектонические нарушения, с которыми связаны проявления сейсмичности по трассе газопровода – системы Южно-Тянь-Шаньских и Бухаро-Гиссаро-Кокша-альских разломов северо-западного простирания. Эти региональные разломы способны генерировать землетрясения с магнитудой $M > 7$. Локальные проявления сейсмичности обусловлены

сейсмической активностью юго-западных ответвлений Гиссаро-Кокшаальской системы разломов, выраженных Кызылдарьинским разломом, и Лянгар-Караильской флексурно-разрывной зоной, объединенных в единую Кызылдарьинско-Лянгар-Караильскую сейсмогенную зону, системой Байсунских и Кугитанских разломов, объединенных в одноименную сейсмогенную зону и Сурхантауским разломом юго-западного простираения [1]. Юго-восточная часть газопровода находится в сфере влияния системы Бабатагских разломов, имеющих меридиональное направление. Практически вся юго-западная часть 4-й нитки газопровода расположена в пределах Сурхантау-Шерабад-Ке-лифской сейсмогенной зоны, которая по сеймотектоническим данным [1] может генерировать землетрясения с $M = 6,5$. Наряду с перечисленными региональными разломами на исследуемой территории существует целый ряд разрывных нарушений более низкого порядка.

В пределах исследуемой территории за исторический период времени и в инструментальный период произошло множество сильных, в том числе и разрушительных землетрясений. Наиболее известными из них являются Каратагские землетрясения с $M = 7,1-7,3$ (балльность в эпицентре $I_0 = 9$), происшедшие в 1907 г. на расстояниях порядка 45 и 70 км от объекта к северу от него. К весьма сильным землетрясениям следует также отнести Байсунские землетрясения с $M = 6,2$ и $M = 4,8$, происшедшие в 1935 и 1968 гг. и имевшие балльность в эпицентре $I_0 = 8$ и $I_0 = 6-7$ баллов соответственно. В непосредственной близости от объекта, на расстоянии порядка 30–35 км, расположен эпицентр Лянгарского землетрясения с $M = 5,3$, происшедшего в 1971 г. Рой Камашинских землетрясений с $M > 5$, происшедший в 1999–2003 гг. на расстояниях 70–80 км, оказал сейсмический эффект на строительную площадку объекта интенсивностью в $I = 5$ баллов.

Макросейсмическая балльность непосредственно на площадке строительства от всех известных землетрясений не превосходила 7 баллов по шкале MSK-64.

Карта эпицентров сильных землетрясений в окрестности объекта с исторических времен показана на рис. 1. Основная масса землетрясений с $9 \leq K \leq 12$ приурочена к глубинам 5–15 км. Очаги землетрясений с $K > 12$ проявляются на глубинах 20–30 км.

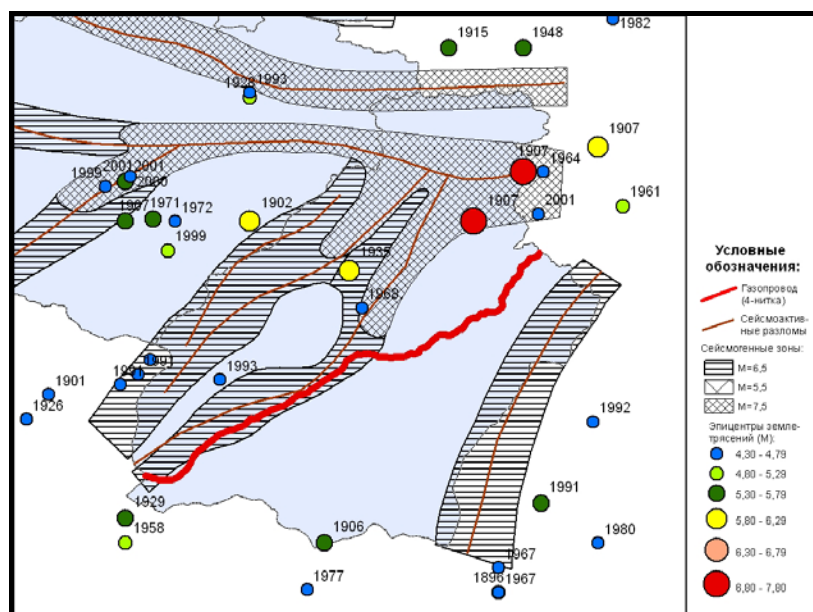


Рис. 1. Карта эпицентров сильных землетрясений с исторических времен

Для количественной оценки сейсмической опасности объекта были проведены камеральные и полевые исследования, включающие уточнение исходной сейсмичности и сейсмическое микрорайонирование трассы газопровода.

В результате проведенных исследований были получены оценки сейсмического потенциала исследуемой территории по комплексу сеймотектонических, геолого-геофизических и сейсмологических данных и долговременные параметры повторяемости землетрясений различного энергетического уровня.

С учетом региональных закономерностей затухания сейсмических воздействий с расстоянием [2], были определены периоды повторения сотрясений различной интенсивности, и построена серия карт, характеризующая на вероятностной основе сейсмическую опасность трассы газопровода в баллах макросейсмической шкалы, в величинах максимальных ускорений грунта и в спектральных амплитудах сейсмических колебаний (рис. 2).

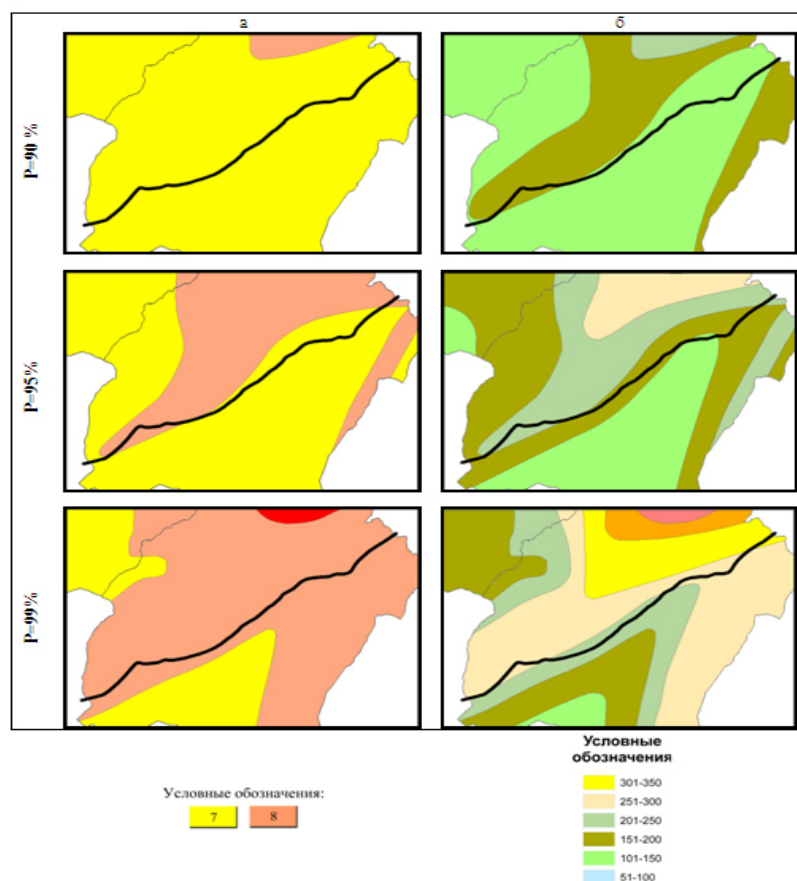


Рис. 2. Вероятностная оценка исходной сейсмической опасности трассы газопровода в баллах (а) и в ускорениях (б)

Сейсмическое микрорайонирование трассы газопровода проводилось комплексом методов. С учетом инженерно-геологических условий были определены места установки временных сейсмических станций для регистрации землетрясений и взрывов.

Сейсмометрические измерения на площадке проводились с использованием цифровых сейсмометров CMG-6TD производства Guralp. Использовался метод оценки приращения сейсмической интенсивности, основанный на синхронной записи природных шумов в двух и более пунктах и последующем сравнении амплитудно-спектральной характеристики микросейсмического шума. Обработка данных с использованием программных средств позволила оценить спектральное отношение H/V горизонтальных и вертикальных колебаний (метод Накамуры, 1991), коэффициент сейсмического разжижения грунтов и резонансные частоты грунтов. При обработке помехи и шумы техногенного и другого происхождения вырезались из временного ряда. На участках строительства компрессорных станций, наряду с анализом записей землетрясений и микросейсм, проводилось сейсмопрофилирование с использованием современных средств сейсморазведки. Проведенные аппаратурные исследования позволили выявить ряд участков трассы с большими приращениями сейсмической интенсивности, для которых расчетная сейсмичность составляет $I = 9$ баллов, а величина максимальных ускорений грунта превосходит значения $a_{max} = 400 \text{ см/сек}^2$. Практически все такие участки располагаются в восточной части газопровода.

Результатом проведенных исследований стала детальная оценка сейсмической опасности трассы газопровода, и дифференциация территории на зоны с различной интенсивностью сейсмических воздействий с учетом реальных грунтовых условий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ибрагимов Р.Н.* Сейсмогенные зоны Среднего Тянь-Шаня. – Ташкент: Фан, 1978. – 144 с.
2. *Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Зияудинов Ф.Ф.* Сейсмическая опасность территории Узбекистана. – Ташкент, 2012. – 254 с.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМИЧНОСТИ ОЛЕКМО-СТАНОВОЙ ЗОНЫ В РАЙОНЕ ТРАССЫ НЕФТЕПРОВОДА ВСТО

Е.В. Архипова^{*}, А.Д. Жигалин^{**}

*^{*} Государственный университет «Дубна», Дубна
E-mail: olenageo@mail.ru*

*^{**} Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва
E-mail: zhigalin.alek@yandex.ru*

SPATIO-TEMPORAL FEATURES OF SEISMICITY IN OLEKMA- STANOVAYA ZONE ALONG THE ESPO PIPELINE ROUTE

The seismicity in the Olekma-Stanovoi seismic zone in the part of the the ESPO pipeline route of Olekminsk-Skovorodino are considered. It has been shown that the activation zone at the level of the upper crust is an additional risk factor.

Участок трассы нефтепровода ВСТО Олекминск-Сковородино пересекает Олекмо-Становую сеймотектоническую зону (ОСЗ), расположенную на северо-восточном продолжении Байкальской рифтовой системы (БРС). ОСЗ обла-

дает высокой сейсмической активностью и представляет опасность при эксплуатации линии трубопровода. Территория на стыке БРС и ОСЗ характеризуется сложной геодинамической обстановкой, обусловленной сжатием и поворотом Амурской микроплиты по часовой стрелке. В связи с таким поворотом к северо-западу от Амурской микроплиты реализуется обстановка растяжения и сдвига, а к юго-востоку – обстановка сжатия и сдвига [1; 2]. Возникающие напряжения высвобождаются за счет многочисленных сейсмических событий, некоторые из которых достигают магнитуды более 6.

При оценке сейсмического риска традиционно используются два основных подхода. Один из них предполагает статистический расчет вероятности возникновения сильных землетрясений с учетом данных, в основном, инструментального периода наблюдений, а другой – принимает во внимание различные показатели современной активности разломов.

Вместе с тем реализуемые в пределах разломов напряжения создаются при системном взаимодействии значительных объемов литосферы. Активность землетрясений низкой и средней силы имеет квазипериодический характер и является своеобразным «пульсом» этих процессов. Анализ фоновой активности позволяет наметить пространственно-временные закономерности взаимодействия крупных литосферных блоков, и более точно прогнозировать на среднесрочную перспективу возникновение сильных событий.

На основе выборки из каталога землетрясений Геологической службы США рассчитаны временные ряды и построены графики числа землетрясений БРС и западной части ОСЗ со скользящим осреднением по 10 годам (рис. 1) [3]. Сопоставление временных рядов показывает их высокую корреляцию с тенденцией к увеличению активности к концу XX – началу XXI в. Близкое совпадение долговременных вариаций сейсмичности БРС и ОСЗ свидетельствует о едином

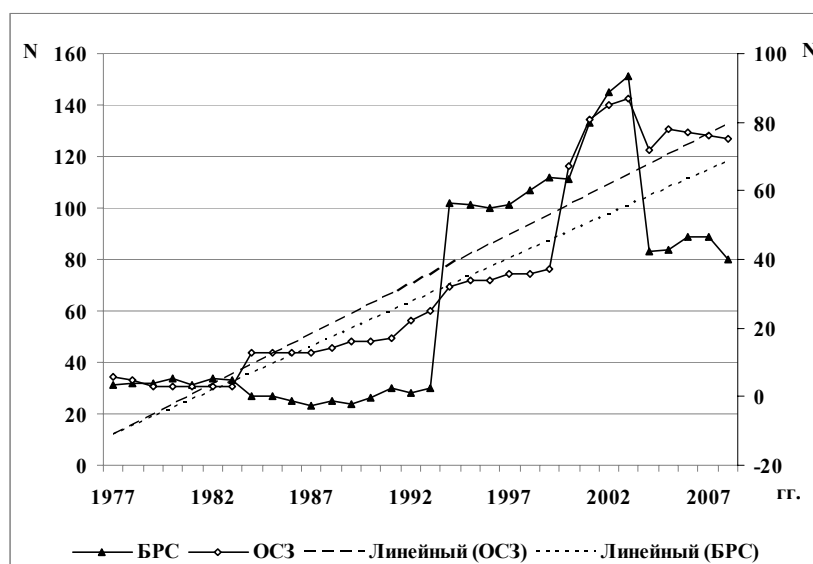


Рис. 1. Временной ход числа землетрясений БРС и ОСЗ по данным с 1973 по 2013 г. $M \geq 4$, скользящее среднее по 10 годам, сдвиг 1 год, $Q = 0,82$ (ОСЗ – ось справа)

управляющем начале, обусловленным вращением Амурской микроплиты по часовой стрелке.

Сопоставлением пятилетних сумм землетрясений БРС и западной части ОСЗ на уровнях верхней и нижней коры показано, что активность нижней коры для обоих регионов снижается, в то время как их верхняя кора становится все более активной (рис. 2).

Выявленная тенденция неблагоприятна, поскольку, с одной стороны, при сходной высвобожденной энергии верхнекоровые землетрясения обладают большим разрушительным эффектом, а с другой – метастабильное состояние верхней коры обеспечивает ее большую уязвимость в случае техногенных воздействий, которые неизбежны в ближайшие десятилетия в контексте планируемого интенсивного освоения энергетических ресурсов Восточной Сибири.

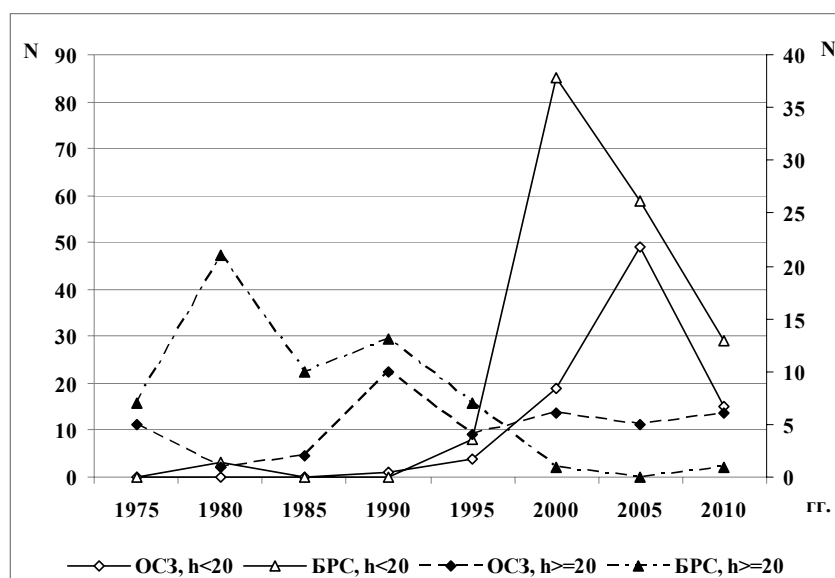


Рис. 2. Временной ход пятилетних сумм землетрясений ОСЗ и БРС на уровне верхней и нижней коры. $M > 4$, скользящее среднее по 10 годам, $Q = 0,82$ (ОСЗ, $h \geq 20$ и БРС, $h \geq 20$ – ось справа)

В итоге на территории ОСЗ в районе участка трассы ВСТО Олекминск-Сковородино с начала XXI в. наблюдается увеличение активности землетрясений, которое в особенности контрастно выражено на уровне верхней коры. Сопоставление временного хода сейсмичности БРС и ОСЗ показывает наличие динамической взаимосвязи этих областей, обусловленной единым процессом поворота Амурской микроплиты по часовой стрелке с некоторым отставанием в активизации ОСЗ. Аномально высокая активность верхней коры является значимым фактором риска для линии нефтепровода, в особенности, в условиях возможных проявлений наведенной сейсмичности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М. Сейсмотектоника Олекмо-Становой сейсмической зоны (Южная Якутия) // Литосфера. – 2005. – № 2. – С. 21–40.
2. Карасев П.С. Сейсмотектоника области перехода Байкальской рифтовой зоны к поднятию Станового хребта: автореф. дис. ... к.г.-м.н. // Диссертации о Земле. URL: <http://earthpapers.net/seysmotektonika-oblasti-perehoda-baykalskoy-riftovoy-zony-k-podnyatiyu-stanovogo-hrebta#ixzz3VI8Iz9Cs>
3. Earthquake Data Base USGS. URL: <http://earthquake.usgs.gov>

ПАРАМЕТРЫ ВОЛНЫ ПРОРЫВА НА РАВНИННЫХ РЕКАХ

Б.М. Баджанов^{*}, Н.Н. Бакбергенов^{**}

*^{*}ТОО «Казахский научно-исследовательский институт
водного хозяйства», Тараз, Казахстан
E-mail: badg_4@mail.ru*

*^{**}ТОО «Казахский научно-исследовательский институт
водного хозяйства», Тараз, Казахстан
E-mail: bakbergenovnurlan@mail.ru*

PARAMETERS OF BREAKTHROUGH WAVE ON THE LOWLAND RIVERS

The article describes the method of calculation of determining the rate of break wave by the example of the Syrdaria river.

При разработке гидравлической модели прохождения волны прорыва по реке можно учесть предполагаемые ущербы, причиняемые окружающей среде и населению. В реках с естественным режимом течения, за редким исключением,

наблюдается квазиустановившееся движение [3; 4]. Для разработки модели необходимо оценивать основные характеристики речного бассейна и прохождения водяного потока в створах, которые позволят в дальнейшем оценить возможные зоны затопления и подтопления территорий и населенных пунктов, расположенных в нижнем бьефе.

Основные характеристики равнинных речных бассейнов взаимосвязаны, и в основе этой связи лежит единство элементов природного комплекса географического района. Однако связь между отдельными характеристиками водосбора (морфометрическими, а также физико-географическими) учитывается недостаточно, учет факторов возможен при наличии связи между ними. Так, например, уклон участка реки следует нормировать средним уклоном, соответствующим по зависимости $i = g(F)$ величине данной площади бассейна, и для равнинных районов с различным рельефом получена следующая зависимость [1].

$$i_{cp} = \frac{A}{L^{0.62}}, \text{‰}. \quad (1)$$

Параметр (A) в зависимости от рельефа местности изменяется в широких пределах (4,6–45). Так, например, для участка р. Сырдарья ниже Шардаринского водохранилища $i_{cp} = 0,115\text{‰}$, параметр $A = 0,744$; для участка Шардара–Кызылорда $i_{cp} = 0,113\text{‰}$, параметр $A = 0,532$; для участка Кызылорда–Казалинск $i_{cp} = 0,116\text{‰}$, параметр $A = 0,425$.

В половодье зависимость средней ширины реки на участке от площади водосбора на середине участка $B = g(F)$ очень слабая, а зависимость средней максимальной глубины на участке от площади водосбора в середине участка $H = g(F)$ более определенная (рис. 1).

Из рис. 1 видно, что на малых равнинных реках в период весеннего половодья имеют место более широкие разливы, чем на крупных реках.

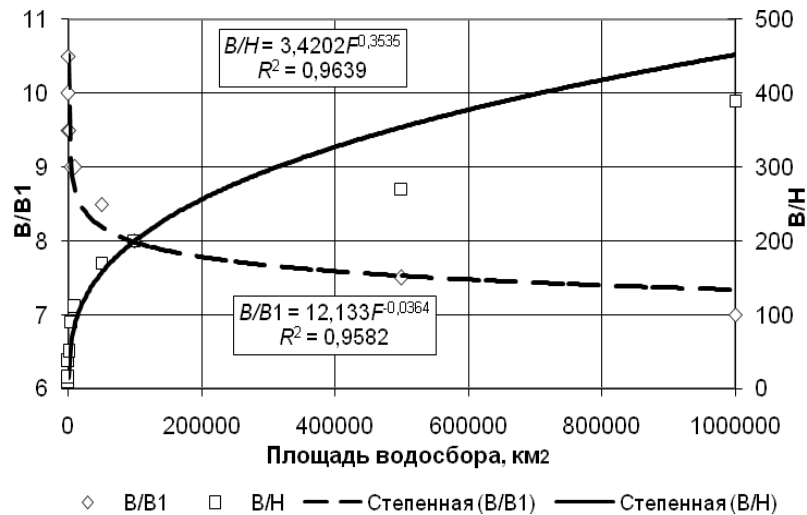


Рис. 1. Соотношения между основными морфометрическими характеристиками равнинных рек (среднее значение)

Средняя скорость течения по длине реки (v) ставится в зависимость от искомого максимального расхода воды в замыкающем створе Q_{max} среднего взвешенного $i_{cp.взв.}$ или среднего i_{cp} уклона рек [1].

$$v = 0,063 \frac{Q^{0,25} i^{0,375}}{\left(\frac{B}{H}\right)^{0,25} n^{0,75}}. \quad (2)$$

Если отношение ширины к максимальной глубине $\frac{B}{H}$ и общий (для русла и поймы) коэффициент шероховатости (n) в этом уравнении обозначим

$$a = \frac{0,063}{\left(\frac{B}{H}\right)^{0,25} n^{0,75}}, \text{ тогда } v = a Q^{0,25} i^{0,375}. \quad (3)$$

В общем виде скорость в любом промежуточном створе реки имеет следующий вид:

$$v = \varphi a Q_{\text{ср}}^{0,25} t_{\text{ср.взв}}^{0,375}, \quad (4)$$

где φ – поправочный множитель с диапазоном колебаний – от 0,64 до 0,92, в среднем $\varphi = 0,75 = \text{const}$.

В целом для реки при среднем многолетнем максимальном расходе половодья параметр (a) можно определить из рис. 2.

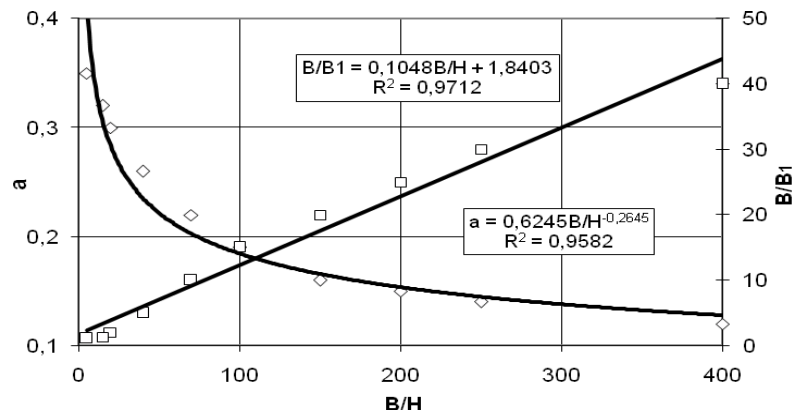


Рис. 2. Параметр (a) в целом для реки

Большой интерес вызывает сопоставление расчетной скорости с фактическими данными по реке Сырдарья.

На основании данных была построена зависимость средней скорости прохождения волны прорыва на участке от Шардаринского водохранилища до г. Казалинск (рис. 3).

Скорости прохождения волны прорыва (точки) определенные по формуле (4), показали несколько завышенные данные по сравнению с фактическими точками.

Линия тренда фактических данных, характеризуемая приведенным уравнением, позволяет определить в первом при-

ближении скорость прохождения волны прорыва по р. Сыр-дарья.

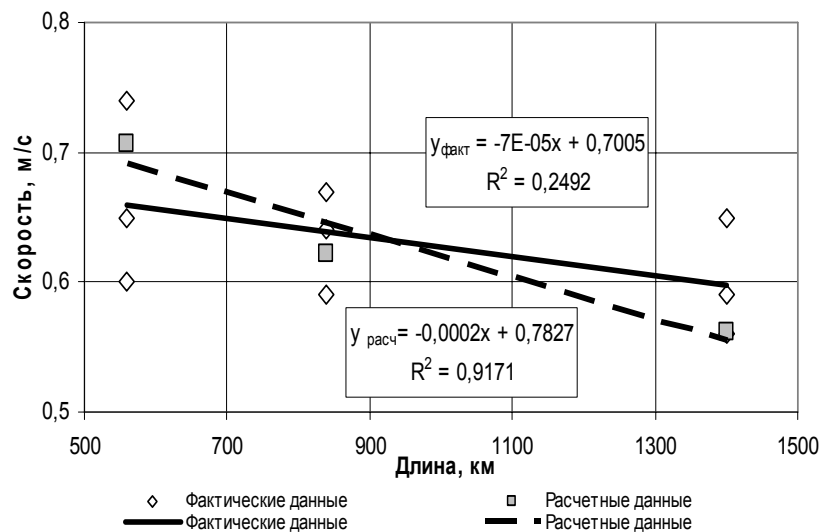


Рис. 3. Зависимость средней скорости добегания волны попуска по р. Сырдарья ниже Шардаринского водохранилища

Метод расчета квазиустановившегося движения воды имеет ряд особенностей: расчет по большим или малым шагам времени, применимость на бесприточных и приточных участках рек, использование минимума сведений о природных особенностях участка реки, возможность выполнения предварительного расчета хода прохождения паводка.

Предлагаемая методика позволяет определить в первом приближении скорость прохождения волны прорыва по р.Сырдарья, ниже Шардаринского водохранилища, с учетом водозаборов по водохозяйственным участкам и может быть использована при расчете прохождения паводков и определении зон затопления.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Нежиховский Р.А.* Руслонная сеть бассейна и процесс формирования стока воды. – Л.: Гидрометеониздат, 1971. – 476 с.
2. Отчет о деятельности за 2008 г. Арало-Сырдарьинская бассейновая водохозяйственная инспекция. – Кызылорда, 2008.
3. *Грушевский М.С.* Расчеты неустановившегося движения воды в реках. Практическое пособие. – Л.: Изд-во ГГИ, 1967. – 231 с.
4. *Грушевский М.С.* Волны попусков и паводков на реках. – Л.: Гидрометеониздат, 1969. – 337 с.

ВЛИЯНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

И.А. Байрамова

*Институт нефти и газа государственного концерна
«Туркменгаз», Ашхабад, Туркменистан*

THE IMPACT OF ECONOMIC ACTIVITIES ON GROUNDWATER

The article is devoted to the relationship between human activities and nature. Improper human activities lead not only to qualitative but also quantitative depletion of water resources.

Подземные воды, как и другие элементы окружающей среды, испытывают загрязняющее влияние хозяйственной деятельности человека. Подземные воды после небольшой подготовки практически пригодны для использования. Развитие поливного земледелия и промышленности, искусственное регулирование рек водохранилищами и каналами усиливают антропогенное воздействие на динамику, количественное распределение и качество поверхностных

и подземных пресных вод. Перечень веществ, контролируемых в подземных водах, не регламентирован, поэтому нельзя составить точную картину загрязнения подземных вод. Как правило, неправильная хозяйственная деятельность человека ведет не только к качественному, но и к количественному истощению водных ресурсов. Поэтому каждому из нас необходимо заботиться о водных источниках, от которых зависит успешный труд и здоровая жизнь человека [4].

Подземные воды в Туркменистане приурочены практически ко всем отложениям: от палеозойских до современных и характеризуются различными геолого-гидрогеологическими условиями. Формирование подземных вод Туркменистана имеет свои особенности, обусловленные динамикой, характером распределения и условиями качественного формирования поверхностного стока, неизбежно связанного с хозяйственной деятельностью людей, а также рельефом местности, структурой водовмещающих горных пород и др. Определить региональное распространение подземных вод с различной минерализацией представилось возможным после составления автором статьи карты «Подземные воды Туркменистана». Кроме того, на ней по всем месторождениям подземных вод отражены их запасы, существующий отбор воды из пробуренных скважин и т.д. Анализ пространственного изменения концентрации компонентов в подземных водах позволил фиксировать участки подземных вод различного ионного состава и суммарной минерализации. Закономерности изменения химического состава подземных вод представлены заменой подземных вод одних геохимических групп другими и дополнены показом распространения в подземных водах отдельных компонентов. Для этого построены карты распространения компонентов в подземных водах в виде изолиний их концентраций.

Сегодня значительная часть территории страны и сейчас испытывает некоторый дефицит пресной воды, осо-

бенно Центральные Каракумы и западные районы. Причина возникновения проблем рационального использования ресурсов пресных подземных вод объясняется не абсолютной нехваткой питьевой воды, а преимущественно тем, каким образом используются водные ресурсы, то есть целенаправленностью их использования. В Туркменистане из всего объема отбираемой пресной подземной воды значительная часть используется для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Кроме этого, подземные воды используются для производственно-технических нужд и орошения сельскохозяйственных земель. В общем балансе современного и перспективного хозяйственно-питьевого водоснабжения существует дефицит водопотребления за счет подземных вод, который может быть перекрыт как за счет освоения разведанных месторождений нераспределенного фонда недр, так и за счет выявления новых месторождений, поскольку эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод на порядки превышают текущую и перспективную потребность в них. На многих месторождениях пресных подземных вод срок эксплуатации в 25–27 лет, согласно утвержденным Государственной комиссией по запасам, уже истек. В связи с этим, на таких месторождениях мы рекомендуем постановку работ по переоценке эксплуатационных запасов. Также следует отметить, что водоотбор из некоторых месторождений пресных подземных вод производится с нарушением первоначально рекомендованного режима эксплуатации водозаборов. Большинство месторождений и водозаборов, в том числе и используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения, подвержены техногенным загрязнениям [2].

Несмотря на наличие месторождений пресных подземных вод, следует отметить, что водообеспечение населения страны за счет пресных подземных вод пока находится на недостаточном уровне. Причина дефицита качественной питьевой воды обусловлена ограниченным доступом к поверхностным источникам пригодной для использования водой;

отсутствием возможности использования поверхностных вод из-за загрязнения отдельных участков рек, отсутствие водоохранных зон; поступление загрязняющих веществ с орошаемых земель, с поверхности почвы и воздуха; загрязнение поверхностных и подземных вод промышленными и коммунально-бытовыми отходами; несоблюдение норм и правил при строительстве водозаборных скважин; нарушение правил эксплуатации подземных вод, ресурсы которых ограничены; отсутствие водоочистных сооружений небольшой мощности в сельской местности.

Правильное решение вопроса о выборе для конкретного потребителя требует тщательного изучения и анализа водных ресурсов района, в котором расположен потребитель. Вода в большинстве рек обладает значительной мутностью, высоким содержанием органических веществ и бактерий, а часто и значительной цветностью. Наряду с этим речная вода характеризуется относительно небольшой жесткостью. Вода озер обычно отличается весьма малым содержанием взвешенных веществ, т.е. малой мутностью. Качество всех поверхностных вод сильно зависит от атмосферных осадков и таяния снегов, в период паводков их мутность и бактериальная загрязненность возрастает, а жесткость снижается. Подземные воды, как правило, не содержат взвешенных веществ (т.е. весьма прозрачны), обладают низкой бактериальной загрязненностью, но наряду с этими положительными качествами во многих случаях сильно минерализованы. В зависимости от характера растворенных в них солей, они могут обладать теми или иными отрицательными свойствами: повышенной жесткостью, наличием неприятного привкуса и некоторыми другими. Вопрос о выборе источника водоснабжения является одним из главных при проектировании систем водоснабжения, так как он определяет наличие в ее составе тех или иных водозаборных и очистных сооружений, а, следовательно, стоимость строительства и эксплуатации [3].

Конечно, на здоровье человека влияют все компоненты экологической обстановки: загрязнение воздуха, почвы и воды, но качество последней имеет самое важное значение. Существует высказывание, что большинство болезней человек выпивает с водой. Вода, которую мы потребляем, обязательно должна быть чистой. Болезни, которые передаются через загрязненную воду могут вызывать ухудшение здоровья людей. Некачественная питьевая вода является причиной многих заболеваний, которые принимают массовый характер. Качество воды в значительной мере определяет характер и уровень инфекционных и неинфекционных заболеваний, генетических болезней, особенности развития организма человека. О серьезности проблемы водоснабжения свидетельствует ее включение в список наиболее насущных проблем человечества. Вода является мощным оздоровительным и реабилитационным медицинским средством, позволяющим восстановить силы после физических и психологических нагрузок рабочего дня.

Вода является универсальным растворителем, удаляющим загрязнения с пищи, тела, одежды, санитарно-эпидемиологически опасные выделения организма и обеспечивающим нормативные санитарно-гигиенические условия в помещениях, зданиях и на прилегающих территориях. Обеспечивая чистоту и комфортные благоприятные условия обитания и жизнедеятельности человека, вода защищает общество от массовых заболеваний и оздоравливает окружающую человека среду в городах и других населенных пунктах, сохраняя санитарно-гигиеническую безопасность социальной среды.

Значительный успех в деле охраны подземных вод обеспечивает создание региональных водоохраных зон, охватывающих всю область питания и распространения водоносного горизонта, используемого для водоснабжения, или ее значительную часть. Зоны санитарной охраны

месторождений подземных вод – это территории вокруг них, где устанавливается особый режим, исключающий или ограничивающий возможность их загрязнения или истощения. Зоны санитарной охраны устанавливаются на всех действующих водозаборах подземных вод и делятся на 3 пояса с особым режимом в каждом. Здесь вводятся определенный режим использования территории, регламент эксплуатации существующих предприятий, строгий контроль над очисткой и сбросом сточных вод, санитарным состоянием почв, воздуха, природных вод и т.п. Профилактике загрязнения подземных вод способствует мониторинг качества подземных вод, т.е. научно обоснованная система длительных натурных наблюдений за основными динамическими характеристиками водоносного горизонта: уровнями, напорами, химическим и бактериологическим составом, температурой воды и т.п. Анализ этих данных позволяет получить пространственно-временную картину загрязнения, объяснить произошедшие изменения и дать прогноз ожидаемых изменений качества подземных вод.

Сегодня база для создания научно-обоснованного мониторинга подземных вод в Туркменистане имеется. Для этого мы предлагаем использовать более 2000 наблюдательных скважин региональной и локальной режимных сетей, а также скважины расположенные на месторождениях подземных вод. Мониторинг представляет собой комплексную систему сбора, накопления, хранения, обработки и выдачи органам управления и хозяйствования информации о состоянии подземной гидросферы под влиянием естественных и техногенных факторов для решения общегосударственных задач охраны окружающей среды и рационального недропользования. Особенно это важно для территорий, расположенных севернее р. Каракум, так как при увеличивающихся объемах строительства и площадей орошения необходимо иметь информацию о подземном

стоке направленного в сторону недавно созданного озера «Алтын Асыр». Это озеро позволяет аккумулировать минерализованные воды и значительно улучшать экологическую обстановку в регионе. На составленной специализированной карте мы показали районы создания и расширения опорных и специальных локальных сетей наблюдательных за подземными водами скважин [1].

Загрязнение подземных вод не является локальным процессом, оно тесно связано с загрязнением окружающей природной среды в целом. Содержащиеся в подземных водах зоны активного водообмена загрязнения в конечном итоге попадают в реки и озера (области разгрузки). Загрязнение пресных подземных вод, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения, не только сказывается на здоровье людей и состоянии окружающей среды, но и приводит к необходимости колоссальных затрат на очистку воды, ремонт и реконструкцию очистных сооружений, дополнительных затрат на здравоохранение.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Байрамова И.А.* Подземные воды Туркменистана: монография. – А.: ТГСП, 2012. – 206 с.
2. Гидрогеология СССР. – Т. XXXVIII (Туркменская ССР). – М.: Недра, 1972. – 565 с.
3. *Чернова Н.М., Былова А.М.* Общая экология. – М.: Дрофа, 2007. – 416 с.
4. Экологическая гидрогеология. – СПб: Изд-во С.-Петербургского университета, 1996. – 152 с.

**ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ЭЛЮВИАЛЬНЫХ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ
ПОД ВЛИЯНИЕМ ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ**

А.Г. Барановский

ООО ИФ «ЮжУралТИСИЗ», Челябинск
E-mail:aleksej-baranovskij@rambler.ru

**CHANGES IN PHYSICAL AND MECHANICAL
PROPERTIES OF THE ELUVIAL CLAY SOIL
UNDER THE INFLUENCE
OF TECHNOLOGICAL FACTORS**

The article includes the analysis of changes in the physical and mechanical properties of the eluvial soil under the influence of anthropogenic factors (changes, physical and mechanical properties).

Под воздействием техногенных факторов грунты изменяют физико-механические свойства. В свою очередь, изменение физико-механических характеристик может привести к потере несущей способности грунтов, служащих основаниями зданий и сооружений, впоследствии к существенным нарушениям в нормальной эксплуатации зданий и сооружений. Изменение естественного уровня грунтовых вод в результате инженерно-хозяйственной деятельности человека – один из главных техногенных факторов.

Антропогенная деятельность с одной стороны вызывает понижение уровня грунтовых вод за счет эксплуатационных откачек из нижележащих водоносных горизонтов, в целях водоснабжения, с другой – повышении «зеркала» подземных вод при застройке территории, за счет утечек из водонесущих коммуникаций. Вслед за колебаниями уровня грунтовых вод происходит и изменение физических показате-

телей, прочностных и деформационных характеристик. Ярким примером, характеризующим пагубные последствия изменения физико-механических свойств при изменении уровня грунтовых вод являются здания, возводимые на просадочных грунтах.

Исследованию поведения физико-механических свойств грунтов основания под воздействием хозяйственной деятельности человека уделяют внимание многие авторы научных работ так как, современный этап инженерно-геологического изучения лессовых просадочных и глинистых набухающих грунтов для целей строительства характеризуются повышением требований проектирования к прогнозу изменения свойств дисперсных грунтов оснований сооружений в условиях их неизбежного обводнения [1].

Свойства глинистых грунтов лессового, делювиального и аллювиального генезиса широко освещены в литературе, как и изменение их свойств под влиянием техногенных факторов. В то время как поведения элювиальных грунтов, в особенности изменение их свойств под техногенными нагрузками, в научной литературе отражены слабо. Изучению просадочности элювиальных грунтов, в своих работах, уделяла внимание Л.И. Корженко [3].

На примере г. Челябинска можно отразить изменение физико-механических свойств глинистых грунтов элювиального генезиса, в частности изменение величины относительной просадочности. Целесообразно рассмотреть две площадки характеризующиеся: повышением уровня грунтовых вод за счет утечек из водонесущих коммуникаций (площадка № 1); понижением уровня за счет строительства метрополитена (площадка № 2).

Площадка № 1. В геологическом отношении рассматриваемая площадка приурочена к зоне развития гранодиоритов, разрушенных процессами выветривания до глинистых грунтов. При исследовании этой территории в 1981 г. и 1986 г. подземные воды не были вскрыты. В последствии

территория была застроена многоэтажными панельными домами (свайный тип фундаментов).

При инженерных изысканиях, проведенных в январе-феврале 2015 г., установившийся уровень подземных вод зафиксирован на глубинах 6,1–7,2 м. Изменение уровня грунтовых вод отразилось на значениях физико-механических свойств.

В предыдущие годы элювиальные глинистые грунты характеризовались: дефицитом влажности, малыми значениями коэффициента водонасыщения. Обладая дефицитом влажности, грунты проявляли просадочные свойства.

При изысканиях 2015 г. значения величины относительной просадочности позволили отнести элювиальные глинистые грунты к непросадочным ($esl < 0,01$). Изменения величины относительной просадочности отражено на рис. 1.

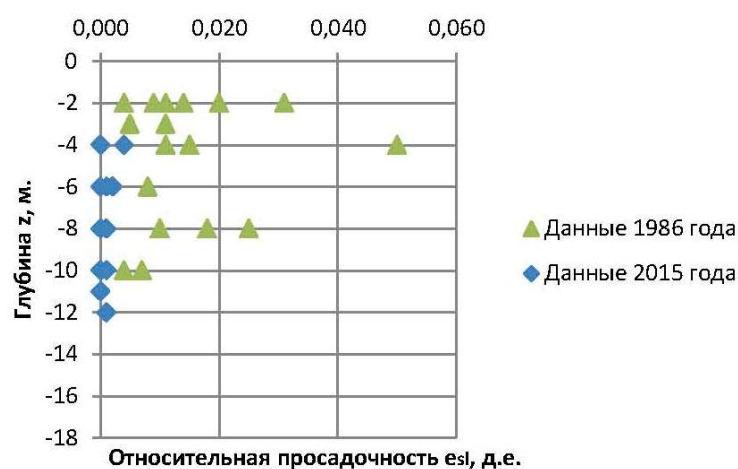


Рис. 1. Значения величины относительной просадочности на разные периоды изысканий (площадка № 1)

Значения физико-механических свойств на разные периоды изысканий представлены в табл.

Таблица

**Значения физико-механических свойств
в разные периоды изысканий**

Год изыс- ка- ний	Плот- ность грун- та ρ , г/см ³	При- родная влаж- ность грунта ω , д.е.	Кэф-т порис- тости е, д.е.	Кэф-т водона- сыще- ния S_r , д.е.	Удель- ное сцеп- ление с, кПа	Угол внутр. трения φ , °
Площадка № 1						
1986	1,75	0,14	0,80	0,50	26	25
2015	1,93	0,17	0,72	0,72	45	23
Площадка № 2						
1992	1,87	0,15	0,65	0,64	19	25
2010	1,71	0,10	0,73	0,37	43	29

Площадка № 2. В геологическом отношении площадка приурочена к приконтактовой зоне гранито-гнейсов ордовика и позднепалеозойских катаклазированных, сильнодислоцированных микроклиновых и пегматоидных гранитов. Площадное выравнивание выполнено мезозойской корой выветривания.

По исследованиям, проведенным в 1992 г., установившийся уровень в естественном залегании зафиксирован на глубинах 3,30–3,47 м от поверхности. В связи со строительством шахтного ствола № 250 Челябинского метрополитена «зеркало» грунтовых вод в настоящее время подвержено резким колебаниям, порой до 25 м.

По лабораторным данным прошлых лет грунты были непросадочными, при последующих исследованиях территории после начала строительства метрополитена, элювиальные глинистые грунты обладают дефицитом влажности, природная влажность их значительно ниже влажности на границе раскатывания.

При предварительной оценке и расчете показателя I_{ss} по формуле пособия по проектированию оснований зданий и сооружений к СНиП 2.02.01.83

$$I_{ss} = (e_L - e)/(1 + e) \quad (1)$$

грунты были отнесены к просадочным.

По результатам испытаний грунтов в компрессионных приборах относительная просадочность $\varepsilon_{sl} = 0,018$, начальное просадочное давление $p_{sl} = 0,10\text{--}0,27$ МПа ($p_{sl} = 0,18$ МПа), начальная просадочная влажность 0,20 д.ед.

Согласно п. 3.7 и расчетной просадки от собственного веса грунта по формуле 122 пособия к СНиП 2.02.01.83 грунтовые условия по просадочности относятся ко II типу. Просадки грунтов отмечаются по всей глубине вскрытой толщи.

Изменения величины относительной просадочности отражено на рис. 2.

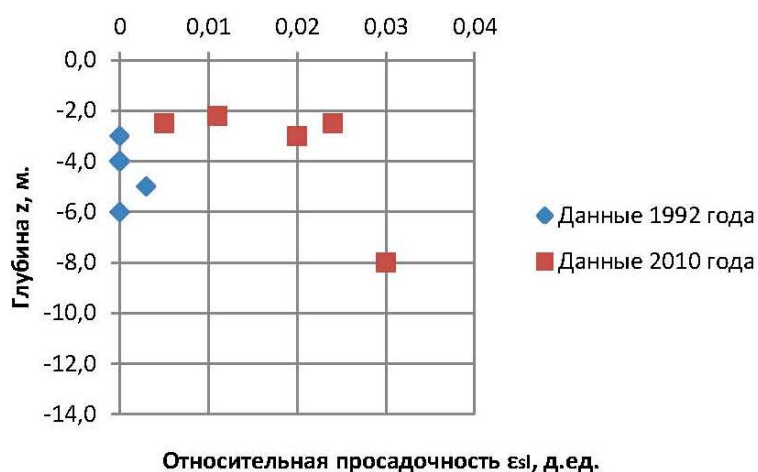


Рис. 2. Значения величины относительной просадочности на разные периоды изысканий (площадка № 2)

Значения физико-механических свойств на разные периоды изысканий см. в табл. выше.

При освоении территории под новое строительство необходимо учитывать геологические и гидрогеологические условия, оценивать изменение природной обстановки и делать прогноз изменения условий территории при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений [2]. Несоблюдение этих требований приведет к потере несущей способности грунтов элювиального генезиса и созданию аварийных ситуаций, а также значительному материальному ущербу. Зная специфику изменения физико-механических свойств грунтов в результате природных (климатических) и техногенных факторов можно с уверенностью прогнозировать возможность проявления просадочных явлений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ахлюстин О.Е.* Закономерности изменчивости физико-механических свойств просадочных грунтов Анапского р-на Краснодарского края: автореф. дис. ... к.геол.-мин.н. – Екатеринбург, 2013.
2. *Барановский А.Г.* Специфические свойства элювиальных грунтов г. Челябинска и особенности строительства на них // Промышленное и гражданское строительство. – 2013. – № 11. – С. 16–18.
3. *Корженко Л.И.* Основания и фундаменты в условиях Урала. – Свердловск: Свердл. кн. изд-во, 1963. – 153 с.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗЛОМА

О.С. Барыкина

*Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова, геологический факультет, Москва
E-mail: barykina@geol.msu.ru*

ASSESSMENT OF POSSIBLE DEFORMATIONS IN THE FAULT ZONE

This paper is based on the thesis that the fault zone has to be regarded as a special engineering geologic massif, which is characterized by the stretched form, zonal structure, unfavorable engineering geological conditions, and it complicates the fault estimation. The article is devoted to the study of the peculiarities of the internal structure of tectonic faults using boundary element method. The forecast for the location of areas of stress concentration and displacement of the free surface in the zone of dynamic influence of regional faulting is presented. The size and configuration of the fault zone field changes, within there is the risk of negative processes during the construction and operation of hydraulic structures, are estimated.

Одним из наиболее актуальных вопросов для инженерной геологии применительно к дизъюнктивным нарушениям, можно считать характеристику области приразломных изменений и оценку возможных движений по разрыву. Под этой областью можно понимать зону динамического влияния разрыва, которая определяется характером его формирования и последующей его жизнью. В пределах этой зоны массив горных пород подвергается механическим, структурным и петрографическим изменениям. С.И. Шерман [3] предлагает делить подобные приразломные зоны на две области:

1) динамического влияния, где проявляются остаточные и упругие следы деформаций, связанные с формированием разлома и последующими подвижками по нему;

2) активного динамического влияния, где проявляются остаточные деформации.

Эти зоны не могут быть четко и определенно зафиксированы при полевых исследованиях. Тем не менее, эти зоны играют отрицательную роль при строительстве и эксплуатации сооружений. Так, при проведении строительных работ в этой зоне возможны неблагоприятные явления (горные удары, вывалы, стреляние пород, смещения и др.), связанные с изменением интенсивности напряжений вблизи разрывных структур. Целью настоящего исследования стала оценка площади приразломных изменений, выявление особенностей распределения напряжений в пределах зоны влияния и характеристика перемещений свободной поверхности в основных узлах.

В качестве объекта исследования был выбран участок Рогунской ГЭС, разбитый многочисленными разрывами различного порядка. Рогунская ГЭС расположена в верхнем течении р. Вахш (Таджикистан) в узком крутосклонном ущелье глубиной 400–500 м. Участок расположения плотины высотой около 350 м и напорно-станционного узла размещены в едином тектоническом блоке, ограниченном субпараллельными Ионахшским и Гулизинданским региональными разломами второго порядка. Особенность линейных тектонических структур участка основных сооружений Рогунской ГЭС заключается в том, что в блоке, зажато между крутопадающими Ионахшским и Гулизинданским разломами, геологической съемкой не выявлено складчатых и надвиговых структур. Комплекс юрско-меловых отложений в этом блоке залегает моноклинально и субсогласно ориентировке ограничивающих его линейных крупноамплитудных взбросов.

Площадка Рогунской ГЭС находится непосредственно в зоне влияния Ионахшского разлома, который пересекает

реку в районе верхнего клина плотины. Этот разлом рассекает осадочный чехол и фундамент на глубину до 10–20 км. Длина его составляет порядка 80–100 км. В юго-западной части этого разлома в 1956 г. произошло Нурекское землетрясение ($M = 5,5$). Потенциальная опасность землетрясений этой зоны для ГЭС состоит в том, что очаг может располагаться непосредственно под плотиной. В пределах Таджикской депрессии современные тектонические деформации обусловлены пластичными смещениями и срывами мезокайнозойского чехла по соленосной толще юры (факт такого срыва признает большинство исследователей). Активные современные дислокации чехла приводят к быстрой релаксации тектонических напряжений, что выражается в большом количестве слабых «приповерхностных» землетрясений с магнитудой 2,0–4,9. Одно из землетрясений произошло 28–29 ноября 1990 г. и представляло собой «рой» сейсмических событий энергетического класса $K = 6–9$, приуроченных к меридионально вытянутой полосе протяженностью 110 км и шириной 15–20 км с центром, расположенным непосредственно на участке основных сооружений. При этом в верховой стенке камеры машинного зала было отмечено образование новых трещин и разрыв анкеров, что указывает на влияние сейсмического фона окружающей территории на напряженно-деформированное состояние вмещающей среды камерных выработок.

По результатам комплексных наклономерно-деформографических наблюдений на площадке гидроузла [2] было показано, что эта разрывная структура является тектонически активной. Были зарегистрированы относительные вертикальные смещения бортов Ионахшского разлома, которые составляют 1–3 мм в год. В основу расчетной схемы был положен геологический разрез, составленный на основе материалов инженерно-геологической съемки участка створа Рогунской ГЭС, проведенной сотрудниками института «Гидропроект». При составлении расчетной схемы ширина

Ионахшского разлома вместе с сопровождающей его зоной дробления на поверхности была принята равной 20 м. При выборе расчетных показателей свойств горных пород рассматриваемого массива были использованы данные, полученные при изысканиях Средазгидропроекта. Так как большинство горных пород, слагающих склон, характеризуется близкими значениями плотности и коэффициента поперечной деформации, в расчетной схеме для всех пород принято: модуль деформации – 30 МПа; коэффициент Пуассона – 0,3; плотность – 2,6 г/см³. Горизонтальные сжимающие тектонические силы, действующие согласно представлениям [2], полученным по геологическим и структурно-тектоническим признакам, задавались равными 12 МПа.

На рис. представлена расчетная схема и результаты изучения перемещений в долине, осложненной разрывной тектонической структурой.

Проведенные расчеты показали, что зона динамического влияния ограничивается 200 м со стороны лежачего крыла и 70 м со стороны висячего, и зоны концентрации располагаются в устье и в средней части разрывной структуры со стороны лежачего крыла и между висячим бортом РТС и дном долины.

Анализ перемещений 8 точек (см. рис.) (в верхних частях обоих склонов, в устье (на обоих берегах) и на окончании разрывной структуры, и на дне долины) свободной поверхности показывает, что направление перемещений соответствует наблюдающимся в массиве и имеет взбросовый характер. Суммарная амплитуда вертикальных перемещений двух точек на дне долины составляет 0,51 м. Векторы перемещений двух соседних элементов на дне долины направлены вверх. Значения результирующих перемещений с разных сторон разрыва равны соответственно 0,22 и 0,49 м. Векторы перемещений крайних элементов в верхних частях склона с одной и с другой стороны, направлены в сторону долины и составляют 0,09 и 0,12 м.

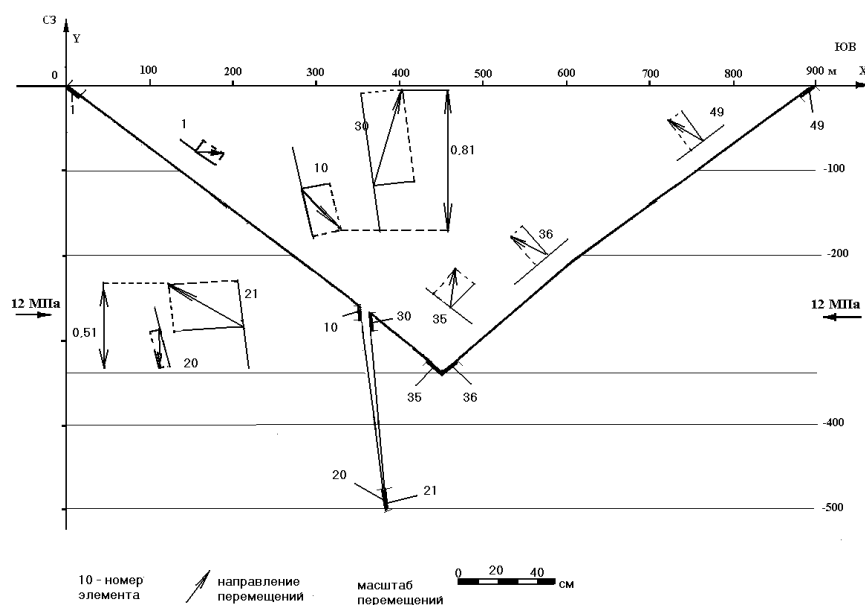


Рис. Направление и величины перемещений элементов свободной поверхности в долине реки, осложненной тектонической структурой

По данным инженерно-геологических изысканий мощность подзон сместителя и тектонической брекчии Ионахшского разлома равна 80 м, а с зоной повышенной трещиноватости влияние разлома может увеличиться до 120 м. Однако, по данным расчетов мощность ЗДВ составляет порядка 270 м. Таким образом, проведенные расчеты показали, что зона изменения напряженно-деформированного состояния, вызванная разрывом превышает наблюдаемую в массиве зону измененных пород. Причем со стороны лежащего крыла зона измененного напряженно-деформированного состояния больше в два раза, чем со стороны висячего. Соответственно, реальная зона влияния от разрывной структуры превышает непосредственно измеренную, более чем в 2 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крауч С., Старфилд А. Методы граничных элементов в механике твердого тела. – М.: Мир, 1987. – 328 с.
2. Старков В.И. Тектонические деформации земной поверхности на створе Рогунского гидроузла по результатам инструментальных измерений // Сейсмостойкие исследования в районах строительства крупных водохранилищ Таджикистана. – Душанбе. Дониш, 1987. – С. 49–63.
3. Шерман С.И., Борняков С.А., Буддо В.Ю. Области динамического влияния разломов (результаты моделирования). – Новосибирск: Наука, 1983. – 112 с.

ГЕОЛОГИЯ ГОРОДА УФЫ И ПРОБЛЕМЫ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА

В.И. Барышников

Бакирский государственный университет, Уфа
E-mail: bvialpgeo@yandex.ru

GEOLOGY CONDITIONS OF UFA CITY AND PROBLEMS OF CITY DEVELOPMENT

The development of the territories for settlements construction always sets two complicated tasks before designing and civil engineers – how to plan a city rationally and minimize landscape and relief destruction of the chosen site. The crushing of halogeneous rocks resulted in high activity of karst process, weakening of the horizons and durability buildings, foundation and walls deformation.

Город Уфа располагается на так называемом Уфимском «полуострове» – останце антиклинальной складки, окру-

женном долинными комплексами рек Белая, Уфа и Дема. Особенности геологической площадки города является ограниченное пространство останца и его пермский терригенно-гипсовый массив. В геологической литературе конца девятнадцатого века, в связи со строительством железной дороги, уже говорилось о плохих инженерно-геологических условиях Уфимского «полуострова», его овражной расчлененности и карстовыми провалами, связанными с «обильным нахождением гипсов в развитой здесь нижней красной пермской толще» [1]. В сороковых-пятидесятых годах прошлого века население города составляло около 300 тыс. человек. В настоящее время это город с миллионным населением. Нагрузка на площадку увеличилась более чем в три раза. Как следствие резко увеличилась частота карстовых провалов и, как следствие, деформаций дорог и зданий.

Котлованы под высотные здания открыли скрытую особенность коренного массива «полуострова» – тектоническую раздробленность терригенно-гипсоносных толщ кунгура, верхней перми и комплекса отложений палеоген-четвертичного субстрата.

Ранее проведенными региональными работами установлено, что «полуостров» был вовлечен в молодые колебательные движения земной коры. Начало тектонических движений датируется олигоцен-миоценовым периодом. В них выделяются две фазы: среднемиоценовая и позднеплиоценовая, разделенные эпохой эпейрогенического опускания. Амплитуда движений за неоген-четвертичное время оценивается в 100–200 м [2]. В голоценовое время полуостров сохраняет направленность воздымания позднего плиоцена и оценивается как интенсивное. Активность воздымания полуострова сохраняется и на современном этапе тектоногенеза [3].

Структурно-геоморфологический анализ рельефа полуострова по материалам космofотосъемки выявил сетку бло-

кового дробления полуострова [4]. Полевые наблюдения с наземной фотосъемкой подтвердили блочное строение полуострова и выявили различные ее формы. В открытом, естественно обнаженном виде, большая часть форм приобрела геоморфологическое выражение. Овражная сеть полуострова проявила глубоко проникающую в коренной массив систему тектонического дробления. Практически все трещины разработаны эрозионными процессами и заполнены рыхлым делювиально-пролювиальным субстратом. Наиболее крупные тектонические формы внутри массива освоены некрупными речками и ручьями (Шугуровка и Сутолка), долины которых в настоящее время определяются как эрозионно-аккумулятивные, вложенные в древнее грабенообразное ложе кунгурских ярусов.

Основным структурным элементом склонов являются блоки оседания, развитые по склонам полуострова. Отделенные от склонов сбросами, они прерывисто прослеживаются параллельно склонам. Сами блоки разбиты более мелкими сбросами, что придает склонам ступенчатый, облик. Выявилось широкое типовое разнообразие (до 24 морфологических типов), тектонических форм внутри массива. От слабо деформированных, горизонтально залегающих пластов терригенно-карбонатных гипсоносных пачек до дислоцированных и разрывных нарушений пермских, палеогеновых, неогеновых и четвертичных горизонтов, пачек, прослоев. Пликативные образования выявляются в нелитифицированной толще четвертичного покрова в виде мелких складок. Разрывные нарушения представлены широким диапазоном форм дробления пермских и палеоген-неогенных толщ, слабо проявляясь в четвертичном субстрате (бурение практически не улавливает их).

Выделяются: взбросо-сбросы; взбросо-надвиги; гипсовые будины; трещины бортового отпора; залеченные трещины; мелкие проседания грабенообразного типа; мелкие горстоподобные структуры; внутрипластовые разрывы; внутрисклад-

чатые разрывы. Считалось, что субгоризонтальное залегание напластований уфимского яруса слабо нарушено. Тем более неожиданным стало выявление лежащих складок и стоящих на «голове» пластов пестроцветов уфимского яруса (см. рис.). Выявление этих форм по всей площади массива и различное их гипсометрическое положение по блокам, говорит о различных амплитудах современных вертикальных блоковых подвижек по всему «полуострову». При общем подъеме территории одни блоки проявляли активность воздымания, а другие отставали. На это указывает обилие оползневых явлений и суффозионно-карстовых провалов в субстрате, перекрывающем границы блоков [3].



Рис. Складки на площадке т/ц «Планета»

Таким образом, региональный масштаб движений вызвал на «полуострове» ряд местных деформаций, выраженных в формах залегания рельефонесущих толщ. Полученные результаты показывают унаследованность молодых движений с олигоценового времени до настоящего, что говорит о продолжительном и продолжающемся структурно-тектоническом развитии полуострова.

По всему полуострову фиксируются формы т.н. атектоники: гипсовые диапиры, проседания пластовых гипсов, сухие палеокарстовые каналы подземных вод соликамского и шешминского горизонтов. Их образование объясняется диапиризмом кунгурских гипсов, внедряющихся в пестроцветный комплекс уфимского яруса и деформирующим толщу напластований неоген-четвертичного субстрата [4; 5].

Суммарный эффект природных и техногенных факторов, провоцируя разрядку тектонических напряжений, последовательно и постепенно дробил внутреннее пространство карстующихся толщ. Подземные и поверхностные воды меняли направленность своих потоков, постепенно увеличивали пустотное пространство массива. Образование пустот привело к постоянному перераспределению плотности массива полуострова, его подвижности и, как следствие, ослаблению прочности несущей оболочки и частому появлению провалов, проседаний грунтов.

Напрашивается вывод: геологическая площадка города, имея ограниченное территориальное пространство, высокую степень молодой тектонической дислоцированности и активность процесса карстообразования, исчерпала свои несущие возможности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Чернышев Ф. Н.* Записка о прилегающих к Уфе участках Самаро-Златоустовской железной дороги // Изв. Общ. горн. Инж. – 1897. – № 1. – С. 15–17.
2. *Рождественский А.П.* Новейшая тектоника и развитие рельефа Южного Приуралья. – М.: Наука, 1971. – 303 с.
3. *Журенко Ю.Е.* Основные итоги изучения голоценовых и современных тектонических движений Западной Башкирии // Тр. Уфимского совещания по геоморфологии и неотектонике Волго-Уральской области и Южного Урала. – Уфа: БФАН АН СССР, ГГИ, 1960. – С. 245–256.
4. *Барышников В.И., Камалов В.Г.* Овраги и оползни Уфимского «полуострова» // Сб. статей XXXIV Пленума Геоморфоло-

гической комиссии РАН. – Волгоград: Волгоградское научное издательство, 2014. – С. 53–56.

5. *Барышников В.И.* Тектоника, карст и фундаменты Уфимского полуострова // Сб. докладов IV МНК «Геоэкологические проблемы современности». – Владимир: ВлГУ, 2012. – С. 158–161.

6. *Казанцев Ю.В.* Первая сейсмическая карта Башкортостана // Известия Отделения наук о Земле и природных ресурсов. – Уфа: АН РБ, 2007. – С. 3–12.

КАЧЕСТВО КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫХ ВОД И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДО-ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Р.К. Бекбаев, Е.Д. Жапаркулова

*Казахский научно-исследовательский институт
водного хозяйства, Тараз, Казахстан
E-mail: bekbayev_55@mail.ru*

QUALITY OF DRAINAGE WATER AND THEIR INFLUENCE ON ECOLOGICAL CONDITION OF WATER-LAND RESOURCES

The article describes the scope and results of the evaluation of the quality of collector-drainage water of irrigation systems of South Kazakhstan. The main factors affecting the ecological state of water – land resources were set.

В условиях Южного Казахстана, где орошаемые земли расположены в бассейнах трансграничных рек, водообеспеченность действующих ирригационных систем колеблется в пределах 75–95%, а в маловодные годы опускается до 50–60%. В то же время огромные объемы коллекторно-дре-

нажных вод, формирующиеся на речных бассейнах (до 30–50% от водоподачи), сбрасываются за их пределы, загрязняют водные источники и ухудшают окружающую среду на прилегающих территориях. По данным гидрогеолого-мелиоративных экспедиций, объем коллекторно-дренажных вод отведенных за пределы орошаемых экосистем южных регионов Казахстана в 2012 г. составил 1293,76 млн м³ (табл. 1).

Таблица 1

Коллекторно-дренажные воды Южного Казахстана, млн м³

По Южному Казах- стану	Область			
	Кызыл- ординская	Южно- Казах- станская	Жамбыл- ская	Алматин- ская
1293,76	266,5	829,4	12,36	185,5

Коллекторно-дренажные воды, поступая в реки, загрязняют не только водные ресурсы, но и нижележащие орошаемые экосистемы. По этой причине в конце 1980-х гг. прошлого века минерализация р. Сырдарья в нижнем течении достигала 2,5–2,6 г/л, такое же состояние и в бассейнах рек Аса-Талас, Шу и Или: повышение минерализации и ухудшение качества водных ресурсов. В связи с этим ухудшается почвенно-экологическое состояние орошаемых экосистем, которое приводит к снижению плодородия почв и выпадению их из сельскохозяйственного оборота. Поэтому в настоящее время, из существовавших 2,36 млн га орошаемых земель, регулярно орошается около 1,3 млн га. Анализ почвенно-экологического состояния ирригационных систем показывает, что 40–50% орошаемых земель подверглось засолению, а 30% – осолонцеванию, ощелачиванию, потерям запасов питательных веществ.

В южных регионах Казахстана, где орошение сопровождается замещением в поглощающем комплексе 2-валент-

ного кальция магнием, значительная часть (около 30–35%) орошаемых земель приобрела свойства такыров, для которых характерна слитность и низкая скорость впитывания воды [1; 2]. При поливах такие почвы оплывают, а при иссушении формируются глубокие трещины, которые приводят к увеличению затрат воды на получение единицы продукции и снижению урожайности сельхозкультур.

В морфологическом отношении такие почвы не имеют ярко выраженной столбчатой структуры, которая характерна для солонцеватых горизонтов, где содержится повышенное количество натрия, поэтому некоторые исследователи их называют магниальными [3]. В таких почвах, когда запасы обменного магния превышают 25% от емкости поглощения, ионы магния экранируют ионы кальция, поэтому он становится слабодоступными для растений.

Сложившаяся экологическая ситуация на ирригационных системах Южного Казахстана и повышение темпов загрязнения поверхностных вод, указывает на необходимость утилизации коллекторно-дренажных вод. В настоящее время наиболее эффективной мерой утилизации коллекторно-дренажных вод является их использование на орошение сельскохозяйственных культур. Это требует оценки качества коллекторно-дренажных вод. В табл. 2 приведены результаты оценки.

Сравнительный анализ приведенных данных показывает, что в поливной период минерализация коллекторно-дренажных вод не превышает 3 г/л.

Например, максимальная минерализация коллекторно-дренажных вод 2,919 г/л наблюдалась в ЦГК (Центрально-Голодностепский коллектор).

Параметры pH коллекторно-дренажных вод превышает допустимые пределы, при их использовании на орошение возможно ощелачивание почв. Другим ограничивающим фактором использования коллекторно-дренажных вод на орошение является высокое содержание катионов магния.

Таблица 2

**Оценка качества коллекторно-дренажных вод
на различных ирригационных системах**

Бас- сейн	Ирри- гаци- онная систе- ма	Наиме- нование коллек- тора	Показатели				
			Сум- ма солей, г/л	pH	Mg ²⁺ , %	K	SAR
р. Сыр- дарья	Махта- раль- ская	ЦГК	2,919	8,6	79,5	1,0	7,7
		Д-3	0,913	8,7	60,8	2,6	2,2
		Сардоба	1,157	8,7	70,7	2,4	2,9
		Север- ный	0,987	8,6	79,6	2,3	2,9
		Арна- сайский	1,079	8,5	85,7	2,0	3,7
	Арысь- Туркес- танская	К-1	1,219	8,4	79,6	1,7	4,4
		К-2	1,730	8,1	85,7	1,1	7,2
		К-3	2,177	8,0	92,8	1,0	8,2
		К-4	1,965	8,1	77,1	1,3	5,8
		К-5	2,089	8,3	23,2	7,9	1,0
р. Аса- Талас	Жам- был- ская	Шайко- рык	0,730	8,5	81,8	3,8	1,8
		Тастобе	0,648	8,6	88,2	2,4	2,8
		Рахат	0,844	8,5	91,9	0,8	11,0
		Костобе	1,178	8,7	36,8	1,9	2,7
р. Шу	Тасоткельская		2,476	8,3	76,8	1,9	6,5
Допустимые пределы			< 3	< 8,0	< 50	> 1	< 10

Параметры К (по И.Н. Антипову-Каратаеву и Г.М. Кадеру) и SAR не превышает допустимые пределы [4]. Это означает, что при использовании этих вод на орошение не будут протекать процессы натриевого осолонцевание почв.

Таким образом, результаты оценки качества коллекторно-дренажных вод ирригационных систем бассейна рек

Сырдарья, Аса-Талас и Шу показывают, что основным фактором ограничивающим их использования является ощелачивание и магниевое осолонцевание почв. При их использовании происходит накопления магния в поглощающем комплексе, возрастает набухаемость и усиливается пептизация коллоидов, снижается устойчивость агрономической структуры, ухудшаются фильтрационные свойства почв, усиливаются механизмы разрушения и выноса гумуса, возрастают расходы воды на получение единицы продукции.

Загрязнение природной среды, истощение ее основных ресурсов – земли, воды, отрицательно влияет на уровень продуктивности и устойчивости развития орошаемого земледелия в различных природно-климатических зонах Казахстана. Это негативно сказывается на конечных результатах хозяйственной деятельности, социальном положении населения, почвенно-экологической ситуации в природно-хозяйственных комплексах бассейнов трансграничных рек. В таких условиях проблема снижения темпов протекания деградационных процессов и улучшения экологической обстановки на ирригационных системах и речных бассейнах различных природно-климатических зон Казахстана, возможна путем улучшения качества коллекторно-дренажных вод и имеет большое практическое значение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ибатуллин С.Р., Балгабаев Н.Н., Бекбаев Р.К., Вышпольский Ф.Ф. Технологии водосбережения и роста продуктивности орошаемых земель при комплексной реконструкции ирригационных систем. – Алматы, 2012. – 202 с.
2. Аханов Ж.У., Коробкин В.А. Регулирование водно-солевого режима почв Таш-Уткульского массива. – Алма-Ата: Наука, 1982. – 200 с.
3. Vishpolski F., Qadir M., Karimov A., Mukhamedjanov H., Bekbaev U., Paroda R., Aw-Hassan A., Rarajeh F. Enhancing the productivity of high-magnesium soil and water resources in central Asia

through the application of phosphogypsum // Land Degradation Development. – 2008. – № 19. – P. 45–56. DoI: 10.1002/fdr.814.

4. Якубов Х. И., Усманов А. У., Броницкий Н. И. Руководство по использованию дренажных вод на орошение сельскохозяйственных культур и промывки засоленных земель. – Ташкент: САНИИРИ, 1982. – 77 с.

РОЛЬ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ФОРМИРОВАНИИ ПРИРОДНЫХ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ

А.П. Белоусова

*Институт водных проблем РАН, Москва
E-mail: anabel@aqua.laser.ru*

ON THE ROLE OF GROUNDWATER IN THE FORMATION OF NATURAL HAZARDS

The role of groundwater in the occurrence of various natural phenomena. The possible causes of extreme floods in the Amur related to meteorological, seismic, hydrological and hydrogeological processes. Some recommendations for the control of extreme floods.

По данным [1], участие воды в **сейсмических процессах** выражается в степени обводненности пород в очагах землетрясений и влиянии на деформационные процессы. Поскольку очаговые зоны чаще всего связаны с крупными разломами или узлами их пересечения, они должны отличаться повышенной обводненностью от соседних менее нарушенных участков. Механизм деформаций должен развиваться быстрее в более влажной породе. Вода влияет на процесс подготовки землетрясения, так как снижает поро-

говую величину тектонического напряжения, необходимую для сейсмического разрыва. Направленное изменение режима подземных вод можно использовать как средство регулирования землетрясений. Выполняя важную роль в тектонических и сейсмических процессах, подземные воды являются фактором, ухудшающим сейсмические условия территории, они оказывают влияние на скорости распространения продольных и поперечных упругих волн и сейсмическую жесткость горных пород и грунтов. Когда режимные отклонения проявляются до толчков, можно говорить о наличии гидрогеологических предвестников землетрясений. Различают три группы гидрогеологических предвестников: гидродинамические (изменения напора подземных вод, их дебитов и фильтрационных характеристик пород); гидрогеохимические (вариации ионносолевого, микрокомпонентного и изотопного составов подземных вод и газов могут отражать определенные стадии подготовки землетрясений) и гидрогеотермические (изменения направления переноса тепла от горизонтов более нагретых к холодным). Весьма значительные отклонения от нормального фона наблюдаются в подземной гидросфере вслед за разрядкой тектонических напряжений, при этом нарушения в подземной гидросфере после землетрясения развиваются на более обширной площади, чем при подготовке землетрясений. Возникающие отклонения режима подземных вод фиксируются в виде различных гидродинамических, гидрогеохимических и гидрогеотермических аномалий.

Приведенный выше анализ, свидетельствует о том, что не следует недооценивать роль подземных вод, как в природных, так и антропогенных сейсмических процессах, которые могут быть на такой сейсмически опасной территории как долина р. Амур.

По данным МЧС России [2] в 1891–1999 гг. количество наводнений в России менялось от 10 до 32 в год, катастрофи-

ческие наводнения происходили относительно редко, к ним относятся наводнения в Санкт-Петербурге (1824, 1924 гг.), Якутии (1908, 1998 гг.), Верхней и Средней Волге (1908 г.) и на Северном Кавказе (1845, 1877, 1980 гг.). В XXI в. ситуация резко изменилась, в течение двух лет (2001–2002 гг.) на территории России произошло 3 катастрофических наводнения, повторяемость которых предсказывалась не чаще одного события в 100 лет.

Наводнение 2013 г. на реке Амур побило все рекорды по продолжительности, интенсивности и ущербу. И, как предполагается, это не последнее наводнение на этой реке, повторяемость его может стать близкой к ежегодной.

Практически весь бассейн Амура – десятый по размеру речной бассейн в мире площадью 1,85 млн км² – оказался охваченным разрушительным наводнением, продолжавшимся более двух месяцев [3]. В Амурской, Еврейской автономной областях, Хабаровском крае были затоплены десятки населенных пунктов. В наиболее крупных из них – Хабаровске, Комсомольске-на-Амуре – подъем воды превысил максимальный уровень за период наблюдений. По официальным данным, на середину октября 2013 г. общее число пострадавших превысило 168 тыс. чел. Более 12 тыс. домов разрушены и почти каждый пятый из них не подлежит восстановлению. Десятки тысяч человек переселены из зоны бедствия. Суммарный экономический ущерб оценивается в 40 млрд руб. [3].

По данным гидрологов [3] разрушительное наводнение 2013 г. в бассейне р. Амур сформировалось в результате чрезвычайно редкого сочетания неблагоприятных гидрометеорологических факторов, которые способствовали тому, что в некоторых частях бассейна р. Амур слой осадков, выпавших за июль–август 2013 г., превысил годовую норму.

Другой важнейший фактор произошедшего наводнения на Амуре – высокая насыщенность почвогрунтов водой на

огромных площадях речных бассейнов к началу паводкового сезона. Насыщение водой почвогрунтов привело к критическому снижению их впитывающей способности и резкому уменьшению естественной регулирующей емкости речных бассейнов перед выпадением дождей. В результате этого на всем протяжении Среднего и Нижнего Амура уровень затопления на 1–3 м превысил отметки опасного явления и продолжительность стояния воды над этой отметкой достигала почти 1,5 мес. [3].

На основе проведенного анализа авторы работы [4] высказали другой взгляд на эту проблему. Они предполагают, что сейсмическая и вулканическая активности определенно влияют на пространственное распределение подземных вод как части единого речного бассейна. Состояние и перестройка водных транспортных путей зависит от многих факторов, но среди них особое место занимают различные виды сейсмической активности, включая извержения вулканов. Данное заключение основывается на авторском анализе [4] характеристиках крупнейших наводнений в России 2001–2002 гг., а также на анализе получивших широкий общественный резонанс наводнений последнего времени – в г. Крымск (июль 2012 г.) и в бассейне р. Амур (июль–сентябрь 2013 г.) и данных Международного Сейсмологического Центра.

Выделены основные механизмы выхода на земную поверхность подземных водных масс при вероятных сейсмических воздействиях на конкретных территориях, которые и приводят к возникновению катастрофических водных явлений на земной поверхности [4].

В работе [4] содержатся новые представления о возможных причинах возникновения экстремальных наводнений в зонах активной сейсмической деятельности, где значительная роль отводится подземным водам. Это «новое» по сути, является хорошо забытым «старым», когда после землетрясения в г. Спитаке стали уделять внимание подземным водам, как предвестникам землетрясения, но вскоре

про эту проблему забыли. Возможно, теперь настали те времена, когда эту проблему стоит поднять и дать ей обречься в конкретные научные исследования.

Наводнения различной интенсивности приводят к затоплению земель, расположенных на них инженерных сооружений и сельскохозяйственных угодий, кроме этого, в процессе наводнений при подъеме уровня воды в реках происходит подъем уровня грунтовых вод, гидравлически связанных с этими водными объектами, при этом происходит и подтопление территорий поднявшимися подземными водами, что хорошо прослеживается при экстремальном наводнении на р. Амур в настоящее время, хотя люди просто не понимают откуда приходит вода к ним в дома, если дамбы на реке сооружены [5].

Причем, процессы подтопления проявляются в течение более длительного времени, чем сами наводнения из-за эффекта запаздывания процессов инфильтрации через зону аэрации и снижения уровня грунтовых вод после спада уровня воды в реках и прекращения влияния избыточной инфильтрации (таяния снега, увеличения поверхностного стока и атмосферных осадков).

Автором ранее были разработаны подходы к оценке рисков и ущербов подземным водам от загрязнения детерминированным методом [5].

С учетом этих разработок можно предложить следующие **рекомендации**:

- провести районирование страны по степени сейсмической и паводковой опасности с выделением наиболее рискованных с точки зрения наводнений территорий;
- обеспечить все паводкоопасные регионы метеостанциями, с современным оборудованием, позволяющим давать предварительные прогнозы изменения метеоусловий и гидрологических условий;
- обязательно ведение мониторинга состояния природной среды в регионах, где возможны чрезвычайные ситуа-

ции, включая наблюдения за гидрологической ситуацией на реках, озерах; гидрогеологическими условиями за уровнями грунтовых и напорных вод, наблюдения на водозаборах пресных подземных вод; наблюдения за температурным режимом на ледниковых массивах, на территориях распространения вечной мерзлоты и на арктических территориях;

- особое внимание уделить возможности регулирования речного стока путем строительства гидротехнических сооружений на реках, включая гидроэлектростанции на крупных речных артериях;

- необходимо провести очистку русел рек, включая крупные речные артерии;

- особое внимание уделить подземному стоку при аномальных значениях избыточной инфильтрации за счет атмосферных осадков и возможного таяния ледников в горных районах и вечной мерзлоты;

- иметь комплект карт, характеризующий гидрологические и гидрогеологические условия территорий при нормальной и экстремальной ситуациях и др.;

- на основе данных мониторинга разработать сценарии развития вероятных экстремальных явлений, в нашем случае наводнений. Для каждого сценария рассчитать максимальные площади подтопления речными водами и радиусы подпоров и максимальные подъемы уровней грунтовых вод, а на их основе и на базе перечисленных карт рассчитать площади затопления паводковыми водами, подпора и подтопления территорий грунтовыми водами;

- построить карты природной и техногенной нагрузки для данного региона и нанести на них площади затопления и подтопления для различных сценариев развития экстремальных наводнений;

- рассчитать риски и ущербы двумя методами (вероятностными и детерминированными) для разных сценариев развития процессов;

– рассмотреть мероприятия по минимизации рисков затопления речными паводковыми водами и подтопления территорий грунтовыми водами при реализации экстремальных наводнений;

– на основе расчета рисков и ущербов от наводнения выделить зону постоянного затопления речными водами, и подпора грунтовыми водами, запретить на этих территориях проживание населения и проведение хозяйственной деятельности с целью уменьшения ущерба от наводнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основы гидрогеологии. Геологическая деятельность и история воды в земных недрах / отв. ред. Е.В. Пиннекер. – Новосибирск: Наука, 1982. – 239 с.

2. Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Катастрофические наводнения начала XXI века: уроки и выводы. – М.: ООО «ДЭКС-ПРЕСС», 2003. – 352 с.

3. Данилов-Данильян В.И., Гельфан А.Н., Мотовилов Ю.Г., Калугин А.С. Катастрофическое наводнение 2013 г. в бассейне реки Амур: условия формирования, оценка повторяемости, результаты моделирования // Водные ресурсы. – 2014. – Т. 41. – № 2. – С. 111–122.

4. Трифонова Т.А. Роль подземных вод при катастрофических наводнениях и селях // Природа. – 2013. – № 8. – С. 13–19.

5. Белоусова А.П. Оценка рисков подтопления территорий подземными водами при наводнениях // Водные ресурсы. – 2011. – Т. 38. – № 1. – С. 30–38.

**ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ПРОРЫВА
ПРИЛЕДНИКОВЫХ ОЗЕР В ИЛЕ АЛАТАУ
(КАЗАХСТАН)**

В.П. Благовещенский, В.В. Каница, Н.Е. Касаткин

*Институт географии МОН РК, Алматы, Казахстан
E-mail: victor.blagov@mail.ru*

**ASSESSMENT OF GLACIAL LAKES
OUTBURST HAZARD IN THE ILE ALATAU RANGE
(KAZAKHSTAN)**

Outbursts of glacial lakes often produce disastrous mudflows. Hazard of glacial lake outburst depends on the lake's volume, the dam's stability, the steepness of the valley below the lake and the absence of infrastructure in mudflow prove area. There are 186 glacial lakes in the Ile Alatau range. Among them 13 lakes are the most dangerous.

Потепление климата и вызванное им сокращение горных ледников приводят к развитию ледниковых озер в горных областях мира. На северном склоне Иле Алатау за последние 50 лет XX столетия площадь ледников сократилась на 117,26 км² (40,8%). В середине 1960-х гг. в Иле Алатау насчитывалось всего 10 ледниковых озер объемом более 10 тыс. м³. К 1980 г. их число увеличилось до 41, а к 1990 г. – до 60. В 2014 г. таких озер было уже 93.

Прорывы ледниковых озер представляют серьезную опасность для населенных областей в горах [8–10]. Эти прорывы могут вызвать не только разрушительные паводки, но и катастрофические сели. Прорывы ледниковых озер с образованием крупных селей в горах Иле Алатау происходили в 1956, 1963, 1973, 1977, 1979, 1980, 1993, 2014 гг. Наиболее разрушительными были сели в долине реки Есик

в 1963 г., в долине р. Малая Алматинка в 1973 г., в долине р. Большая Алматинка в 1977 г., в долине р. Средний Талгар в 1979 г. и в 2014 г. [1–6].

Вопросам оценки опасности прорыва ледниковых озер посвящены работы [7–10]. Наиболее полно эта проблема изучена в работе [7]. В число наиболее важных факторов, определяющих степень опасности озера, входят: размеры озера, состояние озерной перемычки, крутизна долины ниже озера, наличие в зоне воздействия селя объектов инфраструктуры и степень их защищенности.

Оценка опасности прорыва ледниковых озер в хребте Иле Алатау является очень актуальной задачей, так как здесь в зону возможного воздействия селей попадают г. Алматы с населением более 1,5 млн человек и другие населенные пункты, а также многочисленные объекты инфраструктуры.

Работы по оценке прорывоопасности ледниковых озер проводились в 2013–2015 гг. Институтом географии совместно с Казселезащитой. Параметры озер, необходимые для оценки их прорывоопасности, определялись по космическим снимкам, топографическим картам, аэровизуальными и наземными наблюдениями. По результатам наблюдений был составлен кадастр ледниковых озер, в который вошли данные по 186 озерам. В кадастре приведены данные о географическом положении озера (бассейн реки, широта, долгота, абсолютная высота), площади озера и его объеме.

Все озера были разделены на два типа: приледниковые и моренные. Приледниковые озера формируются в непосредственной близости от конца ледника и зачастую контактируют с ним. На дне озера и в озерной перемычке имеются массивы погребенного льда. Эти озера наиболее молодые и интенсивно развивающиеся [4]. Озерная котловина таких озер имеет форму чаши. Моренные озера находятся на более низком высотном уровне и на значительном расстоянии от открытой части ледника, чем приледниковые озера. Они окру-

жены моренами с прерывистыми включениями льда. Эти озера более стабильные, чем приледниковые озера. Озерная котловина моренных озер имеет форму тарелки.

Объем воды в озере точнее всего определяется батиметрической съемкой. Из-за трудной доступности высокогорных озер батиметрическая съемка выполнялась только на наиболее прорывоопасных озерах. За все время наблюдений за ледниковыми озерами с 1970 по 2014 г. батиметрические съемки были выполнены сотрудниками Казселезащиты и Институт географии на 34 озерах. По данным батиметрических съемок были получены зависимости объемов от площади для приледниковых и моренных озер (см. рис.). Эти зависимости могут быть аппроксимированы степенными функциями: $V = 1,6F^{1,43}$ для приледниковых озер и $V = 0,63F^{1,49}$ для моренных озер.

Достоверность аппроксимации этих зависимостей составляет около 0,9. Сравнение рассчитанных по этим уравнениям объемов озер с измеренными показало, что относительное среднеквадратическое отклонение составляет всего 8%. Используя зависимости объема от площади озера, были определены объемы воды во всех озерах. В табл. приведено распределение количества озер по их объему. Из 186 приледниковых и моренных озер 159 озер имеют объем более 1 тыс. м³, 93 озера имеют объем более 10 тыс. м³. Объем от 100 до 500 тыс. м³ имеют 32 озера.

Таблица

Распределение количества ледниковых озер по объему

	Объем озера, тыс. м ³						
	Менее 1	1–5	5–10	10–50	50–100	100–200	Более 200
Кол-во озер	27	51	15	43	18	17	15

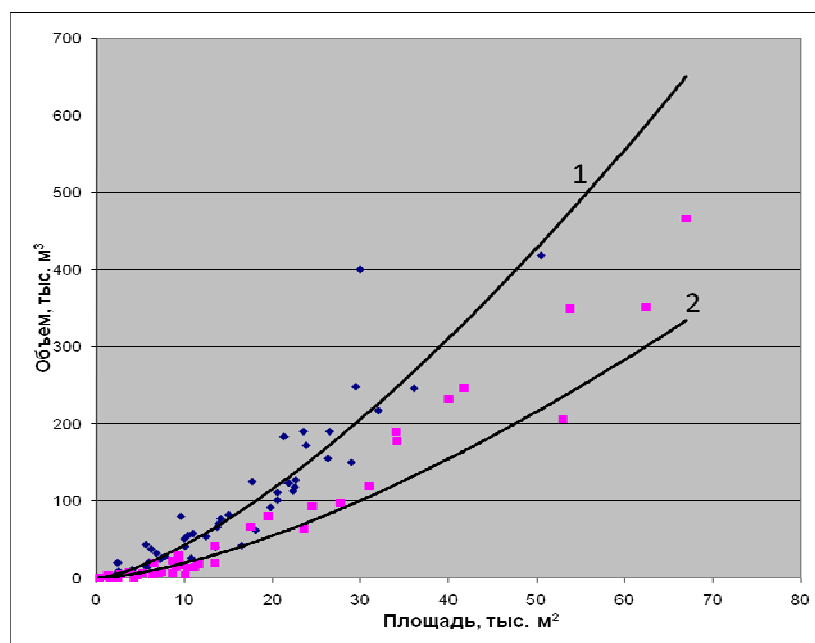


Рис. Зависимости объема озера от его площади для приледниковых (1) и моренных (2) озер

Фактические данные о прорывных гляциальных селях показывают, что объем селя может в 10 раз превышать объем воды, вытекшей из озера. Поскольку значительный ущерб обычно причиняется только крупными селями объемом более $100\,000\text{ м}^3$, прорывоопасными можно считать озера, имеющие объем более $10\,000\text{ м}^3$.

При оценке прорывоопасности все озера были разделены на прорывоопасные, потенциально прорывоопасные и непрорывоопасные. К прорывоопасным отнесены озера, имеющие высокую вероятность прорыва с образованием крупного селя, который может нанести значительный ущерб. К ним отнесены приледниковые озера с объемом воды более $10\,000\text{ м}^3$, располагающиеся в верховьях крутых долин, заполненных древнеледниковыми рыхлообломочными отложениями. В ниж-

ней части долин или на конусах выноса находятся населенные пункты или важные объекты инфраструктуры. Потенциально прорывоопасными являются озера объемом более 10 000 м³ с неустойчивой перемычкой, если в зоне возможного воздействия прорывного селя нет социальных объектов или они надежно защищены. Прорыв таких озер может привести только к экологическому ущербу.

В Иле Алатау наиболее прорывоопасными являются 13 озер. Это озеро № 16 в долине р. Каскелен; 2 озера Городецкого и озеро Тимофеева, а также озеро Советов в долине р. Большая Алматинка; озеро Маметовой в долине р. Малая Алматинка; озера Тогызык, Калесника и Северцова в долине р. Левый Талгар; озеро Жарсай и озера № 9 и № 10 в долине р. Есик. На этих озерах необходимо проводить превентивные опорожнения, а для защиты социальных объектов, находящихся в зоне риска строить инженерные сооружения [1; 2].

Потенциально прорывоопасными являются 39 озер. На таких озерах необходимо проводить периодический мониторинг, а в расположенных под ними долинах строго регламентировать режим землепользования. Остальные ледниковые озера можно считать непрорывоопасными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баймолдаев Т.А., Виноходов В.Н. Казселезащита – оперативные меры до и после стихии. – Алматы: Бастау, 2007. – 284 с.
2. Бижанов Н.К., Виноходов В.Н., Кулмаханов Ш.К. и др. Безопасность и контроль гляциальных селей в Казахстане. – Алматы, 1998. – 102 с.
3. Виноградов Ю.Б. Гляциальные прорывные паводки и селевые потоки. – Ленинград, 1977. – 156 с.
4. Керемкулов В.А. Морфометрические характеристики и классификация моренных озер // Селевые потоки. – 1985. – Сб. 9. – С. 26–35.
5. Медеу А.Р. Селевые явления Юго-Восточного Казахстана: Основы управления. – Алматы, 2011. – Т. 1. – 284 с.

6. Токмагамбетов Г. А., Судаков П. А., Плеханов П. А. Гляциальные сели Заилийского Алатау и пути их прогноза // Материалы гляциологических исследований: хроника, обсуждение. – 1980. – Вып. 39. – С. 97–101.
7. Bolch T., Peters J., Yegorov A., Pradhan B., Buchroithner M., Blagoveshchenskiy V. Identification of potentially dangerous glacial lakes in the northern Tien Shan // Natural Hazards. – 2011. – Vol. 59. – № 3. – P. 1691–1714.
8. Iwata S., Ageta Y., Naito N., Sakai A., Narama C. & Karma. Glacial lakes and their outburst flood assessment in the Buthan Himalaya // Global Environmental Research. – 2002. – № 6 (1). – P. 3–17.
9. Ma D., Tu J., Cui P., Lu R. Approach to Mountain Hazards in Tibet, China // Journal of Mountain Science. – 2004. – № 1 (2). – P. 143–154.
10. Richardson S.D., Reynolds J.M. An overview of glacial hazards in the Himalayas // Quaternary International. – 2000. – № 65/66 (1). – P. 31–47.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИЙ, СЛОЖЕННЫХ СТРУКТУРНО-НЕУСТОЙЧИВЫМИ ПРОСАДОЧНЫМИ И НАБУХАЮЩИМИ ГРУНТАМИ (НА ПРИМЕРЕ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ)

***А.Н. Богомолов^{*}, Ю.И. Олянский^{*}, Е.В. Щекочихина^{*},
Б.Ф. Галай^{**}, А.Ф. Алексеев^{***}***

*^{*}Волгоградский государственный
архитектурно-строительный университет, Волгоград
E-mail: info@vgasu.ru*

*^{**}Северо-Кавказский Федеральный университет,
Ставрополь
E-mail: galaybf@mail.ru*

*^{***}Уральский горный институт, Екатеринбург
E-mail: alekseev_af@mail.ru*

**GEO-ENVIRONMENTAL ASSESSMENT
OF THE SITE SLODEFINED STRUCTURALLY
UNSTABLE PROSODICTION AND SWELLING SOILS
(ON THE EXAMPLE OF THE VOLGA-TOWN REGION)**

On the basis of generalization of the natural factors that determine the stability of the geological environment of the Volgograd region, the main component of which t are sagging and swelling rocks, made of engineering-geological zoning of the territory. The research results provide the opportunity to predict the environmental consequences of technogenesis by identifying areas for three different types of level consider Noah bio-logical unease and can serve as a basis for the development of space-Steno-time structure monitoring.

Лессовые просадочные породы широко распространены на территории Волгоградской обл. и встречаются в различных геоморфологических условиях. Мощность лессового покрова варьирует от 2–10 м в центральной и северо-западных частях области (Окско-Донская равнина и Среднерусская возвышенность) до 15–20 м и более в южной и юго-восточной (Прикаспийская низменность, Ергенинская возвышенность). В настоящее время в пределах Волгоградской обл. выделяются лессовые породы верхнехвалынско-современные, валдайского и ательского горизонтов [2; 3].

Анализ показателей физических свойств лессовых пород свидетельствует о том, что в целом они достаточно близки между собой. Средние значения показателей свойств для указанных типов лессовых пород изменяются в интервалах: предел текучести 0,26–0,27; предел раскатывания – 0,16; число пластичности – 0,10–0,11; пористость – 0,39–0,41; плотность – 1,83–1,86 г/см³; влажность – 0,15–0,17. Наиболее просадочные лессовые породы валдайского и верхнехвалынско-современного горизонтов: $\varepsilon_{sl}^{0.3}$ – 0,036–

0,039, P_{sl} – 0,10–0,11 МПа. Значительно менее просадочные лессовые породы ательского горизонта: $\varepsilon_{sl}^{0.3}$ – 0,029, P_{sl} – 0,14 МПа. Лессовые массивы, распространенные в северо-западной и центральной частях области, относятся преимущественно к I типу грунтовых условий по просадочности, мощность просадочного слоя редко превышает 10 м. Лессовые массивы южной и юго-западной частей в пределах водоразделов Ергенинской и Приволжской возвышенностей относятся ко II типу грунтовых условий по просадочности. Мощность просадочного слоя здесь достигает 12–15 м и более, а возможная просадка толщи от собственного веса достигает 15–50 см, реже превышает 50 см.

Набухающие глинистые породы в пределах области представлены хвалынскими, скифскими, майкопскими, мечеткинскими и юрскими глинами [2]. Эти породы на описываемой территории выходят здесь на поверхность, либо залегают до глубины 20 м.

Природные факторы, определяющие устойчивость геологической среды массивов просадочных и набухающих пород, и степень обобщения их показателей для Волгоградской области, представлены в табл.

Целью исследований является оценка устойчивости территории к возникновению неблагоприятных геологических процессов и прогноз экологических последствий ее освоения для проживающего населения.

Для обобщения всех пассивных факторов, определяющих устойчивость геологической среды области (табл.), использован метод инженерно-геологического районирования, схема однорядного (генетико-морфологического) районирования, разработанная В.Н. Синяковым и С.В. Кузнецовой.

Лессовые просадочные и глинистые набухающие породы покрывают около 80% территории Волгоградской области и являются важнейшим компонентом геологической среды. Интенсивное промышленно-хозяйственное освоение та-

Таблица

Природные факторы, определяющие устойчивость геологической среды массивов просадочных и набухающих пород, и степень обобщения их показателей для Волгоградской обл.

Природные (пассивные) факторы	Степень обобщения показателей природных факторов
Генетический тип и возраст лессовых и набухающих пород	Выделено 3 регионально-генетических типа лессовых и 5 регионально-генетических типов набухающих пород
Условия залегания и распространения лессовых и набухающих пород	Составлена схематическая карта распространения лессовых и набухающих пород в масштабе 1:500 000
Минеральный состав и химические особенности лессовых и набухающих пород «	Охарактеризованы показатели в пределах регионально-генетических типов пород
Механический состав лессовых и набухающих пород	Статистическая обработка содержания фракций в пределах регионально-генетических типов пород; составлены графики изменчивости грансостава по мощности толщи и в направлении основного сноса мелкозема
Физические свойства лессовых и набухающих пород	Статистическая обработка показателей в пределах регионально-генетических типов пород; охарактеризован режим изменчивости в направлении основного сноса мелкозема и мощности слоя пород
Показатели просадочных лессовых пород	Статистическая обработка показателей ε_{sl} и P_{sl} в пределах регионально-генетических типов пород; изучен режим изменчивости в направ-

Окончание табл.

Природные (пассивные) факторы	Степень обобщения показателей природных факторов
	лении основного, сноса мелкозема и по мощности слоя; составлена карта типов и видов лессовых толщ в масштабе 1:500 000
Показатели набухаемости глинистых пород	Статистическая обработка в пределах регионально-генетических типов пород; выполнен корреляционно-региональный анализ зависимостей ε_{sw} и P_{sw} от показателей состава и свойств; составлена карта распространения набухающих пород в масштабе 1:500 000
Природные условия естественной дренированности территорий и глубина залегания подземных вод	Выполнен качественный прогноз подтопления в соответствии со СНиП 2.02.01-83 и выделены типы территорий по потенциальной подтопляемости
Особенности рельефа и тектоники; генетический тип и возраст пород зоны аэрации	Учтены при типологическом инженерно-геологическом районировании территорий на основе формационного принципа

ких территорий ведет к серьезному нарушению баланса компонентов природной среды, в результате чего нарушается режим подземных вод и изменяется влажность массивов глинистых пород.

Характерным примером негативных последствий техногенеза на окружающую среду являются города Волгоград, Волжский, Камышин. Вследствие деформаций зданий и сооружений на просадочных и набухающих грунтах, затопления подвалов и цокольных этажей, образования оползней, оврагов и т.д., здесь возникает ряд медико-биологических и санитарно-гигиенических проблем, негативно отражающихся на здо-

ровье проживающего населения. В результате обобщения инженерно-геологических условий отдельных опорных участков, определения вида и анализа интенсивности протекающих на них инженерно-геологических процессов и возникающих при этом неблагоприятных явлений, а также санитарно-гигиенических условий проживания населения, выделено три типа территорий по уровню относительной биологической дискомфорта: относительно комфортные, средней дискомфорта, высокой степени дискомфорта [2].

Относительно комфортные территории. Сложены преимущественно лессовыми толщами I типа по просадочности с мощностью просадочного слоя менее 10 м, подстилающимися мощными толщами песков либо скальными породами. Территории преимущественно неподтопляемые либо IV типа (СНиП 2.02.01-83) по потенциальной подтопляемости, набухающие глины отсутствуют. Вследствие инженерного освоения таких территорий ожидаемые медико-биологические и санитарно-гигиенические последствия весьма минимальные. Просадка оснований сооружений из-за хорошей естественной дренированности территории и высоких значений начального просадочного давления может иметь единичный характер и обусловлена в основном некачественным выполнением работ по подготовке лессовых оснований.

Территории средней дискомфорта. К данному типу относятся сильно- и среднеподтопляемые участки, сложенные лессовыми просадочными толщами преимущественно I типа по просадочности с мощностью просадочного слоя не более 10 м или средне- и слабонабухающими глинами, залегающими в пределах глубин активной инженерной деятельности. Медико-биологические и санитарно-гигиенические последствия освоения таких территорий довольно существенны и связаны с просадкой и набуханием грунтов в основании сооружений, а также с подтоплением и заболачиванием территории. На крутых склонах, сложенных набухающими глинами, возможно образование оползней. Поддержание баланса компонентов природной среды

таких территорий требует выполнения комплекса специальных мероприятий по недопущению просадочности, набухаемости, подтопления, образования оползней и др.

Территории высокой степени дискомфорта. Данная территория является наиболее уязвимой в экологическом отношении, медико-биологические и санитарно-гигиенические последствия ее освоения весьма серьезные. Даже незначительное повышение влажности лессовых и глинистых пород может привести к весьма серьезным деформациям инженерных сооружений. В условиях недостаточной естественной дренированности хвалынской равнины любое освоение территории будет неизбежно сопровождаться интенсивным подтоплением, вплоть до ее заболачивания.

Выполненное районирование позволяет разработать рекомендации и мероприятия по обеспечению функционирования оптимальной геологической среды и могут служить основой для разработки пространственно-временной структуры мониторинга.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богомолов А.Н., Олянский Ю.И., Махова С.И., Чарыкова С.А., Тихонова Т.М. Геоэкологическая оценка территорий распространения просадочных и набухающих пород // Экология урбанизированных территорий. – 2012. – № 2. – С. 89–91.
2. Синяков В.Н., Олянский Ю.И. Эколого-геологическая оценка территорий распространения просадочных и набухающих пород Волгоградской обл. Стрежень // Научный ежегодник. – Вып. 2. – Волгоград, 2002. – С. 19–26.
3. Синяков В.Н. Инженерно-геологические особенности верхнечетвертичных лессовых пород Нижнего Поволжья в связи с историей их формирования // Инж. геол. – 1981. – № 5. – С. 65–71.
4. Слепая Э.И. Охрана геологической среды территорий городов и городских агломераций – необходимое условие обеспечения экологического комфорта для населения // Современные проблемы инженерной геологии территорий городов и городских агломераций. – М., 1987. – С. 284–286.

5. Трофимов В.Т., Герасимова А.С. и др. Устойчивость геологической среды и факторы ее определяющие // Геоэкология. – 1995. – № 2. – С. 18–28.

6. Трофимов М.В., Зилинг Д.Г. Содержание, объект и предмет экологической геологии // Геоэкологии. – 1996. – № 6. – С. 43–54.

ОПАСНОСТЬ ЦУНАМИ ОПОЛЗНЕВОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В РАЙОНЕ КУРИЛЬСКОЙ ОСТРОВНОЙ ДУГИ

В.И. Бондаренко^{*}, А.Г. Петухин^{**}, В.А. Рашидов^{***}

*^{*}Костромской государственный университет
им. Н.А. Некрасова; г. Кострома
E-mail: vibond@list.ru*

*^{**}Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,
г. Петропавловск-Камчатский
E-mail: anatolyp@geor.or.jp*

*^{***}Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,
г. Петропавловск-Камчатский
E-mail: rashidva@kscnet.ru*

LANDSLIDE TSUNAMI HAZARD IN THE KURIL ISLAND ARCH REGION

There are numerous evidences about tsunamis due to large submarine landslides frequently occurred after even moderate earthquakes. Our studies indicate that landslide processes are frequent on the submarine slopes of Kuril Island Arc. We expect that most dangerous is possible sliding of gravity-unstable «hanging» bodies of volcanogenic deposits on steep slopes.

Принято считать, что волны цунами в Курило-Камчатском регионе возникают в цунамигенной зоне, которая

расположена в Курило-Камчатском и Алеутском желобах, или приходят от удаленных землетрясений. В то же время, на наш взгляд, недооценивается опасность прихода цунами со стороны Охотского моря, так как землетрясения здесь, в основном, глубокофокусные и обычно не возбуждают цунами [5]. Но имеются многочисленные свидетельства о возникновении цунами вследствие крупных подводных оползней и обвалов, часто происходящих после даже не очень сильных землетрясений [4; 7; 8].

Судя по данным наших исследований, обвально-оползневые процессы имеют широкое распространение на подводных склонах Курильской островной дуги (КОД). Наибольшую опасность с точки зрения возникновения цунами оползневого генезиса, на наш взгляд, представляют возможные обрушения гравитационно-неустойчивых «висячих» крупных тел осадочных или рыхлых вулканогенных отложений на крутых склонах островов или подводных вулканов. Ниже этих тел, на склонах, рыхлые отложения удалены в результате эрозионных или оползневых процессов. Подобные тела, на наш взгляд, вследствие их гравитационной неустойчивости, при сильных землетрясениях могут придти в движение и стать причиной возникновения цунами.

Примеры изображения подобных тел на сейсмограммах непрерывного сейсмоакустического профилирования (НСП) на средней части склона о. Чирпой (о-ва Черные Братья) и на склоне залива Доброе Начало у о. Итуруп представлен на рис. 1. Для этих двух участков нами была предпринята попытка оценить последствия возможного обрушения выявленных гравитационно неустойчивых блоков.

Расчеты показывают, что амплитуда волн цунами может достигать несколько метров.

По данным сейсмоакустических исследований была составлена карта участков в пределах КОД, характеризующихся повышенной опасностью возникновения потенциально цунамигенных оползней (рис. 2).

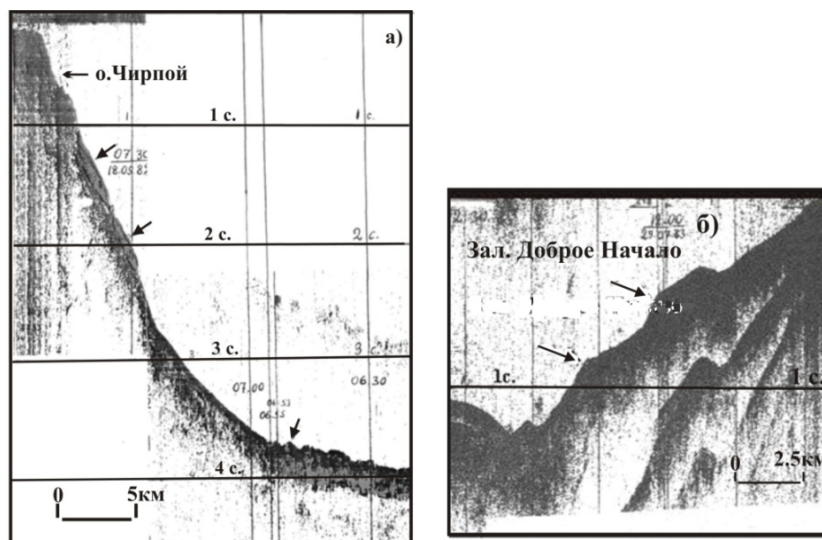


Рис. 1. Фрагменты профилей НСП, пересекающие:
а – северный склон о. Чирпой; *б* – залив Доброе Начало

Стрелками показаны крупные «висячие» тела предполагаемых рыхлых отложений на склоне и оползневые отложения у подножия склона

Гравитационно неустойчивые «подвешенные» крупные блоки осадочных или рыхлых вулканогенных отложений на крутых склонах, объемом до нескольких км³, были обнаружены на охотоморских склонах о. Парамушир, к востоку от о. Матуа, к северо-западу от о. Кетой, в нижней, местами средней части северных, северо-западных и западных склонов вулканического массива Черных Братьев, у подножия хребта Шокальского у о. Уруп, в заливе Доброе Начало у о. Итуруп [1–3; 6].

Значительную опасность могут также представлять обрушения крутых стенок крупных подводных каньонов. Глубокие каньоны, с глубиной врез в сотни метров и с V-образным поперечным профилем обнаружены в районе бухты Крашенинникова у о. Парамушир, к югу от о. Маканруши, в районе южной части о. Онекотан, в районе пролива Крузен-

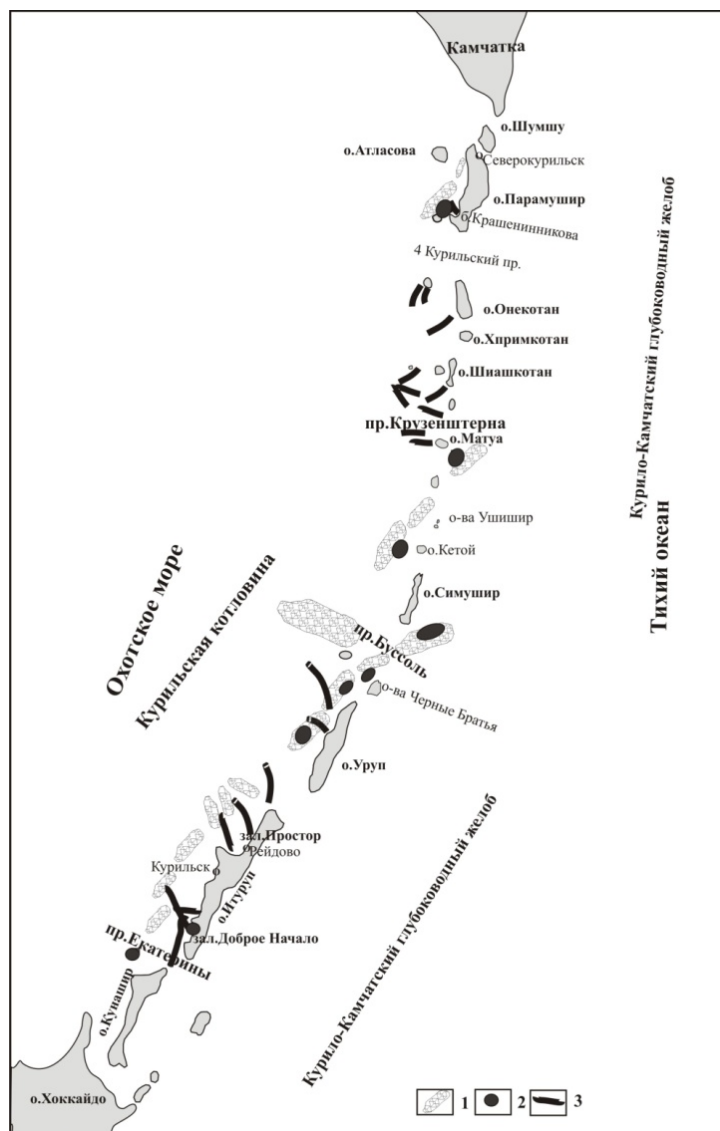


Рис. 2. Схема расположения оползневых отложений и каньонов КОД: 1 – оползневые отложения на склонах; 2 – «подвешенные» крупные тела осадочных отложений на крутых склонах; 3 – крупные подводные каньоны

штерна и о. Матуа, на охотоморских склонах КОД в районе о-вов Черные Братья и северной части о. Уруп, в р-не пролива Фриза. Особенно крупные подводные каньоны сформировались на подводных склонах о. Итуруп – в заливе Простор и в южной части острова. Выявленные подводные каньоны характеризуются высокими крутыми бортами, высокой активностью эрозионных процессов, что может приводить к возникновению подводных обвалов и оползней, некоторые из которых также могут приводить к возникновению цунами.

Наиболее уязвимыми к воздействию цунами оползневого генезиса, по-видимому, можно считать побережья заливов Простор (с поселком Рейдово) и Доброе Начало, расположенных всего в нескольких километрах от возможных мест возникновения цунами, а также г. Курильск на о. Итуруп, находящийся на удалении 10–15 мин времени добегания волн цунами от возможных мест их возникновения. Определенную потенциальную опасность цунами подобного типа могут представлять для прибрежных населенных пунктов о. Кунашир, Малых Курил и бухты Броутона.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 15-05-02955-а).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондаренко В.И., Рашидов В.А. Вулканический массив Черных Братьев (Курильские острова) // Вулканология и сейсмология. – 2003. – № 3. – С. 35–51.
2. Бондаренко В.И., Рашидов В.А. Погребенная подводная вулканическая зона к западу от о. Парамушир (Курильская островная дуга) // Вестник Камчатской региональной организации «Учебно-научный центр». Серия: Науки о Земле. – 2006. – № 2. – Вып. 8. – С. 69–85.
3. Бондаренко В.И., Рашидов В.А. Геоморфология подводного хребта Шокальского (Курильская островная дуга) // Вестник Камчатской региональной организации «Учебно-научный центр». Серия: Науки о Земле. – 2013. – № 2. – Вып. 22. – С. 14–22.

4. *Важенин Б.П.* Курильские вулканы – источники цунами в Северном Охотоморье // Вулканизм и геодинамика: Материалы III Всероссийского симпозиума по вулканологии и палеовулканологии. – Т. 3. – Улан-Удэ: Изд-во Бурятского научного центра СО РАН, 2006. – С. 659–663.

5. Курильские острова (природа, геология, землетрясения, вулканы, история, экономика) / под ред. Т.К. Злобина, М.С. Высокова. – Южно-Сахалинск: Сахалинское книжное изд-во, 2004. – 228 с.

6. *Авдейко Г.А., Антонов А.Ю., Волынец О.Н. и др.* Подводный вулканизм и зональность Курильской островной дуги. – М.: Наука, 1992. – 528 с.

7. *Murty T.S.* Submarine slide-generated water waves in Kitimat Inlet, British Columbia // J. Geophys. Res. – 1979. – Vol. 84. – № 12. – P. 7777–7779.

8. *Ward S.N.* Landslide Tsunami // J. Geophys. Res. – 2001. – Vol. 106. – P. 11201–11215.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОЦЕНКИ УЯЗВИМОСТИ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ НА ОСНОВЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО КАДАСТРА НЕДВИЖИМОСТИ

В.Н. Бурова^{*}, Е.А. Карфидова^{*}, А.Г. Дягилева^{**}

*^{*}Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва
E-mail: direct@geoenv.ru*

*^{**}Московский государственный университет геодезии
и картографии
E-mail: dyagileva91@mail.ru*

DATAWARE FOR ESTIMATING THE VULNERABILITY OF URBAN TERRITORIES BASED ON STATE REAL ESTATE CADASTRE

The paper deals a geological risk problem on urban territories. The methods of determination a geological risk are based on

an estimating the vulnerability of land parcels and buildings/ engineering structures in boundaries of the territory. The digital large-scale geological and geocological maps are used in order to estimate geological risk. The necessary information about a land parcels and buildings/ engineering structures is obtained from state real estate cadastre (Rosreestr portal). The method is approved in the calculation of the vulnerability of cadastral quarter in Moscow.

Геологический риск на урбанизированных территориях определяется через уязвимость самой территории и уязвимость технических объектов, расположенных в пределах исследуемой территории. Исходя из того, что уязвимость представляет собой прогнозную оценку возможных повреждений объекта (реципиента) в результате воздействия опасности (опасного геологического процесса), выраженную в относительных физических, экономических или других показателях потерь этого объекта, важнейшей задачей представляется определение реципиентов уязвимости урбанизированных территорий.

Величина уязвимости зависит, с одной стороны, от вида и интенсивности негативного воздействия на объект, с другой стороны, уязвимость, как свойство объекта, определяется строением, конструктивными особенностями и состоянием этого объекта. Типизация процессов и реципиентов для оценки уязвимости зависит от вида и механизма негативного воздействия и производится применительно к каждому техногенному объекту и природному компоненту.

Информационная система оценки уязвимости должна включать в себя данные, как об источнике опасности, так и о реципиентах на которые она воздействует. Информационное обеспечение оценки уязвимости урбанизированной территории предлагается формировать из трех основных блоков: картографическом, информационном обеспечении и средствах получения информации.

Картографическое обеспечение. Необходимые цифровые картографические ресурсы (геоэкологические карты) для

задач уязвимости обеспечены проектом крупномасштабного геологического картографирования (2007–2009 гг.) и, в первую очередь, интегральной картой инженерно-геологического районирования, а также работами в рамках Государственной программы города Москвы «Градостроительная политика» на 2012–2016 гг. [2].

Создание геоэкологических карт осуществляется на единой государственной картографической основе (ЕГКО г. Москвы) в виде открытого цифрового картографического фона в масштабе 1:10 000, входящего в состав информационной системы обеспечения градостроительной деятельности (ИСОГД).

Создание государственного кадастра недвижимости (ГКН) в последние годы и в планах его развития связано с определением кадастрового квартала, как единого государственного объекта управления территориями, что обуславливает необходимость введения кадастрового деления в состав ИСОГД.

Информационное обеспечение. Информация об источниках природной опасности для территории г. Москвы содержится в описательных данных цифровых геоэкологических карт.

Реципиентами риска геологических процессов на урбанизированной территории являются: техногенная составляющая – здания и сооружения (объекты капитального строительства – ОКС), земельные участки и природная составляющая (биота) – почвы, зеленые насаждения и население. К ОКС необходимы технические параметры, назначение и экономические (стоимостные) оценки; по земельным участкам – категория земель, вид разрешенного использования и также экономические (стоимостные) оценки. Легитимным источником таких данных является государственный кадастр недвижимости [4]. На настоящий момент источники информации по природной биотической составляющей уточняются.

Средства получения информации из ГКН основываются на веб-сервисах (электронных) предоставления дан-

ных посредством Интернет. Это реализуется двумя способами: в режиме online через публичную кадастровую карту или запросом сведений с портала Росреестра (платная услуга) [6]. Проведенный сравнительный анализ показал, что предпочтительнее для поставленной задачи является электронный запрос кадастрового плана территории (КПТ).

Оценка уязвимости. Предлагаемые методы оценки уязвимости урбанизированной территории основываются на расчетных оценках уязвимости кадастрового квартала или его части и уязвимости объектов капитального строительства (типовой застройки, сооружений и т.п.), расположенных в его пределах.

$$Y_{\text{кк}} = Y_{\text{з}} + Y_{\text{то}} \quad (1)$$

где $Y_{\text{кк}}$ – уязвимость кадастрового квартала;

$Y_{\text{з}}$ – уязвимость земель кадастрового квартала или его части;

$Y_{\text{то}}$ – уязвимость технического объекта (определенного его типа).

Для оценки полной уязвимости кадастрового квартала целесообразно, пользоваться удельными значениями уязвимости для площадных оценок и для оценок уязвимости технических объектов. Удельные значения уязвимости позволяют сравнивать между собой данные полученные для различных технических объектов и территорий и в дальнейшем использовать их при оценках на других территориях и иерархических уровнях.

В качестве примера был выбран кадастровый квартал 77:08:0007009, вся территория которого находится в зоне жилой зоны, подвергающейся воздействию карстово-суффозионного процесса. Источником геологической опасности для рассматриваемого объекта является карстово-суффозионный процесс, который поражает саму территорию кадастрового квартала и виды технических объектов в его пределах. Расчет уязвимости проводился на основе имеющихся таблиц уязвимости [5].

Характеристика источника опасности – возможно развитие провалов, диаметром 6 м с вероятностью 0,01 провал

на $1 \text{ км}^2/\text{год}$ [5]. Оценки проводим для наиболее пессимистического варианта развития событий, т.е. вероятность реализации провала равна 1. Допускаем, что на период прогноза может произойти провал, диаметром 6 м в пределах земельных участков кадастрового квартала, так и в пределах расположения определенных видов технических объектов, причем под одним из зданий определенного типа. То есть провал с вероятностью 1 может произойти в пределах каждого типа объекта (реципиента) оценки.

Оцениваемый кадастровый квартал можно условно поделить на две части разной площади, в пределах которых расположены однотипные объекты капитального строительства. Также в пределах кадастрового квартала выделены два типа земель (см. рис.).

Характеристика объектов оценки:

1. Панельные пятиэтажные жилые здания. Срок эксплуатации 70 лет. Относятся к каркасному типу зданий. В пределах данного вида имеется два подвида, отличающихся размерами.

2. Кирпичные пятиэтажные жилые здания. Срок эксплуатации 120 лет. Относятся к бескаркасному неармированному типу зданий.

3. Земли кадастрового квартала: заасфальтированные и непокрытые земли.

Оценка уязвимости объектов в пределах кадастрового квартала.

Уязвимость технического объекта (конкретного типа жилого здания) определяется из выражения:

$$U_p = U_{\text{табл.}} \cdot \zeta, \quad (2)$$

где U_p – расчетная уязвимость конкретного типа жилого здания;

$U_{\text{табл.}}$ – определяется по таблице Рекомендаций исходя из выражения $S_{\text{пр.}}/S_{\text{об.}}$, где $S_{\text{пр.}}$ – площадь возможного провала;

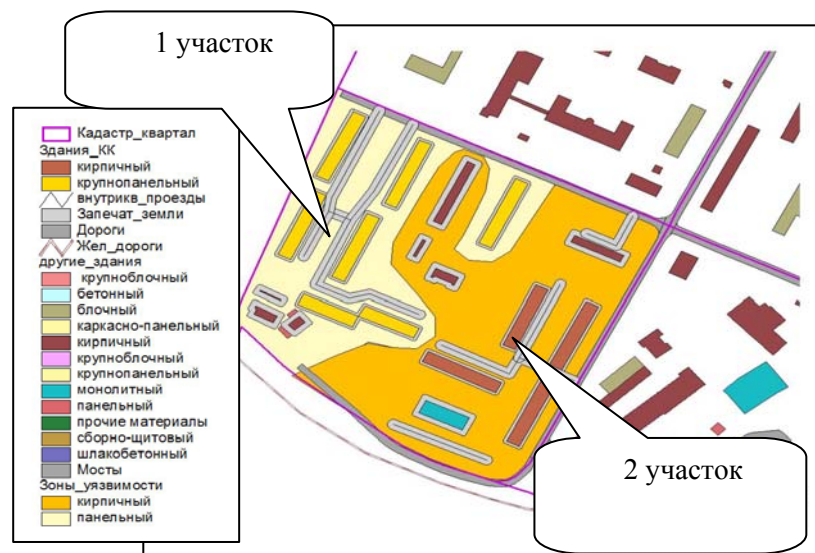


Рис. Оценка уязвимости кадастрового квартала:
1 участок – суммарная – $0,76 \cdot 10^{-6}$, зданий – $0,65 \cdot 10^{-6}$,
земли – $0,11 \cdot 10^{-6}$; 2 участок – суммарная – $0,48 \cdot 10^{-6}$,
зданий – $0,42 \cdot 10^{-6}$, земли – $0,06 \cdot 10^{-6}$

$S_{об}$ – площадь жилого здания конкретного типа;

ξ – коэффициент износа конкретного жилого здания; ξ определяется из выражения $t_{ср.}/t_{экс.}$, где $t_{ср}$ – средний возраст зданий;

$t_{экс}$ – срок эксплуатации конкретного типа жилого здания.

Общая уязвимость (взвешенное по площади значение) жилых зданий различных типов в пределах кадастрового квартала ($Y_{то\ в3}$) определяется из выражения:

$$Y_{то\ в3} = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^k (Y_{toi}^k \cdot \xi_i^k) \cdot (S_i/S_0) \quad (3)$$

где $Y_{toi}^k \cdot \xi_i^k$ – расчетная уязвимость каждого здания, отнесенного к конкретному типу жилого здания;

S_i – площадь, занятая жилыми зданиями конкретного типа, m^2 ;
 S_o – площадь кадастрового квартала, m^2 .

Общая уязвимость (взвешенное по площади значение) типов земель в пределах кадастрового квартала ($Y_{з\text{ вэ}}$) определяется из выражения:

$$Y_{з\text{ вэ}} = S_{\text{пр}}/S_j \cdot S_o \quad (4)$$

Итоговое выражение для оценки средневзвешенной уязвимости для кадастрового квартала выглядит следующим образом

$$Y_{\text{то вэ}} = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^k (Y_{\text{toi}}^k \cdot \zeta_{i}^k) \cdot (S_i/S_o) + S_{\text{пр}}/S_j \cdot S_o \quad (5)$$

Проведенные расчеты уязвимости войдут в состав сведений о геоэкологических условиях кадастрового квартала [1; 3].

Выводы. Формирование информационного обеспечения на основе выбранных методов оценки уязвимости урбанизированных территорий от геологического риска целесообразно осуществлять на основе сведений государственного кадастра недвижимости; расчеты уязвимости урбанизированной территории войдут в состав геоэкологических сведений кадастрового квартала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карфидова Е.А. К вопросу разработки сведений о зонах геоэкологического риска государственного кадастра объектов недвижимости // 14-я Всероссийская учебно-практическая конференция «Организация, технологии и опыт ведения кадастровых работ» (23-25 ноября, ГИСА, Москва, 2009 г.). – М., 2009.
2. Осипов В.И., Бурова В.Н. и др. Карта крупномасштабного (детального) инженерно-геологического районирования территории г. Москвы // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2011. – № 4. – С. 306–319.

3. Осипов В.И., Бузова В.Н. Карфидова Е.А. Формирование сведений о геоэкологических условиях в границах кадастрового деления территории Москвы // М-лы годичной сессии научного совета РАН по проблемам геологии, инженерной геологии и гидрогеологии. – Москва: РУДН, 2015. – С. 76–82.

4. Основы кадастра недвижимости: учеб. пособие для вузов / Кол. авт. – М.: Изд-во МИИГАиК, 2013. – 390 с.

5. Рекомендации по оценке геологического риска на территории г. Москвы / под ред. д.г.-м.н. А.Л. Рагозина; Москомархитектура, ГУ ГО ЧС г. Москвы. – М.: Изд-во ГУП НИИЦ, 2002. – 59 с.

6. <http://maps.rosreestr.ru/PortalOnline>

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ, ФОРМИРУЮЩИХ КАЧЕСТВО ПРЕСНЫХ ВОД КРУПНЕЙШИХ РИФТОВЫХ ОЗЕР МИРА

Е.В. Верховзина^{*}, В.А. Верховзина^{**}, А.С. Сафаров^{***}

^{*}Институт земной коры СО РАН, Иркутск

E-mail: verhel@crust.irk.ru

*^{**}Иркутский национальный исследовательский
технический университет*

E-mail: verhval@mail.ru

^{***}Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева

СО РАН, Иркутск

E-mail: alexssss@list.ru

A MODERN APPROACH TO THE STUDY OF NATURAL PROCESSES, SHAPE THE QUALITY LARGEST FRESHWATER LAKE RIFTS WORLD

The article includes the analysis geoecosystems of water quality of reservoirs surface the largest freshwater Lake rift world. Up to now the quality of water reservoirs is catastrophically

cally deteriorating. The damage to the health of the population due to the low-quality drinking water is equal to losses from natural disasters, famine and other global catastrophes. Lake Baikal (Asia) and Nyasa (South-Eastern Africa) are important sources of fresh surface water. They are also significant storages and main sources of expensive high-quality fresh drinking water not only for the regions where they are located but also for the whole world. The Recent problems in rational nature use of considered lakes include the supplement by the information concerning the mechanism and functioning of their geoecosystems. The revealed factors should influence on effective policy in managing resources of the largest sources of fresh water.

В настоящее время в связи с антропогенным загрязнением окружающей среды, пресная вода становится одним из важнейших и трудновозобновляемых природных ресурсов. Для ряда регионов мира сохранение и дефицит этого ресурса проявляется уже в настоящее время. В мире быстрыми темпами надвигается водный кризис. Ущерб здоровью населения от потребления некачественной питьевой воды сравнивают с потерями от стихийных бедствий, голода и других глобальных факторов [1; 2]. Сегодня в мире более миллиарда человек пьют воду, не отвечающую санитарным нормам, и болеют [3]. Запасы пресной воды, особенно питьевой, стали катастрофически сокращаться. Пришло время разработки рационального использования пресных природных вод.

Рассматриваемые нами глубокие древние рифтовые озера: Байкал (Азия) и Ньяса (Юго-Восточная Африка) являются важным источником пресных поверхностных вод. Экономический потенциал дефицитнейшего полезного ископаемого – пресной воды огромен. Так, воды оз. Байкал содержат около 20% пресных внутриконтинентальных вод мира, а в рифтовом оз. Ньяса, находящегося в экваториальной области Африки – около 8%. К сожалению, антропогенное воздействие на геоэкосистемы озер усиливаются с

каждым годом [4]. Особенно это важно для внутриконтинентальных регионов. Вода рифтовых озер, формируемая тающими горными потоками, имеет в разных регионах мира достаточно близкий состав. Запасы этого ресурса довольно значительны (табл. 1). Следовательно, при современных скоростях расхода воды, запаса пресной воды оз. Байкал хватит всему человечеству на 263 года, а Ньясы – на 96 лет.

Таблица 1

Ресурсы пресной воды в озерах Байкал и Ньяса

Объект	Объем водных масс, км³	% от общего запаса пресных вод	% от поверхностных пресных вод	% от пресных внутриконтинентальных вод
Байкал	23 000	0,066	4,6	20
Ньяса	8400	0,024	1,68	8

Огромное значение в формировании качества воды играют биогеохимические функции микроорганизмов, населяющих всю водную толщу и донные осадки рифтовых озер. Как показали наши исследования, ферментативные системы и чувствительность к антибиотикам микроорганизмов, выделенных из чистых фоновых районов и из районов антропогенного влияния различны [5]. Важна оценка биогеохимических функций микроорганизмов в водной толще и донных осадках озер, поскольку именно микроорганизмам принадлежит основная роль в деструкции органического вещества, поступающего в водоемы. Между тем, механизмы, определяющие формирование качества воды в экосистемах глубоких озер, принципиально отличаются от мелководных пресных водоемов и более подобны морским и океанским [6]. Имеющиеся данные показывают, что микробный фон озер неоднороден и имеет один порядок величин физиологичес-

ких групп бактерий, и зависит во многом от района озера, впадающих притоков, от использования водоемов человеком. Хотя по результатам исследований воду Байкала и Ньясы в пелагиали озер можно отнести к разряду предельно чистых.

Качество вод Ньясы весьма близко к таковому для Байкала. Применение воды оз. Ньяса как питьевой чрезвычайно важно для огромного региона, приуроченного к озеру. Гидрохимические и микробиологические исследования искусственных источников питьевой воды, а также р. Киела, впадающей в оз. Ньяса, однозначно указывают на их непригодность для питья по санитарным показателям. Концентрации нитратов и нитритов, численность условно-патогенных микроорганизмов в реке близ устья, на порядок величины превышает нормы Всемирной организации здравоохранения, и более чем на два порядка величины – содержание их в оз. Ньяса. Основная причина – несоблюдение населением санитарно-гигиенических норм и правил. Иного антропогенного воздействия в регионе практически нет. На основании собственного опыта нам представляется, что наиболее быстрый и дешевый способ решения проблемы снабжения питьевой водой в регионе, по меньшей мере, для этой части озера, является использование вод оз. Ньяса.

Современная стратегия водопользования должна базироваться на сохранении экологически безопасного и устойчивого развития состояния экосистем крупнейших источников пресной воды, таких как озера: Байкал и Ньяса и их водосборных бассейнов. Необходим эколого-экономический подход к использованию и управлению водными ресурсами. Это возможно лишь при условии поддержания устойчивого экологического состояния водоисточников. Необходимо исходить из концепции устойчивого водопользования, то есть учитывать совместимость водохозяйственных мероприятий с естественным функционированием природных экосистем.

Однако, как показывает практика, изучение процессов, происходящих в эколого-экономических системах, является довольно трудной и неоднозначной в своем решении зада-

чей. В этом случае эксперимент в том смысле, как он понимается в естественных науках, чаще всего невозможен. Это обусловлено не только размером и сложной структурой экосистем, но и огромным объемом информации, порождаемой происходящими процессами. Вследствие этого подобные системы невозможно оценить в большинстве случаев без использования информационных технологий и методов математического моделирования, которые позволяют избежать катастрофических ошибок. При этом используются методы имитационного моделирования, осуществляется проверка устойчивости различных сценариев реализации проекта. Также на основании методики предлагается система определения размеров штрафных санкций, применяемых к организациям-загрязнителям водных ресурсов.

Таким образом, при принятии управленческих решений по антропогенному воздействию на экосистемы крупнейших рифтовых озер, таких как озера Байкал и Ньяса, необходимо учитывать особенности формирования качества воды и основные факторы, влияющие на эти процессы, а при воздействии на геоэкосистемы – давать многолетние прогнозы последствий принятых решений. Уникальность и ценность таких экосистем, как Байкал и Ньяса, не может быть выражена только в виде экономических критериев, следует учитывать особенности геоэкосистем озер и механизма формирования качества воды, тогда последствия принятых решений не приведут к необратимым изменениям. Воздействие на уникальные и столь огромные экосистемы, как озера Байкал и Ньяса, имеет несколько специфических аспектов. Эти озера являются внутриконтинентальными водоемами с низкими скоростями водообмена, низкими температурами и слабыми микробиальными процессами деструкции, что непременно скажется на формировании качества воды при влиянии антропогенного фактора. Учитывая эти особенности формирования качества воды крупнейших рифтовых озер мира, исправить эту ошибку будет практически невозможно.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Williams C.A., Heins R.M.* Risk Management and Insurance. – N.Y.: McGraw-Hill, 1989. – 185 с.
2. *Кондратьева Л.М.* Экологический риск загрязнения водных экосистем. – Владивосток: Дальнаука, 2005. – 295 с.
3. *Савилов Е.Д., Колесников С.И., Красовский Г.Д.* Инфекция и техногенное загрязнение. – Новосибирск: Наука, 1996. – 510 с.
4. *Верхозина В.А., Верхозина Е.В., Сафаров А.С.* Мониторинговые исследования микробного сообщества литоральной зоны в р-не Южного Байкала // Вода: химия и экология. – 2014. – № 3. – С. 66–70.
5. *Верхозина В.А., Верхозина Е.В., Гончар Д.А., Дедков В.С., Дегтярев С.Х., Куснер Ю.С.* Микроорганизмы озер Байкал и Ньяса как индикаторы антропогенного влияния и перспектива их использования в биотехнологии // Прикладная биохимия и микробиология. – 2004. – Т. 40. – № 4. – С. 455–459.
6. *Verkhovina V.A., Kozhova O.M., Kusner Yu.S.* Hydrodynamics as a limiting factor in Lake Baikal ecosystem // Aquatic Ecosystem Health and Management Society. – 2000. – Vol. 3. – P. 203–210.

ОПОЛЗНИ-ПОТОКИ И ИХ АКТИВНОСТЬ В ГОРНЫХ РАЙОНАХ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Р.А. Гакаев

*Чеченский государственный университет, Грозный
E-mail: rustam.geofak@yandex.ru*

LANDSLIDES STREAMS AND THEIR ACTIVITY IN THE MOUNTAINOUS REGIONS OF CHECHEN REPUBLIC

The article gives a general description of landslide phenomena in the Chechen Republic, the features of the formation

and propagation of landslides, flows in the Chechen Republic are the basic conditions of their formation on the example of some landslides.

Оползни являются одним из видов экзогенных геологических процессов, опасность проявления которых не слабеет. Под опасностью геологических процессов понимается вероятность их проявления в заданном месте, в заданное время и с определенными энергетическими характеристиками. Наибольшую опасность представляют быстроразвивающиеся оползни, основная фаза смещения которых часто носит катастрофический характер [3].

Возникновение оползневых процессов в Чеченской Республике определяется региональными особенностями территории, геологическим строением, характером и режимом выпадения осадков, испарением, геоморфологическими и климатическими особенностями территории, также антропогенным воздействием. Общая площадь, подверженная проявлению оползней, как древними оползневыми массивами, так и современными оползнями, составляет более 2 тыс. км² [2].

Современное развитие оползневых процессов характерно в основном для Терско-Сунженской возвышенности и для горной части Чеченской Республики. Горная часть, с наибольшей активизацией оползневых процессов, расположена южнее Чеченской предгорной равнины и характеризуется сильно расчлененным рельефом и мягкими, плавными очертаниями. Склоны гор сравнительно пологие, вершины сглаженные. Только местами наблюдается некоторая асимметричность в поперечном профиле продольных долин. Несколько большая крутизна их южных склонов указывает на моноклинальное строение. Абсолютные высоты от 350–400 до 800–1200 м над уровнем моря. Горная часть Чеченской Республики постепенно повышается к югу и обычно представляют собой довольно узкие водоразделы между попе-

речными долинами двух соседних рек. Своим образованием эти хребты обязаны речной эрозии, и их общее направление не совпадает с простираанием тектонических структур региона.

В зависимости от условий и факторов оползнеобразования, на склонах развиваются оползни разных типов.

Одним из распространенных типов оползней Чеченской Республики являются оползни-потоки. В наиболее крупной оползневой зоне, расположенной в юго-восточной части Чеченской Республики (Бенойский оползневой район), оползни-потоки приурочены к рыхлым четвертичным отложениям склонов. При глубине захвата не более 5–10 м объем наиболее крупных из них достигает 1 млн м³. Интенсивно поражены оползнями – потоками правобережье р. Хулхулау, правобережье р. Гумс, южное и восточное крылья Бенойского купола. Всего в районе сформировалось 6 оползней – потоков объемом от 0,5 млн м³ до 5 млн м³, более 10 аналогичных оползней объемом от 0,5 млн м³ до 1 млн м³ и несколько сотен более мелких потоковых форм. Старые оползни-потоки развиты на склонах с широким интервалом крутизны (до 30°) и мощности рыхлого покрова (до 1,5 м). Свежие оползни-потоки развиты преимущественно на склонах крутизной от 10 до 22°, где мощность рыхлого покрова колеблется от 1,5 до 6 м. Наиболее поражены оползнями населенные пункты: Беной, Айти-Мохк, Мехкишты, Месхеты, Гордали (рис. 1, 2). Изучение оползней на некоторых участках Бенойского оползневого района показывает, что старые и новые оползни занимают до 70% территорий оползневого района. Наряду с эрозией, оползневые процессы в этом районе являются важнейшим рельефообразующим фактором [1].

Основными факторами, определяющими развитие оползней, является глинистый состав пород, глубокая вертикальная и сильная горизонтальная расчлененность. Большее распространение оползней-потоков приурочено к участкам сложенным сарматскими глинами.



Рис. 1. Оползневые смещения в районе с. Беной



Рис. 2. Оползневые смещения на окраине с. Айти-Мохк

Одним из факторов образования и развития оползней в районе является прогрессирующая подрезка склонов в результате донной и боковой эрозии водотоков в реках и оврагах, сокращение лесного покрова, многочисленные небольшие населенные пункты, густая сеть гравийных дорог, с существующим методом их очистки, сопровождающейся подрезкой склонов [4].

В пределах Шатойского оползневого района оползни – потоки в четвертичных отложениях являются преобладающими. Так же они развиты и в Горагорско-Грозненском районе. Интенсивность проявления оползней-потоков на склонах Терско-Сунженской возвышенности, по сравнению с горной частью республики, сравнительно меньше. Рельеф приобретает все более мягкий и сглаженный характер, энергия рельефа снижается. Сохраняется достаточно высокая опасность проявления оползней-потоков на склонах Бенойского и Шатойского оползневого районов. В условиях обильного поступления осадков существует опасность возникновения оползней-потоков на участках автодорог Дай-Шарой, Балансу-Ножай-Юрт, Ножай-Юрт – Даттах, на окраинах сел Беной, Айти-Мохк, Мескеты, по берегам рек Шаро-Аргун, Ямансу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гакаев Р.А. Инженерно-геологическая характеристика оползнеобразования в Бенойском оползневом районе Чеченской Республики // Сергеевские чтения. Международный год планеты Земля: задачи геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии». – Вып. 10. – М.: ГЕОС, 2008. – С. 112–116.
2. Гакаев Р.А. Основные типы оползней Чеченской Республики и механизмы их формирования // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2009. – № 3 (17).
3. Осипов В.И., Кутепов В.М., Зверев В.П. Опасные экзогенные процессы. – М.: ГЕОС, 1999. – 290 с.
4. Царев П.В., Клименко А.И. Оползни Чечено-Ингушетии и меры борьбы с ними. – Ставрополь, 1967.

ОЧАГИ СЕЛЕОБРАЗОВАНИЯ И СЕЛЕВАЯ ОПАСНОСТЬ В ГОРНОЙ ЧЕЧНЕ

Р.А. Гакаев^{*}, А.А. Даукаев^{**}

*^{*}Чеченский государственный университет, Грозный
E-mail: rustam.geofak@yandex.ru*

*^{**}Комплексный научно-исследовательский институт
им. Х.И. Ибрагимова РАН, Грозный
E-mail: daykaev@mail.ru*

THE SOURCES OF MUDFLOW AND DEBRIS DANGER IN MOUNTAINS OF CHECHNYA

The article is presenting information about mudflows in mountainous part of Chechnya, and the classification of types of debris lesions, morphological types of mudflow, the category of the level of dangers of mudslides.

Селевое проявление, как и проявление оползней, камнепадов, сезонных наводнений, града, являются одним из негативных природных процессов, которое проявляется в горных районах Чечни. Сели формируются также и в части районов, которые в хозяйственном отношении представляют собой лишь районы горного выпаса, слабо заселены или не заселены вовсе, но, тем не менее, не теряют своей актуальности и как прочие обжитые районы требуют изучения проявления природных процессов.

Орографические и гидрографические особенности, выпадение атмосферных осадков, обуславливает высокую вероятность возникновения селевых процессов в горной увлажненной части Чечни. В районах с ливневым характером осадков лишь незначительная часть влаги инфильтруется, а большая часть быстро стекает со склона. В районах распро-

странения многолетнемерзлых грунтов быстрое и глубокое протаивание мерзлых пород весной и летом благоприятствует развитию оползневых подвижек: на склонах северной экспозиции солифлюкционных явлений, на южных – сплывов, которые при обильном поступлении осадков могут переходить в активные сели [2].

Непосредственными причинами зарождения селей служат ливни, интенсивное таяние снега и льда, прорыв водоемов.

Усиление селевой опасности наблюдается с увеличением абсолютных высот местности. Выпадение осадков по сезонам года отличается большой неравномерностью, обуславливаясь, прежде всего, вторжением в ее пределы влажных воздушных масс, которые приносит атлантический циклон. Так как влияние атлантического циклона проявляется на Северном Кавказе преимущественно летом, наибольшая влажность воздуха и максимальное количество осадков наблюдается в мае–июне. Сумма осадков в селеопасной зоне Чечни за год 800–1000 мм и более. На режим и количество атмосферных осадков в горной зоне влияют два фактора: атмосферная циркуляция и наличие высоких хребтов Кавказских гор, усиливающих выпадение атмосферных осадков в ее горной части. Формирование селей в горной Чечне происходит в селевых очагах, а транспортировка рыхлого селевого материала по селевым руслам (рис. 1).

Потенциальный селевой очаг – участок селевого русла или селевого бассейна, имеющий значительное количество рыхлообломочного грунта или условий для его накопления, где при определенных условиях обводнения зарождаются сели.

Селевые очаги делятся на селевые врезы, рывины и очаги рассредоточенного селеобразования [1].

Скальные очаги приурочены к известняковым обрывам и обвально-осыпным склонам древних каров и трогов Боккового и Водораздельного хребтов. Их абсолютные высоты



Рис. 1. Селевые русла горной Чечни

2280–3960 м. Скальные селевые очаги формируются в верховьях р. Мартанка и ее притока р. Мереджи на высотах 1440–2840 м. Очаги рассредоточенного селеобразования встречаются в бассейнах рек Мереджи, Гехи и Мартанка на высотах 1200–2360 м. Три селевых водосбора находятся в верховьях р. Мартанка на высотах 1480–2840 м. В верховьях рек Маистихи, Кериго, Шаро-Аргун, Данейламхи и Хуландой-ахк имеются ледники, активно отступающие в настоящее время, которые тоже способствуют селеобразованию.

По морфологическому типу селевого очага преобладают очаги рассредоточенного селеобразования (36,0%). Далее идут врезы и рывины (32,6%), скальные очаги (21,2%) и водосборы (8,2%). Площади водосбора очагов составляют от 0,7 до 32,2 км², а их средние уклоны – 13–35°. Врезы и рывины распространены в горной Чечне довольно широко. Располагаются эти очаги на высотах 520–620 м в Шатойской котловине и 1600–3640 м на Боковом и Водораздельном хребтах.

Нередко возникают мощные селевые потоки, с выносом более 1 млн м³ обломочных материалов [4].

В селевых бассейнах горной Чечни формируются все три генетических типа селей, но большая часть принадлежит к типу дождевого. Формируются здесь наносоводные сели с трансформацией грязекаменных потоков по мере их продвижения по основным руслам.

Районы образования селей на территории Чечни разделяются на четыре района по категории селеопасности.

Селеопасные районы 1-й категории. К 1-й категории селеопасности относятся бассейны с крупными селевыми очагами, в основном, рассредоточенного селеобразования. Длина очагов превышает 3 км, площадь водосборов более 10 км², объемы селевых выносов более 1 млн м³. В пределах рассматриваемой территории выделяются 4 таких района, орографически приуроченных к Главному хребту и Северо-Юрской депрессии.

Селеопасные районы 2-й категории. Ко 2-й категории селеопасности относятся бассейны с селевыми очагами средних размеров – это врезы, селевые водосборы и очаги рассредоточенного селеобразования. Длина очагов – 1–3 км, площадь водосбора – 2–10 км², объем селевых выносов 0,2–1,0 км³. На данной территории выделяется два таких района. Первый, наиболее обширный район, орографически приуроченный к Главному хребту, простирается от бассейна р. Шароаргун до хребта Вегилам. Вторым районом, орографически расположенным в пределах Северо-Юрской депрессии, между Скалистым и Передовым хребтами, соответствуют селевым бассейнам рек Варанды и Вердыэрк (притоки р. Аргун). Здесь в большинстве случаев формируются грязекаменные потоки. По руслам основных рек проходят наносоводные сели. Питание селей – дождевое. В зоне Главного хребта не исключена подпитка за счет таяния ледников и погребных льдов. В целом южная часть территории Чеченской Республики, которой соответствуют описываемые районы, отличается довольно высокой селевой активностью.

Селеопасные районы 3-й категории. К 3-й категории относятся бассейны с селевыми очагами небольших размеров: длина очагов не превышает 1 км, площадь водосбора до 2 км², объем селевых выносов менее 0,2 млн м³. Распространены они локально. В пределах Скалистого, Пастбищного хребтов и Шатойской котловины формируются в основном наносоводные селевые потоки дождевого генезиса. Возникновение селей в описываемых районах может быть связано и с интенсивным снеготаянием [3].

Селеопасные районы 4-й категории. Селеопасные районы 4-й категории приурочены к Пастбищному и Лесистому хребтам. Очаги имеют небольшую протяженность, сели формируются редко и малой мощности. Формированию селей препятствует сильная дренированность территории, обусловленная закарстованностью известняков, и залесенность склонов.

Селевое проявление в горной Чечне достаточно активное. Селевой опасности подвержены коммуникации населенных пунктов горной Чечни, межпоселковые и межрайонные автодороги. При проявлении селей большой ущерб наносится ландшафтам и инфраструктуре горных районов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Баринов А.В., Седнев В.А., Шевчук А.Б. и др.* Опасные природные процессы: учебник. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2009.
2. *Керимов И.А., Гакаев Р.А., Даукаев А.А., Гацаева Л.С.* Сели и их проявление в Чеченской Республике. Материалы Всероссийской научно-технической конференции / под ред. Г.Г. Матишова. – Грозный, 2011. – С. 433–434.
3. *Разумов В.В., Тлисов М.И., Молчанов Э.Н. и др.* Оценка природного потенциала и экологического состояния территории Чеченской Республики. – СПб: Гидрометеиздат, 2001.
4. *Убаева Р.Ш.* Геоэкологическая оценка формирования и проявления селей в ландшафтах бассейна реки Чанты-Аргун (Чеченская Республика) // Молодой ученый. – 2014. – № 21.

**ПРОБЛЕМА ВОЗНИКНОВЕНИЯ И АКТИВИЗАЦИИ
ПРОВАЛЬНЫХ ЯВЛЕНИЙ
НА ТЕРРИТОРИИ Г. ГЮМРИ**

Р.К. Гаспарян

*Институт геофизики и инженерной сейсмологии НАН РА,
Гюмри, Армения
E-mail: rolangas@rambler.ru*

**THE PROBLEM OF OCCURRENCE AND ACTIVATION
OF FAILURE EVENTS
ON THE TERRITORY OF GYUMRI CITY**

This paper considers the influence of different natural and anthropogenic factors (underground mountain prospecting, suffusion hollows and others) on the process of emergence and activation of subsidence phenomena on the territory of Gyumri city. Here we analyse the possibilities of methods of Applied Geophysics for the reveal and mapping of underground hollows in conditions of urbanized territories.

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 [6].

Анализ некоторых закономерностей размещения современных субтерральных процессов, происходящих на территории г. 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 легкорастворяемых грунтов;
- 3) наличие зон ослабления;
- 4) суффозионные процессы;
- 5) естественное и искусственное изменение уровней грунтовых вод;
- 6) сейсмичность и другие геодинамические процессы.

Геоэкологическая среда г. Гюмри представляет собой многокомпонентную систему, в состав которой в качестве специфического системообразующего элемента входят подземные горные выработки [1]: кяризы (подземные водные каналы); подземные выработки, образовавшиеся вследствие выемки строительного материала, бомбоубежища; подземные пути и помещения военного и неизвестного назначения; карсто-суффозионные пустоты (рис. 1).

Важно отметить, что наличие подземных горных выработок является необходимым, но еще не достаточным условием сдвижения горных пород. Нарушение устойчивости пород над выработанным пространством 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 над выработанным пространством 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 локализован-



Рис. 1. Карта геоэкологических условий центральной части г. Гюмри (Армения)

ных 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.

В отличие от главных кяризов Гюмри, имеющих меридиональное направление, горные выработки участка «Авазаноц» не имеют четко выраженную пространственную ориентацию. 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 оружие.

Весьма существенным фактором, влияющим на геодинамическое состояние подземных горных выработок явилось Спитакское землетрясение, после которого в черте города образовались десятки провальных воронок (см. рис. 1).

Безусловно, существенную роль играют также процессы подземного выветривания горных пород в окрестностях выработанного пространства, микротектоника и др. В связи с этим разработка методов борьбы с процессами сдвижения горных пород в условиях урбанизированных территории, в частности г. Гюмри, базируется на познании закономерностей их возникновения, а также разработке методики раннего выявления очагов зарождения представляет собой вполне актуальную научно-прикладную задачу.

Отметим, что эту задачу необходимо решать в дополнение к задачам, установленным нормативными документами по строительству и защите окружающей среды.

Накопленный в ИГИС НАН РА опыт геофизических исследований в районах распространения карстовых пещер

и пустот [2–4] показывает, что некоторые методические разработки можно с успехом использовать при выявлении и прослеживании подземных пустот территории г. Гюмри. Совместные комплексные геофизические работы, осуществленные с польскими геофизиками [6] 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 течение 2006 г. в республике были проведены экспериментальные полевые исследования методом спектрального сейсморазведочного профилирования (ССП) [5], 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. «Авазаноц», уч. Ваграмабердской церкви и др.) показали принципиальную возможность использования метода СПП при инженерно-гео-физических и геоэкологических исследованиях.

Очевидно, что специфические инженерно-гидрогеологические и сеймотектонические 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 возникновения и активизации процессов сдвижения горных пород. Сказанное является определяющим этапом планомерного исследования подземного пространства г. Гюмри с целью выявления и картирования различных субтерральных процессов и явлений, которая по-

зволит 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. – Гюмри: Изд-во «Гитутюн» НАН РА, 1999. – С. 107–120.
2. *Гаспарян Р.К., Оганесян С.М., Бабаджанян А.Г.* Методические особенности и результаты комплексных геофизических исследований карстовых пещер Армении: сб. научных трудов. – Гюмри: Изд-во «Гитутюн» НАН РА, 1998. – С. 418–430.
3. *Гаспарян Р.К., Карапетян С.С., Арутюнян С.Б.* Экогеофизические исследования при выявлении подземных пустот в условиях города Гюмри // География геоэкология, геология: опыт научных исследований / под ред. проф. Л.И. Зеленской. – Днепропетровск: ГНПП «Картография», 2008. – С. 139–143.
4. *Гаспарян Р.К., Шагинян С.М., Гаспарян В.Р., Арутюнян С.Б.* Некоторые результаты комплексных геофизических исследований оползней и карстовых пещер Армении // Проблемы недропользования. – Екатеринбург: УрО РАН, 2008. – С. 346–354.
5. *Гликман А.Г.* Прогнозирование горнотехнических ситуаций в условиях вибросоопасных пластов // Механика горных пород. Записки ЛГИ. – Т. 123. – Л.: ЛГИ, 1990. – С. 77–83.
6. *Гаспарян Р.К., Гаевски А.* Геоэкологические аспекты влияния подземных выработок на устойчивость геосреды. Фундаментальные проблемы формирования техногенной геосреды. ИГД СО РАН. – Новосибирск, 2010. – С. 221–223.

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ
НА ГЕОПАТОГЕННОСТЬ ТЕРРИТОРИИ
(на примере центрального участка Москвы)**

С.В. Григорьева, В.М. Макеев

*Институт геоэкологии им Е.М.Сергеева РАН, Москва
E-mail: v_vel@mail.ru*

**ESTIMATION OF INFLUENCE
OF GEOLOGICAL ANOMALIES
TO GEOPATOGEN OF TERRITORY
(an example of central district of Moscow city)**

Geopathogenic zone, the nodes of intersections and geological anomalies are an important factor geodynamic activity areas and areas of high geo-ecological risk. Presents the structural-geomorphological scheme of geopathogenic zones of the Central part of Moscow.

Исследования направлены на определение структурной позиции инженерных сооружений и оценку геоэкологической опасности территории. В связи с этим проведено выявление закономерностей пространственного размещения геодинамических систем разного ранга, характера взаимосвязи геологических аномалий с геодинамической активностью территории, геологическим строением и рельефом местности, составлена структурно-геоморфологическая схема центрального участка Москвы (рис. 1). Этот участок включает районы долины р. Москвы от Кремля до Филевского парка, Тверскую улицу, Ленинградский проспект, районы преимущественно центрального и северного округов столицы и частично западного, северо-западного и северо-восточного округов.

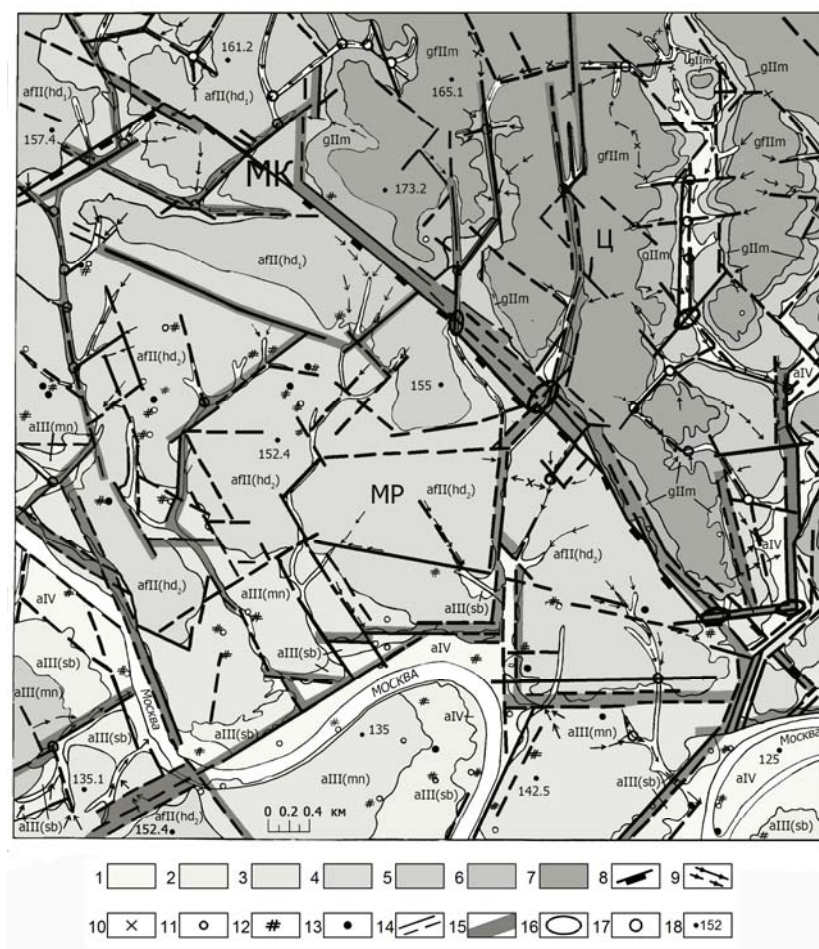


Рис. 1. Структурно-геоморфологическая схема
центрального участка Москвы

Условные обозначения: 1–10 – структурно и геодинамически обусловленные элементы рельефа: 1 – пойма, 2–5 – надпойменные террасы Москвы-реки 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

депрессия, Ц – Центрально-Московское поднятие), 9 – эрозионная сеть, 10 – седловины, 11–13 – аномалии геологического строения: 11 – разрушенные породы карбона, 12 – сильнотрещиноватые карбонатные породы карбона, 13 – карст; 14–17 – геопатогенные зоны: 14 – линеаменты, 15 – зоны повышенной активности экзогенных процессов, 16 – структурно-геодинамические «узлы», 17 – участки интенсивного водообмена; 18 – средняя абсолютная высота земной поверхности

В структурно-тектоническом отношении рассматриваемая территория является частью Московско-Клязьминской равнины (запада Мещерской низменности), в пределах которой выделены два региональных геоблока – Центрально-Московское поднятие и Москворецкий прогиб.

В процессе структурно-геоморфологического районирования тектогенного рельефа анализировались эрозионные формы – ориентировка, согласованность врезов, сходство их конфигурации, простираций, высотных отметок. Согласно этой методики выделено сопряжение эрозионных форм – естественных (парагенетических) ассоциаций генетически однородных тектонических структур (линеаментов) – зон повышенной проницаемости горных пород. Эти зоны подтверждаются разного типа геологическими аномалиями – структурными, геоморфологическими, гидрогеологическими, геохимическими, аномалиями теплового потока, газовыделения и др., которые выявляются путем анализа геологического строения, степени нарушенности горных пород, активизации геологических процессов, рельефа кровли разновозрастных стратиграфических горизонтов, выявления взаимосвязи поверхностных и подземных вод, унаследованности структурных форм и т.д. Повышенная проницаемость пород в указанных зонах поддерживается периодической разрядкой тектонических и планетарных (ротационных) напряжений.

На представленной структурно-геоморфологической схеме центрального участка Москвы масштаба 1:10 000 (см. рис. 1) в качестве основной нагрузки отражены структурно и геодинамически обусловленные элементы рельефа. Это

террасы р.Москвы и ее притоков – пойма (aIV), аллювиальные первая (серебряноборская – aIII_{sb}), вторая (мневниковская – aIII_{mn}) надпойменные террасы и аллювиально-флювиогляциальная третья ходынская терраса (нижний – afIII_{hd}₂ и верхний – afIII_{hd}₁ уровни), а также моренно-флювиогляциальная равнина (нижний – gII_m и верхний – gfII_m уровни). Прослежены изменения абсолютных и относительных высот опорных уровней. Показаны также элементарные формы рельефа земной поверхности – спрямленные русла элементов эрозионной сети (овраги, речные долины) и седловины, которые фиксируют линеаментные зоны.

Как отмечено выше, косвенными признаками, определяющими положение зон повышенной проницаемости и геодинамической активности являются различного рода геологические аномалии. Среди них на структурно-геоморфологической схеме центральной части Москвы показаны отдельные участки аномалий геологического строения и состояния горных пород, установленные по результатам бурения – карстовые проявления, сильно-трещиноватые и разрушенные вплоть до муки карбонатные породы карбона.

Особое внимание на схеме уделено зонам сгущения субпараллельных структурных линий (линеаментов) – геопатогенным зонам и их закономерным сочетаниям, сменяющим друг друга по простиранию. В пределах этих зон наблюдается интенсивный водообмен, повышенная активность экзогенных геологических процессов.

На структурно-геоморфологической схеме отражены условные границы тектогенных разноранговых морфоструктур, объединяющих закономерные сочетания геоморфологических комплексов, обусловленных эндогенной геодинамикой – Центрально-Московского поднятия и Москворецкой депрессионной зоны – частей Московско-Клязьминской относительно опущенной ступени. Участки, расположенные севернее и южнее этой границы, резко отличаются по своей морфологии и структурному рисунку новейших деформаций.

Центрально-Московское поднятие – относительно устойчивая возвышенная часть Московско-Клязьминской равнины, сложено преимущественно ледниковыми моренными образованиями. Абсолютные отметки земной поверхности – 160 м и выше и коренного ложа – 120–140 м. Преобладают северо-западные, реже широтные и меридиональные простирания тектонических зон.

Москворецкий прогиб (абсолютные отметки поверхности коренных пород – от 120 до 140 м, снижаясь к руслам палеодолин до 100 м) – региональный блокораздел, расположенный на продолжении Рязано-Саратовского тектонического шва и Пачелмского авлакогена. Краевые швы Москворецкого блокораздела имеют северо-западное простирание и подчеркнуты четко выраженными уступами погребенного рельефа коренных пород и земной поверхности, вытянутыми вдоль Тверской улицы и Ленинградского проспекта. Именно здесь прослеживается наиболее мощная по протяженности и широте геопатогенная зона центрального участка Москвы, где установлено три крупных «узла» пересечения геопатогенных зон разных простираний (см. рис. 1). Более того гиблые места отмечены например на участке поворота на Шереметьево, участке протяженностью около 2 км между станциями метро Аэропорт и Сокол. В целом в пределах террасированной Москворецкой депрессии помимо господствующего северо-западного простирания линеаментов наблюдаются субширотные зоны разуплотнения горных пород.

Выделенные геопатогенные зоны и узлы их пересечений рассматриваются как важнейший фактор геодинамической активности территории и являются районами повышенного геоэкологического риска. К ним повсеместно приурочена активизация экзогенных процессов, вариации геофизических полей, флуктуация электромагнитных свойств, негативно влияющих на здоровье населения и на устойчивость коммуникаций и других инженерных сооружений. При этом наиболее опасными участками следует считать области, испытывающие периодическое воздействие разрядки тектоничес-

ких напряжений повышенной интенсивности в «узлах» пересечения геопатогенных зон разных простираций.

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. Григорьева С.В., Бабак В.И., Макаров В.И. Оценка геодинамических опасностей городских территорий (на примере Москвы) // Оценка и управление природными рисками: мат-лы Общерос. конф. «Риск–2009». – Т. 1. – М.: АНКИЛ, 2009. – С. 162–167.
4. Григорьева С.В., Макаров В.И. Крупномасштабное картографирование новейшей тектоники платформенных территорий (на примере Москвы) // Геоэкология. – 2010. – № 2. – С. 99–114.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЙОНА ВОЗНИКНОВЕНИЯ БУДУЩЕГО СИЛЬНОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ПО ГЕОМАГНИТНЫМ ВАРИАЦИЯМ ВНЕШНЕГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

А.Г. Григорян

*Институт физики Земли РАН, Москва
E-mail: ag-grig@ifz.ru*

USING GEOMAGNETIC FIELD VARIATIONS OF EXTERNAL ORIGIN FOR LOCALIZING OF THE FUTURE STRONG EARTHQUAKE

Prediction of the future strong earthquake in seismically active regions, especially where there are large cities or critical facilities

(nuclear power plants, reservoir, etc.) located is one of the major challenges of the earthquake science. Significant results have not yet been received despite occasional attempts by scientists in Japan and other countries. We try to localize the future strong earthquake by studying the geomagnetic field variations of external origin. The proposed method is applied in middle latitude regions where the alternating geomagnetic field variations are well-separated.

Определение района и прогноз времени и силы будущего сильного землетрясения особенно в сейсмоактивных регионах, где расположены большие города и объекты особо важного назначения (АЭС, водохранилища и т.п.) остается одной из главных задач современной науки. Однако за первую половину XX в., несмотря на отдельные попытки ученых Японии и других стран, серьезных результатов не было получено. С помощью изучения вариаций геомагнитного поля внешнего происхождения, мы пытаемся определить район будущего сильного землетрясения. Предлагаемый метод применяется в средних широтах Земли, где вариации геомагнитного поля хорошо выделяются.

В 1970–1980-е гг. на Гармском полигоне под руководством Ю.П. Сковородкина были изучены аномальные изменения геомагнитного поля внешнего происхождения. С этой целью был предложен новый параметр ($N(A)$) характеризующий изменения в электромагнитной индукции (в электропроводности). Параметр $N(A)$ является отношением амплитуд вариаций локального геомагнитного поля внешнего происхождения, измеренных синхронно, на разных парах станций [5]:

$$N(A) = A_i/A_j, \quad (1)$$

где A_i и A_j являются амплитудами синхронно измеренных вариации в фиксированных пунктах (i, j).

Изучение пространственно-временных изменений параметра $N(A)$ для Sq -вариаций позволило выявить измене-

ния электропроводности, связанные с геодинамическим процессом в земной коре и верхней мантии [5]. Если иметь в виду, что широтные координаты станций Армении близки к широтным координатам станций в Таджикистане, то можно данную методику применить для наблюдательной системы в сейсмоактивных зонах Армении [1].

Для обеспечения круглосуточного наблюдения за компонентами δZ , δH , δD вектора δT в определенных районах Армении были установлены трехкомпонентные магнитовариационные станции ИЗМИРАН-3 (рис. 1). В системе наблюдательных пунктов необходимо иметь одну станцию, которая находится в относительно спокойной с сейсмической точки зрения зоне. Это дает возможность определить район, где происходят наибольшие изменения локального геомагнитного поля. Станция «Товуз» находится в районе умеренной сейсмической активности, и ее можно использовать как базисную станцию.

Примененная методика позволила путем изучения изменений вариаций разных периодов (10–25 и 30–60 мин) компонентов (δZ , δH , δD) геомагнитного поля характеризовать изменения электропроводности верхних горизонтов земной коры (до 30 км) и выделить зоны наибольшей геодинамической активностью, где могут сформироваться очаги будущих крупных землетрясений [2; 5].

Электромагнитная индукция, создаваемая в Земле Sq и бухтообразными вариациями, зависит от пространственно-временной структуры внешних источников. Следовательно, возникает вопрос о временной устойчивости и пространственной однородности внешней части индуцированного поля на исследуемой территории. Вариации переменного магнитного поля, зарегистрированные на поверхности земли δH^H , являются суммой внешней индуцирующей δH^e и внутренней индуцированной δH^i составляющих:

$$\delta H^H = \delta H^e + \delta H^i. \quad (2)$$

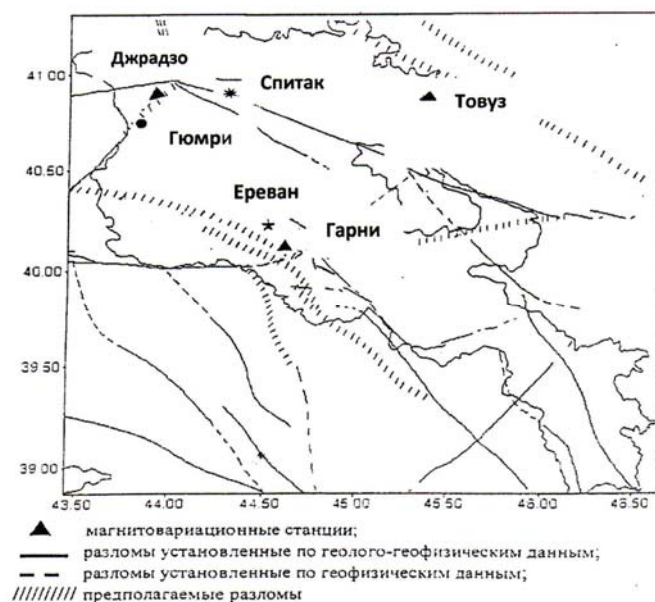


Рис. 1. Карта расположения магнитовариационных станций на территории Армении (черными кружками)

Для оценки вклада поля внешнего источника δH^e в изменении параметра $N(A)$, необходимо было выяснить степень однородности этого поля на исследуемой территории. Известно, что если пространственно-временная структура поля вариаций однородна, то влияние внешнего поля δH^e не вносит заметных искажений в параметр $N(A)$ [5]. Рассчитаны значения данного параметра для вариаций, возникающих только за счет δH^e .

В итоге выяснилось, что пространственно-временная структура поля Sq и бухтообразных вариаций для уровня магнитной активности $Kp \leq 4$ однородная, а изменения параметра $N(A)$ главным образом вызваны индуцированной δH^i составляющей [2; 3]. Выбор периодов использованных гармоник бухтообразных вариаций таков, что временной ход параметра $N(A)$ позволяет отражать изменения элек-

тропроводности на глубинах до 180 км для Sq -вариаций и с 5–20 км для вариаций с 10–25 и 30–60 мин, так как период вариаций (T) определяет глубину проникновения поля вариации [4]. Результаты на рис. 2.

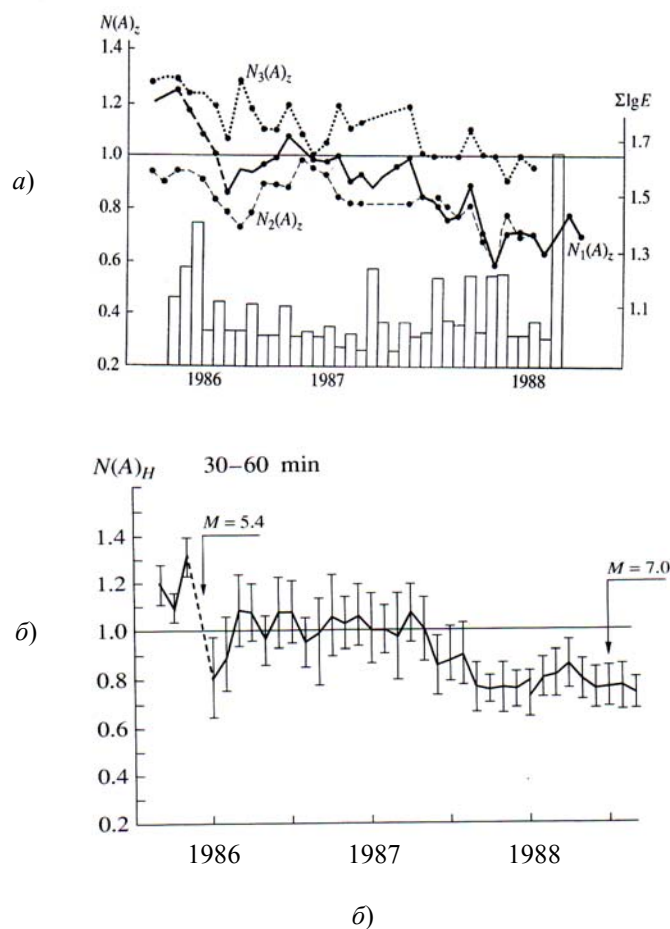


Рис. 2. Изменение $N(A)$ для Sq вариаций между всеми станциями:

- а) для вариаций δH 30-60 мин;
- б) между станциями Джрадзор и Товуз

Анализ результатов. Анализируя временные ряды параметра $N(A)$ для Sq-вариаций между всеми парами станций можно заметить, что за время наблюдений 1986–1989 гг. происходят разнопериодные флуктуации параметра, превышающие возможные инструментальные ошибки и другие эффекты. Максимальные изменения параметра $N(A)$ достигают 35% (рис. 2, *а*). Самые значительные изменения зафиксированы для $N_1(A)z$ – между парой станций Джрадзор-Товуз. Изменения между парой станций Джрадзор-Гарни ($N_2(A)z$) за данный период составляет не более 0,1, а между парами станций Товуз-Гарни ($N_3(A)z$) они были в пределах ошибок. Это позволило считать, что источник выявленных вариаций параметра $N(A)$ находится в области расположения станции Джрадзор, то есть непосредственно в эпицентральной зоне Парванийского (13.05.1986) и Спитакского (07.12.1988) землетрясений. Аналогичные результаты получены для вариаций с периодами 10–25 и 30–60 мин (рис. 2, *б*). Поэтому можно предполагать, что аномальные изменения локального геомагнитного поля внешнего происхождения связаны с подготовкой двух самых сильных землетрясений исследуемого района с $M = 5,4$ и $M = 7,0$. За данный период аномальные изменения зафиксированы также в гравиметрических и геохимических полях. Предполагается, что локальные изменения изученных параметров обусловлены изменением физических свойств геологической среды в последующей активной фильтрации флюидов и растворенных в них газов (особенно H и He) в эту среду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорян А.Г., Сковородкин Ю.П. Магнитовариационный мониторинг на территории Армении за 1986–1988 гг.// Научно-практическая конференция «Опыт комплексного изучения геофизических полей для целей сейсмопрогноза» (13–15 мая 1998 г.). – М.: Геоинформмарк, 1998. – С. 39–40.

2. Григорян А.Г., Сковородкин Ю.П., Ахвердян Л.А. Изучение геомагнитных предвестников сильных землетрясений. // Изв. Науки о Земле НАН РА (Ереван, 27–28 октября 1998 г.). Спец. вып. – Ереван, 1999. – № 4. – С. 35–37.

3. Григорян А.Г., Сковородкин Ю.П. Пространственно-временные изменения переменного магнитного поля при изучении геодинамических процессов в земной коре на территории Армении // Труды науч. конф., посвящ. памяти А.Г. Бабаджаняна. – Гюмри, 1999.

4. Grigorian A.G., Skovorodkin Yu.P., Nazaretian S.N. Local geomagnetic fields changes and seismicity of Armenian for 1981–1993 // Proceedings Third Intern. Conf. on seism. and earthq. engineering. – Tehran, 1999.

5. Сковородкин Ю.П., Тоноян Е.П. Временные изменения электромагнитной индукции на прогностических полигонах // Сейсмический мониторинг земной коры. – М.: ИФЗ, АН СССР, 1986. – С. 199–203.

НЕГАТИВНОЕ ВЛИЯНИЕ РАЗРАБОТОК МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ ПРИХОПЕРЬЯ

Р.Г. Джамалов, Ю.А. Медовар, И.О. Юшманов

*Институт водных проблем РАН, Москва
E-mail: dzhamal@aqua.laser.ru, medovar51@mail.ru*

ADVERSE EFFECT OF THE DEVELOPMENT OF COPPER–NICKEL DEPOSITS ON WATER RESOURCES IN THE KHOPER REGION

The current state of water resources in the Khoper region and their possible changes caused by the development of the Elanskoe and Elkinskoe copper-nickel deposits are analyzed.

Possible adverse consequences and risks caused by nickel production are described.

Дан анализ современного состояния водных ресурсов Прихоперья и возможное их изменение в результате разработки Еланского и Елkinsкого медно-никелевых месторождений. Установлены возможные негативные последствия и риски при добыче никеля.

На территории Воронежской области пресные подземные воды приурочены к следующим основным водоносным комплексам, широко используемым для водоснабжения: неоген-четвертичному, меловому и девонскому.

Водоносный комплекс неоген-четвертичных отложений распространен практически повсеместно и включает несколько водоносных горизонтов. В верхней части разреза (от 1 до 30 м) содержатся преимущественно грунтовые воды. Воды гидрокарбонатные и сульфатно-гидрокарбонатные кальциево-натриевые с минерализацией до 0,4 г/л, реже – 1 г/л [1].

Меловой водоносный комплекс включает водоносные горизонты песчаных и мергельно-меловых отложений общей мощностью от 145 до 290 м. Воды гидрокарбонатно-кальциевые с минерализацией от 0,2 до 0,4 г/л.

Водоносный комплекс карбонатных отложений включает десять горизонтов, представленных известняками и доломитами. Мощность комплекса изменяется от 70 до 300 м. Воды гидрокарбонатные магниевые-кальциевые с минерализацией 0,2–0,4 г/л. Однако на глубинах 300 м минерализация возрастает до 3 г/л, а состав вод становится сульфатно-кальциевым, практически непригодными к использованию их для водоснабжения.

Водоносный комплекс терригенно-карбонатных отложений среднего девона представлен песками и песчаниками. Мощность отложений от 40 до 330 м. В северо-восточной части воронежской антеклизы, в интервале 565–608 м в

песчаниках вскрыты рассолы хлоридного кальциево-натриевого состава с минерализацией до 80 г/л и концентрацией брома 277 мг/л.

В районе медно-никелевых месторождений залегают 6 водоносных горизонтов, включая эксплуатируемый для водоснабжения населения горизонт в неогеновых отложениях. Непосредственно над рудным телом распространены рассолы, с высоким содержанием брома и йода (до 70 мг/л) [2].

В результате эксплуатации водоносных комплексов произошла сработка уровней подземных вод. На современное состояние ресурсов поверхностных вод бассейна Дона влияют климатические изменения, произошедшие за последние десятилетия.

Водные ресурсы бассейна Дона на период 1930–2005 гг. составляют 26,8 км³/год. Объем годового стока р. Дон у станции Раздорская за период наблюдений (1881–2005 гг.) составляет 25,11 км³, при максимальном значении 49,9 км³ в 1942 г. и минимальном 9 км³ в 1972 г. В естественных условиях за период 1881–1951 гг. объем стока составил 27,50 км³ (средний расход 873 м³/с); при регулировании и изъятии стока (1952–2000 гг.) – 21,58 км³ [3].

На сегодняшний день естественный режим речного стока ряда рек бассейна подвержен антропогенной нагрузке, особенно она существенна ниже Цимлянского водохранилища. Основной особенностью современного изменения стока Дона является увеличение в последние десятилетия меженного стока. Для всех створов выявлены статистически значимые возрастающие тренды. Водность реки в период межени в 1970–2010 гг. была на 30% выше, чем за предшествующий период наблюдений.

К одной из причин, повлиявшей на изменения меженного стока р. Дон, относится метеорологический фактор. Для его оценки были рассчитаны коэффициенты корреляции меженного стока с осадками за холодный и теплый периоды года. Множественный коэффициент корреляции меженного стока с

вышеперечисленными переменными равен примерно 0,7–0,75. За последние 35 лет меженный сток постоянно увеличивается. Более того, аналогичным ростом характеризуется и минимальный месячный сток за год и в низовьях Дона [3].

В бассейне р. Хопер уменьшение объема водных ресурсов не выражается так ярко, как на остальной части водосбора р. Дон.

В значениях подземного стока, характеризующегося меженными расходами, наблюдается рост, однако он объясняется в основном перераспределением стока внутри года за счет изменения климатических условий.

Лимитирующим периодом, которому соответствуют наименьшие значения стока воды за год, для бассейна Хопра является летняя межень. Среднегодовое значение минимального летнего расхода воды составляет 44,3 м³/с, средний модуль минимального летнего стока – 1 л/с км², данная величина соответствует значениям расходов воды высокой обеспеченности (80–90%). Исходя из этого установлен нижний предел возможного использования водных ресурсов реки – сток воды за год, который определяется среднегодовым минимальным расходом воды (44,3 м³/с). Для реки Хопер этот предел составляет 1,4 км³/год. Если принять, что для обогащения годового объема руды (3–4 млн т) потребуется порядка 300 млн м³ воды, то тогда на флотацию в данном случае уйдет 20% от этого стока. В 2008–2010 гг. минимальный расход воды достигал значения 23 м³/с, объем годового стока, определенный такими минимальными расходами, достигал значений 0,7 км³/год, и в этом случае забор воды на обогащение уже составляет 40% от этого объема.

Проект разработки месторождений выполнен Уральским горно-металлургическим комбинатом (УГМК), но в доступных материалах он отсутствует. По мнению Н.Г. Чернышова [4] добычу руды необходимо проводить шахтным способом с глубиной основных стволов шахт до 2000 м. Шахты будут обводняться при пересечении нескольких водоносных

горизонтов с пресной и минерализованной водой. По его оценкам в шахту будет поступать 3 тыс. м³/сут подземных вод различного состава. В том числе не только пресные воды, но также и рассолы с высоким содержанием брома и йода, накопление которых на поверхности земли представляет особую опасность для черноземов. Для того чтобы избежать обводнения шахт, предлагается не только цементировать их стволы, но и замораживать весь ствол [4]. Правда, в одной из телепередач по НТВ г-н Чернышов заявил, что замораживать надо не весь ствол шахты, а только его верхнюю часть, зону активного водообмена на глубину до 100 м. Хотя реальную угрозу черноземам как раз представляют рассолы. А если не замораживать шахтный ствол на всю его глубину заложения, что практически не реально, тогда необходимо откачивать воду, чтобы она не достигала рудного тела. При откачке воды формируется депрессионная воронка с центром на забое ствола шахты. Расчеты радиуса воронки депрессии проводились на два периода [5]. Первый – при вскрытии месторождения, которое принималось за два года, и второй – при разработке собственно месторождения, условно принимаемого за 10 лет.

Оценочные расчеты радиуса воронки составили для периода вскрытия – 11 км, а для периода разработки – 26 км.

В пределах площади распространения депрессионной воронки, а эта площадь составит приблизительно 3000 км², следует ожидать возникновения негативных явлений для всей экосистемы. Снижение уровня подземных вод приведет к увеличению мощности зоны аэрации, что вызовет интенсивное окисление органических веществ почв и тем самым снизит их плодородность. Как следствие понижение уровня подземных вод приведет к нарушению связи между поверхностными и подземными водами, а существенные затраты природных вод для разработки месторождений могут привести к полному уничтожению местных водоемов, снижению водности рек, их обмелению.

По технологическому циклу работы горно-обогатительного комбината требуются большие объемы воды, которые обычно берутся и сбрасываются в окрестные реки. Без должной очистки сточных вод бассейны рек Хопер и Дон будут загрязнены. К опасным источникам загрязнения водных ресурсов относятся складированные в хвостохранилищах отходы производства. Участки для хвостохранилищ требуют специальной подготовки (изоляция снизу и сверху, дренаж, постоянный экологический мониторинг и т.д.). Не менее острую проблему представляет также мышьяк и сурьма в медно-никелевых рудах. При поверхностном накоплении подобных токсичных отходов не исключено образование кислотных дождей с негативным влиянием на биогеоценозы. Под влиянием ветров эти осадки могут разноситься на большие расстояния. Следует также отметить, что месторождения расположены на расстоянии примерно 20 км от г. Новохоперска и в 15 км от Новохоперского заповедника с уникальной флорой и фауной, что требует особых мер охраны не только заповедника, но и здоровья людей проживающих в этом районе.

Кроме того, данная территория находится в зоне влияния Шумилинско-Новохоперского разлома и сейсмически нестабильна, поэтому необходимо микросейсмическое районирование рассматриваемой территории. Существует серьезная опасность разработки рудного тела методом взрыва.

Учитывая все вышеизложенное можно предположить, что проект разработки медно-никелевых месторождений не просто сложный, но и затратный. Возможно, что проекта как такого на сегодняшний день и не существует, а есть только предложение о его разработке. Мы рассмотрели лишь некоторые аспекты разработки месторождений, прежде всего – гидрогеологические, гидрологические и геоэкологические. Однако анализа одних этих условий достаточно для вывода о сложности и затратности реализации предложения. Если этому предложению будет «дан ход», то проекту разработки месторождений необходимо пройти незави-

симулю экологическую экспертизу как на стадии ТЭО, так и на стадии технического проекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водные ресурсы России и их использование / под ред. И.А. Шикломанова. – СПб: ГГИ, 2008. – 600 с.
2. Гидрогеология Европы. – Т. 1. – М.: Недра, 1989.
3. Джамалов Р.Г., Фролова Н.Л., Киреева М.Б., Сафронова Т.И. Изменение подземного стока бассейна Дона под влиянием климата // Водные ресурсы. – 2010. – Т. 37. – № 5. – С. 733–742.
4. Сообщения Н.Г. Чернышова на конференциях и в СМИ. – URL: <http://kprf.ru/dep/105582.html>
5. Питьева К.Е. Гидрогеология района: ожидаемые последствия планируемых разработок Еланского и Елkinsкого медно-никелевых месторождений в Воронежской области // Комплексная экспертная оценка целесообразности и возможных последствий планируемых разработок медно-никелевых месторождений в Воронежской области. – М., 2012. – С. 52–71.

АНАЛИЗ СВОЙСТВ ПЕРЕКРЫВАЮЩЕЙ ДИСПЕРСНОЙ ТОЛЩИ ПРИ КАРСТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Е.В. Дробинина

*Пермский государственный национальный
исследовательский университет, Пермь
E-mail: alenadrobina@yandex.ru*

ANALYSIS OF THE DISPERSE OVERBURDEN PROPERTIES IN THE KARST INVESTIGATIONS

Physical and mechanical properties of the disperse overburden influence distribution and morphometry of surface karst

forms. Cartographic model of zoning of studied territory based on category of stability related to physical and mechanical properties was created. Distribution of karst forms by category of stability was obtained. Distribution of sinkholes based on their morphometry for every category of stability was carried out.

Районы развития покрытого карста часто характеризуются внезапностью формирования провальных карстовых форм. При проведении карстологических исследований важно оценить состояние перекрывающей карстующиеся породы толщи.

Город Кунгур расположен на западном крыле Уфимского вала в пределах денудационной равнины Среднего Предуралья [3]. Исследуемая территория характеризуется залеганием закарстованных пород под толщей дисперсных отложений преимущественно аллювиального генезиса. Такие районы являются районами классического проявления подаллювиального («камского» по Г.А. Максимовичу) типа карста [2]. Перекрывающие отложения являются одним из важных элементов комплекса условий и факторов, определяющих особенности пространственного распределения, интенсивность проявления и морфологию карста [2]. Г. Адерхолд, со ссылкой на Liszkowsky (IAEG, 1973), отмечена зависимость глубины провалов в связных рыхлых грунтах от удельного сцепления и напряжения сдвига [1].

В нашей работе исследовались распределение и морфометрия провалов и карстовых воронок. Анализ морфометрических характеристик проведен только для провалов вследствие недостаточного количества данных по морфометрии воронок.

Разрез перекрывающей дисперсной толщи на данной территории сложен песчаными и глинистыми грунтами. В данном исследовании учитывались физико-механические свойства грунтовой толщи в целом, без разделения ее на отдельные разновидности.

По данным инженерно-геологического бурения строились картографические модели исследуемых физико-механических параметров: плотности грунта ρ , коэффициента пористости e , модуля общей деформации E , угла внутреннего трения φ , удельного сцепления c . Картографические модели создавались в результате интерполяции по регулярной сети точек, полученных осреднением значений по глубине и по площади в пределах сетки 500×500 м.

Вся совокупность численных значений изменчивости каждого из физико-механических показателей в пределах территории исследования, представленная непрерывной моделью, подразделена методом геометрического интервала на три класса. Каждому классу исследуемого показателя экспертным способом присвоен определенный балл, фиксирующий уровень устойчивости территории в отношении физико-механических свойств: 1 – неустойчивая, 2 – относительно устойчивая, 3 – устойчивая.

Совместный пространственный анализ картографических моделей изменчивости показателей, приведенных в табл. 1, позволил сформировать единую обобщенную модель устойчивости изыскиваемой площади в отношении физико-механических свойств перекрывающих отложений. В результате пространственного суммирования балльных моделей устойчивости по частным показателям построена результирующая карта районирования территории по состоянию грунтовой толщи (рис. 1). Категории устойчивости на итоговой карте выделены методом геометрического интервала и характеризуются следующими суммами баллов:

- 1) неустойчивая – от 6 до 9;
- 2) относительно устойчивая – от 9 до 12;
- 3) устойчивая – от 12 до 15.

Оценка распределения карстовых форм проведена путем подсчета их количества в каждой категории. Для повышения объективности оценки количество форм поделено на площадь, занимаемую данной категорией.

Таблица 1

**Критерии ранжирования показателей состояния
перекрывающей грунтовой толщи
по устойчивости**

Интервалы значений	Категория устойчивости *	Балл
<i>1. Плотность грунта, г/см³</i>		
< 1,75	А	1
1,75–1,90	Б	2
> 1,90	В	3
<i>2. Коэффициент пористости, д.е.</i>		
< 0,780	В	3
0,780–0,850	Б	2
> 0,850	А	1
<i>3. Модуль общей деформации, МПа</i>		
< 12	А	1
12–18	Б	2
> 18	В	3
<i>4. Угол внутреннего трения, °</i>		
< 20	Б	2
20–24	В	3
> 24	А	1
<i>5. Удельное сцепление, кПа</i>		
< 15	А	1
15–26	Б	2
> 26	В	3
* А – Неустойчивая Б – Относительно устойчивая В – Устойчивая		

В пределах всех категорий устойчивости диаметр и глубина провалов исследованы по гистограммам их распределения по морфометрическим показателям.

Результаты анализа. Проведенный анализ показал, что поверхностные карстовые формы в большинстве тяготеют к

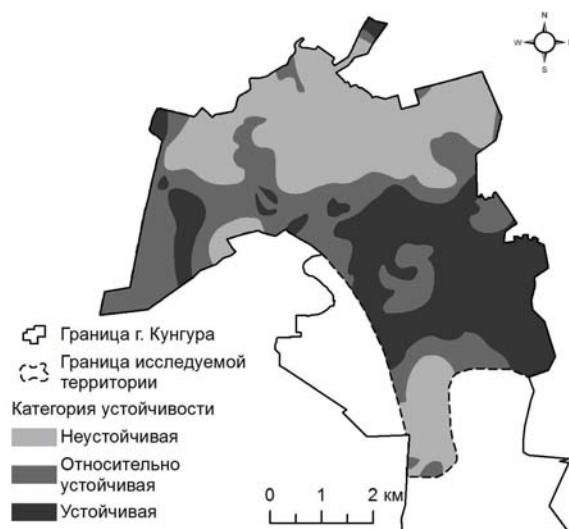


Рис. 1. Районирование территории по степени устойчивости в отношении физико-механических свойств перекрывающей дисперсной толщи

территориям первой категории устойчивости, т.е. к наименьшим значениям физико-механических параметров перекрывающей толщи (табл. 2).

Таблица 2

**Распределение карстовых форм
в пределах выделенных категорий устойчивости**

Категория устойчивости	Площадь территории, км ²	Количество карстовых форм, шт.	Плотность карстовых форм, шт./км ²
1	2	3	4
<i>Воронки</i>			
1	12,4	237	19,0
2	10,2	130	12,7
3	10,5	23	2,2

Окончание табл. 2

1	2	3	4
<i>Провалы</i>			
1	12,4	166	13,3
2	10,2	129	12,6
3	10,5	95	9,0

Распределение по морфометрическим показателям провалов для всех категорий тяготеет к логнормальному (рис. 2).

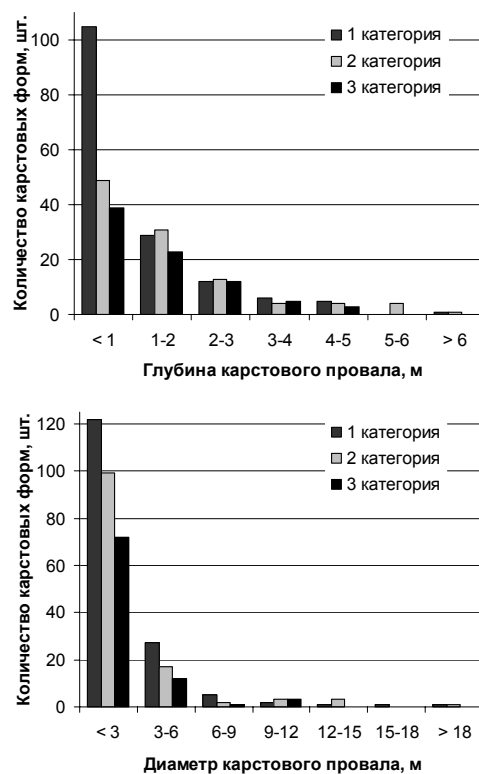


Рис. 2. Распределение провалов по морфометрическим показателям в пределах выделенных категорий устойчивости территории

Диаметр карстовых провалов в пределах исследуемой территории изменяется от 0,1 до 21,0 м, глубина – от 0,2 до 13,0 м, во всех категориях преобладают провалы с диаметром от 0,1 до 3,0 м, глубиной – от 0,2 до 1,0 м. Отмечено, что в третьей, устойчивой категории по физико-механическим свойствам, максимальное значение диаметра провалов – 10 м, глубины – 5,0 м, что значительно меньше морфометрических характеристик провалов, приуроченных к другим категориям.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Адерхолд Г.* Классификация провалов и мульд оседаний в карстоопасных районах Гессена. Рекомендации по оценке геотехнических рисков при проведении строительных мероприятий: монография / под ред. Е.В. Копосова; пер. с нем. В.В. Толмачева; Нижегород. гос. архитектур. – строит. ун-т. – Н. Новгород, 2010. – 109 с.
2. *Катаев В.Н., Кадебская О.И.* Геология и карст города Кунгура: монография / Перм. гос. ун-т; ГИ УрО РАН. – Пермь, 2010. – 236 с.
3. *Лукин В.С., Ежов Ю.А.* Карст и строительство в районе Кунгура. – Пермь, 1975. – 119 с.

ОЦЕНКА РАЗЖИЖАЕМОСТИ ГРУНТОВ. НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПО БЕРЕГОВОМУ УЧАСТКУ (ПОРТ Г.ТЕМРЮК)

В.А. Ёлкин

*ООО «Газпром инжиниринг», Москва
E-mail: eyolkin@mail.ru*

LIQUEFACTION ASSESSMENT OF SOILS IN THE VICINITY OF THE PORT OF TEMRYUK

The paper presents a case study of using field (CPT) and laboratory tests to assess liquefaction of soils. The site consists

of water-saturated unconsolidated soils and assessment was performed for the probable earthquake with magnitude 7.5.

В течение 2012–2013 гг. выполнялись комплексные инженерные изыскания для строительства базы берегового обеспечения в порту г. Темрюк.

В геоморфологическом отношении исследуемая площадка приурочена к дельтовой равнине низовья р. Кубань, поверхность которой заросла тростником и постоянно или временно заполнена водой (болота, плавни). Абсолютные отметки поверхности колеблются в пределах от -0,15 м до 3,30 м. Рельеф осложнен в результате антропогенной деятельности насыпями, грунтовыми дорогами и фрагментарными свалками мусора.

В геологическом строении площадки до разведанной глубины (50 м) принимают участие следующие комплексы отложений: современные техногенные, голоценовые аллювиально-морские, аллювиально-делювиальные и нерасчлененные неоген-плейстоценовые (рис. 1). Подземные воды на период изысканий вскрыты скважинами на глубинах до 2 м. Уровень подземных вод имеет тесную гидравлическую связь с водами Азовского моря.

Для оценки разжижения верхней суглинисто-глинистой толщи и подстилающих песков использовались, главным образом, лабораторные трехосные циклические испытания. Для сопоставительной оценки разжижения грунтов дополнительно использовался расчетный метод на основании данных статического зондирования (СРТ).

Образцы грунта для лабораторных испытаний разжижаемости (1-LIQ, 2-LIQ, 3-LIQ) взяты из близлежащей скважины (при аналогичном инженерно-геологическом разрезе) и совместно отображены на соответствующих глубинах с учетом абсолютных отметок.

Для лабораторной оценки разжижаемости грунтов были проведены испытания в геотехнической лаборатории ОАО

проведения циклических трехосных испытаний. Следует отметить, что образцы *1-LIQ*, *2-LIQ* максимально приближены к верхней условной границе динамической устойчивости ($PPR = 0,95$), что может свидетельствовать о чувствительности грунтов к динамическому воздействию.

Таблица

**Результаты лабораторных определений
сейсмической разжижаемости грунтов**

№	Описание грунта	Эффективное боковое напряжение, σ_3 , кПа	Эффективное осевое напряжение, σ_1 , кПа	Циклическое напряжение сдвига, τ_d , кПа	Относительное поровое давление, PPR_{max}	Максимальная осевая деформация ε_{max} , Д.е.
1-LIQ	Глина текуще-чепл.	40	67	4	0,868	0,074
2-LIQ	Глина текуще-чепл.	87	145	9	0,927	0,113
3-LIQ	Супесь пластич.	167	278	16	0,770	0,100

Образец *3-LIQ* имеет минимальное значение относительного порового давления, т.е. характеризуется как менее чувствительный к динамическому воздействию.

Минимальное значение PPR_{max} и ε_{max} по образцу *3-LIQ* объясняется ростом сжимающих напряжений с глубиной и, соответственно, уменьшением возможности сейсмического разжижения грунтов.

Максимальная осевая вертикальная деформация по образцам не превышает 0,12 к моменту завершения последнего расчетного цикла колебаний.

По материалам лабораторных определений сейсмической разжижаемости грунтов отмечено, что отсутствует явно выраженная инверсия эффективных напряжений в процессе циклического нагружения, что свидетельствует о малой вероятности возникновения растягивающих напряжений в ходе моделируемого сейсмического воздействия. Грунты в целом классифицируются как условно динамически устойчивые.

Для оценки разжижаемости грунтов дополнительно использовались данные статического зондирования (СРТ), обработанные в лицензионных программных комплексах компании Geologismiki, Греция (рис. 2).

Рассчитывались величины CRR , CRS и, в конечном итоге, определялся коэффициент устойчивости грунтов ($F.S.$) в соответствии с указаниями, приведенными в работах [1; 3].

В качестве исходных данных использовались результаты выполненного сейсмического районирования площадки строительства, а именно: максимальные горизонтальные ускорения $A_{\max} = 0,33g$ при прогнозируемом землетрясении с магнитудой 7,5 (район г. Сочи).

При расчете индекса типа грунта I_c использовались значения первичных замеров лобовых сопротивлений без корректировки, что допустимо в частности для песчаных грунтов [4], поскольку для песков $q_t \sim q_c$, а также исходя из предварительного характера оценки разжижения на основе СРТ. Если значение I_c было более 2,6, то грунт в таком случае считался неразжижаемым из-за своей высокой глинистости и исключался из расчета, кроме того были исключены значения для грунтов выше уровня подземных вод, в интервале 0–1,5 м.

Как видно из рис. 2, потенциально неустойчивые грунты, по данным СРТ, залегают в интервалах 1,6–3,0 и 16,2–18,6 м ($F.S. \leq 1,15$): отвечающие нижней части насыпных супесчаных грунтов и пескам пылеватым, насыщенным водой. С глубиной происходит постепенное увеличение коэф-

коэффициента устойчивости песчаных грунтов ($F.S. = 1,01$ на глубине 18,2 м).

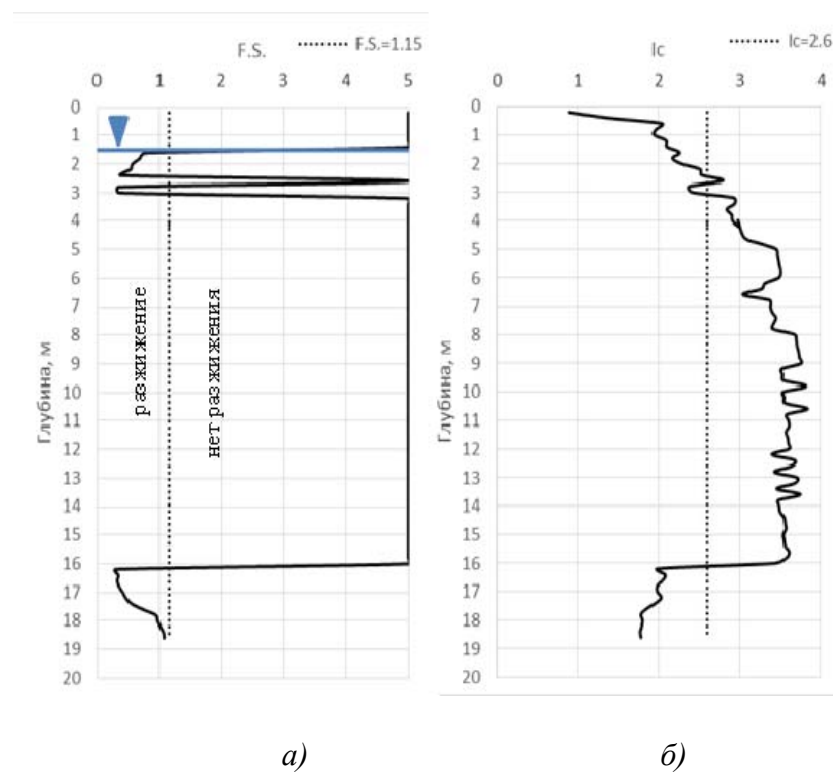


Рис. 2. Изменение коэффициента устойчивости ($F.S.$) (а) и индекса типа грунта (I_c) (б) с глубиной по данным статического зондирования

ЛИТЕРАТУРА

1. Вознесенский Е.А., Коваленко В.Г., Кушнарева Е.С., Фуникова В.В. Разжижение грунтов при циклических нагрузках. – М.: МГУ, 2005. – 134 с.
2. МIRONЮК С.Г., ОЗМИДОВ О.Р. Опыт оценки динамической устойчивости грунтов оснований объектов инфраструктуры морского

порта Темрюк // Сергеевские чтения: материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. – Вып. 17. – М.: РУДН, 2015. – С. 166–171.

3. *Lunn T., Robertson P.K., Powell J.J.M.* Cone penetrating testing in geotechnical practice. Blackie Academic & Hall. – London, 1997. – 312 p.

4. *Robertson P.K.* Interpretation of cone penetration tests – a unified approach // *Canadian Geotechnical Journal*. – 2009. – № 46. – P. 1337–1355.

**ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ
ДЕФОРМАЦИЙ ОСНОВАНИЙ И РАЗРУШЕНИЙ
ФУНДАМЕНТОВ ЗДАНИЙ
И СООРУЖЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ
ГЛИНОЗЕМНОГО И ЭЛЕКТРОЛИЗНОГО
ПРОИЗВОДСТВА**

В.А. Елохин^{*}, О.Ю. Ширинкин^{**}

*^{*}Уральский государственный горный университет,
Екатеринбург*

E-mail: elokhin.v.a@mail.ru

*^{**}ООО Научно-производственная фирма «ГеоС»,
Екатеринбург*

E-mail: shirinkin_ku@mail.ru

**NATURAL AND TECHNOGENIC FACTORS
OF DEFORMATIONS OF THE BASES
AND DESTRUCTIONS OF THE BASES OF BUILDINGS
AND CONSTRUCTIONS IN THE TERRITORY
OF ALUMINOUS AND ELECTROLYSIS PRODUCTION**

It is established that natural (geological and hydrogeological) and technogenic factors of environment caused manifesta-

tion of adverse engineering-geological processes which led to deformation of the bases of the bases and destruction of material of the bases.

Участок исследований расположен в юго-восточной части г. Каменск-Уральского и включает территории глиноземного и электролизного производства. За продолжительный период работы, наряду с неизбежным физическим износом сооружений, происходили изменения их проектных (расчетных) параметров. Первые признаки деформаций производственных зданий фиксировались еще в 1960 г. В настоящее время большинство заводских корпусов, особенно, глиноземного цеха (отделения выщелачивания, декомпозиции, кальцинации, склады боксита и др.) испытывают деформации или подвержены разного вида разрушениям. Отдельные здания находятся в неудовлетворительном или предаварийном состоянии, некоторые – выведены из эксплуатации.

Производственные корпуса предприятия – это крупногабаритное каркасное здание. Несущие колонны каркаса опираются на отдельно стоящие фундаменты «стаканного типа» из монолитного железобетона с глубиной заложения от 2 до 5 м.

Внутрицеховое технологическое оборудование устроено на собственных фундаментах различного типа, чаще на сплошной плите. Сооружения имеют неоднородное основание в виде сложного напластования грунтов с выраженной неравномерной сжимаемостью. Давление на грунт от передаваемых сооружениями нагрузок составляет 2–4 кгс/см².

Осадки оснований, происходящие в результате уплотнения грунтов под воздействием внешней нагрузки, стабилизируются, как правило, в течение нескольких лет после возведения объектов. Возникшие гораздо позднее и продолжающиеся в настоящее время деформации фундаментов (подъемы, оседания), не связаны с внешней нагрузкой, а вызваны техногенными процессами, приведшими к засолению, набуханию и пучению грунтов (табл.).

Таблица

**Причины деформаций оснований и разрушений
фундаментов зданий и сооружений**

Условия и факторы внешней среды			
Природные		Техногенные	
Геологи- ческие	Гидрогеоло- гические	Геологи- ческие	Гидрогеоло- гические
Неоднород- ность геоло- гического разреза. Наличие в разрезе по- тенциально пучинистых и набухаю- щих грунтов	Высокое по- ложение уровня под- земных вод. Подпор от нижележаще- го горизонта. Сезонные ко- лебания уров- ня подземных вод. Конденсация влаги под зданиями и покрытиями	Изменение форм рельефа. Образование мощной толщи насыпных грунтов. Засоление. Изменение физико-хими- ческих и фи- зико-механи- ческих свойств грунтов	Инфильтрация ливневых и промышлен- ных стоков, переувлажне- ние грунтов. Нарушение условий стока (ликвидация естественных дрен, барраж- ный эффект). Формирование техногенного водоносного горизонта
1. Неравномерная сжимаемость грунтов оснований. 2. Развитие процессов набухания и пучения грунтов. 3. Подтопление территории, замачивание оснований. 4. Агрессивное воздействие электрических полей на структуру конструкции. 5. Агрессивное воздействие грунтов на структуру конструкции. 6. Агрессивное воздействие подземных вод и промышленных стоков на структуру конструкции			
Последствия неблагоприятных процессов и воздействий			
Деформация оснований фундаментов. Разрушение материала фундаментов			

Техногенное засоление грунтов оснований сооружений обусловлено инфильтрацией в них минерализованных технологических растворов. Ореол засоления охватывает практически всю территорию глиноземного производства и маркируется до глубины 10 м. Качественный состав водорастворимых солей представлен, преимущественно, карбонатами, бикарбонатами кальция и натрия, значительно меньше – их сульфатами и хлоридами. Засолению подвержены, главным образом, глинистые породы, а песчано-гравийные слои, как коллектор грунтовых вод, обеспечивают вертикальную и площадную миграцию растворимых соединений.

Степень засоленности грунтов изменяется от абсолютной аномалии 30–40% (участок мокрого размола бокситов), до 0,2–0,4% – на периферии геохимического ореола рассеяния.

Исследование изменений минерального состава и структуры грунтов оснований при взаимодействии с щелочными растворами выполнялись методом моделирования физико-химического процесса в системе «грунт–среда». Выполненные исследования позволяют представить процесс пофазовых превращений минералов в сильнощелочной среде в следующем виде: глинистые минералы → раствор → коллоидные минералы → кристаллогидраты.

Процесс набухания глинистых грунтов зарождался с начала инженерного освоения территории и развивался десятилетиями, совместно с изменением геохимической и гидрогеологической обстановки. В результате происходило постепенное поднятие уровня подземных вод и замачивание глин в основании заводских сооружений.

Первые признаки набухания грунтов обнаружили в начале 1960-х гг. вместе с появлением деформаций некоторых зданий. Тогда наблюдались поднятия поверхностей и повреждения отдельных элементов (покрытий полов, отмосток, лотков, опор легких конструкций) внутри цехов с «мокрым» процессом, где проливы технических вод носят систематический характер. Давление набухания на тот мо-

мент было не велико и не превышало величины давления на основания от внешней нагрузки. С течением времени ситуация изменилась: развивалось подтопление заводской территории, на участке глиноземного производства образовался локальный горизонт грунтовых вод (верховодка) с уровнем выше отметок подошвы фундаментов, грунты оснований насыщались щелочью и растворимыми солями, набухание глин при этом прогрессировало. Давление набухания возросло до величин, превышающих давление на основание от нагрузки некоторых зданий. Практически это проявилось в виде деформации подъема фундаментов, колон, повреждений ограждающих конструкций.

В отличие от набухания грунтов, возникающего за счет избыточного давления гидратной воды и происходящего без нарушения структурных связей, пучение глин обусловлено внутрикристаллическим давлением и сопровождается структурными изменениями грунтов.

На территории завода данное явление было обнаружено в середине 1990-х гг. при выяснении причин деформации подъемов фундаментов отдельных заводских зданий. Выполненные лабораторные определения набухающих свойств у глинистых грунтов оснований не выявили. Тогда же было проведено исследование техногенного засоления геомассы с площадным послойным геохимическим опробованием грунтов, в результате которого установлено, что в основании «проблемных» зданий залегают засоленные глинистые породы, содержащие в своем составе до 5% растворимых соединений натрия.

В процессе превращения солей из безводной (маловодной) формы в кристаллогидраты их объем значительно увеличивается. При кристаллизации маловодного углекислого натрия образуется 10-водный гидрокарбонат с увеличением объема в 1,5–2,0 раза; безводный сернокислый натрий превращается в 10-водный гидросульфат, увеличиваясь в объеме в 2–4 раза. Кристаллогидраты оказывают возрастающее

давление на стенки пор и капилляров, вызывая объемное расширение грунтов. Создающееся при расширении глин вспучивающее давление может в 2–3 раза превышать величину давления, возникающего при их набухании.

Под разрушением фундаментов понимаются различные коррозионные явления: высолы, трещины, сколы, каверны в теле бетона; окисление и охрупчивание арматуры. Коррозия железобетона имеет физико-химическую природу и обусловлена целым рядом факторов, главными из которых являются: агрессивное воздействие на бетон технических алюминатно-щелочных растворов и сильноминерализованных грунтовых вод, а также действие на арматуру бетона блуждающих постоянных токов.

Механизм коррозии цементного камня в системе «бетон–среда» изучался на модельных и натуральных образцах. Модельные образцы были изготовлены из портландцемента по соответствующей технологии в лабораторных условиях, натурные – отобраны из бетона фундаментов зданий, работающих в условиях различных агрессивных сред.

Проведенные опыты показали, что коррозионный процесс в модельных и натуральных образцах идет по одинаковой схеме: в результате химического взаимодействия цементобразующих минералов с щелочными алюминатными растворами и углекислым газом воздуха происходит образование водных алюмосиликатов и комплексных карбонатных солей натрия и кальция.

Фундаменты и подземные конструкции зданий подвержены агрессивному воздействию высокоминерализованных вод. Качественными критериями степени агрессивности жидкой неорганической среды по отношению к бетону служат показатели содержания агрессивной углекислоты, сульфатов, хлоридов и других солей, бикарбонатной щелочности, pH среды. Результаты химических анализов свидетельствуют, что подземные воды, развитые на промплощадке, по большинству показателей агрессивны к бетонам различного состава.

Характерной причиной разрушения фундаментов корпусов электролизного цеха является электрохимическая коррозия арматуры железобетона от действия блуждающих токов, наличие которых на промплощадке установлено при проведении специальных геофизических исследований.

НОВЫЕ КАРСТОЛОГИЧЕСКИЕ ОПАСНОСТИ НА ВОСТОЧНОМ СКЛОНЕ УРАЛА

С.Н. Елохина^{*}, С.В. Горбова^{**}

*^{*}Уральский государственный горный университет
Екатеринбург*

E-mail: Elohina.s@mail.ru

*^{**}ЗАО «Регион-ГЕО», Екатеринбург
E-mail: gorbova101@rambler.ru*

NEW KARST HAZARDS ON ORIENT SLOPE OF URAL

In article two aspects technical karst hazards, caused by processes of leaching and dissolution of rocks deposit, are discussed. Territories refer to the first group in limits karst soils where technical activization of a karst is created by following technical factors: chemical, geodynamic, mechanical and hydrodynamic. Territories are ranked as the second group with no karst naturally soils. Here processes of leaching and dissolution originate at a passive stage mining technogenesis in various sorts underground and surface, usually interconnected, mine workings at their self-waterflooding by ground waters. Similarity with karst soils create technical riglets of siphon genesis, an elemental composition of underground waters with the raised (increased) rigidity and salinity, etc. parameters. Activity of de-

struction and offset mineral component exceeds natural on 1–2 order, according to the analysis of leachings with sulphuric acid.

Впервые районирование карста Урала проведено в 1958 г. Г.А. Максимовичем [5]. В 1960 г. по результатам детальных работ районирование Восточного склона Среднего Урала дополнено М.И. Гевирц [1]. В основу районирования положены тектонические, геоморфологические и климатические особенности, литологический состав карстующихся пород, возраст и морфология карста.

Основные выявленные закономерности развития карста на восточном склоне Урала сводятся к следующему:

1. В зависимости от палеоклиматических и тектонических условий выделяются две основные эпохи активного развития карста. Первая эпоха (C₂-K₂s) включает два этапа: средний карбон и средняя юра – начало верхнего мела. Во второй эпохе (P-Q) также выделяют два этапа: олигоцен и плиоцен – до настоящего времени. Самым активным и длительным этапом формирования карста был период, отвечающий по времени средней юре – началу верхнего мела.

2. Древний карст расположен под рыхлыми отложениями четвертичного возраста, поэтому выражен только в рельефе кровли палеозойского фундамента. Он представлен воронками, выполненными позднемезозойскими континентальными отложениями, перекрытыми морскими осадками верхнего мела-палеогена.

3. Области развития мезозойского карста наложились на палеозойский карст. Карст приурочен к олигоценовым речным долинам и представлен карстовыми воронками, заполненными олигоценовыми континентальными осадками, часто перекрытыми более молодыми покровными образованиями.

4. Карстующиеся породы представлены карбонатными отложениями нижнего и среднего карбона. В различных стратиграфических подразделениях карбонатные породы

различаются по цвету, текстурно-структурным особенностям, качеству и количеству органогенного детрита, видовому составу и соотношению органических остатков, различной интенсивности процессов доломитизации и окремнения, а также вторичных изменений (перекристаллизации, кальцитизации), что обуславливает различную подверженность их карстовым процессам, создавая различия в степени карстологической опасности.

5. Теоретически повышенной способностью к карстообразованию обладают высококарбонатные осадки с незначительным содержанием нерастворимого остатка. Однако анализ закарстованности карбонатной толщи на месторождениях карбонатного сырья в Богдановичском районе показал, что все разновидности известняков закарстованы примерно в одинаковой степени и литологический фактор в условиях мощной толщи карбонатных пород отчетливо не проявляется [2].

6. Степень обводненности карбонатных массивов также определяет возможность развития карста. Расположение карбонатных пород в виде полос меридионального простираения при общем широтном направлении потока подземных и поверхностных вод, способствует перехвату и аккумуляции поверхностного и подземного стока. В целом для восточного склона Урала карст характеризуется как древний затухающий, но на некоторых участках, несмотря на умеренный и временами холодный климат 4-го этапа, развитие карста продолжается.

7. Активность карстового процесса определяется наличием или отсутствием равновесия между подземными водами и известняками, которое может быть оценена по методике И.А. Саваренского [6]. Например, подземные воды из скважин в Сухоложско-Каменском карстовом районе агрессивны по отношению к карстующимся породам, когда дефицит насыщения воды карбонатом кальция составляет $0,035\text{--}0,078$ мк-экв/дм³ [2]. Практически все подземные во-

ды в карстовых водоносных зонах отличаются повышенной жесткостью и наличием заметного количества взвешенных веществ.

8. Сложное тектоническое строение, раздробленность и трещиноватость пород способствовали проникновению поверхностных вод на значительные глубины и интенсивному развитию карста в прошлые геологические эпохи. В Сухоложско-Каменском районе бурением зафиксированы многие из известных на сегодняшний день форм карста, такие как воронки, карстово-эрозионные лога, пещеры, погребенные поля и палеокарстовые останцы и гребни, а также зоны разрушенных горных пород, полости и расширенные карстом трещины и др. [2].

9. Самым распространенным видом поверхностного карста являются воронки. В микрорайоне 13-а г. Каменск-Уральского их количество достигает 12–15 на 1 км². К северу от г. Богданович на площади 12 км² выявлено свыше 160 карстопроявлений, что составляет плотность 13,3 карстовые формы на 1 км². Воронки концентрируются вдоль зон повышенной трещиноватости, разрывных нарушений, контактов известняков с терригенными породами, в долинах рек. При детальном исследовании на Каменском участке [2] установлено, что в образовании и развитии карстовых полостей ведущим фактором явилась тектоническая трещиноватость.

10. В массиве карбонатных пород Каменск-Уральского и Богдановичского участков детальных исследований по данным бурения [2] выявлены подземные нарушения (заполненные, частично заполненные и незаполненные трещины и полости), а также промежуточные полости в покровных отложениях, представляющие потенциальную природную опасность. В строении песчано-глинистой толщи, покрывающей карбонатные породы, выявлены следы неоднократных деформаций в виде резкого уменьшения их мощности, а местами и полного отсутствия нижележащего пласта над карстовыми полостями.

В эпоху техногенеза процессы растворения и выщелачивания горных пород (карст) имеют не только природное, но и техногенное происхождение, расширяя области поражения карстовым процессом. В результате карстовые и карстоподобные формы возникают за пределами естественных провинций активного природного карстового процесса.

Техногенную активизацию карста авторы предлагают рассматривать в рамках двух больших групп.

Группа I – техногенная активизация природного карстового процесса, которая происходит только в границах карстующихся пород [4]. Можно выделить четыре фактора, обуславливающих техногенную активизацию указанного процесса:

I-1. *Химический* – агенты техногенного происхождения, поступающие на площадь развития карстующихся горных пород, во-первых, за счет утечек из поверхностных объектов (шламонакопители, пульпопроводы и т.п.), обогащенные кислотами или другими активными веществами; во-вторых, инфильтрацией загрязненных атмосферных и поверхностных вод (например, кислотные дожди).

I-2. *Геодинамический*, возникающий, например, в результате вибрации (движение по железным и автомобильным дорогам, строительство и т.п.) [2].

I-3. *Механический*, нарушающий сплошность массива горных пород, например, горными выработками, что приводит к активизации доступа агентов выщелачивания и растворения к новым поверхностям горных пород, росту скорости подземного потока и т.п. Например, на горнорудных объектах Урала [3].

I-4. *Гидродинамический*, связанный с резкой сменой напорных градиентов в подземном потоке, в том числе, при смене отметок базиса эрозии [3].

Группа II – формирование новых техногенных карстоподобных форм на площади развития некарстующихся в природных условиях горных пород. Подобные

проявления техногенных форм являются результатом выщелачивания и растворения пород в искусственных подземных и поверхностных полостях на пассивной стадии горно-промышленного техногенеза [3]. Техногенные полости представляют собой различного рода горные выработки: вертикальные, горизонтальные и др., чаще всего взаимосвязанные. В определенных условиях формируется излив шахтных вод из затопленных выработок на поверхность земли, подобный карстовым сифонным источникам. На отдельных участках, например, колчеданных месторождений, формируются кислые рудничные воды с отличными от природных условий показателями. Например, установлено на ряде объектов Урала, что активность сернокислотного выщелачивания на пассивной стадии техногенеза (после затопления рудников) примерно на 1–2 порядка выше, чем в природных условиях и сопровождается ростом концентрации взвешенных веществ, общей жесткости, общего солесодержания, что характерно, как было описано выше, для участков с развитием природного карстового процесса. Возрастает и подземная составляющая водного баланса территории затопленных рудников, что приближает по этому показателю природные некарстующие массивы горных пород к закарстованным.

Таким образом, техногенез изменяет уровень карстологической опасности, связанной с угрозой образования провалов, и требует обязательного учета техногенных факторов при ее оценке даже за пределами развития карстующихся пород.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гевирц М.И.* Районирование карста Восточного склона Среднего Урала // Доклады Пермского отдела географического общества Союза ССР. – Т. 1. – Вып. II–IV. – Пермь, 1960.
2. *Горбова С.В.* Карбонатный карст Сухоложско-Каменского района (Восточный склон Среднего Урала): дис. ... канд. геолого-минерал. наук. – Екатеринбург: УГГГА, 2006.

3. Елохина С.Н. Гидрогеологические последствия горного техногенеза на Урале. – Екатеринбург: ООО «УИПЦ», 2013. – 187 с.

4. Елохина С.Н., Елохин В.А. Природно-техногенные геологические процессы в подземных пространствах затопленных рудников Урала // Комплексное использование и охрана подземных пространств: сб. докладов междунар. научно-практ. конф., посвящ. 100-летию юбилею науч. и туристско-экскурсионной деятельности в Кунгурской Ледяной пещере и 100-летию со дня рождения В.С. Лукина (26–31 мая 2014 г.). ГИ УрО РАН. – Пермь, 2014. – С. 310–316.

5. Максимович Г.А., Костарев В.П. Карст Урала и Приуралья // Материалы Всеуральского совещания. – Пермь, 1968.

6. Саваренский И.А., Миронов Н.А. Руководство по инженерно-геологическим изысканиям в районах развития карста. – М.: ПНИИИС, 1995. – 165 с.

ФАКТОРЫ, УСИЛИВАЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ ДЕГРАДАЦИИ ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ

Е.Д. Жапаркулова, Р.К. Бекбаев

*Казахский научно-исследовательский институт
Водного хозяйства, Тараз, Казахстан
E-mail: bekbayev_55@mail.ru, ermekull@mail.ru*

FACTORS ENHANCES THE PROCESS OF SALINIZATION OF IRRIGATED SOILS

Analysis of the results of years of research has shown that irrigation systems which are located in the basin of the Syr Darya are characterized by increasing soil degradation. The main factors in enhancing soil degradation is the deterioration of water quality and the technical condition of the irrigation systems.

Анализ развития ирригации в различных странах мира показывает, что уровень техногенной нагрузки систем поверхностного орошения на природную среду, зависит не только от технических решений, которые применялись при строительстве оросительных систем, но и климатических, почвенных, геологических и гидрологических условий орошаемых ландшафтов. Это подтверждается опытом эксплуатации ирригационных систем Южного Казахстана. Например, по данным Кызылординской гидрогеолого-мелиоративной экспедиции [1], почвы всех орошаемых земель нижнего течения реки Сырдарьи являются засоленными (табл. 1).

Увеличение степени засоления почв наблюдалось и на ирригационных системах, расположенных в среднем течении р. Сырдарьи, где расположены орошаемые земли Южно-Казахстанской области. Например, в Казахстанской части Голодностепского массива, снижение дренированности орошаемых земель и соответственно подъем уровня залегания минерализованных грунтовых вод, а также высокая минерализация оросительной воды с низким качеством приводит к усилению деградиционных процессов в корнеобитаемом слое почв.

Таблица 1

**Распределения площадей орошаемых земель
Кызылординской обл. по степени засоления почв, га**

Год	Степень засоления корнеобитаемого слоя почв			
	незасо- ленные	слабоза- соленные	среднеза- соленные	сильноза- соленные
2010	—	73779	86375	58669
2011	—	87574	73302	65064
2012	—	87516	76830	62533

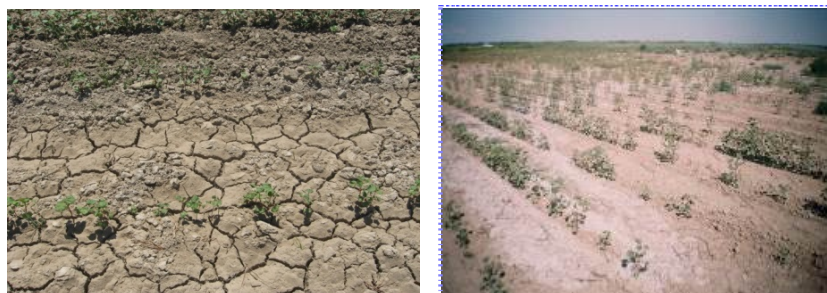


**Рис. 1. Засоленные и солонцеватые орошаемые почвы
(Махтааральский массив)**

Мониторинг за изменением физико-химических свойств орошаемых почв показал, что под воздействием антропогенных (систем орошения) и природных факторов происходят качественные и количественные изменения в структуре корнеобитаемого слоя почв. В частности большими темпами изменяется органо-минеральный состав почв, особенно солевой режим, находящийся в функциональной зависимости от технического состояния оросительных систем и их водообеспеченности, режима грунтовых вод и орошения.

Опыт эксплуатации оросительных систем показывает, что динамика солевого режима почв зависит не только от технического состояния оросительной и коллекторно-дренажной сети, но и технологии орошения, водообеспеченности орошаемых земель. В таких случаях эффективность орошаемого земледелия зависит от водности источников орошения, технического состояния оросительной сети, технологии орошения, культуры земледелия (агротехники, ротации сельхозкультур, системы удобрений) и совершенства службы эксплуатации оросительных систем [2]. Поэтому в сложившейся ситуации на орошаемых землях Голодностепского массива, несоблюдение технологии полива сельскохозяйственных культур, низкого технического состояния оро-

сительных сетей и КДС (коллекторно-дренажная система), нерабочих СВД (скважин вертикального дренажа), роста минерализации оросительных вод произошло усиление темпов протекания деградационных процессов.

Результаты исследований показали, что увеличение токсичных солей в верхнем 0–40 см слое по Голодностепскому массиву составляет всего 1,9 т/га. Однако в нижних горизонтах темпы накопления токсичных солей в 0–100 см слое возросли на 22,7%, или 11,0 т/га. Накопительный характер солей в корнеобитаемом слое почв predetermined рост площадей засоленных орошаемых земель (табл. 2).

Таким образом, результаты анализа почвенно-мелиоративного состояния орошаемых земель бассейна р. Сырдарьи показали: ухудшение физического состояния почв; снижение дренированности орошаемых земель; подъем уровня грунтовых вод выше критических глубин; засоление почвы; осолонцевание почвы; возможность использования коллекторно-сбросных вод на орошение и промывку.

Таблица 2

Динамика степени засоления почвогрунтов (в слое 0–100 см) по административным районам за период 1995–2012 гг.

Годы наблюдений	Площадь орошения, тыс. га	В том числе по засолению			
		не засоленные и слабозасоленные		средне и сильно-засоленные	
		га	%	га.	%
1995	125,4	93,6	74,6	31,8	25,4
2000	125,3	89,2	71,2	36,1	28,8
2005	138,8	92,2	66,4	46,6	33,6
2012	144,0	87,7	61,0	56,3	39,0

В сложившейся эколого-мелиоративной ситуации на ирригационных системах, проблему устойчивого развития орошаемого земледелия можно решить путем:

- технического перевооружения оросительной сети и сооружений;
- улучшения физико-химических свойств почв (рыхление, рассоление, рассолонцевание, внесение органических и минеральных удобрений);
- усовершенствования и внедрения водосберегающих технологий орошения;
- усиления дренированности орошаемых земель;
- утилизации грунтовых и дренажно-сбросных вод, использования их на орошение и сублирригацию.

Повышение водообеспеченности орошаемых земель и утилизации грунтовых вод можно достичь путем согласования режима работы дренажа (вертикального, горизонтального) с режимом орошения, т.е. путем интегрированного управления поверхностными и грунтовыми водами [3]. Например, расширение диапазона работы горизонтального дренажа, путем строительства подпорных сооружений, создадут условия для интегрированного управления поверхностными и подземными водами, увеличения водообеспеченности орошаемых земель за счет использования фильтрационных вод на сублирригацию. Эти процессы лучше регулируются на фоне вертикального дренажа за счет согласования режима его работы с глубиной залегания грунтовых вод.

К сожалению, методам интегрированного управления поверхностными и грунтовыми водами не уделялось должного внимания, поэтому противофильтрационные мероприятия чаще использовались в тех местах, где их эффективность невелика, а в местах острой необходимости они обычно не применялись. По этой причине работы по реконструкции оросительных систем не обеспечивали предполагаемого уровня экономии воды и роста урожайности возделываемых культур, а сама идея экономии воды себя дискредитировала, так как не улучшала состояния орошаемых земель.

На слабозасоленных и склонных к засолению орошаемых землях, где минерализация грунтовых вод возрастает до 5 г/л и становится не пригодной для растений, проблему экономии воды следует решать преимущественно за счет повышения КПД оросительной сети и техники полива.

На засоленных землях, где минерализация грунтовых вод превышает 5 г/л и становится физиологически непригодной для растений, уровень грунтовых вод в течение вегетационного периода необходимо поддерживать глубже зоны влияния капиллярной каймы, т.е. ниже 2,5 м от поверхности земли. На таких землях нормы дренирования (естественные, искусственные) находятся в прямой зависимости от КПД оросительной сети и техники полива, а капиталовложения на противифльтрационные мероприятия следует определять за минусом затрат, которые необходимо вкладывать на выполнение работ по повышению работоспособности дренажа, утилизации дренажно-сбросных вод.

На современном этапе эксплуатации оросительных систем, когда водность источников орошения стабильно снижается, особенно в бассейнах трансграничных рек, а инвестиции ограничены, проблему устойчивого развития орошаемого земледелия целесообразно решать, прежде всего, за счет использования финансовых средств на малозатратные мероприятия, которые обеспечат экономию воды и качественное улучшение орошаемых земель. Во всех случаях технические решения по изменению существующего уровня КПД оросительной сети и техники полива, использованию грунтовых вод на субиригацию и работы дренажа должны приниматься на основе анализа степени засоления почв, режима грунтовых вод, технического состояния оросительной сети, дренированности (естественной, искусственной) орошаемой территории, культуры земледелия и т.д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Годовой отчет о гидрогеолого-мелиоративном состоянии орошаемых земель по Кызылординской области. – Кызылорда: КТГМЭ, 2012. – 66 с.
2. Вышпольский Ф.Ф., Мухамеджанов Х.В. Технологии водосбережения и управления почвенно-мелиоративными процессами при орошении. – Тараз: Аква, 2005. – 160 с.
3. Вышпольский Ф.Ф., Бекбаев Р.К., Мухамеджанов Х.В., Бекбаев У.К. Совершенствование метода расчета расхода грунтовых вод на эвапотраеспирацию // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 2003. – № 8. – С. 44–47.

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ГОРОДОВ ВЕРХНЕЙ ВОЛГИ (НА ПРИМЕРЕ Г. ПЛЁСА)

И.Н. Заиканова

*Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва
E-mail: izaikanova@yandex.ru*

FEATURES OF DEVELOPMENT OF DANGEROUS GEOLOGICAL PROCESSES IN THE CITIES OF UPPER VOLGA (ON THE EXAMPLE C. PLES)

The article includes the analysis of a condition of the geological environment and development of dangerous processes in the city Ples.

Большинство старинных русских городов, являющихся памятниками культурного наследия, расположено по бере-

гам крупных рек, многие из которых превращены в каскады водохранилищ. Особенно интенсивно подмыв, оползание и обрушение берегов происходит в Верхневолжском районе (Тверская, Ярославская, Ивановская, Костромская, Нижегородская области), где созданы Угличское, Рыбинское и Горьковское водохранилища. Протяженность перерабатываемых берегов на отдельных водохранилищах Верхней Волги достигает 20–40% и более от общей длины береговой линии водохранилищ.

В качестве объекта исследований был выбран г. Плёт Ивановской области. Для определения возможных путей оценки воздействия крупных искусственных водных объектов на природные и культурные объекты города было проведено исследование, включающее комплексное полевое картографирование экзогенных геологических процессов, обследование состояния зданий и оценку развития опасных геологических процессов с применением ГИС.

Полевое геоморфологическое картографирование проявления действующих экзогенных процессов позволило выявить неотектонические движения и их интенсивность в пределах территории города. Оно показало, что со времени московского оледенения и микулинского межстадиала, сформировавших водораздельную поверхность, в пределах г. Плёса произошло поднятие его восточной части как минимум на 10 м. Указанные выше неотектонические изостатические подвижки имеют характер высокоградиентных или близких к ним. Таким образом, все геологические процессы в случае г. Плёса оказались наложенными на неотектонические движения, которые испытывала в течение плейстоцена его территория.

В результате картирования были выделены структурно-геоморфологические зоны, которые объединяют генетически однородные территории, подверженные специфическому, характерному для каждой из них комплексу экзогенных геологических процессов и явлений (табл.).

Таблица

Распространение экзогенных и рельефообразующих процессов по структурно-геоморфологическим зонам

З о н ы	Экзогенные геологические и рельефообразующие процессы						
	Берего- вые про- цессы	Суф- фо- зия	Ли- ней- ная эрозия	Плос- кост- ная эро- зия	Опол- зни	Под- топ- ле- ние	Ак- куму- ляция
1							
2							
3							
4							
5							
6							

Первая зона – насыпь и дамба, которые были созданы в период строительства Горьковского водохранилища (абс. отметки – 84,0–86,0 м). Вторая зона включает историческую застройку набережной р. Волги, существовавшей до создания водохранилища, в геоморфологическом отношении это нижняя, пологая часть преимущественно цокольной террасы р. Волги, либо спланированная поверхность нижней части коренного склона реки (абс. отметки – 86,0–87,5 м). Третья зона – наиболее подвержена действию экзогенных геологических процессов, она включает нижние части коренного склона р. Волги, которые местами претерпели техногенное воздействие: планировка, террасирование, подсыпка и т.д. в связи со строительством зданий (абс. отметки – 87,5–100,0 м). На вторую и третью зоны приходится большая часть исторической застройки города и памятников архитектуры. Четвертую зону образуют неудобные для за-

стройки, хотя частично и застроенные, крутые склоны, включая овраги, конусы выноса и оползни (абс. отметки – 100,0–130,0 м, в восточной части города – 125,0 м). Пятую зону образуют присклоновые понижения коренного берега р. Волги и врезы овражной системы (абс. отметки – 130,0–135,0 м). Здесь располагается застройка неисторической части города, есть несколько памятников архитектуры (церкви). Это зона активного развития линейной эрозии, которая «отбирает» у города земли. Шестая зона – это наклонная к реке часть плакорной поверхности, имеющей в районе г. Плёса форму купола.

Одним из главных, определяющих ландшафтно-архитектурную привлекательность города процессов является оврагообразование. При картировании оврагов большое внимание было уделено методике выявления зон питания, транспорта и аккумуляции этих эрозионных форм, активно развивающихся в склоновой части г. Плёса. Вся плакорная часть города (6 зона) делится на водосборные понижения крупных оврагов. В пределах 5 зоны только на отдельных участках сохранились фрагменты присклоновой поверхности, не затронутой этим процессом. Наибольшее развитие овраги имеют в 5 зоне, где находятся участки транспорта взвешенных частиц. Поперечный разрез оврагов имеет V-образную форму, часто с временными или постоянными водотоками. В четвертую зону входят самые глубокие части оврагов и верхние части их конусов выноса. Третья, реже вторая, зоны включают участки конусов выноса оврагов, через которые либо фильтруются, либо выходят в виде ручья воды указанных выше временных и постоянных водотоков.

Геоморфологическое картографирование показало, что размеры водосборных бассейнов оврагов заметно различаются, что при практически одинаковых геолого-гидрогеологических условиях соседних оврагов может показаться странным. На самом деле, эти различия связаны со строительством в конце XIX в. дорожных покрытий из булыжника по дни-

шам некоторых, тогда еще небольших оврагов. Благодаря мощению прекратились углубление оврага, а с ним врезание его в плакор, а, значит, и расширение водосборного понижения. Длина оврагов, днища которых не были вымощены камнем, превышает длину мощеных в 2,5–3 и более раз, такое же соотношение и площадей замкнутых водосборных понижений этих типов оврагов. Эти данные на примере ретроспективного опыта показывают, какую роль могут играть мероприятия по мощению оврагов в сохранении городских ландшафтов городов и других населенных пунктов Верхневолжья, расположенных на сходных с плесскими крутых склонах.

В результате геоморфологического картографирования выявилась роль, которую играли создаваемые в верховьях оврагов пруды. Они «перехватывали» часть поверхностного стока с плакора, чем останавливали развитие и дальнейшее врезание оврагов. Такие пруды отмечаются во многих частях города, как в западной, так и в восточной частях города. В целом можно сказать, что активность линейной эрозии в пределах рассматриваемой территории с повышением базиса эрозии уменьшилась.

Оползни распространены по большей части в двух зонах – 3-й и 4-й. Особенно много оползней отмечается на контакте склонов оврагов (а также р. Шохонки) и склонов коренного берега р. Волги. Здесь создаются особо благоприятные условия для смещения грунтовых масс из-за двойного действия градиента гравитационных сил, направленных в сторону р. Волги и русла оврага одновременно. В результате чего создается «ослабленная» зона с неустойчивой статикой. Кроме того, часто овражная сеть создает такие «ослабленные» зоны при близком расположении оврагов, отделяя и обособляя участки склона долины р. Волги. В западной части города характерны оползни, сформировавшиеся на конусах выноса немощенных оврагов. Таким образом, удалось установить, что существующая овражная сеть часто провоцирует развитие процессов оползания грун-

тов, что отрицательно сказывается на состоянии зданий и сооружений на склонах р. Волги.

В период полевых исследований, было проведено обследование состояния зданий и сооружений, расположенных в 2–4 зонах, где отмечается и максимальная плотность деформированных зданий, более 100. Среди них преобладают одноэтажные деревянные дома на каменном фундаменте и двухэтажные каменно-деревянные (каменный цоколь). В большинстве домов замечены трещины с раскрытием до 5 мм. Встречаются дома с трещинами более 20 мм. Характер постройки, площадь помещений, размеры трещин и их плотность явились основанием для типизации домов и установления категории их повреждения. Анализ размещения деформированных зданий и ареалов проявления и активизации экзогенных геологических процессов показал их совпадение. При этом наиболее разрушаемые здания были приурочены к оползнеопасным участкам. Территория, подверженная активным экзогенным геологическим процессам, составляет около 1/3 от общей площади города.

Площадь подтопленной застройки 15,2 га (13% от застроенного сегмента территории города). Основными предпосылками активизации подтопления являются изменение условий поверхностного и подземного стока, в связи с подпором воды водохранилищем, а также засыпка естественных дренажей, утечки из водонесущих коммуникаций, отсутствие ливневой канализации и т.д.

Конусы выносов оврагов характеризуются разуплотненными и обводненными грунтами, что является причиной неустойчивости зданий и сооружений. Хотя площадь их незначительная, размещение здесь зданий приводит к существенным повреждениям и соответственно ущербам.

Было установлено, что степень геоэкологической опасности рассматриваемой территории определяется в основном геологическими факторами, так как город, являясь заповедной территорией, не имеет промышленных объектов и

развитой транспортной инфраструктуры. К наиболее опасным относятся 2 и 3 зоны. При этом во 2-й зоне плотность застройки превысила 30%, а в 3-й – 56%.

Расчет ущербов и геоэкологической опасности на территории города проводился в пределах выделенных структурно-геоморфологических зон. Созданная ГИС территории г. Плёса позволила максимально эффективно определить и рассчитать для каждой структурно-геоморфологической зоны площади с поврежденными сооружениями и распространением экзогенных геологических процессов, а конечные и промежуточные результаты представить в виде векторных карт и легенд к ним.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ГЕОМОРФОДИНАМИКИ РЕЛЬЕФА ДЛЯ ПРОГНОЗА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ В УРБОСФЕРЕ

В.Н. Зайцев

*Институт биологического приборостроения РАН,
Московская. обл., Пушкино
E-mail: tobil@rambler.ru*

VISUALIZATION OF GEOMORPHODYNAMICS RELIEF-METHODOLOGICAL BASIS FOR THE PREDICTION OF GEOECOLOGICAL RISKS IN URBOSPHERE

*Expediency of cartographical visualization and monitoring
of a geomorfodinamika of a relief of a terrestrial surface for
simplification of the forecast of geoenvironmental risks locates
in an urbosfer.*

Рельеф земной поверхности – компонент геоморфологической среды и структурная основа для существования организмов биосферы. Однако энерговооруженность градостроительной, техногенной деятельности человека изменяет направленность геологических рельефообразующих процессов, в совокупности формируя геоантропосферную среду – **геоморфологический каркас урбосферы**. Структурные, функциональные связи биосферы с атмосферой и геолитодинамической оболочкой модифицируют установившуюся за эволюцию геоэкологическую сопряженность процессов, нарушают ее устойчивость в системе «атмосфера-биоценозы-почва-литосфера» [1].

Деформации, смещения почвы, земного вещества сопряжены с проявлением сейсμοактивности, эрозионных, аккумулятивных процессов (водные, ветровые, карстовые), и с воздействиями при техногенезе, градостроении, без учета появления геоэкологических рисков (провалы в почве, автодорогах, трещины в стенах зданий и др.). Очевидны потребности в согласовании градостроительных технологий с динамической неустойчивостью рельефа на ландшафтных территориях урбосферы, подверженных обвалам, промоинам, просадкам, затоплениям, подтоплениям.

Ранее показано, что методической основой для стабилизации устойчивости геоморфологического каркаса урбосферы является параллельное расположение длинных осей стройобъектов инфраструктуры относительно длинных осей природно сформированных почво-литогенных потоковых структур [2].

В последнее время получены результаты об открытии явления миграционной геоморфодинамики палеорусел и основного русла р. Волга в долине Нижнего Поволжья за длительные периоды от Ергенинской возвышенности к возвышенностям Урала, Эмбы [3]. Это свидетельствует о необходимости аналогичного подхода для анализа на более глобальном уровне для мониторинга и прогноза гео-

морфодинамики почволитогенных структур рельефа объектов урбосферы, подверженных георискам под влиянием геодинамики палеорусел и русла р. Волга в долине Нижнего Поволжья.

Цель работы: обоснование необходимости визуализации геоморфодинамики рельефа с целью мониторинга и прогноза геоэкологических рисков, обеспечения устойчивости геоморфологического каркаса ландшафта урбосферы в условиях миграционной геоморфодинамики палеорусел и русла р. Волга.

Обзор проблемы, обсуждение. Необходимость коэволюционного нормирования антропогенно-техногенных потребностей в природных ресурсах с возможностями регионального экологически сбалансированного их использования в настоящее время переходит [по В.И. Вернадскому] на уровень ноосферной проблемы, становится актуальной для выживания человечества. Коэволюция биогеоценозов на территориях мегаполисов в большей мере интенсифицирует геохимические, геофизические сопряженности биотических, абиотических факторов, структур биосферы и литосферы [3; 4]. Поэтому мониторинг особенностей эрозионной аккумулятивной сети, естественно сформированной на выбранном участке городской застройки целесообразно осуществлять с учетом энергии эрозионно-аккумулятивных потенциалов рельефа.

Разгрузки энергетических потенциалов рельефа целесообразно технически поддерживать через ложбины, тальвеги, овраги, балки, т.е. по сформированным стокам эрозионной, аккумулятивной бассейновой сети. Геоэкологические риски на урбанизированных территориях усугубляются химическим техногенным загрязнением атмосферы, водных объектов, почв, нарушениями экологических норм, особенно при включении овражно-балочных систем в инфраструктуру как наиболее быстро реагирующих на техногенное воздействие.

Эффективным способом прекращения овражной эрозии является повышение базиса эрозии созданием водоемов в балках, что может обеспечить защиту от овражной эрозии поселениям. На территориях урбанизированных в меньшей мере овражно-балочное расчленение формируется за счет энергии стока талых вод с возвышенностей и эрозионно-гравитационных энергий стока водных масс. Глобальные геозоологические катастрофы могут кардинально влиять и изменять облик рельефа. Концепция потоковой визуализации выявляет формирование эволюционной древовидности почвенных потоковых структур и отражает системнообразующую схему переноса, миграции энергии, вещества с водными массами к «аттракторным» ловушкам на границе между педосферой, литосферой [4].

Преобразование энергии инициирует формирование геофизических, биологических, биокосных тел, отражается в качественных особенностях преобразования энергии морфоструктурами, что вероятно, коррелирует с этапами их эволюционного развития. Ранее Б.Л. Личков [5] предположил, что эволюция, интенсивность вымирания, появление феномена биологического разнообразия форм организмов связаны с совершенствованием механизмов преобразования энергии. Это подтвердилось установлением факта роста количества запасаемой энергии продуктами минералообразования соответствующими эволюционному этапу и формулировкой основного энергетического закона развития гипергенных систем [7]. Поэтому факт эволюционного повышения энергоплотности вещества поверхностных зон земной коры интерпретируется и как модель механизма, который имеет сходство с движущими механизмами эволюции тел органического мира [8].

Так, сравнение картографического образа педоформ геоморфологической древовидности (рис. 1, А) потокового каркаса земной поверхности и ее (рис. 1, В) схемы-модели [6], отражая этапы их формирований за эволюцию с дре-

вом эволюции организмов, приводит к выводу об их сходстве. Анализ картографических образов палеорусел р. Волга свидетельствует как о различиях в формах палеорусел, так и о различиях направленности их стоков к морю, а также эффекте переформирования наносов и образовании палеорельефов, что свидетельствует об их геоморфодинамике. В самой широкой части выделено три палеорусл (А – шириной 57 км; В – шириной 53 км; С – шириной – 107 км; и D – современное русло шириной – 39 км.

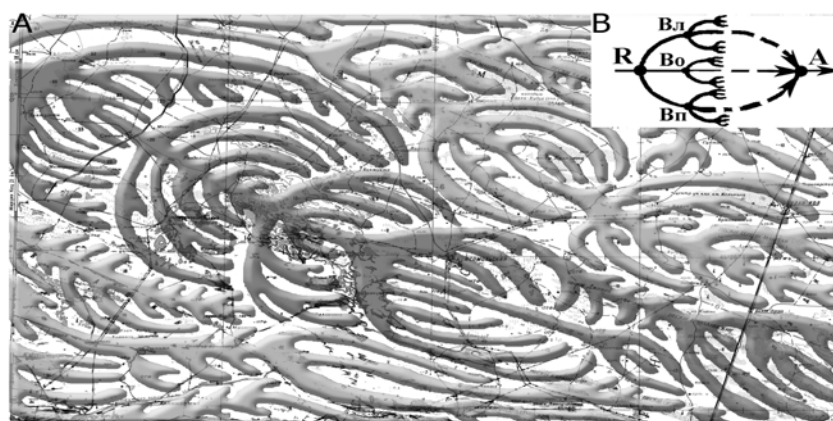


Рис. Картографический образ древовидности (А) потокового каркаса земной поверхности на прилегающей к Каспийскому морю территории Калмыкии (выпуклости закрашены, вогнутости – белый фон) и ее схематической модели (В) [6]

Геодинамика смещения палеорусел (А, В, С) к востоку, к Эмбе от восточного склона Ергенинской возвышенности составляет для А – 217 км.; для В – 160 км.; для С – 107 км. Предполагается, что палеорусл сформированы флювиогляциоселевыми гидросферными потоками в периоды последнего ледникового. К межледниковью уровень Каспийского моря находился в состоянии регрессии, и в действие вступали

флювиогляциоселевые, эрозионные, аккумулятивные воздействия, реформирующие предыдущие наносы.

Заключение. Картографически визуализированы геоморфологические повышения от гидроморфных понижений, образующие геодинамическую картину сдвига 3 палеорусел р. Волга в долине Нижнего Поволжья к востоку. Предполагаемой причиной геодинамики являются катастрофические флювиогляциоселевые потоки, обусловленные гидросферными механизмами периодического водно-ледового подпруживания русла р. Волга в узких местах (например, в районе г. Волгограда) с последующим их прорывом. Такая интерпретация согласуется с концепцией катастрофического воздействия гигантских водно-ледовых масс на формирование рельефов территорий Северной Евразии, Сибири, следы, которых обнаружены на космических снимках [9]. Этими механизмами адекватно объясняется и возникновение бэровских бугров в отличие от гипотезы «регрессии-трансгрессии» Каспийского моря.

Предполагается, что флювиогляциоселевые водно-ледовые потоки при таянии локальных ледников (в частности, на возвышенностях Ергеней и Эмбы) при их сходах по овражно-балочной расчлененности склонов возвышенностей осуществляли пропахивание наносов. Подтверждение этого – широтное расположение бугрово-ложбинных гряд (бэровские бугры) полосой в 100 км, располагающихся вдоль берега Каспийского моря, от р. Эмбы до устья р. Кумы по отношению к меридионально направленным стокам палеорусел. Таким образом, картографической визуализацией выявлены природные, урбосферные геориски, обусловленные механизмами глобальных (гидросферных) и региональных (овражно-балочных) катастроф. Это позволяет осуществлять реконструкцию палеорельефов, планирование, разработку инженерно-технических сооружений для устойчивости геоморфологического каркаса урбосферы, снижения георисков.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зайцев В.Н., Степанов И.Н.* Изоморфизм почвенных тел как отражение геофизических, геохимических сопряженностей биосферы с литосферой // Отражение био-, гео-, антропоферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове. – Томск, 2010. – С. 78–82.
2. *Зайцев В.Н., Степанова В.И., Баранов И.П.* Геоэкологические принципы формирования устойчивости геоморфологического каркаса ландшафта урбосферы // Проблемы снижения природных опасностей и рисков. – М.: РУДН, 2012. – Т. 1. – С. 63–68.
3. *Зайцев В.Н.* Флювиогляциоселево-гидросферные палеокатастрофы как геоморфологические факторы преобразования рельефа // Проблемы геологии Европейской России. – Саратов, 2013. – С. 156–163.
4. *Зайцев В.Н.* Козволюционное нормирование баланса биотических, абиотических процессов для экологической устойчивости агроландшафтов // Биосфера–почвы–человечество: устойчивость и развитие. – М., 2011. – С. 125–138.
5. *Личков Б.Л.* К основам современной теории Земли. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1965. – 119 с.
6. *Степанов И.Н.* Теория пластики рельефа и новые тематические карты. – М.: Наука, 2006. – 230 с.
7. *Яхонтова Л.К., Зверева В.П. и др.* Основы минералогии гипергенеза // Википедия: Интернет-сайт: wiki.web.ru. 2006.
8. *Зайцев В.Н.* Картографическая палеореконструкция геоморфологической динамики прирусловых рельефов Нижнего Поволжья в четвертичном периоде // VIII Всероссийское совещание по изучению четвертичного периода. – Ростов-на Дону, 2013. – С. 199–201.
9. *Гроссвальд М.Г.* Оледенение Русского Севера и Северо-Востока в эпоху последнего великого похолодания // Мат-лы гляциологических исследований. – М.: Наука, 2009. – Вып. 106. – 152 с.

ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ СКЛОНОВ И ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА ОПОЛЗНЕВОЙ ОПАСНОСТИ

О.В. Зеркаль^{*}, И.К. Фоменко^{**}

*^{*}Геологический факультет, Московский государственный
университет им. М.В.Ломоносова*

E-mail: igzov@mail.ru

^{**}ООО «Оренбург ПМ»

E-mail: ifolga@gmail.com

PROBABILISTIC ASSESSMENT OF STABILITY OF SLOPES AND ITS APPLYING FOR ANALYSIS OF LANDSLIDE HAZARD

The article examines the advantages of quantitative probabilistic assessment of slope stability.

В настоящее время в условиях все большего вовлечения в хозяйственное освоение территорий, характеризующихся развитием опасных геологических процессов, в рамках инженерно-геологических работ особое значение придается обеспечению безопасности планируемой деятельности. Одним из направлений работ, направленных на обеспечение безопасности зданий и сооружений, является оценка геологических рисков, в составе которой важной составляющей является идентификация, рассмотрение и представление, в первую очередь, в количественном виде информации о геологических опасностях, в том числе информации об опасности развития оползневых процессов. При этом такого рода информация, очевидно, носит прогнозный характер, значимой характеристикой для которой выступает оценка вероятности реализации прогнозного сценария изменения инженерно-геологической ситуации.

Также следует отметить, что оценка вероятности развития опасных геологических процессов (в т.ч. оползневых), является одной из ключевых характеристик при количественной оценке геологического риска. В представляемой работе обсуждается возможность выполнения вероятностной количественной оценки устойчивости склонов с использованием традиционных методов.

В качестве модельного склона, для которого проводилась оценка устойчивости, была выбрана площадка на правом берегу р. Москвы на участке развития третьей надпойменной террасы, формирующей достаточно крутой склон в сторону русловой части долины. Верхняя часть геологического разреза в пределах развития третьей надпойменной террасы, возвышающейся уступом от 14–18 до 20 м, представлена (сверху вниз) делювиальными образованиями, подстилаемыми верхне- и среднеплейстоценовыми аллювиально-флювио-гляциальными песчаными и супесчаными отложениями, разделенными маломощным горизонтом моренных суглинков. Подстилаются четвертичные отложения, имеющие общую мощность до 18–20 м, алевроитами кимеридж-титонского возраста (мощность до 7 м), перекрывающимися глинами оксфордского яруса. В пределах низких поверхностей под делювиальными отложениями на размытой поверхности верхнеюрских образований залегают аллювиальные отложения, представленные песками с прослоями суглинков. Геомеханическая расчетная схема склона показана на рис. 1.

В настоящее время существует достаточно много методов расчета устойчивости склонов. В данной работе были использованы следующие варианты расчета, предназначенные для склонов с неоднородным строением: метод Бишопа, метод Янбу и метод Morgenштерна-Прайса. Методы Бишопа и Morgenштерна-Прайса рассматриваются действующими нормативными документами (СП 11-105-97, ч. II) в качестве общепринятых. Все перечисленные методы при традиционном применении являются детерминированными,



Рис. 1. Геомеханическая схема и результаты вероятностной количественной оценки устойчивости склона

так как предполагается, что прочностные характеристики грунтов известны и могут быть заданы в виде усредненных расчетных показателей. Особенностью выполненных в настоящей работе количественных оценок устойчивости склонов является использование при расчетах не усредненных показателей свойств грунтов, а более полных результатов статистической обработки выборки данных о прочностных характеристиках грунтов, в том числе включая минимальные и максимальные величины показателей.

В результате была получена вероятностная количественная оценка устойчивости склона, в составе которой дополнительно, в отличие детерминированных оценок, были охарактеризованы минимальные, средние и максимальные величины устойчивости склона, стандартное отклонение в распределении величины $K_{уст}$ в расчетной выборке. Также была оценена вероятность развития оползневого процесса (при $K_{уст} < 1$) и охарактеризован показатель надежности полученной вероятностной оценки. При этом показатель надежности (β) рассматривается как мера нормализации коэффициента устойчивости склона и рассчитывается по формуле [1]:

$$\beta = \frac{K - 1,0}{\sigma_K}$$

где σ_K – среднеквадратическое отклонение коэффициента устойчивости склона ($K_{уст}$).

Принимается, что из двух склонов большую устойчивость и, соответственно, меньшую вероятность развития оползневых деформаций имеет тот склон, у которого значение показателя надежности (β) выше. Если известна форма вероятностного распределения, то показатель надежности может быть напрямую соотнесен с вероятностью развития оползневого процесса. На рис. 2 показана взаимосвязь между показателем надежности (β) и вероятностью развития

деформаций для нормально распределения выборки расчетных величин коэффициента устойчивости.

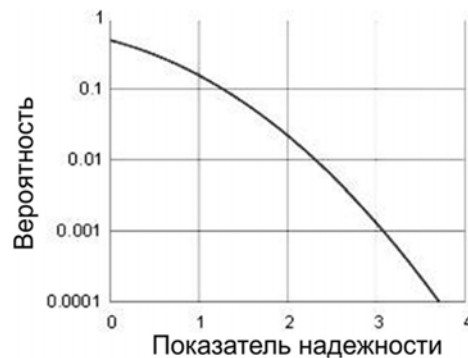


Рис. 2. Взаимосвязь показателя надежности и вероятности оползневых деформаций для множества расчетных величин $K_{уст}$, имеющего нормальное распределение

Сводные результаты вероятностной количественной оценки устойчивости модельного склона приведены в таблице. Как видно из приведенной табл., количественная оценка устойчивости склона, выполненная различными методами, дала близкие величины средние величины $K_{уст}$. В случае традиционного детерминированного подхода к оценке устойчивости склона какой-либо дополнительной информации из полученных результатов извлечь было бы невозможно. Применение вероятностного подхода к оценке устойчивости склона позволило более полно охарактеризовать возможность развития оползневых деформаций на рассматриваемой территории.

Результаты, полученные методами Моргенштерна-Прайса и Бишопа (удовлетворяются условия равновесия общих моментов), показали близкие величины вероятности развития оползневого процесса при сопоставимых величинах показателя надежности. Результаты, полученные методом Ямбу (удовлетворяет полному равновесию горизонтальных сил, но не удовлетворяет полному равновесию моментов), указыва-

ют на существенно более высокую (в 2–4 раза) вероятность развития оползневых деформаций, при более низких величинах показателя надежности.

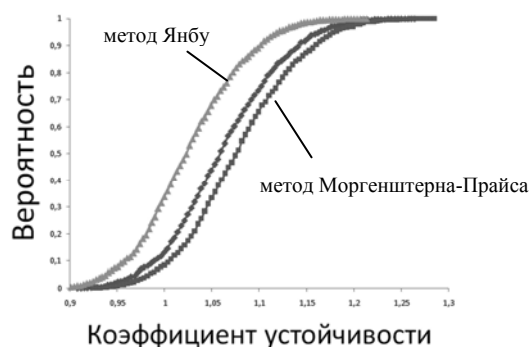


Рис. 3. Вероятностная функция распределения характеристик устойчивости склона.

Таблица

Вероятностная количественная оценка устойчивости склона

Характеристика	Метод Моргенштерна-Прайса	Метод Бишопа	Метод Янбу
Ку (среднее значение)	1,08	1,06	1,026
Стандартное отклонение Ку	0,06	0,057	0,055
Минимальный Ку	0,93	0,91	0,88
Максимальный Ку	1,28	1,26	1,21
Вероятность развития оползневого процесса ($K_u < 1$)	8,4%	13,2%	33,8%
Показатель надежности	1,34	1,06	0,47

Таким образом, использование вероятностного подхода к количественной оценке устойчивости склона позволило охарактеризовать возможность реализации оползневой опасности, что является необходимым условием для выполнения количественной оценки геологического риска.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Krahn J.* Stability modeling with SLOPE/W // Engineering Methodology – Calgary: GEO-SLOPE International Ltd., 2004. – 396 p.

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ СЕЙСМОАКТИВНЫХ ЗОН УЗБЕКИСТАНА ПО КОМПЛЕКСУ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Т.Л. Ибрагимова, Р.С. Ибрагимов

*Институт сейсмологии им. Г.А. Мавлянова АН РУз,
Ташкент, Узбекистан
E-mail: ibrroma@yandex.ru*

ASSESSMENT OF THE TENSION OF SEISMOACTIVE ZONES OF UZBEKISTAN BY THE COMPLEX OF SEISMOLOGICAL AND HYDROGEOCHEMICAL PARAMETERS

The joint behavior of the parameters of the seismic regime and the complex hydrogeochemical indicators of groundwater in two major seismically active zones of the East of Uzbekistan was researched. It is shown that the long-term trend of dispersion of hydrogeochemical parameters correlated with the selected seismic energy of tectonic structures, on which the observation well stands.

Вариации гидродинамических параметров и газо-химического состава подземных вод широко используются при поиске предвестников и прогнозировании землетрясений в сейсмоактивных регионах Земного шара.

Вместе с тем временные изменения этих параметров, как и данные мониторинга в других прогностических полях,

используемых при поиске предвестников землетрясений, и, получаемые в результате точечных измерений в шурфах, штольнях, скважинах, характеризуют процессы деформирования локальных участков земной коры, на которых установлена измерительная аппаратура. Вопрос о том, насколько эти данные отражают проявления глобальных геодинамических процессов, происходящих на площадях, значительно превышающих базу измерительных приборов, является дискуссионным и к настоящему времени изучен не достаточно. Его решение должно опираться на соответствие данных многолетних режимных наблюдений, зарегистрированных во множестве измерительных пунктов, структурным особенностям земной коры в исследуемом районе и корреляции этих данных с происходящими глубинными процессами.

Мы попытались исследовать данный вопрос, основываясь на анализе изменений временных рядов среднемесячных значений и дисперсии комплекса гидродинамических и гидрогеохимических параметров подземных вод на пяти прогностических скважинах, расположенных в пределах Северо-Ферганской и Южно-Ферганской сейсмоактивных зон в Восточном Узбекистане: Хаватаг, Наманган, Чартак, Чимион, Ходжаабад. Подробное описание гидрогеологических условий каждого наблюдательного пункта, методика отбора проб и первичная обработка гидрогеохимических данных содержится в [1–3].

На рис. 1 приведена карта эпицентров землетрясений с $K \geq 8,6$ ($M \geq 2,5$), происшедших в пределах исследуемых зон, и показано местоположение названных скважин.

Как сами временные ряды среднемесячных значений исследуемых параметров, так и ряды среднемесячных значений их дисперсии существенно не стационарны (содержат тренды). Поэтому каждый временной ряд методами фильтрации раскладывался на три компоненты: тренд, сезонную волну и случайную составляющую, получаемую вычитанием из временного ряда первых двух компонент.

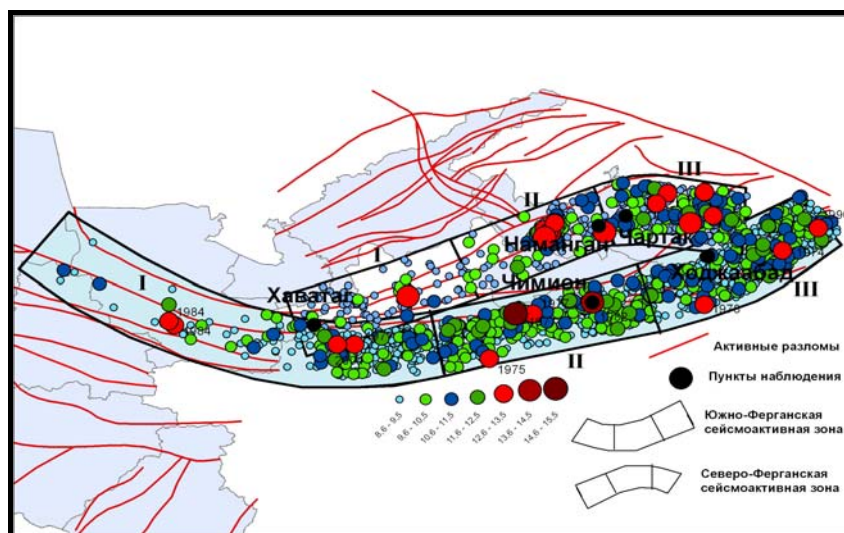


Рис. 1. Схема расположения наблюдательных скважин по отношению к Северо- и Южно-Ферганской сейсмоактивным зонам

Для сопоставления временных рядов гидрогеохимических параметров с землетрясениями мы проводили отбор сейсмических событий по двум различным принципам:

1) отбирались **землетрясения**, происшедшие **непосредственно в пределах Северо-Ферганской и Южно-Ферганской сейсмоактивных зон** (рис. 1).

На основе такой выборки как для всей сейсмоактивной зоны, так и для локальных сегментов, на которых расположена наблюдательная скважина, рассчитывались следующие параметры сейсмического режима: суммарное число представительных землетрясений в единицу времени N_{Σ} ; вариации угла наклона графика повторяемости γ в законе Гутенберга-Рихтера распределения числа землетрясений по энергетическим классам; выделенная за единицу времени сейсмическая энергия lgE ; высвобожденная условная деформация (графики Бенъофа);

2) отбирались землетрясения всего региона, условная энергетическая характеристика сейсмического воздействия которых $K' = K - 2,5 \lg R$ в пункте гидрогеосейсмологических наблюдений превосходила некоторый порог Π , где K – энергетический класс землетрясения, R – эпицентральное расстояние до точки наблюдения. Значение порога $K' \geq 7,5$ отвечает землетрясениям, отдаленным от пункта наблюдения на расстояния, не превышающие 20-кратных размеров длин их очагов. При таком отборе материала за исследуемый промежуток времени ощутимыми для рассматриваемых пунктов гидрогеосейсмологических наблюдений являются землетрясения, происшедшие как непосредственно в пределах исследуемых зон, так и в пределах Южно-Тянь-Шаньской и Талассо-Ферганской сейсмоактивных зон, а также глубокофокусные землетрясения Памиро-Гиндукушской сейсмоактивной зоны.

Установлено, что не регулярная составляющая временных колебаний газо-химического состава подземных вод наилучшим образом коррелирует с землетрясениями, удаленными от пункта наблюдений на расстояния, не превышающее 10-кратных размеров длины очага ($K' \geq 9$). Длительность проявления аномалии для различных параметров разная. У параметра Eh она наибольшая – порядка 6–7 месяцев. Об устойчивом характере этой тенденции, отражающей реальный физический процесс, свидетельствуют аналогичные по продолжительности изменения на всех изучаемых пунктах гидрогеохимических наблюдений, а также и на скважинах Ташкентского геодинамического полигона, находящихся в зоне активного динамического влияния Каржантауской структуры.

Важной особенностью поведения гидрогеохимических параметров, представляющей значительную прогностическую ценность, является устойчивая избирательная реакция гидротермальной системы на подготовку землетрясений в различных сеймотектонических условиях. При равной интенсивности сейсмического воздействия в пункте наблюдения, скважина Хаватаг наилучшим образом реагирует на землетрясения,

происходящие как непосредственно в Северо-Ферганской сейсмоактивной зоне, так и в пределах Талассо-Ферганской и Северо-Тянь-Шаньской сейсмоактивных зон.

Скважины Чимион и Ходжаабад наиболее чувствительны к подготовке землетрясений непосредственно в пределах Южно-Ферганской сейсмоактивной зоны, а также Гиндукушской фокальной зоны и зоны Южно-Тянь-Шаньских глубинных разломов.

Трендовая компонента (вековой ход) дисперсии гидрогеохимических рядов коррелирует с выделенной сейсмической энергией в пределах тех структур, на которых расположены наблюдательные скважины. Значимая корреляция выделенной сейсмической энергии с дисперсией газо-химических параметров свидетельствует о единстве геодинамических факторов, которые ими управляют.

Наиболее устойчиво связь между дисперсией гидрогеохимических параметров и логарифмом выделенной сейсмической энергии отслеживается для интегральных показателей, характеризующих состояние среды (Eh и pH). Пример такой взаимосвязи приведен на рис.2. Причем корреляция Eh и lgE положительная, а pH и lgE – отрицательная. Дана гидрогеохимическая интерпритация установленным связям.

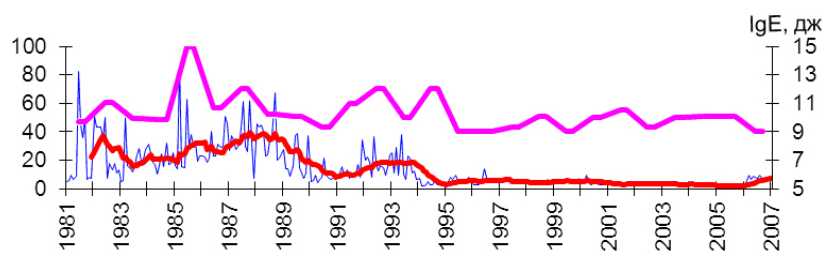


Рис. 2. Дисперсия параметра Eh (нижний график) на скважине Хаватаг и логарифм выделенной энергии lgE (верхний график) для западной части Северо-Ферганской зоны

Таким образом, на примере Северо- и Южно-Ферганской сейсмоактивных зон показано, что мониторинг сейс-

мологических и гидрогеохимических параметров позволяет оценивать состояние этих зон на предмет возможной сейсмической активизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гидрогеохимические особенности некоторых сейсмоактивных зон Средней Азии. – Ташкент: Фан, 1977. – 168 с.
2. Гидрогеосейсмологические предвестники землетрясений. – Ташкент: Фан, 1983. 136 с.
3. *Ибрагимова Т.Л.* Комплексная обработка гидрогеосейсмологической информации. (На примере Ферганского геодинамического полигона) // Геология и минеральные ресурсы. – 2012. – № 1. – С. 39–44.

СТРУКТУРНО-ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СЕЙМОТЕКТОНИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ФЛАНГА БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОЙ ЗОНЫ

*Л.П. Имаева^{*}, В.И. Мельникова^{*}, В.С. Имаев^{*},
Б.М. Козьмин^{**}*

*^{*}Институт земной коры СО РАН, Россия, г. Иркутск
E-mail: imaev@crust.irk.ru*

*^{**}Институт геологии алмаза и благородных металлов,
Россия, г. Якутск
E-mail: b.m.kozmin@diamond.ysn.ru*

STRUCTURAL-DYNAMICS ANALYSIS OF THE SEISMOTECTONIC DESTRUCTION THE NORTH-EASTERN FLANK OF BAIKAL RIFT ZONE

The established regularities in the manifestation of seismicity, the nature pour on tectonic stresses and the development of

the specific parageneses of faults of northeastern flank Baikal rift zone and Aldan-Statowoy block, the dynamics of the focus zones of strong earthquakes is determined, reflecting the type of the tectonic destruction of the earth's crust of this region.

Исследование направлено на выявление современного структурно-тектонического плана наиболее активного в сейсмотектоническом отношении сегмента Байкальской рифтовой зоны (БРЗ) – ее северо-восточного фланга и сопряженной системы сейсмогенерирующих структур Западно-Станового блока, в пределах которых произошел ряд сейсмических катастроф с магнитудой более 6,0. В зонах динамического влияния региональных тектонических швов рассматриваются закономерности структурообразования и кинематические типы сопряжения активных разломов, которые в плане образуют разломно-блоковые структуры (РБС) и являются концентраторами значительных тектонических напряжений. Разрядка их проявляется в соответствии с динамикой взаимоотношения крупных тектонических блоков в виде катастрофических землетрясений ($M > 6,0$) с определенным кинематическим типом фокальных механизмов.

На территории исследования (рис. 1) выделяется пять РБС регионального плана (Кодаро-Удаканская, Чаро-Токкинская, Темулякитская, Западно-Становая, Тунгурчинская), которые характеризуются высокой скоростью сейсмотектонических деформаций, выявленной по геолого-структурным [2], сейсмологическим [3] и геодезическим данным [1; 9]. Определены два кинематических типа РБС: разломы северо-восточного простирания характеризуются правосдвиговой кинематикой (БРЗ), а северо-западного и субширотного направления (Западно-Становой блок) – левосдвиговой. Амплитуды латеральных смещений вдоль названных РБС оцениваются до нескольких сотен километров [6].

На фоне многочисленных слабых землетрясений в зоне взаимодействия крупных геоструктурных блоков обособ-

ляются несколько локальных сгущений сейсмичности, образующих основные эпицентральные поля (рис. 1).

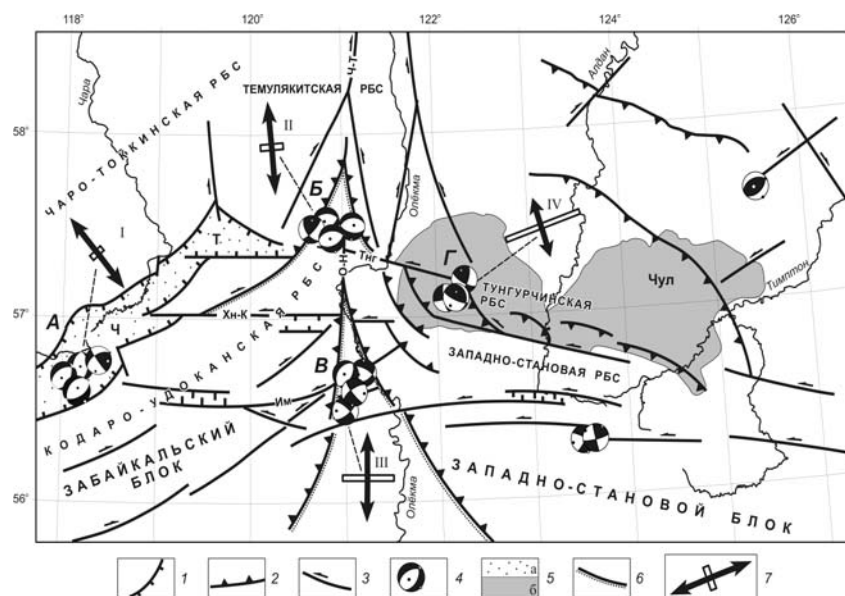


Рис 1. Сейсмотектоническая схема северо-восточного фланга БРЗ и сопряженной системы сейсмогенерирующих структур Западно-Станового блока

Крупные глубинные региональные разломы, активизированные в кайнозой: 1 – сбросы; 2 – взбросы, надвиги; 3 – сдвиги (Хн-К – Хани-Кудулинский, Тнг – Тунгурчинский, Ч-Т – Чаро-Темулякитский, О-Н – Олекмо-Нюкженский, Им – Имангрский); 4 – диаграммы фокальных механизмов землетрясений с $M = 4,7-7,0$ в проекции нижней полусферы (темными и светлыми точками обозначены выходы осей сжатия и растяжения); 5 – впадины: а – кайнозойские: Ч – Чарская, Т – Токкинская; б – мезозойские: Чул – Чульманская; 6 – границы зон взаимодействия структур; 7 – горизонтальная проекция главных осей сейсмотектонических деформаций (темные расходящиеся стрелки – удлинение, светлые – укорочения): I – режим растяжения; II, III – переход от сдвига к растяжению; IV – переход от сдвига к сжатию. Эпицентральные поля: А – Чарское, Б – Олдонгсинское (Чаруодинское), В – Олекминское, Г – Южно-Якутское

Первое локализуется в районе Чарской впадины, где за последние десятилетия зарегистрировано четыре события с $MPSP = 4,7-6,2$, сопровождавшиеся значительными сериями афтершоков. Фокальные механизмы этих землетрясений показали различные простирания плоскостей разрывов в очагах, которые соответствуют кинематическому типу сочленения зон субширотных глубинных разломов с новейшими рифтовыми структурами северо-восточной ориентации [4]. Реконструкция современного напряженно-деформированного состояния земной коры, выполненная по совокупности данных о механизмах очагов землетрясений по методу С.Л. Юнги [7; 8] позволила установить в районе Чарской впадины доминанту растягивающих напряжений [3].

Структурным продолжением Чарской впадины на северо-востоке является Токкинская депрессия, где в 1997 г. в верховьях р. Олдонгсо был зафиксирован всплеск сейсмической активности в виде роя землетрясений. Новая, более мощная сейсмическая активизация (главные толчки имели магнитуду $M_w = 5,8$ и $M_w = 5,6$) в этом районе произошла в 2005 г. Согласно тектонической позиции разрядка напряжений в очагах роевых событий происходила под действием горизонтального сжатия, вектор которого ориентирован в широтном направлении, и горизонтального растяжения, действующего меридионально, т.е. роевой процесс развивался в сдвиговом деформационном поле. В очагах наиболее сильных землетрясений второй серии толчков реализовались сбросовые смещения [5]. В конечном итоге, сейсмо-тектонические деформации на данной территории характеризовались переходным режимом (от сдвига к растяжению).

Одним из активнейших участков Станового краевого шва является бассейн среднего течения р. Олекма, где в 1958–1987 гг. произошли три сейсмические катастрофы: 9-балльные Нюкжинское с $M_{LN} = 6,5$ и Олекминское землетрясения 1958 г. с $M_{LN} = 6,4$; 9–10-балльное Тас-Юряхское 1967 г. с $M_{LN} = 7,0$; а также 7-балльный Дырындинский сейсми-

ческий толчок 1987 г. с $M_{\text{ЛН}} = 5,0$. В региональном плане, Олекминская сейсмоактивная зона пространственно приурочена к Олекминскому и Тас-Юряхскому блокам сжатия, образованным с запада Хани-Кудулинским, Имангрским, а с востока системой левых сдвигов Станового разлома. Она имеет структурное ограничение субдолготными кулисами Олекмо-Нюкжинского разлома правосдвиговой кинематики, секущего вкрест простираения общий субширотный план Станового поднятия. Таким образом, площадная зона растяжения, соответствующая Олекминской активизации, оконтурена активизированными разломами сдвиго-сбросовой и сбросовой кинематики, нашедшими отражение в механизмах очагов крупных землетрясений. Данные сейсмические события сформировались в деформационном режиме транс-тензии (переход от сдвига к растяжению).

Сильное землетрясение 20 апреля 1989 г. с $M_{\text{ЛН}} = 6,6$, сопровождавшееся многочисленными афтершоками, произошло в мезозойской Чульманской впадине на территории Южной Якутии [2]. Его эпицентр был приурочен к среднему течению р. Тунгурчи (правый приток р. Олекмы), а глубина гипоцентра составила 27 км, что существенно больше среднего значения глубин землетрясений БРЗ (10–15 км) в целом. Резко отличался от байкальского типа и механизм данного события – в очаге реализовались взбросо-сдвиговые смещения, отвечающие сейсмотектоническому режиму транспрессии (переходу от сжатия к сдвигу).

Напряженно-деформированное состояние земной коры зоны сопряжения северо-восточного фланга БРЗ и Западно-Станового блока, выявленное по механизмам сильных землетрясений основных эпицентральных полей, характеризуется суперпозицией сжимающих и растягивающих усилий. Сдвиговые сейсмотектонические деформации (по сейсмологическим данным) в зависимости от структурно-тектонического плана сочетаются с компонентами удлинения (к западу от среднего течения р. Олекмы) или укорочения (к

востоку) земной поверхности. Структурный план рассмотренной зоны отражает динамические условия взаимодействия двух крупных геоблоков – Забайкальского и Западно-Станового, которые сближаются в субширотном направлении с разными скоростями [2; 5; 6]. Наибольшая концентрация землетрясений в виде сейсмических зон и локальных эпицентральных полей наблюдается во фронтальных частях этой контактной области, где в разломных узлах формируются очаги катастрофических землетрясений.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Минобразования РФ (N5.1771. 2014/К).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бочаров Г.В., Замаев Н.Н. // Геодезия и картография. – 1991. – № 3. – С. 30–34.
2. Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М. Сейсмотектоника Якутии. – М.: ГЕОС, 2000. – 226 с.
3. Мельникова В.И., Гилева Н.А., Радзиминович Н.А. // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2009. – Т. 36. – № 1. – С. 40–55.
4. Сейсмическое районирование Восточной Сибири и его геолого-геофизические основы /отв. ред. В.П. Солоненко. – Новосибирск: Наука, СО, 1977. – 303 с.
5. Радзиминович Н.А., Мельникова В.И., Козьмин Б.М., Татомир Н.В. // Геодинамика и геологические изменения в окружающей среде северных регионов. М., – 2004. – Т. 2. – С. 193–196.
6. Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). – М.: МАИК «Наука/ Интерпериодика», 2001. – 571 с.
7. Юнга С.Д. Методы и результаты изучения сейсмотектонических деформаций. – М.: Наука, 1990. – 191 с.
8. Юнга С.Л. // Докл. РАН. – 1997. – Т. 352. – № 2. – С. 253–255.
9. Sankov V., Deverchere J., Gaudemer Y. et. al. // Tectonics. – 2000. – № 19 (4) – P. 707–722.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ СЦЕНАРНОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ТАШКЕНТА

В.А. Исмаилов^{*}, Н.Г. Мавлянова^{**}

**Ташкентский государственный технический университет
E-mail: vakhit.mbm@mail.ru*

***Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва
E-mail: mavnad13@rambler.ru*

SEISMIC EFFECT DISTRIBUTION IN TASHKENT RESULTING FROM SCENARIO EARTHQUAKE

The paper deals with the evaluation and mapping of the seismic effect in a variety of soil conditions on scenario earthquake. It justified the selection of potentially dangerous areas of the city and the choice of scenario earthquake.

Разработка сценария последствия землетрясения на территории города основывается на данных изучения и оценки сейсмической опасности региона. Из всей совокупности потенциально опасных очагов землетрясений производится выбор параметров сценарного землетрясения, а также, принимая во внимание локальные инженерно-геологические условия, осуществляется оценка интенсивности вероятных сейсмических сотрясений в различных грунтовых условиях.

Анализ долгосрочной сейсмической опасности для г. Ташкента показывает, что на территории города в будущем ожидаются вероятные сейсмические сотрясения интенсивностью до 8 баллов (по шкале MSK-64) (в средних грунтах), возникшие в результате землетрясений, которые могут произойти в различных очаговых зонах региона. Среди потенциально опасных зон Приташкентского региона, выделены очаговые зоны, способные генерировать землетрясения, вы-

зывающие на территории города сейсмический эффект с интенсивностью 7–9 баллов [1].

Зона I ($M = 7,5$) располагается в эпицентральной области очага Чаткальского землетрясения ($M = 7,9$) 1949 г. на расстоянии 210 км к северо-востоку от г. Ташкента. Зона находится в месте сочленения Талассо-Ферганского и Чаткало-Атойнакского разломов, характеризуется высоким уровнем сейсмической активности – $A_{10} > 0,5$.

Зона II ($M = 7,5$) выделена В.И. Уломовым, находится на расстоянии 170 км западнее г. Ташкента, характеризуется низким значением сейсмической активности – $A_{10} > 0,01$ [2].

Зона III ($M = 7,0$) с севера захватывает систему Каржантау-Пскемских разломов северо-восточного простирания, а с юга систему Кумбель-Угамских разломов, характеризуется сейсмической активностью – $A_{10} > 0,1$. В пределах зоны в 1937 г. произошло Пскемское землетрясение с $M = 6,5$.

Зона IV ($M = 7,0$) расположена примерно в 120 км юго-восточнее г. Ташкента в пределах Южно-Ферганской флексурно-разрывной зоны, характеризуется высоким уровнем сейсмической активности – $A_{10} > 0,5$. В пределах зоны произошло Кайраккумское землетрясение в 1985 г. с $M = 6,0$.

Зона V ($M = 7,0$) также располагается в пределах Южно-Ферганской флексурно-разрывной зоны. В пределах отмеченной зоны, разлом имеет северо-западное направление, характеризуется сейсмической активностью – $A_{10} > 0,25$. Зона проявила себя крупными Ура-Тюбинскими землетрясениями 1897 г. с $M = 6,5$ и 1984 г. с $M = 5$.

Зона VI ($M = 6,5$) расположена к востоку от г. Ташкента, в 20 км от него. Находится в системе разломов Приташкентской флексурно-разрывной зоны северо-восточного простирания. Зона проявила себя историческими землетрясениями 1868 и 1886 гг. с $M = 6,5$. Сейсмическая активность зоны относительно высокая – $A_{10} > 0,05$.

Зона VII ($M = 6,1$) полностью охватывает г. Ташкент. Землетрясения указанной зоны генерируются Каржантау-

ской системой разломов северо-восточного направления. За инструментальный период наблюдений в пределах зоны произошел ряд землетрясений с $M = 5,1-5,9$, вызвавших сотрясение с интенсивностью $I = 7-8$ баллов. Очаг Ташкентского землетрясения 1966 г. с $M = 5,3$ и $I = 7-8$ баллов располагался в пределах данной зоны. Сейсмическая активность зоны – $A_{10} > 0,25$.

Для выбора сценарного землетрясения были рассчитаны значения вероятности возникновения землетрясений в каждой из потенциально опасных зон (см. табл.). Основываясь на полученных расчетных данных, выбраны потенциальные очаги землетрясений, для которых с учетом затухания сейсмической энергии с расстоянием, были построены теоретические изосейсты и рассчитаны возможные сейсмические эффекты на территории г. Ташкента.

Таблица

**Параметры потенциальных землетрясений
и возможные сейсмические эффекты
на территории г. Ташкента**

Зона	Магнитуда	Глубина, км	Интенсивность (в пределах средних грунтов)	
			I_0 – эпицентре	I_T – Ташкенте
I	7,5	25	9–10	6
II	7,5	30	9	6
III	7,0	15	9–10	6
IV	7,0	15	9–10	6
V	7,0	20	9	5–6
VI	6,5	15	8-9	6
VII	6,1	15	8	8

Для дальнейшего изучения и оценки сейсмического эффекта с учетом локальных грунтовых условий, а также для последующей оценки повреждаемости зданий и соору-

жений, объектов инфраструктуры и системы жизнеобеспечения, экономического ущерба, социальных и других последствий и разработки сценария и плана действий выбрано локальное землетрясение со следующими характеристиками: координаты $41,27N$; $69,23E$; магнитуда $M = 6,1$; глубина очага $H = 10$ км; сейсмическая интенсивность для средних грунтов $I_0 = 8$ баллов, определяемого в качестве сценарного землетрясения [3].

Оценка и картирование сейсмического эффекта выполнялись с учетом следующих факторов, определяющих грунтовые условия с позиции их влияние на параметры сейсмических воздействий и сейсмического эффекта:

- литологические типы грунтов верхних слоев;
- мощность литологических типов грунтов;
- сейсмические свойства грунтов;
- положение уровня грунтовых вод;
- возможности развития сейсмогеодинамических процессов и явлений в грунтовых толщах.

Распределение сейсмического эффекта на территории города от рассмотренного сценарного землетрясения показано на рис. 1.

В соответствии с проведенными оценками на схеме выделяются зоны с ожидаемой сейсмической интенсивностью 7, 8, и 9, а также промежуточные зоны 7–8 и 8–9 баллов (по шкале MSK-64). Территориально зоны с различной сейсмической интенсивностью расположены на схеме следующим образом.

1. 9-балльная зона охватывает центральную и северо-западную часть города, где исходная сейсмичность повышена на 1 балл из-за неблагоприятности грунтовых условий в сейсмическом отношении.

2. 8–9 балльная зона охватывает обширные территории в радиусе до 6–8 км вокруг 9-балльной зоны. В пределах зоны выделяются отдельные участки с высокими положениями УГВ, с неблагоприятными значениями инженерно-гео-

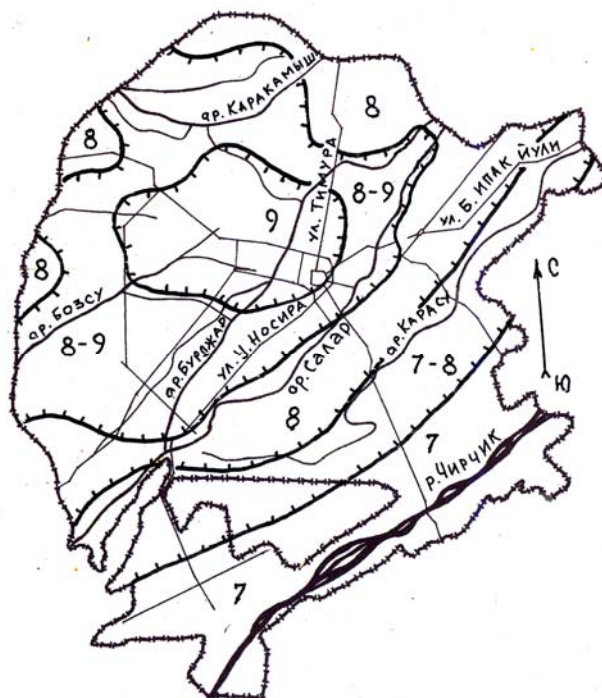


Рис. 1. Схема распределение сейсмического эффекта
(с учетом локальных грунтовых условий)
на территории г. Ташкента при сценарном землетрясении

логических и сейсмических свойств грунтов, а также с грунтами склонными к разжижению, которые характеризуют сейсмичность 9 баллов.

3. 8-балльная зона имеет распространение в южной, северной, восточной и северо-восточной частях города. Это зона характеризуется средними грунтовыми условиями, представленными лессовыми грунтами мощность менее 30 м с залеганием УГВ ниже 6 м.

4. 7–8-балльная зона выделяется на юге и юго-восточной части города, где имеют распространение лессовые грунты и гравийно-галечниковые отложения. В целом с

учетом затухания энергии сейсмических колебаний, зона относится к 7 баллам сейсмичности, но в некоторых участках из-за высокого залегания УГВ и распространения особо неблагоприятные в сейсмическом отношении лессовых грунтов сейсмический эффект может достигать 8 баллов.

5. 7-балльная зона выделена на юге и юго-востоке города с учетом затухания энергии сейсмических колебаний с расстоянием. В этой зоне грунты представлены мощной толщей гравийно-галечниковых отложений, которые характеризуются как средние грунты.

Следует подчеркнуть, что в рамках данного исследования не ставилась задача точного детерминированного определения места, времени и силы будущих землетрясений. Необходимо заметить, что выбранные потенциальные землетрясения (в том числе и сценарное) являются отдельными событиями из всей совокупности возможных сейсмических событий в регионе.

Оценки сейсмических эффектов, полученных для данных землетрясений, относятся именно к этим событиям, а распределение сейсмического эффекта от других нерассмотренных здесь потенциальных землетрясений, которые могут возникнуть в будущем, могут быть иными.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Зияудинов Ф.Ф.* Сейсмическая опасность территории Узбекистан. – Ташкент, 2012. – 254 с.
2. Ташкентское землетрясение 26 апреля 1966 г. – Ташкент, Фан, 1971. – 670 с.
3. *Tyagunov S., Ismailov V., Ibragimov R.* Engineering-seismological aspects of earthquake scenario preparation: experience of the idndr-radius project implementation in Tashkent, Uzbekistan // International workshop on recent earthquakes and disaster prevention management (10–12 march 1999). – Ankara, 1999. – P. 21–28.

МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ПУЛЬСИРУЮЩИХ ЛЕДНИКОВ

Ф.Х.Каримов

*Институт геологии, сейсмостойкого строительства
и сейсмологии АН РТ, Душанбе, Таджикистан
E-mail: seismtadj@rambler.ru*

THE FORECASTING OF THE DYNAMICS OF SURGING GLACIERS

In this article the general theory of stability and movement of a body in inclined plane has been applied to the regularities of glaciers dynamics to render qualitative description for surging ones and create practical recommendations to forecasting their rushing down. The formalized procedures have been drawn up as common steps toward the surging glaciers dynamics' monitoring and forecast.

Одна из главных особенностей крупных ледников – их способность к движению [1–5]. Среди движущихся ледников особое место занимают пульсирующие ледники, которые получили такое название по чередованию фаз наступления и отступления через промежутки времени от нескольких лет до 100 и более лет. Скорости движения пульсирующих ледников в фазе активизации могут на порядки величин превышать скорости регулярных, ежегодных сезонных вариаций. Причем стадия подготовки пульсации на порядки величин длительнее стадии активизации ледника [1–4; 6].

На территории Таджикистана насчитывается более 20 относительно крупных пульсирующих ледников. Пульсации наиболее крупного из них, Медвежьего – на Памире в Таджикистане, происходят в среднем с периодами 10–12 лет [1; 2; 4; 6–8]. Длина ледника около 15 км, площадь – 25,3 км².

Обычно ледник движется со скоростью около 1 м/сутки, однако во время подвижек язык ледника продвигается на 2 км вниз со скоростью около 50–100 м/сутки, перегораживая реку Абдукагор. Образующееся озеро заполняется водой объемом 17–20 м³, представляя опасность катастрофических паводков, селей и других опасных геологических явлений по долине реки Ванч. Например, такие подвижки ледника происходили в 1916, 1937, 1951, 1963, 1973 гг. [6].

На основании наблюдений был составлен ряд успешных прогнозов его подвижек [2; 7–9].

Ледник Кашолаях, расположенный в нескольких км от Медвежьего и имеющий длину около 25 км, ширину от 900 до 2000 м, активизировался в 2000 г., начав спуск со скоростью 0,4 м/сутки [4]. Последний раз его активизация привела к катастрофическим последствиям в XIX в. Опыт наблюдений за нарушениями устойчивости и движениями ледников, например, ледника Дидадь в Таджикистане, показывает, что перед фазой активизации происходит накопление массы в средней части ледника, затем резкая подвижка наступления, сменяющаяся замедлением по мере распластования его тела [9; 10]. Например, если во время наблюдений длина ледника Дидадь к моменту активной фазы движения была равна 1300 м, то к моменту наибольшего замедления удлинение стало в два раза больше.

Если нарушается баланс в питании ледника и абляцией, то лед длительное время накапливается в верховьях ледника до критического состояния, после которого рост напряжений в ледниковой толще вызывает подвижку в движении льда в нижнюю часть по течению с сохранением общей массы льда. В результате в верховьях поверхность ледника понижается, нижняя часть ледника набухает – язык продвигается вниз по долине [6].

После подвижки ледника Медвежьего в 1973 г. поверхность вспученной части ледника опустилась на 50–70 м. Эти наблюдения подчеркивают важность относительно медлен-

ного скопления массы ледника в некоторой срединной или верховой части до критического состояния, после которого происходит резкая активизация его подвижки в цикле пульсирования.

На основании данных этих и других наблюдений профиль ледникового тела на консеквентном склоне с углом уклона α со скоплениями массы представим в виде некоторого цилиндрического сегмента [11]. Ось поверхности тела расположена горизонтально. Для упрощения расчетов в первом приближении примем, что форма тела – сегмент круглого цилиндра радиусом R , высотой h , длиной l и углом раствора 2β (рис. 1).

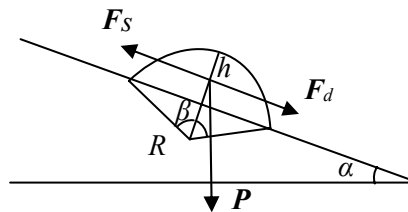


Рис. 1. Круговое движение профиля

В равновесии векторная сумма всех действующих на тело сил равна 0:

$$\mathbf{P} + \mathbf{F}_d + \mathbf{F}_s = 0, \quad (1)$$

где $\mathbf{P}$ – гравитационная сила;

$\mathbf{F}_d$ – составляющая гравитационной силы в направлении сдвигания вниз вдоль плоскости;

$\mathbf{F}_s$ – тормозящая сила в виде суммы силы трения покоя и силы сцепления тела с подстилающим слоем.

На основании известных законов механики, записав выражения для действующих сил (1) в соответствии с геометрией расположения тела, получим следующее равенство:

$$\cos\alpha \cdot (\tan\alpha - k_r) = \frac{c_r S}{\rho g V}, \quad (2)$$

где ρ – плотность тела;

k_r – коэффициент трения покоя;

c_r – коэффициент сцепления покоя тела с подстилающими породами;

g – гравитационное ускорение;

V – объем тела.

Из физического смысла выражения (2) следует, что необходимым, но недостаточным условием равновесия будет превышение тангенса угла уклона над коэффициентом трения покоя. При постоянном угле раствора по мере роста высоты тела значение коэффициента трения покоя и коэффициент сцепления покоя растут. Приняв во внимание соотношение между объемом и площадью основания кругового цилиндрического сегмента можно получить с помощью (2) следующее достаточное критическое условие для нарушения равновесия тела:

$$h = \frac{c \cdot f(\beta)}{\rho g \cdot \cos\alpha \cdot (\tan\alpha - k)}, \quad (3)$$

где k – коэффициент трения скольжения;

c – действующий коэффициент сцепления;

$f(\beta)$ – функция от угла раствора:

$$\frac{4 \cdot \sin\beta \cdot (1 - \cos\beta)}{2\beta - \sin 2\beta}.$$

В этой модели гравитационные силы, как объемные, пропорциональны кубу среднего линейного размера тела, а силы сцепления между вспученной частью ледника и поверхностью скольжения пропорциональны квадрату этого размера. Как только накапливается критический объем тела, объемные силы начинают превышать поверхностные, и происходит срыв тела – подвижка. График процесса подготовки и нарушения равновесия тела, аналитически выражающегося с помощью соотношения (3), представлен на рис. 2.

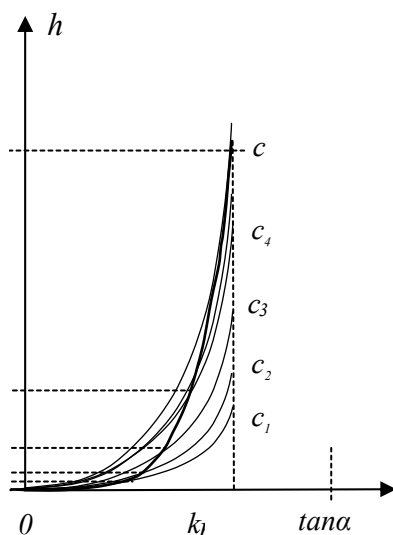


Рис. 2. Схематическая зависимость $h_c(k, c)$

В состоянии покоя росту критической высоты h соответствует рост коэффициентов трения покоя и сцепления покоя. Каждая из кривых на рис. 2 построена для собственного коэффициента сцепления покоя, $c_1 < c_2 < c_3 < c_4 < c$, как параметров для функции $h(k_r)$. Коэффициент k_r меня-

ется в пределах от некоторого минимального значения до наибольшего k . По мере роста высоты h значения коэффициентов сцепления растут и результирующая кривая пересекает все промежуточные кривые $h(k_r)$ в соответствии с возрастанием коэффициента сцепления от c_1 до c .

Выражение (3) дает возможность оценить критические высоты и объемы вспученной части ледника для возникновения пульсации. Примем, следуя данным работы [12], что уплотненный снег имеет плотность 700 кг/см^3 , сцепление $(0,5-5,0) \cdot 10^4 \text{ Па}$. Выберем угол раствора выпученности равным 30° . Для угла уклона плоскости скольжения 30° выражение (8) дает интервал высоты вспученного тела от 4 до 40 м, объем порядка 10^4-10^5 м^3 при ширине ледника 1500 м. При тех же остальных данных для уклона 15° интервал критических высот составляет от 10 до 100 м, объем – порядка 10^5-10^6 м^3 .

На основании предложенной в настоящей статье модели пульсирующих ледников можно сформулировать следующие условия возникновения их пульсаций:

- достаточно большой угол откоса наклонной плоскости;
- относительная малая величина трения скольжения и относительно малая величина коэффициента сцепления;
- особенности рельефа ложа ледника, например, участки сужений, пороги ложа, резкие спуски ложа, подпруживание притоками, которые способствуют накоплению снежной массы в виде вспучиваний в его верхней или средней частях;
- повторяющийся процесс вспучивания ледника, который определяет режим пульсаций.

В соответствии с зависимостями (2), (3), а также представленной на рис. 2, можно сформулировать следующий алгоритм прогнозирования динамики пульсирующих ледников:

- иметь точные данные о геометрических размерах ледника, характере поверхности скольжения и углах наклона, о плотности ледовой массы;

- знать значения коэффициентов трения скольжения и сцепления ледника с подстилающей поверхностью;
- проводить мониторинг состояния геометрических характеристик ледника, обращая особое внимание на появление и рост вспучивания в его средней или верховой части, а также на высоту и угол раствора этого участка;
- оценивать критические величины геометрических размеров участка вспучивания и признаки готовящейся пульсации ледника, проявляющиеся, прежде всего, в возникновении и развитии мелких подвижек в отдельных частях на этом участке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов Л.Н. Движение ледников // Природа и природные ресурсы. – Таджикистан, Душанбе: Дониш, 1982. – С. 286–289.
2. Долгушин Л.Д., Осипова Г.Б. Ледники // Природа мира. – М.: Мысль, 1989. – С. 4–34.
3. Паттэрсон У.С. Физика ледников /пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 312 с.
4. Пильгуй Ю.Н., Саидов М.С., Хамидов А.Ш., Шакирджанова Г.Н. Ледники Таджикистана в условиях изменения климата. – Душанбе: НИЦ Агентства по землеустройству, геодезии и картографии при Правительстве Республики Таджикистан, 2008. – 116 с.
5. Каримов Ф.Х. Модель вязкопластического течения ледников (на примере ледника Федченко, Памир, Таджикистан) // Материалы республиканской научной конференции, посвященной Дню Науки и 80-летию образования Таджикской комплексной экспедиции. – Душанбе: Недра, 2013. – С. 149–155.
6. Соколов Л.Н. Пульсирующие ледники и ледниковые катастрофы // Природа и природные ресурсы. – Таджикистан. Душанбе: Дониш, 1982. – С. 294–301.
7. Дильмурадов Н., Соколов Л.Н. Пульсирующие ледники Таджикистана // Изв. АН Тадж. ССР. Отд. физ.-мат., хим. и геол. н. – 1983. – С. 83–91.
8. Дильмурадов Н. Пульсация ледника Медвежьего на Западном Памире // Докл. АН Тадж. ССР. – 1989. – Т. 21. – № 9. – С. 615–616.

9. Коновалов В.Г. Динамика оледенения Центральной Азии по данным дистанционного зондирования // Совр. пробл. дист. зондирования Земли из космоса. – 2012. – Т. 9. – № 1. – С. 281–288.

10. Яблоков А.А. Ледяной поток // Метеорология и гидрогеология. – 1975. – № 7. – С. 106–107.

11. Каримов Ф.Х. Сейсмогенные оползни на территории Таджикистана: от оценки опасности до снижения риска. – Душанбе: Контраст, 2011. – 68 с.

12. Козлов Д.В. Основы гидрофизики: учебное пособие. – М.: МГУП, 2004. – 246 с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
И СНЕЖНОСТИ В ПРИЭЛЬБРУСЬЕ
ЗА ПОСЛЕДНИЕ 60 ЛЕТ**

А.М. Керимов, Е.А. Корчагина

*Кабардино-Балкарский научный центр РАН,
Центр географических исследований, Нальчик
E-mail: cgrkbncran@bk.ru*

**RESEARCH ON DYNAMICS
OF METEOROLOGICAL PARAMETERS
AND SNOWINESS IN PRIELBRUSYE
FOR THE LAST 60 YEARS**

The meteoparameters influencing formation and change of snowiness of a glacier Garabashi, and their dynamic for the last 60 years are analysed. Method of estimation of glacier mass balance according to the nearest weather station is described.

Метеорологические условия и снежность оказывают определяющее влияние на развитие опасных природных

процессов (ОПП) горных территорий. В исследуемом регионе в формировании ОПП важную роль играет горное оледенение. Оно способствует образованию гляциальных селей, оползней, камнепадов, ледопадов (ледниковых лавин), образованию гляциальных озер. Ледники чутко реагируют на изменение климата, в свою очередь, влияя на атмосферную циркуляцию, а их динамика служит индикатором изменения ландшафтов горной зоны.

Колебания климатических параметров в районе исследований оказывают непосредственное влияние на частоту и мощность проявления ОПП. Температура воздуха, атмосферные осадки и снежность являются основными гляциоклиматическими показателями существования ледников. Осадки и температуры холодного периода влияют на накопление снежной массы, летние осадки замедляют таяние на леднике, летние температуры оказывают большое влияние на абляцию. То есть осадки холодного периода и температуры теплых месяцев являются основными параметрами климата, определяющими количественные и качественные характеристики снежности ледников Приэльбрусья, а следовательно, и их баланс.

В связи с этим информация о динамике метеорологических условий в районе Приэльбрусья может быть полезна при анализе их влияния на опасные природные процессы в районе исследования [1; 2], определении баланса массы ледников [3] и др.

Как менялись условия функционирования гляциально-нивальных и приледниковых ландшафтов Приэльбрусья с середины прошлого столетия можно проследить по данным систематических наблюдений на метеостанции Терскол, расположенной в долине реки Азау у склонов южной экспозиции на абсолютной высоте 2146 м [4]. Ряд имеющихся наблюдений охватывает период с 1951 по 2013 г. Динамику изменения средних уровней годовой приземной температуры воздуха можно проследить, разбив исходный ряд на более короткие периоды, которые также используют в климатологии (рис. 1).

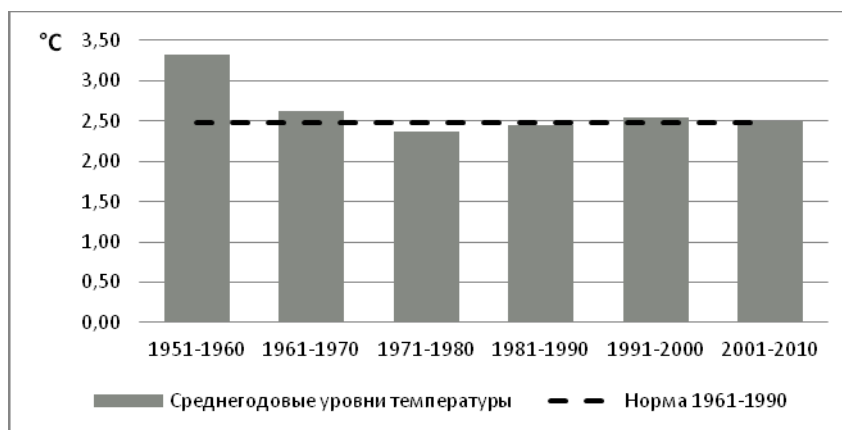


Рис. 1. Среднегодовые уровни приземной температуры воздуха по 10-летним периодам

Анализ летней приземной температуры воздуха по данным метеостанции Терскол (2146 м н.у.м) за период с 1950-х гг. по 2013 г. показал, что за исследуемый период тенденция изменения средних летних температур воздуха сменила направление со спада на рост. При этом температурный режим теплого периода первого десятилетия XXI в. достиг аномальных летних температур 1950-х гг.

Всемирная Метеорологическая Организация обозначила период 2001–2010 гг. как «самое теплое десятилетие» [4]. В исследуемом нами районе ситуация по принятым ВМО периодам следующая: хотя средние летние температуры первого десятилетия XXI в. действительно превысили 30-летний средний показатель на характерное для глобальных и региональных температур значение 0,99 °C, но годовая средняя температура осталась на том же уровне (+0,008 °C). Самым теплым десятилетием для района Приэльбрусья по имеющимся наблюдениям с 1951 г. пока остается период 1951–1960 гг.

Следующим показателем, имеющим существенное влияние на формирование ОПП в горной зоне, является сумма осадков теплого периода. В рассматриваемом районе суммы

летних осадков (июнь–август) за последние 50 лет менялись слабо. Осадки холодного периода для рассмотрения режима снежности ледника берутся за период сентябрь–май.

В отличие от летних осадков, зимние показывают большую межгодовую изменчивость.

Фактические значения суммы осадков холодного периода менялись от 330 мм в 1983 до 1040 мм в 2006 г. за период сентябрь–май.

По данным ВМО [4] средние за период 2001–2010 гг. суммы годовых осадков на поверхности суши, рассчитанные в глобальном масштабе, превысили стандартный нормальный показатель 1961–1990 гг. В исследуемом нами районе абсолютное отклонение годовых сумм осадков от долгосрочных средних показателей составило 185,7 мм. Здесь первое десятилетие текущего столетия отличилось самыми обильными годовыми осадками за период наблюдений на метеостанции Терскол и превысило стандартный показатель 1961–1990 гг. на 20% (рис. 2).

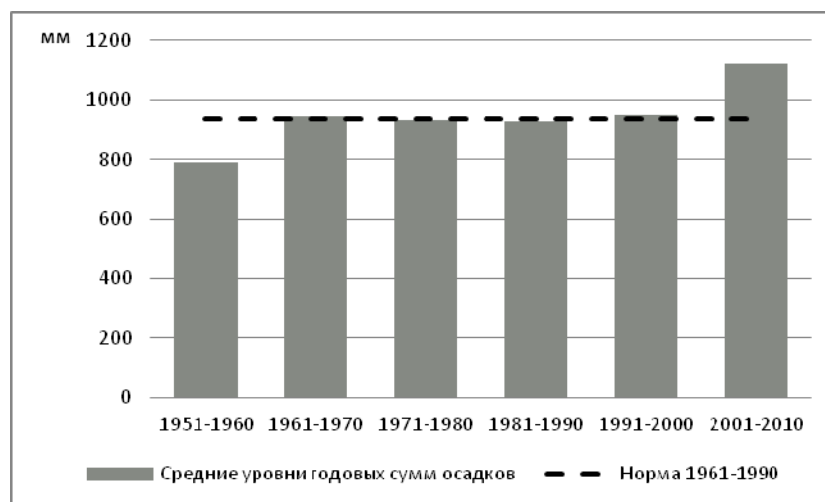


Рис. 2. Средние уровни годовых сумм осадков по данным метеостанции Терскол по десятилетиям

Исследование связи режима снежности на Южном склоне Эльбруса с метеорологическими параметрами проводилось на основе результатов измерения изменения снежного покрова на стационарных пунктах, расположенных на леднике Гарабаши, за 1999–2012 гг. и данным метеостанции Терскол [3].

В связи с тем, что рассчитать величины накопления снега на леднике из имеющихся данных о распределении осадков по высоте не представляется возможным, на первый план выступают статистические методы исследования.

Наблюдения авторов показывают, что холодный период на леднике наступает уже в октябре, а накопление снега идет еще и в июне. Однако наши исследования показали, что связь накопления на стационарных пунктах, расположенных в интервале высот 3731–4538 м н.у.м., на леднике Гарабаши от осадков холодного периода по метеостанции Терскол зависит от выбора этого периода. Для каждого стационарного пункта измерения определялись сезоны накопления со значимыми и с максимальными коэффициентами корреляции между накоплением снега на леднике и осадками на метеостанции Терскол.

Аналогично определены сезоны таяния со значимыми и с максимальными коэффициентами корреляции между таянием на леднике и средними летними температурами на метеостанции Терскол.

Далее построены прогностические уравнения, позволяющие определять накопление и таяние на стационарных пунктах измерения в случае отсутствия прямых измерений и использовать полученные значения при оценке баланса массы ледника Гарабаши.

Данный метод можно использовать для оценки баланса массы ледников по данным ближайшей метеостанции [3].

Анализ метеопараметров (летние температуры, осадки летнего и холодного периодов) по данным метеостанции Терскол (2146 м н.у.м) за период с 1950-х гг. по 2013 г. показал,

что устойчивых трендов, свидетельствующих о потеплении или похолодании климата на локальном уровне за исследуемый период, не обнаружено.

Насколько долгосрочной будет тенденция повышения среднего значения летних температур и насколько влажным будет следующее десятилетие, судить по имеющимся данным не представляется возможным.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Корчагина Е.А.* Моделирование метеорологических опасных природных процессов: учет электризации облачных частиц в численных моделях грозо-градовых облаков // Мат-лы IV Международной научно-практической конференции «Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа / отв. ред. А.В. Николаев, В.Б. Заалишвили. – М., 2014. – С. 307–314.

2. *Керимов А.М., Черняк М.М., Корчагина Е.А.* Влияние положения нулевой изотермы на время наступления опасности прорыва гляциальных озер Кабардино-Балкарии // Труды Всероссийской конференции по селям (26–28 октября 2005 г.) – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – С. 36–35.

3. *Керимов А.М., Корчагина Е.А.* Температурный режим, осадки и снежность ледника Гарабаши (южный сектор Эльбруса) за последние 60 лет // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2015. – № 1 (63). – С. 97–104.

4. Глобальный климат 2001–2010 гг. Десятилетие экстремальных климатических явлений. Краткий доклад. (ВМО-№ 1119). – Женева: Всемирная Метеорологическая Организация, 2013. – 18 с.

ПРОГНОЗ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРОВ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ МУССОННОГО КЛИМАТА СРЕДНИХ ШИРОТ

Р.М. Коган В.А., Глаголев

*Институт комплексного анализа региональных проблем
ДВО РАН, Биробиджан
E-mail: koganrm@mail.ru*

FORECAST OF FIRE VEGETATION IN THE MONSOON CLIMATE MIDLATITUDES

Natural conditions defining features fire seasons in the Khabarovsk Territory and the Jewish Autonomous Region was studied. The average duration of long-term fire various kinds of forest fuel in the northern, central and southern parts of the investigated area was determined.

Пожары растительности имеют глобальное значение как периодически действующий фактор преобразования всех компонентов биосферы [1], поэтому проблемы их прогнозирования являются приоритетными во многих странах, в том числе и в России, поскольку на ее значительной территории ежегодные пожары наносят большой экономический и экологический ущерб [2].

Пирологические особенности климата и растительности является одним из основных природных факторов, влияющих на закономерности возникновения пожаров, поскольку они определяют процессы перехода лесных горючих материалов (ЛГМ) в состояние пожарной зрелости и могут привести возникновению пожаров при наличии источников огня как природного, так и антропогенного происхождения.

Целью работы является прогноз возникновения пожаров растительности в условиях муссонного климата в ре-

гионах Дальнего Востока России (ДВР) во второй половине XX – начале XXI в.

По климатическим условиям районы ДВР различаются температурно-влажностными характеристиками, что определяет длительность пожароопасных сезонов, количество особо опасных дней, продолжительность нахождения лесных горючих материалов (ЛГМ) в состоянии «пожарной зрелости» [3; 4]. Количество особо опасных дней возрастает в меридиональном направлении (табл. 1).

Таблица 1

Среднегодовое количество особо опасных дней по условиям погоды в районах Хабаровского края и в Еврейской автономной области (фрагмент)

№	Субъект ДФР (муниципальный р-н)	Среднегодовое количество дней особо опасных дней по условиям погоды		
		мини- мальное	макси- мальное	среднее
1	2	3	4	5
<i>Хабаровский край</i>				
1	Охотский	1	54	29
2	Аяно-Майский	4	48	27
3	Тугуро-Чумиканский	3	41	18
4	Николаевский	0	38	18
5	Ульчский	2	40	20
6	им. Полины Осипенко	2	59	34
7	Ванинский	2	56	32
8	Советско-Гаванский	1	57	28
9	Амурский	14	55	34
10	Комсомольский	7	57	29
11	Солнечный	9	67	38
12	Верхнебуреинский	7	51	26
13	Нанайский	4	65	30

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
14	Хабаровский	6	56	31
15	им. Лазо	5	53	29
16	Бикинский	5	53	29
17	Вяземский	5	53	29
Еврейская автономная область		13	76	36

Возникновение пожаров достаточно точно совпадает с внутригодовым распределением осадков, т.е. с наличием одного максимума (лето) и двух минимумов (весна и осень) в северных и центральных и одного минимума (лето) и двух максимумов (весной и осенью) в южных районах (рис. 1).

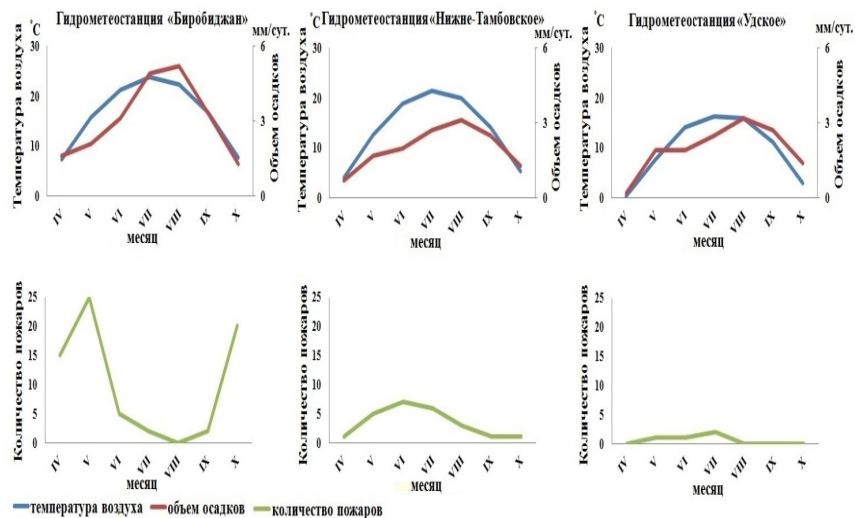


Рис. 1. Внутрисезонное распределение погодных условий и пожаров растительности в:
а – южных, б – центральных, в – северных районах Хабаровского края и в Еврейской автономной области

Такие ЛГМ являются ресурсом для возникновения «первичных» пожаров, следствием которых может быть изменение влажностных характеристик других видов горючих материалов и перевод их в пожароопасное состояние (возникновение «вторичных» пожаров). Проведенные нами расчеты показали, что такое количество дней для наиболее опасных ЛГМ ($KП_{кр} \geq 300$) составляет 100–110 дней для северной и средней подзон тайги (Охотский, Аяно-Майский, Тугуро-Чумиканский районы). Этот период повышается до 115–130 дней для южной подзоны тайги (Ванинский район) и до 131–147 дней для зоны хвойно-широколиственных лесов (например, Хабаровский район Хабаровского края и в ЕАО) (табл. 2).

Таблица 2

**Средняя многолетняя продолжительность
возможного возгорания различных видов лесных
горючих материалов в зависимости от погодных условий**

Муниципальные районы Хабаровского края и Еврейской автономной обл.	Виды растительных горючих материалов (критическое значение комплексного показателя)				
	Опад злаковый разнотравный (> 300)	Опад листвы (750–1400)	Зеленые мхи (1500–2500)	Хвоя, сфагнум (1800–3000)	Лесная подстилка, дернина (2100–3600)
	Количество дней				
1	2	3	4	5	6
<i>Хабаровский край</i>					
Охотский	112	26	21	20	20
Аяно-Майский	113	27	20	19	19
Тугуро-Чумиканский	101	27	19	16	15
Николаевский	101	28	15	13	13
Ульчский	107	26	16	14	13

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6
им. Полины Осипенко	127	31	23	21	19
Солнечный	129	33	24	22	21
Верхнебуреинский	118	33	17	14	12
Советско-Гаванский	116	33	18	16	14
Ванинский	129	33	22	20	19
Комсомольский	119	32	22	19	16
Амурский	129	34	23	20	17
Хабаровский	131	35	21	19	17
Нанайский	120	31	20	17	15
им. Лазо	123	33	19	16	15
Бикинский	123	33	19	16	15
Вяземский	123	33	19	16	15
<i>Еврейская автономная область</i>					
Биробиджанский	131	35	23	21	18
Ленинский	146	34	28	26	24
Смидовичский	142	34	28	26	25
Октябрьский	147	33	27	24	22
Облученский	136	32	24	21	19

Таким образом, наличие ЛГМ с высокими пирологическими свойствами и погодных условий, благоприятствующих их переходу в состояние «пожарной» зрелости, являются основными причинами, способствующими возникновению пожаров растительности в Дальневосточном регионе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мелехов И.С. О теоретических основах лесной пирологии. – М.: АЛТИ, 1944. – 19 с.

2. Соколова Г.В., Коган Р.М., Глаголев В.А. Пожарная опасность территории Среднего Приамурья: оценка, прогноз, мониторинг. – Хабаровск: ДВО РАН, 2009. – 265 с.

3. Коган Р.М., Глаголев В.А. Особенности формирования пожароопасных сезонов и периодов на Дальнем Востоке России // Региональные проблемы. – 2012. – Т. 15. – № 2. – С. 27–33.

4. Соколова Г.В. Лесопожарная обстановка в районах Дальнего Востока на основе учета влияния процессов в океанах и атмосфере // Региональные проблемы. – 2013. – Т. 16. – № 2. – С. 78–83.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В КРУПНЫХ ГОРОДАХ

И.В. Козлякова, Н.Г. Мавлянова, О.Н. Еремина

*Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, г. Москва
E-mail: kozlyakova@rambler.ru*

MODERN TENDENCIES IN ENGINEERING GEOLOGICAL INVESTIGATIONS IN CITIES

New construction in densely built-up cities being focused, above all, at the subsurface development, poses special requirements to engineering geological investigations. Archive data on geoenvironment obtained upon engineering geological survey in the course of a long-term development of urban area provides comprehensive knowledge of engineering geological conditions at a new construction site. Zoning of the territory according to the specially elaborated assessment criteria facilitates the choice of rational design projects and optimization of construction costs.

Введение. В крупных городах, особенно в их центральной части, свободные площади для строительства крайне ограничены и при размещении новых зданий и сооружений особенности геологической среды практически не учитываются. В последнее время, как при новом строительстве, так и при реконструкции старых зданий и сооружений огромное значение придается освоению городского подземного пространства. Современные технологии позволяют возводить сооружения практически любой сложности даже в крайне неблагоприятных инженерно-геологических условиях. В этом случае стоимость строительства значительно увеличивается. В городах перед проектировщиками и строителями нередко возникает дилемма – с одной стороны сооружение надо возводить там, где оно необходимо городу и где есть свободное место, независимо от сложности инженерно-геологических условий, с другой – городские власти и частные инвесторы настаивают на удешевлении строительства. Встает вопрос оптимизации стоимости строительства, то есть выбора проектных решений с позиций безопасности и экономической эффективности.

Специфика инженерно-геологических исследований в городах. Уже достаточно давно как в отечественной инженерной геологии, так и за рубежом в крупных городах наряду с инженерно-геологическими изысканиями под конкретное сооружение большое внимание уделяется изучению пространственной изменчивости инженерно-геологических условий всего города. Создаются специальные ГИС, объединяющие информацию по характеристике городской геологической среды (табл. 1).

За рубежом выделена в самостоятельную научную геологическую дисциплину такая наука как *urban geology* – урбанистическая геология. Предметом изучения урбанистической геологии является взаимодействие между человеком и геологической средой в пределах урбанизированных территорий и возникающие в результате этого взаимодействия

Таблица 1

**Этапы развития инженерно-геологических исследований
в городах**

Период	Этапы развития геологии зарубежных городов и становления урбанистической геологии (по данным М. Калшоу [3; 4])	Геологические и инженерно-геологические исследования на территории Москвы
1	2	3
XIX в.	Первые работы по составлению специальных геологических карт городов, на которых оцениваются строительные свойства грунтов, как оснований сооружений. Построены карта грунтовых толщ большого Лондона (1897), специальные карты грунтов и атласы карт для крупнейших немецких городов, карта грунтов оснований зданий Варшавы (1936) и др.	Геологические исследования для целей водоснабжения. Обобщение сведений по геологическому строению. С.Н. Никитиным в 1897 г. составлена первая геологическая карта города и его окрестностей
Первая пол. XX в.		Инженерно-геологические изыскания в связи с проектированием первых линий метрополитена. Издание ряда карт геологического содержания. Работы Б.М. Даньшина и др. по геологическому строению города и подземным водам
Вторая пол. XX в.	Осознание роли геологических наук в планировании градостроения и понимание необходимости создания политематических геологических карт, которые удовлетворяли бы потребностям многих специалистов.	Обобщение материалов инженерных изысканий. Комплексная инженерно-геологическая характеристика города в работах Ф.В. Котлова. Для территории в пределах Садового кольца составлен комплект геологических карт и инженерно-геологических

Продолжение табл. 1

1	2	3
	Первый опыт оцифровывания и трехмерной визуализации (с помощью очков) геологических данных (Великобритания, 1979)	разрезов (1960-е гг.). Составлены геологические карты на всю территорию Москвы в масштабе 1:50 000. В 1980 г. под руководством Г.А. Голодковской составлена карта инженерно-геологического районирования масштаба 1:25 000
Конец XX в. – начало XXI в.	Урбанистическая геология официально признана в Великобритании как самостоятельная геологическая дисциплина. С начала 1990-х гг. – применение ГИС-технологий. К 2000 г. ГИС-метод многофакторного анализа инженерно-геологических данных для оптимизации планирования градостроительного освоения территорий с успехом применяется в Великобритании, Греции, Нидерландах, Австралии, Франции, Канаде и др. странах	Составлены карты геологических опасностей в масштабе 1:50 000 в рамках программы «Безопасность Москвы» и Геологическая карта центра Москвы с разновозрастными эрозионными врезами в масштабе 1: 10 000 с использованием компьютерных технологий (ИГЭ РАН). В 1997 г. опубликована обобщающая монография «Москва. Геология и город». Составление карт геоэкологического содержания в рамках работ по актуализации Генплана (2007). В 2004 г. составлена геологическая карта Москвы в пределах МКАД с использованием ГИС Mapinfo. В 2009 г. завершены работы по созданию электронной базы данных буровых скважин и составлению на ее основе комплекта тематических

Окончание табл. 1

1	2	3
		геологических карт. В 2012 г. выполнена актуализация некоторых карт на основе обновленной базы данных

техноприродные процессы с целью предоставления необходимой информации для обеспечения устойчивого и сбалансированного развития, рационального использования и охраны природной среды городов. Потребителями информации, поставляемой урбанистической геологией выступают не только геологи, но также проектировщики, финансисты, страховщики и другие специалисты [3; 4].

История урбанистической геологии ведет отсчет с момента создания Британской геологической службы в 1835 г. (см. табл. 1). Уже первые работы в рамках этого направления касались не только изучения геологического строения урбанизированных территорий, но и возникающих там природных и техноприродных опасностей. К концу XX в. урбанистическая геология была официально признана как самостоятельная геологическая дисциплина сначала в Великобритании, а потом и во многих других странах мира. Большое развитие эта наука получила в Канаде. Важной вехой в урбанистической геологии можно назвать фундаментальный труд «Урбанистическая геология городов Канады» [5], в котором авторы дали инженерно-геологическое описание 23 канадских городов с населением, превышающим 100 000 человек.

В настоящее время, урбанистическая геология, развиваясь на стыке наук естественного и социально-экономического циклов, охватывает изучение всего комплекса геоэкологических и социо-экономических проблем, возникающих при планировании градостроительной деятельности и освоении подземного пространства городов [6–8].

В нашей стране индустриализация и рост городов в первой половине XX в. послужили толчком к развитию геологических и инженерно-геологических исследований и привели к накоплению большого объема геологических данных. Например, для Москвы важным этапом для формирования инженерно-геологической базы данных и составления геологических карт разного масштаба и целевого назначения, стал генеральный план реконструкции Москвы и прокладка первых линий московского метрополитена в 1930-х гг.

Сейчас в большинстве крупных городов создавалась такая ситуация, что хорошая изученность позволяет без проведения дополнительных исследований оценить с высокой степенью достоверности сложность инженерно-геологических условий и существующие геологические опасности участка предполагаемого строительства.

Оптимизация стоимости строительства по геологическим критериям. В зависимости от геологических условий стоимость строительства может изменяться значительно. Эти изменения определяются необходимым объемом инженерно-геологических изысканий, стоимостью проектных решений, защитных мероприятий и системы мониторинга, обеспечивающих безопасное функционирование сооружения при существующих геологических опасностях. На стадии разработки проектно-сметной документации необходимо представлять, в какой степени влияют геологические опасности на сооружение и какие конструктивные решения и защитные мероприятия необходимо использовать для обеспечения безопасности. Необоснованное усиление конструкций и применение инженерной защиты ведет к бессмысленному удорожанию строительства. С другой стороны, недоучет параметров воздействия геологических опасностей на инженерное сооружение может иметь катастрофические последствия.

Определение величин удорожания строительства по геологическим причинам базируется на выявлении геологичес-

ких опасностей, разработке сценария их воздействия на сооружение, количественной оценке величин этого воздействия и расчету риска ущерба (или экономического риска) от геологических опасностей. Величина геологического риска в стоимостном выражении или в долях от стоимости сооружения может служить основой для определения удорожания строительства с целью обеспечения его безопасности. Для оптимизации стоимости строительства важно установить величину допустимого риска от геологических опасностей и выполнить, хотя бы ориентировочно, сравнительный анализ возможных проектных решений с точки зрения стоимости и безопасности еще до начала инженерно-геологических изысканий.

Инженерно-геологические исследования при освоении подземного пространства. Проблему дефицита городских земель и повышения эффективности их использования, особенно в центральных частях крупных городов, во многом могут решить многоуровневые подземные системы. Ниже уровня земли размещают различного рода коммуникации, транспортные сооружения, предприятия общественно-торгового и культурно-бытового обслуживания. Прежде всего, интенсивное освоение подземного пространства урбанизированных территорий связывается со строительством метрополитена.

Анализ зарубежного опыта показывает, что оптимальные условия для обеспечения устойчивого развития и комфортного проживания достигаются при доле подземных сооружений от общей площади вводимых объектов в 20–25% [1].

Основой наиболее безопасного и эффективного размещения подземных сооружений служит оценочное районирование, которое учитывает особенности геологического строения с одной стороны и вертикальное зонирование подземного пространства – с другой. Принцип районирования – определение наиболее устойчивых комплексов горных пород, глубин их залегания и мощности. В зависимости от соотношения этих параметров выделяются территории по

степени благоприятности для подземного строительства. В Москве при комплексном освоении подземного пространства Делового центра «Москва-Сити» на этом принципе разработана специальная методика районирования по условиям освоения подземного пространства посредством глубоких котлованов [2]. Одной из основных задач инженерно-геологических исследований при строительстве подземных сооружений является прогнозирование возможных изменений геологической среды на прилегающей территории и разработка мероприятий для их предотвращения.

Заключение. Важнейшим направлением современных инженерно-геологических исследований в крупных городах является оценка благоприятности территории для строительства, обоснование критериев такой оценки и районирование территории на основе существующей архивной информации, организованной в ГИС. В последнее время геологическому и инженерно-геологическому картированию территории города уделяется очень большое внимание, так как карты специального содержания позволяют обобщить всю имеющуюся инженерно-геологическую информацию, дать предварительный прогноз возможных геологических опасностей для различных проектных решений и оценить необходимые объемы инженерных изысканий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Левченко А.Н.* Обоснование методологии и разработка инновационных технических решений освоения подземного пространства мегаполисов: автореф. дис. ... д.т.н. – М., 2009.
2. *Осипов В.И., Кутепов В.М., Анисимова Н.Г., Кожеевникова И.А., Козлякова И.В.* Районирование геологической среды г. Москвы для целей строительства объектов с заглубленными основаниями // *Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология.* – 2011. – № 3. – С. 227–237.
3. *Clayton C.R.I.* Urban site investigation // *Culshaw M.G., Reeves H.J. Jefferson I., Spink T.W (eds.) Engineering Geology for*

Tomorrow's Cities // Geological Society. – London: Engineering Geology Special Publication. – 2009. – № 22. – P. 15–141.

4. *Culshaw M.G., Price S.J.* The 2010 Hans Cloos Lecture. The contribution of urban geology to the development, regeneration and conservation of cities // Bulletin of Engineering Geology and the Environment. – 2011. – Vol. 70. – № 3. – P. 333–376.

5. *Karrow P.F., White O.L.* Urban geology of Canadian cities. Special paper 42. Geological Association of Canada. St. John's, Newfoundland. ISBN 0-919216-62-5, 1998.

6. *Mulder E.F.J. de, Pereira J.J.* Earth Science for the city // Culshaw M.G., Reeves H.J., Jefferson I., Spink T.W (eds.) Engineering Geology for Tomorrow's Cities // Geological Society. – London: Engineering Geology Special Publication, 2009. –P. 25–31.

7. *Mulder E.F.J. de* Sustainable Development and Management of the Subsurface // Геоэкология. – 2004. – № 1. – С. 13–15.

8. *Mulder E.F.J. de, Baardman, Bernice A.M., Kate Arthur M.* The Underground Municipal Information System (UMIS) // Engineering Geology and the Environment. Proceedings of International Symposium on Engineering Geology and the Environment.

КАРСТОПАСНОСТЬ ПЕРМСКОГО КРАЯ

В.П. Костарев, С.А. Утемова

*Верхнекамский трест инженерно-строительных
изысканий, Пермь
E-mail: vktisizperm@mail.ru*

KARST DANGER OF PERM REGION

The article includes a brief description of the conditions of karst development of Perm region. Presents the main parameters and the type of karst dangers. Recommended updating and development of territorial and federal standards for engineering and geological surveys in the karst areas.

К закарстованным территориям Пермского региона, согласно [12], следует относить не только площади с проявлениями карста на земной поверхности, но и содержащиеся в геологическом разрезе 100-метровой глубины водорастворимые горные породы существенной мощности при наличии (или его прогнозе) других обязательных [7] условий карстообразования.

Для геотектонических условий характерно меридионально-зональное строение. С запада на восток Восточно-Европейская платформа сменяется Предуральским прогибом, а затем геосинклинально-складчатыми структурами Западно-Уральской зоны внешней складчатости и Центрально-Уральского поднятия. Наибольшая часть их сложена палеозойскими породами, среди них 72% занимает пермская геологическая система. В ней развиты основные карстующиеся породы – от карбонатных до соляных. Карбонатные появляются в протерозое. Наибольшего распространения (и чистоты!) достигают в карбоне. Сульфатные отложения (гипсы и ангидриты) присутствуют в артинском, уфимском и казанском ярусах, но преобладают (и определяют интенсивную закарстованность) в кунгурском, в его иренском горизонте из 7 пачек: 3 достаточно маломощных карбонатных и 4 (в десятки метров) сульфатных. Среди трех десятков водоносных комплексов и горизонтов зоны активного водообмена карстующиеся породы превалируют в 12, в 2 – играют заметную роль, в 8 – часто прибывают. Физико-гео-графические условия Пермского края, геотектоническое строение и гидрогеологическая обстановка благоприятны для развития карста. Влияние техногенеза весьма существенно.

Значимость карста Пермского края многолика. При изучении закарстованных территорий важное (подчас определяющее) значение могут иметь задачи, связанные с оценкой: фильтрационных свойств карстующихся пород; безводности карстовых участков; повышенной степени загрязнения геологической среды; внезапных прорывов карстовых

вод (до катастрофических объемов); разубоженности карстуемых пород как полезных ископаемых; устойчивости не только земной поверхности, но и более глубоких горизонтов при подземном строительстве; возможных осложнений при бурении разведочных и эксплуатационных скважин; влияния карста на продуктивность и обработку сельскохозяйственных и лесных угодий и даже с установлением уровня сейсмичности, включая проявления карстовых землетрясений [5].

По существу, каждый из выделяемых ныне типов карстоопасности (от А до Н, по [10; 11]) присутствует на пермских землях. Возможные юридические казусы при освоении этих земель еще впереди.

И все-таки устойчивость закарстованных территорий обычно определяется интенсивностью (частотой) карстовых деформаций и их размерами. Негативные (до аварийных) проявления природно-техногенного карста на территории Верхнекамского месторождения калийных солей в последние годы подтверждают это заключение. Выводы по их развитию и прогнозу чрезвычайно важны и должны стать общедоступными, полезными для широкого круга заинтересованных лиц [8].

В крае развиты все классические литологические типы карста: карбонатный, сульфатный, хлоридный и их разновидности при переслаивании и линзовидном залегании пород. Интенсивность карста (карстовой денудации) и карстопроявлений на поверхности различна: от 7–17 и 150–200 микронов в год на участках карбонатного и сульфатного карста до 1250–1324 микронов в соляном карсте и от десятитысячных долей случаев провалов на 1 га за 100 лет до 200–250 и более при техногенной активизации [5]. Наиболее неустойчивы территории сульфатного карста, где опасные карстовые полости могут возникнуть за амортизационный срок службы здания и сооружения и обычно III, II и I категории по устойчивости [9] с достаточно высоким риском строитель-

ства. Районы и участки карбонатного карста опасны наличием древней закарстованности и сильной водопроницаемостью карстующихся пород, возможностью (при соответствующих гидрогеологических условиях) проявлений суффозионной неустойчивости заполнителя карстовых полостей и покровных отложений. Карстоопасность для промышленно-гражданского строительства редко выходит (в худшую сторону) за пределы IV категории по показателю интенсивности карстовых деформаций.

Намного сложнее сегодня давать оценку карстоопасности на участках соляного карста, где сейчас обычны существенные техногенные изменения геолого-гидрогеологических условий при разработке Верхнекамского месторождения солей. За последние 30 лет (в Березниках, а сейчас и в Соликамске на месте полукилометровой деформации 1995 г.) зафиксированы огромные (диаметром и глубиной до 100 м и более) провалы, за развитием которых проводятся комплексные (порой круглосуточные) наблюдения. Инженерно-строительные изыскания здесь должны проводиться с обязательным участием Горного института УрО РАН (г. Пермь), что и предписано Территориальными строительными нормами [12], которые необходимо актуализировать в соответствии с требованиями Федерального закона № 384-ФЗ от 30.12.09. Нужен и учет зонирования территории Березников, выполненного Институтом геоэкологии РАН [8].

Но прежде для страны, в геологическом разрезе верхней части которой карстующиеся породы фиксируются на 65–70% площади [3] нужно разработать федеральный нормативный документ, что особенно актуально в сложившихся в сфере инженерно-строительных изысканий условиях:

- деструкции Системы нормативных документов в строительстве в 2003 г.;

- неопределенности нормативов добровольного применения для выполнения обязательных требований технических регламентов;

– неподготовленности внедрения принципов саморегулирования при выдаче «вечных» допусков к изысканиям всех видов и разновидностей (изначально определяющих безопасность жизненного цикла зданий и сооружений!) непрофессионалам на любой (в том числе закарстованной и очень опасной) территории;

– неконструктивности сегодняшнего слияния национальных объединений изыскателей и проектировщиков (НОПРИЗ);

– потери планомерного (систематического) государственного контроля инженерных изысканий и ликвидации государственного и территориальных (региональных) фондов материалов комплексных инженерно-строительных изысканий;

– лишения права органов исполнительной власти субъектов РФ устанавливать порядок (не противоречащий федеральным нормам) выполнения инженерных изысканий на подведомственных территориях, в том числе закарстованных с учетом их особенностей.

Систематизация и критический анализ результатов комплексных (включая специальные геофизические работы, моделирование и вероятностные расчеты) карстологических исследований последнего десятилетия [1–4; 6; 8; 10; 11; 13] позволяют существенно обновить и дополнить существующую до недавнего прошлого нормативную базу не только по инженерно-геологическим изысканиям, но и проектированию противокарстовых мероприятий, обеспечивающих допустимый (но пока не установленный нормативом) уровень риска освоения и устойчивость оптимального развития закарстованных территорий. Это одна из неотложных задач нынешнего Минстроя РФ и рождающегося НОПРИЗ. Требования к нему необходимо сформулировать коллегиально [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аникеев А.В.* Провалы и оседание земной поверхности в карстовых районах: моделирование и прогноз: автореф. дис. ... д.г.-м.н. – М.: Ин-т геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, 2014. – 47 с.

2. Геотехнические проблемы проектирования зданий и сооружений на карстоопасных территориях. – Уфа: БашНИИстрой, 2012. – 286 с.

3. Дублянский В.Н., Дублянская Г.Н., Катаев В.Н., Костарев В.П., Толмачев В.В. Карстоведение. – Ч. 3: Инженерное карстоведение. – Пермь: Перм. гос. ун-т, 2011. – 288 с.

4. Катаев В.Н. Основы структурного карстоведения. – Пермь: Перм. ун-т, 2004. – 109 с.

5. Костарев В.П. Карст Урала и Приуралья. – Пермь, 1990. – 21 с.

6. Костарев В.П., Малахов В.Е. Что изменилось, или несколько предложений к выполнению инженерно-геологических изысканий на закарстованных территориях // Мат-лы Междуна-род. конф. «Комплексное использование и охрана подземн. пространств». – Пермь, 2014. – С. 305–310.

7. Максимович Г.А. Основы карстоведения. – Т. 1. – Пермь, 1963. – 445 с.

8. Осипов В.И., Мамаев Ю.А., Ястребов А.А. Зонирование территорий г. Березники Пермского края РФ по степени опасности и развития геологических процессов // Геоэкология. – 2014. – № 6. – С. 518–525.

9. СП 116.13330.2012. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003. – М.: Минрегион РФ, 2013. – 43 с.

10. Толмачев В.В. Методы оценки карстовой опасности для строительных целей: состояние и перспективы // Геоэкология. – 2012. – № 4. – С. 354–363.

11. Толмачев В.В. О недостатках существующих нормативно-методических документов в области инженерно-строительного освоения закарстованных территорий в городах // Сергеевские чтения. – Вып. 17. – М.: РУДН, 2015. – С. 571–575.

12. ТСН 11-301-2004 По. Инженерно-геологические изыскания на закарстованных территориях Пермской области. – Пермь: Адм. Перм. обл., 2005. – 120 с.

13. Хоменко В.П. Закономерности и прогноз суффозионных процессов. – М.: ГЕОС, 2003. – 216 с.

ПРОНИКНОВЕНИЕ ЯПОНСКОГО ЦУНАМИ 2011 г. В ОХОТСКОЕ МОРЕ

*И.С. Костенко^{*, **}, А.А. Куркин^{*},
Е.Н. Пелиновский^{*, ***}, А. Ялченир^{****}*

*^{*}Нижегородский государственный технический
университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород*

*^{**}Специальное конструкторское бюро средств
автоматизации морских исследований, Южно-Сахалинск*

^{***}Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

E-mail: Pelinovsky@hydro.appl.sci[nnov.ru]

*^{****}Технический университет Центральной Азии,
Анкара, Турция*

PENETRATION OF THE 2011 JAPANESE TSUNAMI IN THE SEA OF OKHOTSK

The analysis of observed data of the 2011 tsunami in the Okhotsk Sea is given. The results of numerical simulation of tsunami waves confirm the observed data. The tsunami risk for the Okhotsk Sea is discussed.

Тихий океан и сами Курильские острова расположены в зоне сильной сейсмической активности, где подводные землетрясения вызывают цунами, которые распространяются по Тихому океану и проникают в акваторию Охотского моря. Обзор исторических цунами, зарегистрированных на Дальнем Востоке России, содержится во многих статьях. Несмотря на то, что в акватории Тихого океана случаются землетрясения с магнитудой более 8, за последние 100 лет на Охотоморском побережье не было зарегистрировано катастрофического цунами. Некоторые источники цунами, достаточно сильно появившиеся на побережье Охотского моря, располагались в Тихом океане. По данным наблюде-

ний высоты волн от этих цунами на о-ве Сахалин, где располагается большинство станций измерения уровня моря, составили 0,1–1,2 м. Естественно говорить в этом случае, что Курильские острова экранируют Охотское море от проникновения океанских волн цунами. Именно поэтому долгосрочные оценки высот цунами на о-ве Сахалин (максимальная высота прогнозируемой волны в Корсакове на 100 лет составляет 2 м), сделанные в (Го и др., 1988), носят пока предварительный характер.

Расчеты характеристик волн цунами в Охотском море неоднократно проводились в литературе. Отмечается, что высота волны цунами на побережье о-ва Сахалин примерно вдвое меньшая, чем на Курильских островах. Случившееся вслед за этим цунами 15 ноября 2006 г. подтвердило прогностический сценарий, в данном случае о-в Симушир принял на себя главный удар и защитил побережье Сахалина и Магаданской области. Численное моделирование хорошо объясняет наблюдаемые времена прихода цунами. Количественного согласия добиться не удастся. Недавно анализ проявления удаленных и ближних цунами на охотоморском побережье России выполнен в (Безель и др., 2014) на основе результатов математического моделирования, что позволило выявить цунамигенные зоны, наиболее опасные для побережья Охотского моря. Отмечается, что волны от южно-чилийских очагов достаточно свободно проникают сквозь Курильские проливы в Охотское море, где могут вызывать опасные (с размахом до 2 м) колебания уровня. Все расчеты подтверждают, что Курильские острова экранируют Охотское море от проникновения цунами из Тихого океана. По предварительным оценкам, сделанным в (Костенко и др., 2013), около 80% энергии цунами отражается Курильскими островами.

Настоящая статья посвящена количественной оценке защитной роли Курильских островов в проникновении цунами из Тихого океана в Охотское море. Для этого мы про-

вели серию расчетов распространения Японского цунами 2011 г. в реальной акватории северо-западной части Тихого океана, так же как в акватории с искусственно удаленными Курильскими островами. Численное моделирование выполнено в рамках нелинейно-дисперсионных уравнений мелкой воды в сферических координатах с учетом эффекта Кориолиса и донного трения с помощью вычислительного комплекса NAMI DANCE [http://avi-nami.ce.metu.edu.tr]. Распространение волн цунами через 5 ч после землетрясения иллюстрируется рис. 1. Видно, что амплитуды волн меньше в случае, если Курильские острова учитываются.

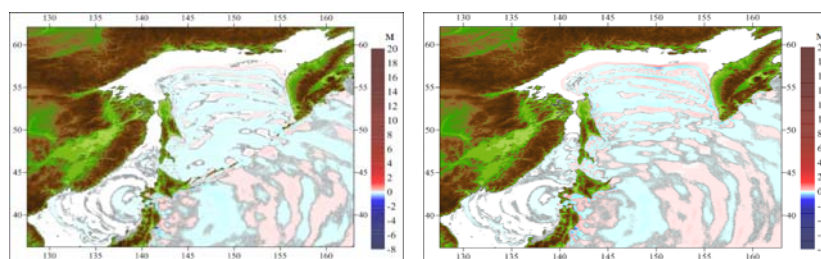


Рис. 1. Распространение волн цунами в Охотском море через 5 ч после возникновения

Слева используется реальная батиметрия,
справа – без Курильских островов

Рассчитанные колебания уровня моря в различных точках Охотского моря представлены на рис. 2.

В случае расчетов волн цунами в «реальном» Охотском море, как и ожидалось, амплитуда волн на тихоокеанской стороне выше, чем в Охотском море, свидетельствуя о защитной роли Курильских островов в проникновении цунами в Охотское море. Отметим, что колебания уровня моря с океанской стороны затухают примерно в два раза за 10 ч, в то время как в Охотском море они продолжаются, в сущности, без заметного спада по амплитуде за все время расчетов. Такие колебания связаны с возбуждением сейш в бас-

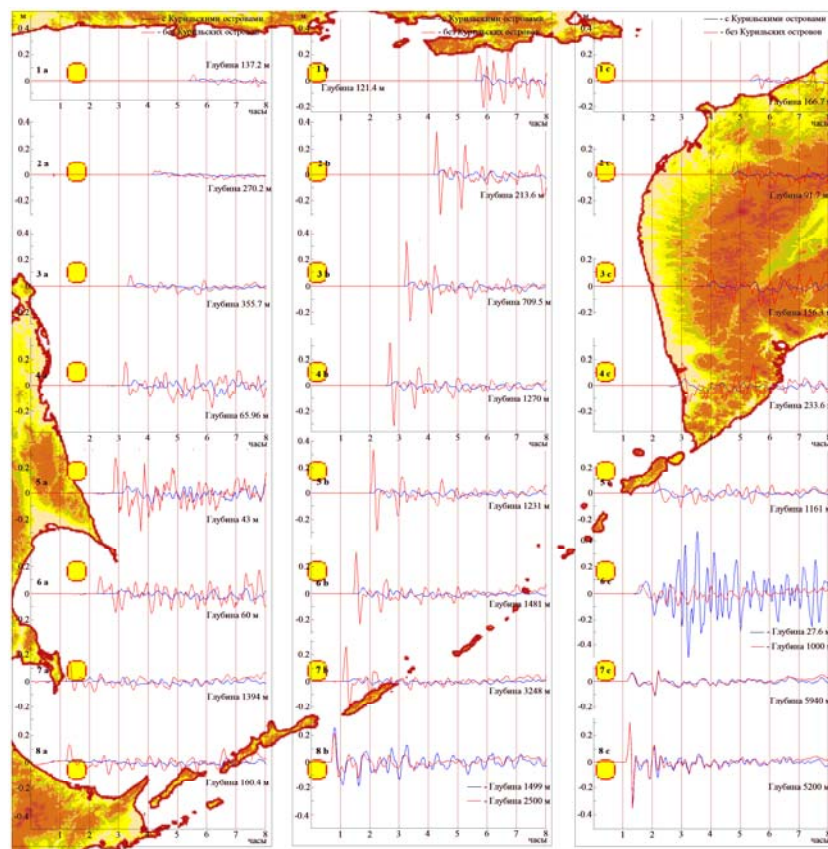


Рис. 2. Колебания уровня моря в различных точках Охотского моря по результатам моделирования с Курильскими островами и без них

сейне Охотского моря, который представляет собой почти замкнутый резонатор. Совмещенные колебания уровня моря, полученные по результатам численных расчетов с использованием батиметрий с Курильскими островами и без них показаны на рис 2.

Видно, что в большинстве точек Охотского моря первая волна цунами при моделировании без Курильских островов приходит немного раньше и амплитуда ее, как правило,

выше. Отличия наблюдаются и в формах волн. При отсутствии Курильских островов колебания уровня моря в центральной части относительно быстро затухают, поскольку теперь бассейн Охотского моря является открытым, и долгоживущие сейши в нем невозможны. В то же время вблизи побережья длинноволновые колебания уровня моря продолжают на протяжении 8 ч и уменьшаются незначительно в силу локальных резонансных эффектов.

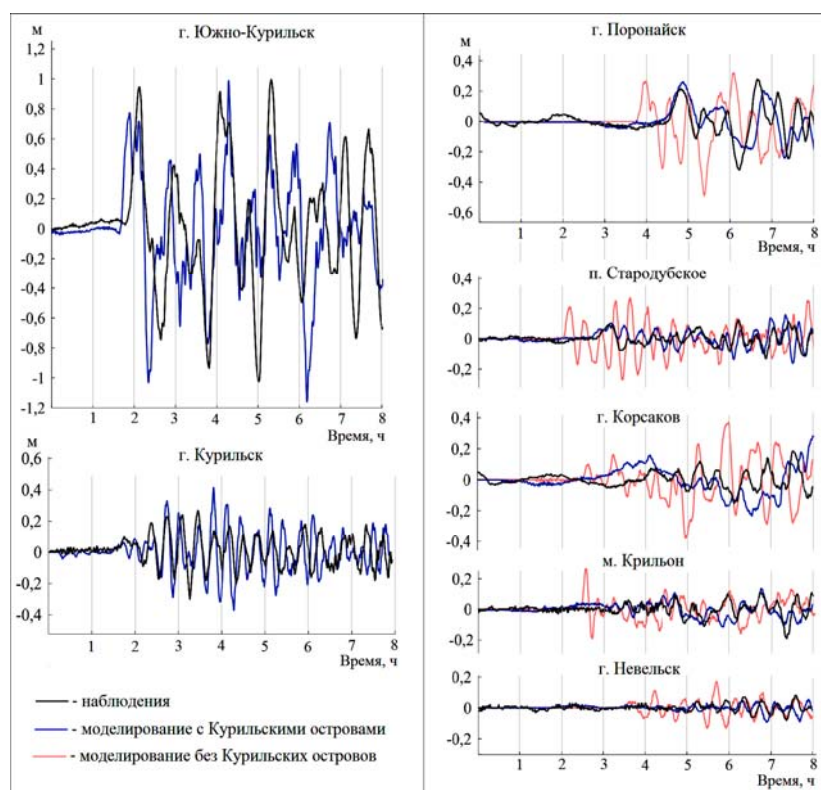


Рис. 3. Колебания уровня моря по наблюдениям и расчетам

На рис. 3 показано сопоставление рассчитанных мареограмм цунами с наблюдаемыми. Как видим, наблюдается

хорошее согласие между расчетами и наблюдениями, несмотря на различия в положениях реальных и компьютерных мареографов. В то же время «удаление» Курильских островов ведет к более раннему приходу волн цунами и значительному увеличению их высоты.

Наша модель адекватно воспроизводит это цунами, что видно из хорошего совпадения рассчитанных колебаний уровня моря с мареограммами цунами в прибрежных пунктах о-ва Сахалин. В то же время если бы не было Курильских островов, то цунами приходили к берегу значительно раньше (максимально на 40 мин) и с большей высотой (в 2–3 раза).

Представленные результаты получены в рамках выполнения гос. задания № 2014/133 (проект № 2839) и гранта РФФИ (14-05-91370).

ЛИТЕРАТУРА

1. Го Ч.Н., Кайстренко В.М., Пелиновский Е.Н., Симонов К.В. Количественная оценка цунамиопасности и схема цунамирайонирования Тихоокеанского побережья СССР. Тихоокеанский ежегодник. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1988. – С. 9–17.
2. Бейзель С.А., Гусяков В.К., Чубаров Л.Б., Шокин Ю.И. Численное моделирование воздействия удаленных цунами на Дальневосточное побережье России // Известия РАН Физика атмосферы и океана. – 2014. – Т. 50. – № 5. – С. 578–590.
3. Костенко И.С., Зайцев А.И., Ялченир А., Рыбин А.В., Яркин С.К. Проявление Тохоку цунами 2011 года в районе Курильских островов и о. Сахалин // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2013. – № 2 (99). – С. 43–51.

ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ОПАСНОСТИ РАЗВИТИЯ НАВОДНЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ Г. КЕРЧЬ

И.Д. Кудрик, Т.В. Хребтова, Л.Е. Подлипенская

*Керченский государственный морской
технологический университет, Керчь
E-mail: inna_kudrik@mail.ru, tkhrebtova@mail.ru*

APPROACHES TO THE RISK ASSESSMENT OF FLOODS IN THE KERCH

The article describes the approach to the assessment hazards of floods in the Kerch.

Основной вид природного риска на реках г. Керчь – это катастрофические затопления при прохождении паводков и опасность разрушения существующих гидротехнических сооружений. Паводки формируются на водосборных бассейнах рек Мелек-Чесме, Катерлез и Булганак, которые протекают по территории города и впадают в Керченский пролив. Повторяемость наводнений, площадь затапливаемых территорий и тяжесть наносимого ущерба превышают все другие чрезвычайные ситуации.

По классификации реки Керченского полуострова относятся к малым рекам с паводковым режимом. Реки маловодны, водный режим изучен недостаточно. Годовой ход уровней воды в реках характеризуется паводками в зимне-весенний период. В отдельные годы кратковременные летние ливневые паводки превосходят зимние и весенние, развиваются относительно быстро, в течение нескольких часов. Главным негативным фактором паводка является стремительный поток воды, приводящий к возникновению вторичных факторов: разрушения или повреждения зданий и сооружений, объектов коммунального хозяйства, автомобиль-

ных и железных дорог, линий электропередач и связи, смыв плодородного слоя почвы, гибель урожая сельхозпродуктов, изменение структуры почвы, проседание грунта, оползни, обвалы и т.д. Основными особенностями обстановки, которая возникает во время паводка, являются: быстрота протекания паводковой ситуации, разрушительный характер, осложненный доступ к жилым домам, а также сложные погодные условия. Так, в период паводка 2002 г. было затоплено 20 км² территории г. Керчь [2; 3] при общей площади около 108 км². Был объявлен режим ЧП, к ликвидации последствий наводнения были привлечены практически все спасатели Крыма. В зонах затопления оказалось свыше 1,3 тыс. зданий с населением более 17,6 тыс. человек, что привело к нарушению нормальной жизнедеятельности населения, большим материальным потерям [2]. Точные цифры ущерба установлены не были, ущерб из бюджета полностью компенсирован не был, а население восстанавливало разрушенное паводком жилье за свой счет.

С целью определения причин периодических затоплений города и анализа факторов, их обуславливающих, был осуществлен анализ территории г. Керчь и водосборных бассейнов рек Мелек-Чесме, Катерлез и Булганак. Площадь водосбора рек соответственно 133, 46 и 32 км², имеются многочисленные притоки. Объем стока паводковых вод по трем рекам в черте г. Керчь составляет 12,53 млн м³ при норме годового стока 2,5 млн м³. Расчетный расход ливневых паводков 1% обеспеченности составляет 146,7 м³/с [2; 3]. Прибрежные защитные полосы и специальные водоохраные знаки на реках отсутствуют. Экологическое состояние русел рек и прилегающих территорий является неудовлетворительным. В последние годы возникли проблемы эксплуатации гидротехнических сооружений, обусловленные рядом факторов, в том числе значительным разрушением бетонного крепления и поверхностных плит, образованием многочисленных трещин; интенсивным зараста-

нием русел и мостовых переходов высшей водной растительностью; заиливанием, засорением и др. Особую опасность для города представляют дождевые паводки на р. Катерлез, которые формируются в результате стекания дождевых вод по склонам и суммирования элементарных расходов. Объем стока паводковых вод реки возможен в размере 3,71 млн м³ при объеме годового стока 2,5 млн м³, при этом расход составляет 59,5 м³/с [2; 3].

Основными гидротехническими сооружениями на р. Катерлез являются коллекторы и пруды-накопители, которые создавались искусственно, в результате сельскохозяйственной деятельности и при разработке карьеров. Площадь каждого пруда не более 3 га. Каждый из них характеризуется зарослями высшей водной растительностью, преимущественно тростником (до 80%). Пруды на момент исследования (февраль 2015 г.) были безводными, т.е. в сработанном состоянии. Техническое состояние ГТС можно охарактеризовать как неудовлетворительное.

Для анализа техногенных причин наводнений в качестве исходных данных были использованы результаты маршрутных исследований, а также исторические и статистические данные паводковых явлений за период с 2002 по 2015 г.

Оценка значимости выделенных показателей определялась методом экспертных оценок, учитывающих степень влияния каждого фактора на итоговую оценку опасности возникновения паводковых явлений. Значения каждого показателя приводились к шкале от 0 до 1, причем минимальное значение соответствовало низкой опасности при проявлении данного фактора, а максимальное – высокой [1]. Оценка итоговой опасности выполнялась по следующим показателям:

X₁ – регулирование стока. Показатель был определен исходя из того, что суммарная емкость существующих противозерозионных прудов составляет около 500 тыс. м³ при объеме паводка 1% обеспеченности 12,53 млн м³;

X_2 – уровень оперативного управления по аккумулярованию ливневого паводка в имеющихся противоэрозионных прудах – практически отсутствует;

X_3 – показатель, характеризующий возможность пропуска паводковых вод в черте города через систему существующих закрытых коллекторов русел рек, а также мостовых переходов; предусматривается осуществление постоянного контроля за состоянием ГТС, мостовых сооружений и обеспечение их готовности к безаварийному пропуску паводковых вод. Восстановление и экологическая реабилитация водных объектов практически не осуществляется;

X_4 – показатель, характеризующий пропускную способность существующих естественных русел, которая обусловлена застройкой и освоенностью прибрежной защитной полосы. Показатель характеризует опасность разрушения берегов и подтопление селитебных территорий. Пассивная защита от наводнений в виде строительства прибрежных дамб и контроля за землепользованием, при которой недопустима застройка пойменных, склонных к затоплению, участков речной долины проводится слабо;

X_5 – показатель, характеризующий пропускную способность существующих естественных русел, обусловленную наличием «шероховатости» из-за заиления русел, скопления наносов и мусора и зарослей высшей водной растительности;

X_6 – уровень опасности, обусловленный современным состоянием существующих гидротехнических сооружений. Техническое состояние сооружений инженерной защиты, в том числе дамб, коллекторов и др., в большинстве случаев оценивается как неудовлетворительное с опасным уровнем безопасности.

Интегральный риск был вычислен как средневзвешенное значение всех показателей – от X_1 до X_6 . Низкий уровень риска соответствует значению показателя $\leq 0,3$; средний – $0,3-0,7$ и высокий – $\geq 0,7$. Результаты представлены в табл.

Таблица

**Распределение показателей
опасности возникновения паводковых явлений**

Малые реки г. Керчь	Показатели						Инте- гральный индикатор	Риск
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆		
Мелек-Чесме	0,9	0,9	0,7	0,7	0,9	0,8	0,81	высо- кий
Катерлез	0,5	0,9	0,9	0,8	0,8	0,9	0,76	высо- кий
Булгана- нак	0,4	0,9	0,8	0,6	0,7	0,7	0,64	сред- ний

Полученные данные позволяют управлять риском, в том числе запланировать и выполнить первоочередные мероприятия по его снижению. Так, проверка системы управления риском наиболее простым способом, за счет любого из показателей, например, X₅ показала ее эффективность. Проведение мероприятий по очистке русла, которые выполняет МЧС на территории Крыма, с учетом необходимости проведения этих работ по крайней мере дважды в течение года, может существенно снизить риск развития опасного для города природного явления.

Условно примем, что значение показателя X₅ при выполнении этих работ составит 0,2, тогда интегральный риск снижается до среднего уровня и составляет для р. Мелек-Чесме – 0,67, р. Катерлез – 0,64 и р. Булганак – 0,54.

Таким образом, для снижения риска наводнения и улучшения экологического состояния региона в целом необходимо провести следующие мероприятия:

– увеличить пропускную способность естественных речных русел рек Мелек-Чесме, Катерлез, Булганак за счет углубления и расширения, регулярной очистки русел рек и их притоков от наносов, мусора и от зарослей высшей вод-

ной растительности. Осуществлять контроль застройки прибрежной полосы;

– реконструировать и привести в надлежащее состояние гидротехнические сооружения, расположенные на водосборном бассейне рек; на территории города создать системы дренажа и ливневой канализации достаточной пропускной способности;

– произвести паспортизацию рек и инвентаризацию ГТС, ввести в действие систему оперативного управления на гидротехнических сооружениях по аккумулярованию ливневого паводка.

Выполнение каждого из этих мероприятий по отдельности или в комплексе позволяет снизить уровень риска до среднего или даже низкого.

Однако запланированные мероприятия, начиная с 2002 г., в том числе составление технико-экономического обоснования необходимых инвестиций на строительство противопаводковых сооружений, не выполнены. В Программе РК № 539 от 23.12.2014 строительство новых и ремонт существующих ГТС на территории Керченского полуострова не предусмотрены, что обуславливает высокий уровень риска.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудрик И.Д., Ошкадер А.В., Подлипенская Л.Е. Система унифицированных индикаторов как инструмент оценки экологических ситуаций прибрежных зон // Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России: Сб. статей XIII Междунар. научно-практ. конф. (Пенза, МНИЦ ПГСХА, 29.01.2015). – Пенза: РИО ПГСХА, 2015. – С. 44–47.

2. Рабешко С.М., Ступаченко Ю.В. Гидрологическое обоснование необходимости защиты г. Керчь от паводков // Сборник научных работ «Строительство и техногенная безопасность». – Симферополь, 2007. – Вып. 18. – С. 195–198.

3. Рабешко С.М., Ступаченко Ю.В. Комплекс гидротехнических сооружений для защиты г. Керчи от паводков // Сборник

научных работ «Строительство и техногенная безопасность». – Симферополь, 2007. – Вып. 18. – С. 198–203.

ТЕХНОГЕНЕЗ И ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТИ АДЫРОВ ЮГО-ЗАПАДНОГО ТАДЖИКИСТАНА

*А.А. Лаврусевич, А.М. Кабиров, И.А. Лаврусевич,
Лу Шенпин, О.К. Вдовина*

*Московский государственный строительный университет
E-mail: lavrusevich@yandex.ru*

TECHNOGENESIS AND VULNERABILITY ASSESSMENT ADYRS OF SOUTHWEST TAJIKISTAN

The article deals with the vulnerability assessment foothill areas (adyrs) southwest Tajikistan from natural and man-made factors.

Таджикистан, уникальный регион, где горы занимают около 93% территории. Равнины аридных регионов Таджикистана представляют наиболее густонаселенные территории с развитым сельским и промышленным хозяйством. Минимальное количество площадей удобных для производства, строительства и сельскохозяйственного использования в Таджикистане, увеличение численности населения страны, приводит к необходимости освоения предгорных территорий. Осваиваются территории ранее не вовлеченные в инженерно-хозяйственную деятельность человека. Техногенез активно «наступает» на предгорные территории Таджикистана.

Техногенез – процесс изменения природных комплексов и биогеоценозов под воздействием инженерно-хозяй-

ственной деятельности человека [1]. Данный процесс идет по трем направлениям: строительство (гидротехнические и линейные сооружения, жилые и промышленные здания), орошаемое или богарное земледелие и рекреационное освоение. Однако малейшее нарушение естественного состояния грунтовых массивов может привести к возникновению опасных геологических феноменов. Если к тому же учесть, что вся территория Таджикистана относится к высокосейсмичной зоне, становится ясным то пристальное внимание, которое исследователи уделяют предгорным территориям Таджикистана, или как их называют местные жители – адыры.

Это обусловлено тем, что верхи геологических разрезов адыров венчают лессовые породы достаточной мощности [2]. Лесс – сложное геологическое образование зоны гипергенеза границы распространения которого достаточно строго ограничены географической средой. Лессовые породы реагируют на малейшие изменения термодинамической обстановки адаптируясь к окружающей среде с высокой скоростью изменяя свои специфические свойства. Действительно, такие эфемерные свойства лессовых пород как недоуплотненность, низкая влажность, наличие неустойчивых структурных связей и др. связаны прежде всего с климатом, характером рельефа, деятельностью живых организмов и техники. Так например, такие опасные геологические феномены как лессовый псевдокарст и просадочность являются характерными для лессовых пород и сохраняется лишь в районах с радиационным индексом сухости $R/Lr > 1$ и не превышающим 3, где R – радиационный годовой баланс ($30\text{--}50 \text{ ккал/см}^2$), r – годовое количество атмосферных осадков (г/см^2), L – скрытая теплота испарения (ккал/г) за год, что ставит планетарному распространению лессовых пород достаточно жесткие границы [3].

За счет расчлененного рельефа адыров, наряду с оползнями, обвалами и интенсивным оврагообразованием, разви-

ты лессовый псевдокарст, просадочные явления и другие опасные феномены. Полоса адыров выполняет роль буферной зоны между горной страной и равнинной территорией. Она принимает на себя «удар» селевых потоков сформировавшихся в горном поясе. На этой площади выпадают основные атмосферные осадки грозových фронтов, которые не могут преодолеть горные массивы (рис. 1). Для этой зоны характерен свой видовой состав растительности и животного мира.

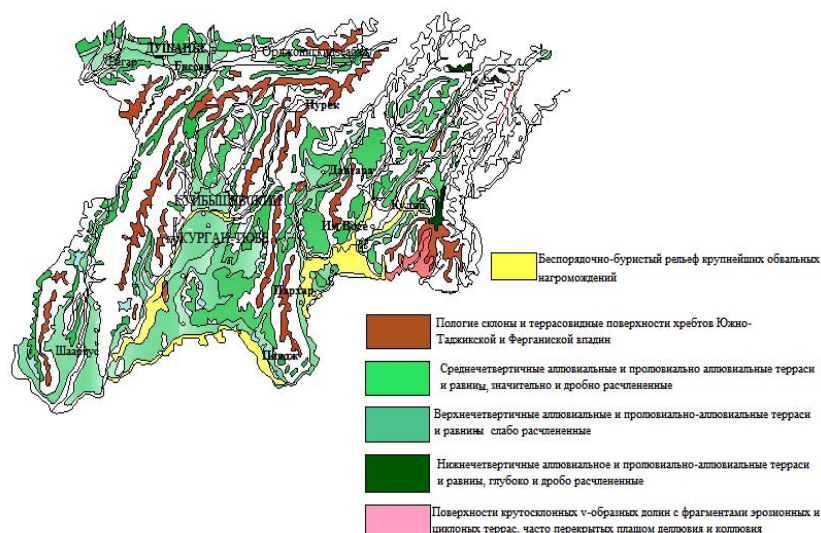


Рис. 1. Предгорья Юго-Западного Таджикистан

Для установления вероятных природных, материальных и социальных рисков от опасных геологических феноменов, необходимо введение количественного и качественного показателей, характеризующих происходящие процессы. В основу оценки положен метод, основанный на анализе данных о развитии опасных геологических процессов при различных видах воздействия (природных и

техногенных) на лессовый массив и, как следствие, аварийные ситуации инженерных сооружений, вывод из севооборота сельскохозяйственных земель, экологические последствия и др. [4].

Уязвимость лессовых массивов зависит от большого количества факторов, главными из которых будут являться: степень техногенной нагрузки, недостаточный контроль за водным балансом 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 опасных процессов.

Для получения сопоставимых между собой результатов целесообразно оценивать уязвимость через некоторые общие показатели, при которых происходят воздействия на рассматриваемые территории и объекты. В основу количественной оценки уязвимости лессовых массивов при их поражении опасными процессами положен экспертно-аналитический метод, базирующийся на интегральном показателе их воздействия на лессовые массивы. Также рассматриваются изменения, происходящие при воздействии геологических процессов на подземные конструкции и фундаменты сооружений, на последствия недостаточной эксплуатационной надежности зданий, сооружений подземной инфраструктуры, на экологические последствия и т.д.

Уязвимость адыров сложенных лессовыми породами вследствие опасности их поражения геологическими процессами зависит от большого количества факторов. В первую очередь к ним следует отнести: грунтовые условия, геоморфологические особенности, климат, биологические особенности, характер техногенной нагрузки (плотность застройки территории, особенности ее строительного освоения, в том числе использование подземного пространства и др.), геотехнические показатели, экологическую характери-

стику, пораженность территории опасными процессами, уровень эксплуатационного обслуживания и др.

Расчет коэффициента уязвимости адыров, сложенных лессовыми породами, проводим, определяя степень уязвимости территории по каждому показателю уязвимости отдельно, а затем, на основе полученных результатов вычисляем количественный показатель – коэффициент уязвимости как критерий интегральной оценки совокупного влияния всех показателей на уязвимость территории.

Результаты расчетов коэффициента уязвимости позволяют проводить районирование предгорных территорий по значению коэффициента уязвимости, определяя общий уровень уязвимости территорий и исключая площади максимального риска.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Реймерс Н.Ф.* Природопользование. Словарь-справочник. – М.: Мысль. 1993. 640с.
2. Атлас Таджикской ССР Издательство: Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР. – Душанбе–Москва, 1968.
3. *Кригер Н.И.* Лесс формирование просадочных свойств. – М.: Наука, 1986. – 133 с.
4. *Лаврусевич А.А.* Оценка опасности, уязвимости лессовых массивов и степени геологического риска при развитии лессового псевдокарста // Материалы Международной научно-практической конференции по проблемам снижения природных опасностей и рисков «ГЕОРИСК – 2012». – М., 2012. – С. 301–305.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗОЛОТВАЛОВ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Н.А. Ларионова

Московский государственный университет

им. М.В. Ломоносова

E-mail: nin.larionowa@eandex.ru

ESTIMATION OF THE INFLUENCE OF FLY ASH DUMPS ON THE ENVIRONMENT

The influence of fly ash dumps on the environment is discussed. The questions of negative impact of dumps on soil, atmospheric air and vegetative covers are of the main concern.

В настоящее время на территории Российской Федерации обостряется проблема загрязнения окружающей среды в результате деятельности промышленных предприятий. Эта проблема характерна для многих промышленных регионов. Существенный вклад в загрязнение всех компонентов окружающей среды вносят энергетические предприятия за счет газопылевых выбросов, сброса сточных вод и накопителей промышленных отходов.

Воздействие тепловых станций на атмосферу обусловлено газопылевыми выбросами, содержащими токсичные вещества: газы и частицы золы. Среди газовых выбросов преобладающими являются диоксиды серы (SO_2) и азота (NO_2). Диоксид серы считается одним из основных загрязнителей. Загрязнение атмосферы за счет газопылевых выбросов приводит к загрязнению почв, поверхностных и подземных вод на больших площадях. Систематическое выпадение загрязняющих веществ с атмосферными осадками приводит к постепенному накоплению веществ антропоген-

ного происхождения в почвах, растительности, поверхностных и подземных водах, что способствует изменению их качества и химического состава.

При сжигании твердого топлива на ТЭС образуется большое количество золошлаковых отходов (ЗШО). Их объемы зависят от вида, качества и количества используемого твердого топлива, мощности электростанций, технологии его сжигания. Образующиеся золошлаковые отходы складировются на золоотвалах.

В настоящее время в отвалах накоплено около 1,5 млрд т золошлаков. Золоотвалы — это ответственные гидротехнические сооружения, которые в технологической цепи энергетических комплексов являются важным звеном функционирования ТЭС и ГРЭС. Они занимают достаточно большие площади, и в настоящее время площадь, занимаемая золоотвалами, достигает около 22 тыс. га, и ежегодно она увеличивается на 4%. Кроме отчуждения площадей под отвалы, они, в свою очередь, являются локальными источниками загрязнения всех компонентов окружающей среды.

С поверхности золоотвалов переносятся ветром пылевые частицы, оседающие на поверхность почвы и растительность, загрязняют их. С поверхности золоотвалов вынос пылевых частиц составляет 1140 г/с, представленных на 20–70% SiO_2 [4].

В результате сброса сточных вод загрязняются поверхностные воды. Отмечается изменение состава воды, повышается минерализация, содержание биогенных веществ, нефтепродуктов и некоторых микроэлементов.

Содержание нефтепродуктов в р. Чулым в 2–3 раза выше по сравнению с водой фоновых створов. Концентрация некоторых микроэлементов даже на расстоянии 12 км ниже сброса превышает их фоновые показатели [3].

Многие загрязнители поступают в донные отложения. По данным А.А. Черенцовой, в донных отложениях реки

Березовой, расположенной недалеко от отвала Хабаровской ТЭЦ-3, содержание тяжелых металлов превышает их максимальное количество в отложениях чистых водоемов в 8,5 раз. В донных отложениях реки Березовой в районе с. Федоровка содержание Zn превышало в 1,03 раза; Cd – в 1,6–5,3 раза; Pb – в 1,13–1,15 раза по сравнению с показателями в фоновых водоемах [4]. Разброс концентраций металлов в отложениях обусловлен их дисперсностью и минералогическим составом. Содержание ТМ повышается с увеличением дисперсности частиц.

Из отвалов происходит инфильтрация зольных вод в подстилающие породы и в последствие в водоносные горизонты, что способствует загрязнению подземных вод. Суммарная инфильтрация из двух отвалов Назаровской ГРЭС оценивается в 9,5 тыс. м³/сут. Расчетная инфильтрация из отвала Березовской ГРЭС достигает 5,0 тыс. м³/сут [1]. Фильтрационный поток поступает в аллювиальный водоносный горизонт и способствует его загрязнению. Особую значимость приобретает химическое загрязнение подземных вод. При инфильтрации вод из золоотвалов в подстилающие грунты и подземные воды, уровень загрязнения по барию достигает 2–3 ПДК, по стронцию – до 0,2–0,3 ПДК. Кроме металлов подземные воды загрязняются и фенолом (в среднем до 32–36 ПДК) [1].

Инфильтрация техногенных вод из отвалов в аллювиальный горизонт изменяет гидродинамические, гидрогеохимические и гидрогеотермальные условия. За 25-летний период функционирования отвалов Назаровской ГРЭС зона техногенно нарушенного режима подземных вод протянулась на расстояние 17 км в западном направлении и до 7 км в других направлениях [3].

Исследования, проведенные по оценке влияния золоотвалов Средней Сибири на подземные воды, показали, что максимальной степенью накопления в подземных водах об-

ладает геохимическая ассоциация V–Ba–Mn–Pb, что вдвое превышает показатель накопления геохимической ассоциации Sr–Co–Ni–Cu–Ti. Гидрохимические исследования, проведенные на многих золоотвалах Средней Сибири, позволили установить, что загрязнение подземных вод в районе их воздействия определяется активностью выявленных геохимических ассоциаций: V–Ba–Mn–Pb; Sr–Co–Ni–Cu–Ti; Cr–Mo–Li [2].

Прослеживается связь геохимических ассоциаций подземных вод с поверхностным водотоком р. Черемушка, являющейся участком их разгрузки в зоне влияния секции № 1 золоотвала Красноярской ТЭЦ-3 [2].

Золоотвалы загрязняют атмосферу в результате возникновения в некоторых регионах «пылевых бурь» и переноса пылеватых частиц ветром, при этом загрязняются почвы и растительность, в том числе, ТМ и радионуклидами. Концентрации накапливаемых загрязнителей в почвах изменяются в зависимости от расстояния от источника и глубины почвенного профиля.

Исследованиями Черенцовой А.А. по загрязнению почв в районе влияния золоотвала установлено, что концентрации ТМ изменяются по почвенному профилю, при этом максимальный вклад в массу загрязняющих веществ верхнего горизонта почв вносит Pb (41%), несколько меньше Ni (25%) и Zn (14%). Наибольшая миграция вниз по почвенному профилю отмечается для Pb, Zn, Cu и Ni. При этом содержание Ni и Cu значительно превышают ПДК, и в меньшей степени – Pb (табл. 1) [4].

Определение валового содержания ТМ в почвенном разрезе, расположенном в 500 м от отвала, показало их присутствие в меньших концентрациях, по сравнению с ближним участком. Валовое содержание железа в верхнем почвенном горизонте составляло 6942,75 мг/кг, а в нижнем его концентрация достигает 8580,51 мг/кг.

Таблица 1

**Изменение валового содержания компонентов
в почве**

Химии- ческие загряз- нители	Содержание загрязняющих элементов, мг/кг			
	Расстояние от отвала, м			
	100 м от отвала		500 м от отвала	
	Глубина отбора проб, см			
	0,0–20 см	21–40 см	0,0–20 см	21–40 см
Свинец	21,2–82,85	7,65–84,85	18,27	13,24
Никель	1,25–52,18	н.д.	0,83–21,89	21,89
Мышьяк	0,21–2,92	0,37–2,80	н.д.	н.д.
Цинк	2,12–74,80	н.д.	8,54–13,91	13,91
Кадмий	0,10–2,65	0,32–3,35	н.д.	н.д.
Медь	1,80–46,27	1,45–43,08	17,47–37,08	37,08

Содержание Mn в почвенном разрезе колеблется от 46,83 до 307,99 мг/кг, причем в большем количестве – на глубине 16–30 см от поверхности, такое же распределение отмечено для Mo – от 0,12 до 0,75 мг/кг [4].

Исследованиями А.А. Черенцовой отмечено присутствие в почвах в зоне влияния золоотвалов радионуклидов: ^{40}K от 173,1 до 908,0 Бк/кг; ^{226}Ra – от 21,49 до 57,40 Бк/кг и ^{232}Th – от 18,3 до 69,3 Бк/кг.

По сравнению с фоновыми почвами в почвах в зоне золоотвала их содержание превышает: ^{40}K – в 1,2 раза; ^{226}Ra – в 1,6 раза и ^{232}Th – в 2,1 раза [4].

Миграция радионуклидов и ТМ в экосистемах и их биологическая доступность определяются физико-химическими особенностями мигрирующих веществ, почвенными условиями, в частности, минеральным составом и содержанием гумуса.

В растительности (многолетние травы), произрастающей в зоне влияния золоотвалов, по сравнению с травами

с/х угодий среднее содержание радионуклидов превышало: ^{40}K – в 1,3 раза; ^{226}Ra – в 1,5 раза и ^{232}Th – в 7,3 раза [4].

На величину накопления радионуклидов растениями оказывают влияние несколько факторов: содержание их подвижных форм в почве; ее поглощательная способность, содержание коллоидов и минералогический состав; количество и структура органического вещества; длительность взаимодействия радионуклидов с почвой; вид растений, сорт и фаза их развития [4].

Таким образом, золоотвалы представляют собой локальные источники загрязнения практически всех компонентов окружающей среды. В зонах их воздействия создается неблагоприятная обстановка для проживания людей. В результате пыления и поступления загрязняющих веществ в почву и подземные воды создается опасность ухудшения здоровья населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гаврилин К.В., Озерский А.Ю.* Канско-Ачинский угольный бассейн. – М.: Недра, 1996. – 272 с.
2. *Целюк Д.И.* Особенности техногенного воздействия золоотвалов Средней Сибири на подземные воды: автореф. дис. ... к.г.-м.н. – М.: РИС ВИМС, 2009. – 24 с.
3. *Волкова В.Г., Семенов Ю.М., Турушина Л.А. и др.* Человек и окружающая среда на этапе первоочередного развития КАТЭКа. – Новосибирск: Наука. Сибирское отд., 1988. – 224 с.
4. *Черенцова А.А.* Оценка влияния золоотвала Хабаровской ТЭЦ-3 на компоненты окружающей среды // Электронное научное издание «Ученые заметки». – ТОГУ, 2012. – Т. 3. – № 1. – С. 29–42.

РАЙОНИРОВАНИЕ БЕЛАРУСИ ПО АБРАЗИОННОМУ РИСКУ НА ВОДОХРАНИЛИЩАХ

В.Е. Левкевич^{*}, Э.И. Михневич^{**}

*^{*}ГУ «Институт экономики Национальная академия наук»
Минск, Республика Беларусь
E-mail: eco2014@tut.by*

*^{**}УО «Белорусский национальный технический универси-
тет», Минск, Республика Беларусь
E-mail: Ed_Mik_Bia@tut.by*

ZONING BELARUS ABRASION RISKS ON THE RESERVOIR

The research results of abrasion processes on the banks of reservoirs of Belarus. Analyzes the scope of the process of coastal erosion. Given the zoning of the country at risk of abrasion.

В Беларуси в настоящий период эксплуатируется около 150 водохранилищ различного типа общей площадью около 2500 км² и полным объемом 10 км³. Протяженность береговой линии водохранилищ республики составляет более 1500 км, из них около 320 км подвержено активным процессам абразии (переработки) (рис. 1).

Процессы, которые происходят в береговой зоне искусственных водных объектов, оказывают большое отрицательное воздействие на функционирование многих отраслей промышленности и сельского хозяйства, в результате чего происходит отторжение земель из сельскохозяйственного использования, возникает необходимость в переносе жилых и производственных зданий.

Одним из основных вопросов при решении вышеуказанной проблемы является прогнозирование развития береговых



**Рис. 1. Переработка берегов Лепельского
и Заславского водохранилищ**

абразионно-эрозионных процессов на водных объектах и незащищенных откосах подпорных сооружений с оценкой масштабов их проявления, необходимых для принятия инженерных мероприятий по уменьшению убытков от разрушения объектов экономики. Вероятность аварий на гидросооружениях имеет тенденцию роста. Учитывая период эксплуатации водохранилищ Республики Беларусь, считается, что к 2016 г. около 50% водных объектов и их ГТС превысит нормативный срок эксплуатации, составляющий более 40 лет, вследствие чего, возрастет вероятность их повреждения. Для Беларуси проблема эксплуатации «бесхозных» водохранилищ, возникла наиболее остро после развала СССР и аварии на Чернобыльской АЭС.

На загрязненной территории расположено 8 водохранилищ, которые относятся к бассейну р. Припять и принадлежат Хойникскому, Ельскому, Наровлянскому, и Ветковскому районам. В результате катастрофы на Чернобыльской АЭС на водохранилищах были сокращены работы по поддержанию гидротехнических сооружений в работоспособном состоянии, что позволило отнести их к источникам возникновения риск – ситуаций. Наблюдения в настоящий период проводятся по всей территории Республики Беларусь на всех типах водохранилищ, расположенных практически во всех геоморфологиче-

ских районах страны (Центральной части, Поозерье и Полесье) и бассейнов основных рек (Западная Двина, Неман, Припять, Днепр) [1–3].

Общее количество подверженных обследованию водохранилищ составило около 110, из них на 50 водных объектах наблюдались процессы переработки с протяженностью береговой линии, подверженной абразии, более 25 км [3].

Основными параметрами, характеризующими процесс переработки береговых склонов являются: величина линейной переработки берега – S_t , м; объем переработки – Q_t , м³/мп; скорость линейной переработки – q_{St} , м/год; скорость объемной переработки – q_{Qt} , м³/год; протяженность абразионного берега L_s , м. На формирование основных показателей процесса абразии оказывают влияние такие природные процессы как ветровое и волновое воздействие, колебание воды в верхнем бьефе водохранилищ, вдольбереговые течения и др. При изучении рисков абразии на искусственных водных объектах республики решались следующие задачи:

- выделение районов республики, искусственные водные объекты которых наиболее подвержены процессам переработки берегов;
- оценка частоты (вероятности) возникновения основных этапов процесса абразии на искусственных водных объектах;
- изучение масштабов и динамики протекания основных факторов, способствующих процессу абразии;
- разработка вероятностных показателей процесса абразии.

Значения показателя территориального риска абразии – γ_A определялась по формуле вида:

$$\gamma_A = \frac{\sum S_{абр.}^{с-ц}}{S_{р-на}} \quad (1)$$

где в числителе – суммарная площадь зеркала водохранилищ административного района, в знаменателе – площадь района.

Значения показателя территориального риска абразии в дальнейшем применялись при построении карт абразионного риска с использованием информационных систем и геоинформационных технологий [2].

Под термином *абразионный риск* в настоящей работе понималось произведение вероятности наступления процесса абразии на определенном водоеме на возможный ущерб от данного процесса за промежуток времени, равный 1 год, либо за период наблюдений. Применительно к процессу абразии на искусственных водных объектах понятие «*риск*» относится к возможным воздействиям на объект и его реакции на эти воздействия [3]. Под воздействиями понимаются основные факторы, приводящие к абразии: ветровое и волновое воздействие, колебание уровней воды в водохранилище, течения др. Воздействие на объект вызывает определенную «*опасность*», которая численно оценивается через вероятность возникновения. В соответствии с разработанным алгоритмом по оценке абразионного риска, основанного на предложениях А.Л. Рагозина, В.Н. Буровой определяются критерии абразионной опасности, т.е. условия при которых процесс абразии приобретает рискообразующие масштабы. Конечная вероятность возникновения рассматриваемого процесса определяется по зависимости:

$$P(Si) = S_1 + (S_2 + (S_4 \times S_5)) \times S_3, \quad (2)$$

где S_1 – вероятность возникновения (обеспеченность) амплитуды колебания уровней воды в водохранилище;
 S_2 – вероятность возникновения (обеспеченность) ветрового воздействия;
 S_3 – вероятность возникновения (обеспеченность) течение в верхнем районе водохранилищ;

S_4, S_5 – вероятность (обеспеченность) волн различной высоты.

Оценка ущерба от ЧС является составляющей частью риска, без которой установить его значение не представляется возможным. Общий ущерб от абразии берегов D определяется суммированием всех возможных видов ущербов: D_1 – потери основных фондов (строений, креплений, водозаборов и др.), D_2 – потери оборотных фондов; D_3 – потери природных ресурсов (земельных угодий, лесных ресурсов и др.); D_4 – недополученная прибыль; D_5 – затраты на ликвидацию последствий; D_6 – прочие ущербы.

При районировании основным количественным критерием служила величина наибольшей линейной переработки надводной части естественного берегового склона или верхового незакрепленного откоса. Использование системного подхода при изучении количественных характеристик абразии берегов водных объектов позволило установить, что в пределах трех областей (Поозерье, Центральная и Полесье) выделяются шесть районов, которые характеризуются различной интенсивностью процесса абразии. Полученная схема районирования совпадает с геологической и морфологической картами республики и отражает наиболее полно геодинамические процессы, которые протекают в береговой зоне водохранилищ. Наибольшие размывы по данным натурных исследований, возможны в области Поозерья, в районе I и Центральной части, в районах II, III, т.е. на участках территорий с четко выраженным ледниковым рельефом, наличием моренных грунтов, крутых и высоких береговых склонов водохранилищ. В Полесье, имеющем спокойный, равнинный рельеф, выделяются районы с небольшой активностью береговых процессов (районы V, VI). Для условий Минской области было произведено детальное районирование по величине территориального риска абразии (рис. 2) [2; 3]. Аналогичные карты построены для всей территории Беларуси.

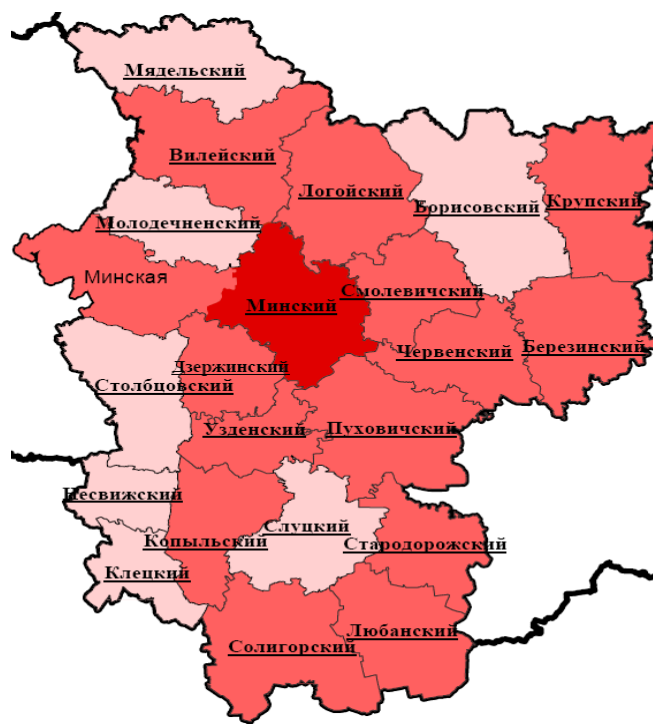


Рис. 2. Районирование территории Минской области по величине территориального риска абразии

ЛИТЕРАТУРА

1. Левкевич В.Е., Михневич Э.И. Закономерности развития деформаций грунтовых откосов дамб и плотин и естественных береговых склонов в условиях водных объектов Беларуси // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания: сборник докладов IV Международной научно-практ. конференции. – Брест: БрГТУ, 2013. – С. 122–125.
2. Левкевич В.Е., Лепихин А.М., Москвичев В.В., Никитенко П.Г., Ничепорук В.В., Шапарев Н.Я., Шокин Ю.И. Безопасность и риски устойчивого развития территорий. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. – 278 с.
3. Левкевич В.Е. Динамическая устойчивость берегов водохранилищ Беларуси. – Минск: Право и экономика, 2015. – 307 с.

**ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ
ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ
НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ И ТЕНДЕНЦИЯ
ИХ ПРОЯВЛЕНИЯ В БЛИЖАЙШИЕ ГОДЫ**

И.В. Мальнева^{*}, Н.К. Кононова^{**}, Б.М. Крестин^{*}

^{*} ВСЕГИНГЕО, Московская область
E-mail: malnir@mail.ru

^{**} Институт географии РАН, Москва

**FEATURES OF THE NATURAL HAZARDOUS
PROCESSES IN RUSSIA AND THE TENDENCY
OF THEIR MANIFESTATION IN THE COMING YEARS**

The features of the development of catastrophic natural processes on the territory of Russia, especially in 2013–2014 years, are discussed. Authors mark their connection with the anomalous peculiarities of the modern climate and the growing role of anthropogenic impacts. Increasing of their activity in succeeding years is expected.

С 2000 г. авторы регулярно обращаются к анализу тенденций развития опасных геологических процессов в связи с современными изменениями климата («Риск 2000», 2003, 2006, 2009, 2012). В настоящее время представляется целесообразным оценить адекватность этого анализа, направленность развития опасных геологических процессов (оползней, селей и др.) за истекшие 15 лет и в дальнейшем.

Одной из причин значительной активизации указанных процессов являются современные особенности глобальной атмосферной циркуляции, с которыми связаны гидрометеорологические экстремумы, обуславливающие их активизацию. Авторами предполагалось, что дальнейшие изменения характера циркуляции атмосферы будут проходить в основном за

счет дальнейшего увеличения продолжительности меридиональной северной циркуляции (по типизации Б.Л. Дзердзеевского [1]).

В настоящее время сохраняется также повышенная интенсивность меридиональной южной циркуляции, а в результате – рост суммарной годовой продолжительности южных циклонов, приносящих южное тепло и осадки в высокие широты при увеличении суммарной годовой продолжительности блокирующих процессов и длительного существования устойчивых антициклонов на континентах зимой и летом. В XXI в. в результате отмеченного увеличения одновременных выходов южных циклонов в разных секторах полушария увеличилась и повторяемость одновременных экстремальных осадков и наводнений в разных далеко расположенных друг от друга регионах. Соответственно, изменилась и активность экзогенных процессов, наиболее чувствительных к изменению погодных условий, прежде всего, оползней и селей.

В то же время активность селей, оползней и других опасных геологических процессов в XXI в., в отличие от XX в., помимо влияния климатических факторов во все большей степени обусловлена техногенным фактором.

На территории России к наиболее опасным регионам проявления катастрофических процессов относятся Поволжье, Северный Кавказ, Тихоокеанский регион (Камчатка, Сахалин, Курильские острова).

Наиболее сильная активизация оползней и селей при совместном влиянии природных и техногенных факторов на Северном Кавказе, как отмечалось ранее, произошла в июне 2002 г., а также в июле 2012 г. (Крымск). Одной из причин гибели людей при наводнениях являлось пренебрежительное отношение к состоянию рек и неправильное строительство сооружений в зоне разлива рек. Важной причиной этой трагедии на Черноморском побережье летом 2012 г. явилось неконтролируемое заселение потенциально опасных территорий.

Синоптическая ситуация, сложившаяся в 2012 г. на Черноморском побережье и на остальном Северном Кавказе, не была уникальной. Более того, она была характерной для последних лет (2002, 2009, 2010, 2011 гг.) и всегда приводила к повышению уровня рек, паводкам, активизации оползней и селей. Современный характер циркуляции атмосферы способствует увеличению вероятности и интенсивности таких событий. Очень большую опасность представляет территория Большого Сочи и Красной Поляны, где при современном увеличении интенсивности хозяйственной деятельности в связи с Олимпийскими играми 2014 г. уже значительно увеличилась активность оползней и селей, а в будущем опасность селей здесь может еще увеличиться.

Опасная ситуация развивается, когда средиземноморские циклоны встречают преграду в виде устойчивого антициклона на юге Русской равнины. Весной 2014 г. обильные и катастрофические осадки вызвали наводнения и сход селей на Кавказе, Алтае и Дальнем Востоке. На Дальнем Востоке ситуация особенно опасная, поскольку южные циклоны, зачастую бывшие тайфуны, упираются в полосу высокого давления, направленную на Тихий океан через Берингов пролив. Они несут большой запас влаги и перемещаются с большой скоростью, поэтому количество осадков и последствия их выпадения могут быть катастрофическими на большой территории [1].

При сложившемся характере атмосферной циркуляции наибольшую продолжительность имеют те элементарные циркуляционные механизмы (ЭЦМ), погода при которых больше всего способствует природным катастрофам в различных регионах (ЭЦМ 12а, 13л, 13з, 9а). ЭЦМ 12а – самый турбулентный макропроцесс на Северном полушарии. С ним связаны обильные осадки, наводнения, сели и оползни на Кавказе, в Сибири и на Дальнем Востоке. При ЭЦМ 13л южные циклоны выходят на Дальний восток, на

Забайкалье и Восточную Сибирь, а средиземноморские циклоны, обходя антициклон над Европейской Россией – на Западную Сибирь и Алтай и могут оставлять там осадки.

Таким образом, преобладающие в настоящее время атмосферные процессы весьма благоприятны для развития стихийных бедствий, обусловленных обильными осадками. Это, прежде всего, наводнение на Дальнем Востоке в 2013 г. Наводнение произошло вследствие сочетания неблагоприятных погодных факторов. Осенью 2012 г. в бассейнах притоков Амура выпало местами до полугодовой нормы осадков, реки ушли в зиму с высоким уровнем, зимой было много снега, затем – затяжная холодная весна. Почва не впитывала выпадавшую влагу. Усугубили ситуацию сильные дожди. По многим метеостанциям Амурской области к началу августа суммы осадков уже превысили годовую норму.

Одновременно с подготовкой и развитием наводнения на Дальнем Востоке осенью 2013 г. отмечались и стихийные бедствия на Черноморском побережье Кавказа [2]. 4 сентября атмосферный фронт обрушился очень сильными дождями на Краснодарский край. В эпицентре оказалось Сочи, где за сутки выпало до 153 мм при месячной норме 140 мм. В сентябре здесь началось мощное наводнение. В этот же период была зафиксирована существенная активизация селей (10 проявлений в сентябре) и заметная активизация оползней (10 проявлений) на территории горного кластера строительства олимпийских объектов, связанная как с экстремальным увлажнением, так и с техногенным воздействием на территорию.

В мае 2014 г. в Алтайском крае из-за сильных осадков и таяния ледников разлилась р. Обь с притоками, пострадало 33 000 жителей, разрушено 4000 домов, мосты, дороги. Под водой оказалось более 70% территории, ущерб составил более 6 млрд рублей. В мае на Европейской территории России стоял антициклон. Циклоны с Восточного Средиземно-

морья вынуждены были обходить его с юга и выходили на юг Западной Сибири, на Алтай. Встреча теплых и холодных воздушных масс способствовала обострению атмосферных фронтов и увеличению количества осадков. В передней части циклонов из Казахстана закачивался на Алтай теплый воздух. Это способствовало таянию ледников. Так сформировалось катастрофическое наводнение, а в горах наблюдались проявления селей.

В июне 2014 г. в Бурятии также отмечались сильные дожди, максимальное количество осадков зафиксировано станциями Петропавловка и Кяхта, где выпало 15 и 13 мм соответственно. При этом в горах осадков было заметно больше, что наряду со сложными орографическими условиями привело к резкому подъему уровня воды в р. Кын-гырга. Отмечен сход селя. В результате был подтоплен поселок Аршан Тункинского района. Разрушено несколько мостов, все дороги размыты. Обильные осадки наложились, по-видимому, на интенсивное снеготаяние, что способствовало формированию мощного селевого потока.

Анализ синоптической обстановки в день прохождения селя и накануне позволяет отметить, что характер погоды соответствовал отмеченному выше как наиболее селеопасному ЭЦМ 13 л. Следует отметить, что последнее наводнение такого масштаба в Аршане наблюдалось в 1971 г. при сходной синоптической ситуации. Возможно, существует опасность активизации селей в ближайшее время на значительной территории Прибайкалья.

Наводнения в 2013 и 2014 гг. на Дальнем Востоке, Алтае, Бурятии и других территориях явились следствием современного характера циркуляции атмосферы. Увеличение суммарной годовой продолжительности макроциркуляционных процессов, обеспечивающих межширотный обмен воздушных масс, приводит к возрастанию экстремальных осадков в разных секторах Северного полушария, в том числе и на территории России, что в свою очередь ведет к

росту наводнений и опасных экзогенных процессов. В ближайшие годы этот характер циркуляции сохранится. С одной стороны, оправдывается предположение о сходстве активности опасных геологических процессов в настоящее время с 60-ми гг. XX в. [3], с другой – наблюдаются существенные различия. Они связаны с характером погоды, обусловленной указанными выше особенностями атмосферной циркуляции.

Главной особенностью погоды будет ее неустойчивость, возможны экстремальные засухи и наводнения, Опасность оползней и селей может в ближайшие годы увеличиться в результате воздействия природных факторов, причем масштабы проявлений существенно возрастут за счет бесконтрольных техногенных воздействий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кононова Н.К.* Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому / отв. ред. А.Б. Шмакин; Российская акад. наук, Ин-т географии. – М.: Воентехиниздат, 2009. – 372 с.
2. *Крестин Б.М., Мальнева И.В.* Активность оползневого и селевого процессов на территории Большого Сочи и ее изменения в начале XXI века // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2015. – № 1. – С. 58–66.
3. *Мальнева И.В., Кононова Н.К.* Современные тенденции развития опасных природных процессов на территории России // Проблемы снижения природных опасностей и рисков: материалы Международной научно-практической конференции «ГЕОРИСК – 2009». – М.: Изд-во РУДН, 2009. – С. 176–181.

**СЕЗОННО-ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЕ
ЧИСЛЕННЫЕ ОЦЕНКИ ПОДВЕРЖЕННОСТИ
ГЕОСИСТЕМ КОМПЛЕКСУ ОПАСНЫХ
ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**

П.Е. Марченко

*Кабардино-Балкарский научный центр РАН,
Центр географических исследований, Нальчик
E-mail: cgrkbncran@bk.ru*

**THE SEASONALLY DIFFERENTIATED NUMERICAL
ESTIMATES OF SUSCEPTIBILITY OF GEOSYSTEMS
TO COMPLEX OF DANGEROUS EXOGENOUS
PROCESSES**

The seasonal differentiated numerical estimates of susceptibility of geosystems to a complex of natural hazards of exogenous genesis at the fixed parameters of geotaxons as basic elements of structuring geosystems are presented. The author's methodology basing on geoinformation models and methods is the basis for the assessment. Results of realization of methodology for the analysis of susceptibility to the dangerous exogenous processes (DEP) of the territory of Kabardin-Balkar Republic, as a certain methodological ground having unique properties from the point of view both as of potential opportunity, so of the manifestations that are actually taking place, quite often having extreme character, of considerable part from the list of dangerous exogenous processes to which the territory of Russia is subject are presented.

Работа посвящена развитию и практической реализации методологии исследования подверженности геосистем комплексу опасных природных процессов (ОПП), в том числе экзогенного генезиса, в основе которой лежат геоинформационные модели и методы [напр., 1–3]. Приведены результаты примене-

ния методологии для детального анализа подверженности опасным экзогенным процессам (ОЭП) территории Кабардино-Балкарской Республики, как определенного методологического полигона, обладающего уникальными свойствами с точки зрения, как потенциальной возможности, так и фактически имеющимися место проявлениями, нередко экстремального характера, значительной части из перечня опасных экзогенных процессов, воздействию которых подвержена территория России.

Основным элементом структурирования геосистем для дальнейшего представления информации об ОЭП и ее анализа с точки зрения подверженности геосистем отдельным ОЭП или их совокупности в рамках методологии, является геотаксон, определение и свойства которого нами достаточно детально описаны ранее, например [1; 2]. При реализации методологии геотаксоны, совокупностью которых представляется исследуемая территория, равны по площади и имеют квадратную форму. Численный интегральный показатель природной опасности геотаксона (ИППОГт) определяется посредством обработки информации по ячейкам, на которые разбивается каждый геотаксон (размеры ячеек и их количество по всем анализируемым геотаксонам одинаково; ячейки распределены по геотаксону равномерно) [1; 2]. Наиболее оптимальным является количество узлов в геотаксоне равное 16, 25 [4].

В качестве объективного показателя степени опасности природного процесса с точки зрения последствий его воздействия непосредственно на человека, природные или различные хозяйственные объекты принята величина суммарного давления на объект.

В табл. приведена в сокращенном виде шкала (полная шкала представлена, например в [3]) критических значений суммарного давления ОЭП и соответствующих баллов при разрушении природных и хозяйственных объектов. Расчет значений (ИППОГт) осуществляется посредством определения нормы вектора, элементами которого являются показатели опасности расчетных узлов геотаксонов, с применением следующих формул [напр., 4]:

Таблица

**Шкала критических значений суммарного давления ОПП
И соответствующих баллов при разрушении (уничтожении)
хозяйственных и природных объектов**

Балл	Суммарное давление ОПП, Р, 10 ⁵ Па	Примеры хозяйственных и природных объектов в зоне поражения ОПП
1	0,05	Разрушение стекол, оконных рам, дверей; изгородей; слом ветвей деревьев
2	0,5	Разрушение деревянных зданий, слом молодых деревьев
3	1,0	Разрушение: бескаркасных кирпичных зданий с покрытием из ж/б элементов, малоэтажных и многоэтажных (три этажа и более)
4	1,5	Разрушение зданий каркасного типа с легким заполнением; зданий со стальными и ж/б каркасами; кирпичных зданий с покрытием из ж/б элементов;; воздушных ЛЭП; деревянных низководных мостов; водонапорных башен; слом стволов деревьев
5	3,0	Разрушение зданий из сборного ж/б; складов-навесов из ж/б элементов; воздушных высоковольтных ЛЭП; трубопроводов на металлических и ж/б эстакадах; слом старого леса

$$D_n = \frac{1}{M} \left(\sum_{i=1}^m \beta_i^n \right)^{1/n} \quad (1)$$

где β_i – значение опасности в узле i в баллах, взаимнооднозначно связанное с соответствующими значениями шкалы суммарных давлений из табл.;

m – количество узлов, подвергающихся воздействию ОЭП;

M – общее количество расчетных узлов геотаксон, $n = 2$.

Учет одновременного воздействия на i -й узел N ОЭП осуществляется применением формулы:

$$\beta_i = \sum_{j=1}^N \beta_{i,j} . \quad (2)$$

Ниже приведены в картографической виде результаты численной оценки потенциальной экзогенной опасности для территории КБР, разделенные на 5 численно-цветовых градаций, отражающих особенности проявления ОЭП в исследуемых случаях (рис. 1, 2).

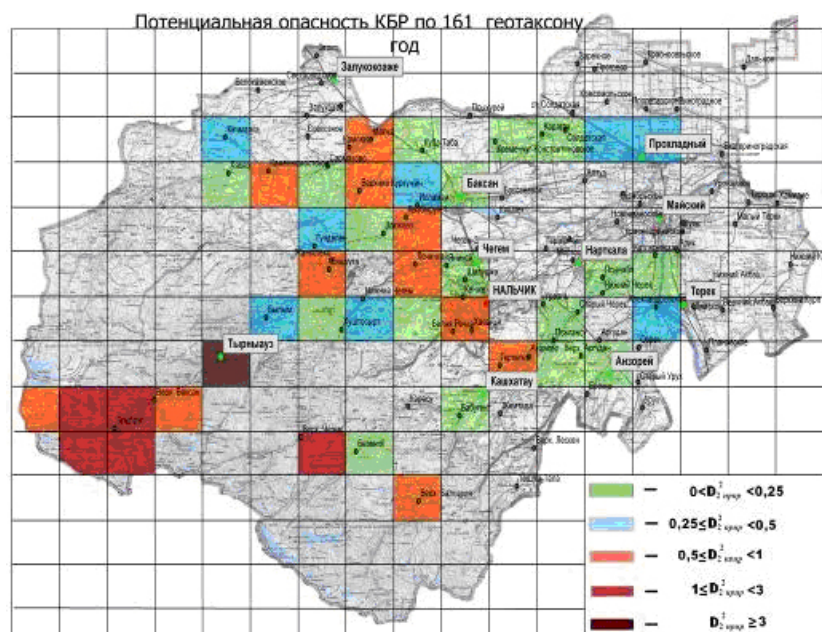


Рис 1. Численная оценка потенциальной экзогенной опасности территории КБР по 161 геотаксону без разделения по сезонам (сели, паводки, оползни, снежные лавины)

Основой для расчетов являлись: выражения (1–2), балльные оценки опасности по данным табл. Размеры геотаксонов 10×10 км

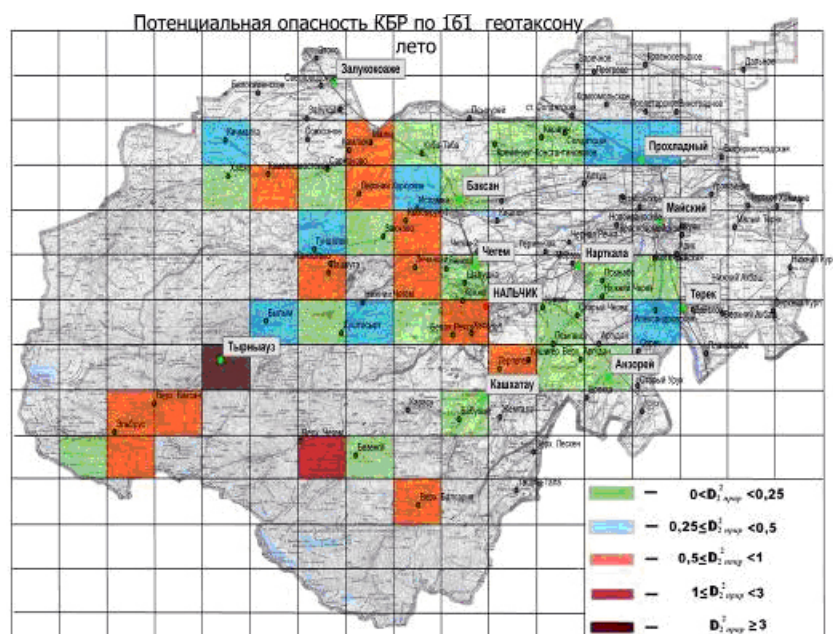


Рис 2. Сезонные (лето) численные оценки
потенциальной экзогенной опасности территории КБР

Остальное – аналогично рис. 1

Учитывались как потенциально возможные проявления ОЭП (или их совокупности) с определенными характеристиками, так и фактически имевшие место проявления ОЭП. Учитывая специфику перечня анализируемых ОЭП и более реальную возможность проявления синергетических эффектов все-таки в летний (весенне-летне-осенний) период, мы дополнительно к интегральным оценкам опасности за весь год, провели их дифференциацию по сезонам (летний).

Выделение сезонной опасности в отдельную категорию обусловлено, в том числе и тем, что синергетическое проявление таких, например, ОЭП, как снежные лавины и сели, вряд ли можно считать высоковероятным. Однако, ситуация с синергетическим проявлением селей и паводков; селей,

оползней и паводков; оползней и паводков вполне реализуема на территории КБР.

Хотя детальный анализ представленных материалов не является предметом рассмотрения данной работы, приведем некоторые комментарии. Первые градации на рис. 1, 2, как правило, соответствует воздействию одного ОЭП на один из 16 узлов геотаксона при минимальных балльных значениях опасности (1 балл). Максимальные значения ИППТОГт (пятая градация) обусловлены воздействием на геотаксон 2 и более ОЭП, наличием синергетического эффекта одновременного воздействия нескольких ОЭП на один узел геотаксона и высокими балльными значениями опасности (от 2–3 до 6).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Марченко П.Е.* Методологические основы определения интегральных показателей природно-техногенной опасности территорий и их сравнения по степени подверженности опасным процессам. – Нальчик: Изд-во КБНЦ РАН, 2009. – 242 с.
2. *Марченко П.Е.* Геоинформационные модели и методы интегральной оценки природно-техногенной опасности территориальных систем: автореф. дис. ... д.т.н. – СПб, 2010. – 44 с.
3. *Марченко П.Е., Кюль Е.В., Анисимов Д.А.* Оценка подверженности геосистем опасным природным процессам: методологическое и информационное обеспечение; интегральные показатели опасности геосистем Кабардино-Балкарской Республики. – Нальчик: Изд-во КБНЦ РАН, 2014. – 152 с.
4. *Марченко П.Е.* Некоторые методические вопросы численной оценки подверженности геосистем опасным природно-техногенным процессам // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2014. – № 5. – С. 62–69.

**СОВРЕМЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
В БАСЕЙНЕ РЕКИ НЕМАН
(В ПРЕДЕЛАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ)**

Т.А. Мележ

*Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины
E-mail: tatyana.melezh@mail.ru*

**MODERN GEOLOGICAL PROCESSES IN THE BASIN
OF THE NEMAN RIVER (BELARUS)**

Considered variously manifested modern geological processes within the basin of the Neman river, which by main source of energy are subdivided into: exogenous, endogenous and anthropogenic. Various modern geodynamic processes interact with each other, resulting in their intensity and speed of manifestation at individual sites may increase up to values at which they become dangerous and cause significant economic damage, worsen the condition of the geological environment.

Современные геологические процессы, их направленность и интенсивность во многом определяются техногенными процессами и тесным образом связаны с природными. Они оказывают как непосредственное, так и косвенное влияние на интенсивность и скорость протекания природных эндо- и экзодинамических процессов. Геодинамические процессы существенным образом влияют на инженерно-геологические условия территорий, поэтому их изучение является актуальным с целью выявления территорий подверженных воздействию опасных природных процессов.

В пределах бассейна интенсивно протекают геологические процессы различной направленности: эндогенные, экзогенные и техногенные (рис.).

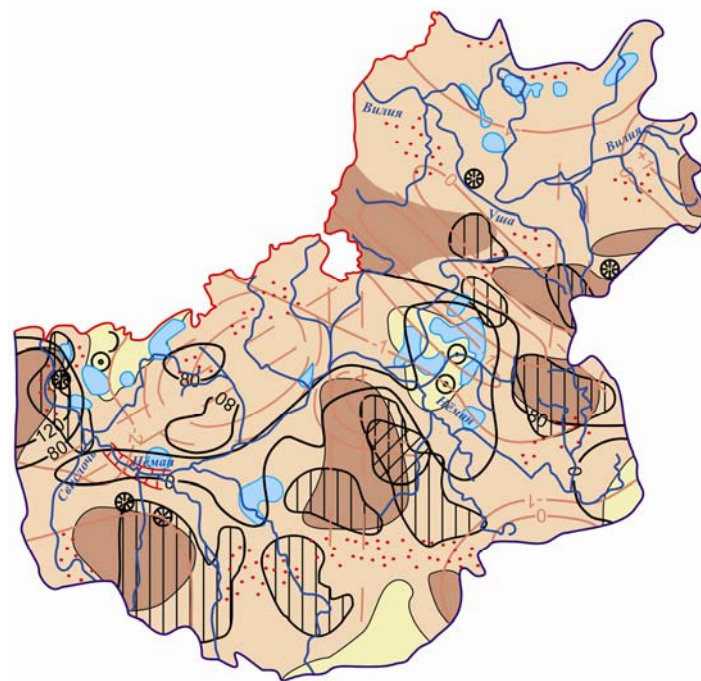


Рис. Карта-схема современных геологических процессов бассейна реки Неман

Условные обозначения:

Экзогенные процессы

делювиальный снос:		линейная эрозия		заболачивание
	отсутствует			эоловая аккумуляция
	слабый			эоловая дефляция
	сильный			изолинии накопления делювиальных шлейфов, см

Эндогенные процессы

—2—

изолинии скоростей современных вертикальных движений, мм/год

Отображение в рельефе деформаций:



кольцевые



линейные

Техногенные процессы



денудация



аккумуляция



просадки

К категории экзогенных процессов относятся: делювиальный снос; суффозия; обвалы, оползни и осыпи; эоловая аккумуляция и дефляция; заболачивание и торфообразование; карст и крип. К группе эндогенных процессов относятся: современные движения земной коры. К числу техногенных процессов относятся: денудация; аккумуляция; просадки.

Интенсивность проявления природно-техногенных процессов варьирует на территории изучаемого региона. Различные виды современных процессов взаимодействуют между собой, в результате чего их скорости на отдельных участках могут достигать значений, при которых наносится существенный экономический ущерб и ухудшается экологическая обстановка.

Экзогенные процессы. К данному классу на рассматриваемой территории относятся: плоскостной смыв; линейная эрозия; суффозионные процессы; крип; гравитационные процессы; эоловая аккумуляция и дефляция; заболачивание и торфонакопление. Интенсивность процессов экзогеодинамики во многом определяются характером дневной поверхности. Оротографической особенностью территории является система возвышенностей Белорусской гряды, дугообразно вытянутых с юго-запада на северо-восток. Рельеф

характеризуется не только относительной древностью, но внешними особенностями. Эти черты выражены в ряде признаков денудации, эрозионного расчленения, выколаживания поверхности.

Эрозионные процессы. Значительное влияние на проявление и развитие водно-эрозионных процессов оказывает длина склонов и глубина вертикального расчленения. Среди эрозионных процессов в пределах территории изучения активно развиваются – плоскостной смыл и линейная эрозия. Природные особенности в совокупности с повышенным количеством осадков (более 600 мм) создают условия для интенсивной эрозии. Длительное использование земель человеком, сведение естественной растительности и частое применение неправильных агротехнических приемов привели к интенсификации процесса эрозии и формированию у подножья склонов сравнительно мощных делювиальных шлейфов.

Суффозионные процессы. На участках развития мощных лессовидных отложений ледникового генезиса (gIIsz), в пределах бассейна Немана – на Новогрудской возвышенности, встречаются овраги, возникающие в результате суффозионно-просадочных явлений, так называемой тоннельной эрозии. Наиболее типичной суффозионной формой являются западины. Они встречаются во всех районах распространения лессовидных отложений. На интенсивность проявления суффозии влияет и рельеф. В пределах Волковысской возвышенности на участках близкого расположения меловых пород встречаются котловины суффозионно-карстового генезиса.

Гравитационные процессы. На исследуемой территории отмечается медленное перемещение материала на склонах (*крип*) и процессы, идущие с высокой скоростью (*обвалы, осыпи*). Необходимым условием протекания таких процессов – сравнительно крутые склоны (более 2° для крипа, около 15–20° для оползней, обвалов, осыпей).

Эоловые процессы. Многочисленные эоловые образования, представленные эоловыми грядами, параболическими дю-

нами и бугристыми песками распространены на широких плоских пространствах Неманской низины. Равнинная поверхность Копыльской гряды нарушается эоловыми формами – дюнно-бугристым рельефом, отдельные дюны достигают высоты до 5 м. В междуречье рек Уша и Неман плоско-волнистая, иногда мелкохолмистая поверхность Столбцовой равнины пересекается эоловыми формами, высота дюн достигает 5–8 м, отмечаются также участки развеваемых песков (д. Николаевщина).

Процессы заболачивания и торфонакопления. На территории региона эти процессы привели к образованию довольно многочисленных, но относительно небольших по площади торфяников. Здесь доминируют низинные торфяники, верховые болота практически отсутствуют, за исключением участка в междуречье Дитвы и Гавьи. Наиболее крупные болотные массивы: «Турья», «Лошанский торфомассив», «Хмелище», «Кореличи», «Сима», «Жижма», «Дитвянское», «Докудовское», «Каменный Мост», «Горячий Бор», «Святое», «Мастки-Нивище» – приурочены к правобережью Немана, «Кулик», «Зельвянка», «Ружанское», «Багно-Схеда» – приурочены к левобережью Немана.

Техногенные (антропогенные) процессы. Антропогенная активность, как «третья геологическая сила» из состава эндо- и экзогенных сил, быстро нарастает по энергоемкости и применяется во все более разнообразных направлениях. По разнообразию и силе проявления эта энергия видоизменяет процессы протекающие на поверхности земли.

В настоящее время рассматриваемый класс геологических процессов на изученной территории в значительной степени влияет на трансформацию земной поверхности. Антропогенез ведет к созданию принципиально новых формы рельефа и типов отложений, влияет на ход природных процессов. Антропогенный рельеф (с пашней) развит более чем на 1/3 всей площади. Из созданных человеком форм наиболее характерными, помимо сельскохозяйственных угодий, являются дорожные выемки и насыпи (высотой или глуби-

ной до 7–10 м), террасированные поверхности крупных населенных пунктов, карьеры, отвалы и свалки в районе Гродно, Новогрудка, Баранович, Слуцка и вблизи других наиболее крупных городов.

Техногенные формы рельефа в пределах Новогрудской возвышенности представлены карьерами по добыче строительных полезных ископаемых, спрямленными участками речных русел, дорожными насыпями, прудами, которые в сумме наложили заметный отпечаток на строение поверхности района изучения. В пределах Волковысской возвышенности также значительное распространение получили техногенные формы рельефа: карьеры по добыче цементного и строительного материала. Их глубины достигают 25–30 м, длина 1,5–2 км. На месте выработанных карьеров созданы искусственные водоемы (у г. Волковыска, г. пос. Красносельский).

Выводы:

1. Территория бассейна реки Неман подвержена воздействию как природных, так и техно-природных процессов, однако скорости и интенсивность природных процессов не соизмерима с техногенными, они проявляются мгновенно, тогда как действие и последствия естественных процессов оцениваются тысячелетиями.

2. Здесь активно протекают процессы эндо-, экзо- и техногенеза. Наибольшая интенсивность характерна для процессов экзогеодинамики: плоскостной смыв, линейная эрозия, суффозионные и гравитационные процессы, этому способствуют особенности рельефа, литологического состава слагающих территорию исследования пород, климатические условия, а также процессы техногенеза.

3. Проявления процессов современной геодинамики способствует заметному преобразованию земной поверхности, которое значительно влияет на геологическую среду.

4. Рельеф испытывает заметные изменения и за счет сработки торфа в результате сельскохозяйственной деятельности и большого распространения карьерных выработок.

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ОПАСНЫХ
ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ
НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ
ДОРОГ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ**

О.В. Никитина, И.В. Никонорова, Н.Ф. Петров

*Чувашский государственный университет
имени И.Н. Ульянова, Чебоксары
E-mail: nikiolga2006@yandex.ru,
niko-inna@yandex.ru, petrovnf@gmail.com*

**ANALYSIS OF THE IMPACT
OF DANGEROUS EXOGENOUS PROCESSES
ON THE OPERATION OF HIGHWAYS
OF THE CHUVASH REPUBLIC**

The article analyzes the main natural and man-made factors of dangerous exogenous processes (landslides, solifluction, frost heave, waterlogging), affecting the stability of the roadway, embankments and pits with concrete examples in Chuvashia.

Жизнь любой страны, региона, республики сегодня трудно представить без развитой и нормально функционирующей автодорожной сети, имеющей важное значение на всех уровнях хозяйственной деятельности.

Географическое положение Чувашии между двумя центрами деловой активности – Европой и Азией, предопределяет ее определенную роль в обеспечении евроазиатских транспортных связей. Сегодня республика имеет достаточно разветвленную дорожную сеть, общая протяженность которой на начало 2014 г. составила более 12 000 км. Из них около 3% приходится на автомобильные дороги федерального значения.

С целью дальнейшего развития современного и эффективного транспортного комплекса и повышения безопасности его функционирования в настоящее время в республике действует ряд программ, реализация которых должна существенно отразиться на увеличении протяженности качественных автомобильных дорог.

Однако несмотря на значительные объемы выполняемых работ и материальные расходы, затрачиваемые на строительство и содержание дорог республики, количество проблем, связанных с безопасным функционированием автодорог не сокращается.

По данным Министерства транспорта и дорожного хозяйства ЧР, до 60% дорог Чувашии не отвечает нормативным требованиям. Неудовлетворительное состояние проезжей части на значительном протяжении подтвердил и анализ работы выездной комиссии в 2013 г., в состав которой входили сотрудники ГИБДД Чувашии, представители Ространсинспекции и дорожных организаций. Это вызывает необходимость анализа проблем, связанных с обеспечением надежного функционирования дорожных систем.

Значительный риск в функционировании транспортных систем Чувашской Республики создают опасные экзогенные процессы (ОЭП), развивающиеся в сложных геолого-геоморфологических условиях интенсивно расчлененной территории региона со специфическими гидрологическими и грунтовыми особенностями. Нередко опасные процессы возникают и развиваются под влиянием техногенных изменений в геологической среде, приводящих к деформациям сооружений уже в процессе строительства или позже, в период их эксплуатации.

На автомобильных дорогах Чувашии встречаются следующие опасные процессы и явления: эрозионные, оползневые, заболачивания, набухания и морозного пучения, промерзания и оттаивания водонасыщенных грунтов откосов выемок и насыпей земляного полотна. По данным Государ-

ственного мониторинга ОЭП, разрушительному воздействию ежегодно подвергаются до 1000 м автомобильных дорог Чувашии. Так, проводимые авторами регулярные весенние маршрутные исследования состояния дорог республики показали, что ежегодно наиболее опасными процессами и явлениями как оседание земляного полотна, пучины, оползни и овраги, развивающимися на откосах насыпи, обочинах и проезжей части поражаются до 11% дорог. Участки с малоамплитудными пучинами и оседаниями, обусловленными промерзанием и оттаиванием водонасыщенных грунтов земляного полотна, с широким развитием продольных, поперечных и косых сеток трещин в асфальтовом покрытии составляют 35% осматриваемых дорог. Протяженность участков земляного полотна без существенных деформаций составляет 54% от общей протяженности обследованных дорог.

Каждый из экзогенных процессов представляет собой отдельную опасность для дорожных конструкций, но нередко они встречаются в комплексе. Так, например, на автомобильной дороге «Шаймурзино – В. Атыково – Тарханы» одновременно развивался комплекс негативных процессов, парагенетически связанных между собой: солифлюкция, морозное пучение, струйчатые размывы, оврагообразование, оползни течения и скольжения. Аварийная ситуация здесь уже создалась в первые годы эксплуатации дороги. Формирование и развитие ОЭП здесь обусловлено преимущественно природными факторами и качеством строительства дорожного полотна.

Масштабами разрушений и чрезвычайной опасностью отличаются оползневые процессы и явления на автомобильных дорогах. Они приводят к деформациям откосов насыпи и выемок, выходу оползневых масс на проезжую часть дороги, преграждению водоотводных сооружений деляпсисом, а также откалыванию дорожного покрытия путем его сдвига, выпирания, разрыва (рис. 1).



а)

б)

Рис. 1. Оползневые деформации на автомобильной дороге А-151 на участке подхода к мостовому переходу через р. Кошелейка. Южная (*а*) и северная (*б*) границы оползня (Комсомольский район, 2007 г.)

По этой причине не менее десятка участков находятся в критическом состоянии. К ним относится, например и участок федеральной автомобильной дороги М-7 «Волга». Реконструкция этой трассы началась в 2009 г. Полное завершение, реконструкционных работ первой очереди планировалось в 2012 г., а теперь перенесено к 2018 г. Так, очередной задачей в рамках федеральной целевой программы «Модернизация транспортной системы России» стало строительство нового моста через р. Сура. Общая протяженность участка, на котором проводились работы по строительству моста и подъездных путей к нему, составила около 4,5 км. Сурский мост стал самым протяженным и одним из самых дорогостоящих и высокотехнологичных сооружений в республике. Его стоимость составила 4,9 млрд руб. Однако, в связи с ошибочными проектными решениями, в июле 2012 г. появились оползневые деформации земляного полотна на подходе к мосту уже во время строительства [2]. В связи с чем потребовались дополнительные инженерно-геологические изыскания для разра-

ботки технических решений по обеспечению устойчивости земляного полотна и значительные финансовые затраты.

Настоящим бичом для дорожных систем Чувашии являются процессы морозного пучения, сезонного набухания и оттаивания грунтов. Ежегодные затраты на предупреждение и ликвидацию аварийного состояния дорожного полотна, вызванного этим процессом, весьма значительны. Так, по данным Министерства транспорта и дорожного хозяйства Чувашской Республики к 10.05.2015 устранены дефекты дорожного полотна на площади 49 303,91 м². На эти цели израсходовано 4610,36 т материалов. Появление пучин представляет большую опасность, так как они резко снижают несущую способность дорожной конструкции. Весной глинистые породы мезозоя, используемые в сооружении земляного полотна многих дорог Чувашии, становятся сильно увлажненными, текуче-пластичными с низкой несущей способностью. Исследования показали, что образованию пучин в Чувашии также способствуют геоморфологическое положение земляного полотна дорог и суровые продолжительные зимы, обуславливающие сезонное промерзание пород под асфальтом и накопление здесь льда (нормативная глубина сезонного промерзания согласно СНиП 2.01.01-82 для глинистых грунтов Чувашской Республики составляет 1,6 м, песчаных – 2 м).

К нарушению целостности дорожного полотна и разрушению водоотводных сооружений приводят и процессы линейной эрозии, заболачивания, солифлюкции. Они не создают прямую угрозу функционированию сооружения, но способствуют накоплению напряжения в системе «объект–среда» и являются причиной развития других опасных процессов.

Итак, виды и характер деформаций дорог Чувашской Республики в связи с развитием ОЭП, разнообразны и сложны. Систематизация наиболее распространенных видов деформаций представлена в таблице [1], где отдельно рассмотрены нарушения целостности земляного полотна и дорожной одежды, в связи с проявлением следующих ОЭП:

оползневые, морозное пучение, сезонное набухание и оттаивание грунта, эрозионные, заболачивание кюветов, солифлюкционное смещение грунтовых масс.

Таким образом, несмотря на внедрение все более новых технологий, инновационных конструкций и материалов при строительстве дорог, мощной новейшей техники полная защищенность дорог от воздействия ОЭП не достигнута. Об этом свидетельствуют и выше рассмотренные примеры. Безусловно, выявление путей снижения и предотвращения опасности от экзогенных процессов может быть достигнуто путем повышения научного уровня мониторинга и прогнозирования, основанных на изучении закономерностей развития ОЭП в системе «объект-среда», ее типизации и последующего инженерно-геологического районирования территории. Поэтому исследования влияния ОЭП должны являться одним из основополагающих принципов решения проблем безопасного и бесперебойного функционирования автомобильных дорог Чувашской Республики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никитина О.В., Васильев Е.С., Петров Н.Ф. Об особенностях деформаций автомобильных дорог в Чувашской Республике // Экология урбанизированных территорий. – М.: Камертон, 2009. – № 2. – С. 26–33.
2. Петров Н.Ф., Прокопьева Н.А., Павлов А.Н., Яковлев В.Г. О причинах деформаций грунтовой насыпи и качестве инженерных изысканий на участке «Сурский спуск» автодороги М-7 «Волга» // Материалы общероссийской конференции изыскательских организаций «Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации. ОАО «ПНИИИС – 50 лет». – М., 2013. – С. 30–36.
3. Никонорова И.В., Петров Н.Ф., Ильин В.Н., Павлов А.Н. Из опыта изучения и картографирования оползневых систем в Чувашской Республике // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6; URL: <http://www.science-education.ru/113-10992> (дата обращения: 04.12.2013).

**О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МОДЕЛИ
СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА ДЛЯ Г. ДУШАНБЕ**

Д.Б. Ниязов

*Институт геологии, сейсмостойкого строительства,
сейсмологии, АН РТ, Душанбе, Таджикиста
E-mail: niyazovjafar@mail.ru*

**A CONTRIBUTION
TO THE REFINEMENT OF THE EXPOSURE
MODEL FOR DUSHANBE, TAJIKISTAN**

The proposed article is devoted to updating and refining the vulnerability model of residential buildings in Dushanbe. The model forms the basis for an updated estimation of the seismic vulnerability for the city of Dushanbe. For this research work the captured images of the panoramic camera survey have been analysed using a GIS-based expert system. It also aims at testing the usability of this new kind of rapid visual screening procedure and deals with a harmonization of existing local building inventory datasets with global standards provided by the Global Earthquake Model (GEM).

Землетрясение является опасным и разрушительным природным явлением, и представляет наибольшую угрозу для нормального социально-экономического развития общества. Разрушительные землетрясения, произошедшие в Центральной Азии в XX в., ярко демонстрируют высокую степень сейсмического риска, особенно для урбанизированных территорий. В рамках научных исследований по оценке сейсмического риска в Центральной Азии, г. Душанбе был выбран в качестве примера для дальнейшей разработки, тестирования, анализа и оценки сейсмической уязвимости

зданий существующей застройки с помощью современных методов ГИС и дистанционного зондирования. Город Душанбе занимает территорию около 140 000 000 м². Общая площадь жилищного фонда города составляет более 7 500 000 м²; численность населения составляет более 1 млн человек. Многоэтажные здания различного типа занимают территорию около 5 561 100 м² с общим количеством жителей более полумиллиона человек [1; 2].

При выполнении данного исследования применялись данные анализа снимков панорамного видеонаблюдения, проведенных в г. Душанбе с использованием экспертной системы на основе Географических информационных систем (ГИС). Непосредственное применение методов современных технологий ГИС и дистанционного зондирования экспертами из GFZ (Немецкий Центра Геонаук/Потсдам, Германия) координировалось и подкреплялось научно-техническим потенциалом Института геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии Академии наук Республики Таджикистан (ИГССС АН РТ) в лице местных специалистов (инженеров строителей, сейсмологов). Изучались главным образом технические характеристики, влияющие на общую сейсмостойкость здания: высота, строительные материалы, срок эксплуатации, тип элементов конструкций, наличие первого гибкого этажа и некоторые другие параметры. Полученные результаты согласовывались и комбинировались с данными исследований, проводимых в г. Душанбе в прошлом [1–3].

Анализ снимков различных гражданских зданий, полученных при помощи панорамного видеонаблюдения, выполнялся методом зрительной интерпретации. Данная техника известна, как Remote Rapid Visual Screening (RRVS), смысловой перевод данного термина звучит, как «быстрое дистанционное визуальное сканирование». Данная техника реализуется на основе Геоинформационной системы (ГИС), в процессе работы была использована программа свободного доступа Quantum GIS (QGIS), что дает удобство пользо-

вания и быстрый стандартизированный анализ полученных изображений. Система представляет собой карту-интерфейс (рис. 1, 2) и панорамного просмотра изображений, пространственная база данных, доступ к которым осуществляется через настраиваемую форму ввода данных в QGIS.

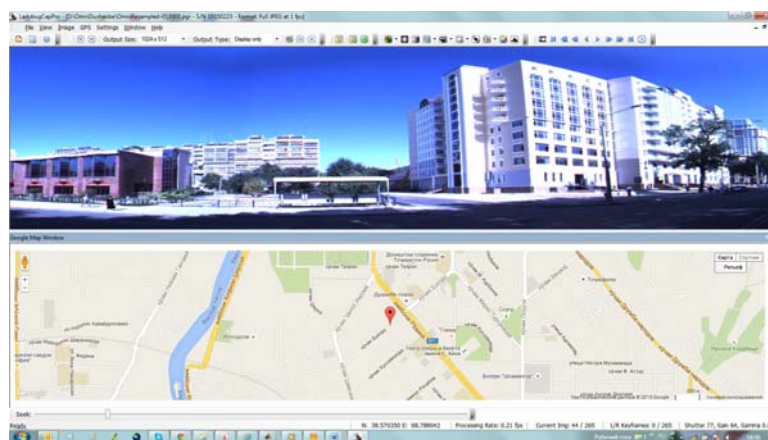


Рис. 1. Панорамное изображение, полученное при полевом обследовании

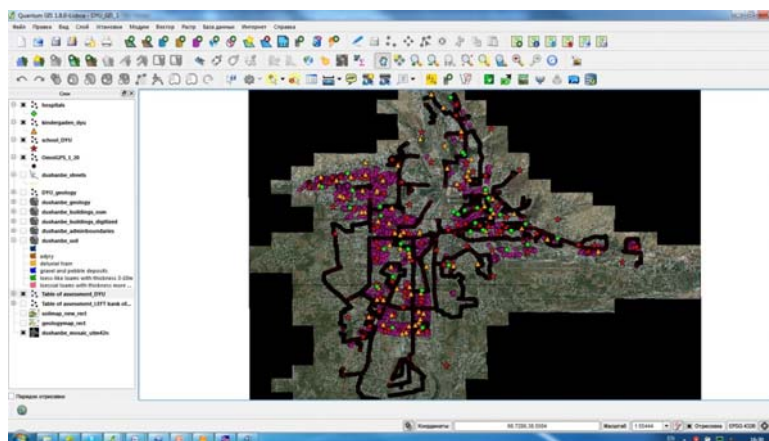


Рис. 2. Распределение жилых высотных зданий и маршрут обследования

Карта-интерфейс отображает GPS координаты местоположения здания с его изображением, зарегистрированного во время обследования на улицах г. Душанбе. Это также позволяет наложение других пространственных данных, которые могут быть дополнительно использованы для RRVs. Уникальный идентификатор (ID) соединяет представленную карту с фактическими снимками зданий и координатами GPS, которые могут быть визуализированы в устройстве панорамного зрительного просмотра.

Зрительный просмотр позволяет легко воссоздавать ситуационное местоположение исследуемых объектов. В случае, когда исследуемый объект (здание) расположено на интерфейсе карты и ближайшее зарегистрированное всенаправленное изображение идентифицируется и отображается в устройстве просмотра, эксперт-строитель может охарактеризовать его объемно-планировочные и конструктивные особенности. Конструктивные характеристики, которые получают при просмотре изображений, заносятся в базу данных PostgreSQL через форму ввода данных в QGIS. Местоположение здания и его геометрические параметры хранятся вместе с атрибутивной информацией. Форма ввода данных может быть скорректирована в соответствии с желаемой таксономией и моделями баз данных. В рамках данной работы, исследуемые здания идентифицировались на основе строительной таксономии GEM (GEM Basic Building Taxonomy V2.0) [4].

В данной работе было сделано попытка гармонизации данных по различным типам гражданских и промышленных зданий города Душанбе с международным стандартом таксономии, разработанным в рамках проекта GEM, Global Earthquake Model (Глобальная сейсмическая модель). Оцифровка контуров зданий и повторного назначения атрибутов здания было сделано в QGIS.

Результаты исследований включают в себя пересмотр существующей и принятой в ИГССС АН РТ инвентариза-

ции зданий г. Душанбе в соответствии с международными стандартами, предусмотренными в рамках проекта GEM, а также на основе Европейской Макросейсмической шкалы 1998 (EMS-98) [5] определение класса уязвимости для каждого из существующих типов зданий. Более 2600 жилых высотных зданий города различного конструктивно-планировочного решения были оцифрованы и визуализированы в формате ГИС. В итоге была получена современная и детальная экспозиция базы данных всех характерных типов зданий г. Душанбе. Результаты данного исследования будут использованы для усовершенствования существующей модели подверженности и уязвимости зданий существующей застройки г. Душанбе.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Negmatullaev, S., Ischuk, A., Potekhin, Y.* Seismic Hazard and Building Vulnerability in Post Soviet Central Asian Republics // Seismic Hazard and Building Vulnerability in Post-Soviet Central Asian Republics, NATO ASI Series. – 2002. – Vol. 52. – P. 107–125.
2. *Бабаев А., Негматуллаев С., Фролова Н.* Оценка последствий от сильных потенциальных землетрясений с целью уменьшения сейсмического риска урбанизированных территорий на примере г. Душанбе // Международная конференция «Применение ИКТ для снижения риска стихийных бедствий в ЦА. – Душанбе, 2009.
3. *Nizomov J., Yasunov P., Ishuk A., Niyazov J.* Assessment of seismic risk for social objects of Dushanbe city // Abstracts of the 7th Kazakhstan-Chinese International Symposium «Earthquake redaction, Seismic Hazard and Seismic Risk assessment in Central Asia» (June 2–4, 2010). – Almaty, Kazakhstan. – P. 236–237.
4. GEM Taxonomy. URL: www.nexus.globalquakemodel.org/gem-building-taxonomy/posts.
5. Европейская макросейсмическая шкала 1998 // G. Grünt-hal. – Luxembourg, 1998. – 101 p.

**ГЛУБОКОФОКУСНЫЕ ГИНДУКУШСКИЕ
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ КАК СПУСКОВОЙ КРЮЧОК
НАЧАЛА ДВИЖЕНИЯ ОПОЛЗНЕЙ РАЗЖИЖЕНИЯ
В ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ**

Р.А. Ниязов^{*}, Б.С. Нуртаев^{**}

^{*}ГП Институт Гидроингео, Ташкент, Узбекистан

*^{**}Институт геологии и геофизики АНРУз,
Ташкент, Узбекистан*

E-mail: nurtaev@ingeo.uz

**DEEP FOCI HINDU KUSH EARTHQUAKES
AS TRIGGER OF BEGINNING LIQUEFACTION
LANDSLIDES MOVEMENT IN CENTRAL ASIA**

In the article presented results of analysis of Hindu Kush deep earthquakes influence on formation of landslides of liquefaction in Central Asia.

Факторы, влияющие на образование оползней многочисленны и их сложно оценить с достаточной степенью уверенности. В этом плане региональный анализ воздействия сейсмических явлений на устойчивость оползневых склонов представляется чрезвычайно важным в сейсмоопасных районах. Без решения этих вопросов качественная оценка сейсмического и оползневого риска представляется невозможной. За последние 50 лет (1964–2014 гг.) выявлено 200 крупных оползневых участков во время (130 случаев) и после (70 случаев) землетрясений во влажные годы, для которых достоверно известны дата, тип и объем их образования. За данный период в весеннее время произошло более 700 землетрясений $M > 4,5$ в координатах $36\text{--}38^\circ$ с.ш. и $69\text{--}72^\circ$ в.д. Зафиксировано 70 случаев землетрясений с $M = 4,4\text{--}7,3$, вызвавшие оползни. Минимальная магнитуда, при ко-

торой происходили оползни – 4,4, чаще оползни происходили при $M > 4,5$ –5. Все оползни отмечались во влажные годы, в сухие, несмотря на частые землетрясения $M > 4,5$ в весеннее время проявление оползней не отмечено. Расстояние от гипоцентра до оползня изменяется от 350 до 650 км при глубине гипоцентров 180–250 км. Необходимо отметить, что оползни наблюдались во влажные годы и при отсутствии землетрясений.

Для Центральноазиатского региона крупнейшим единым возбуждающим центром сейсмической активности являются глубокофокусные (100–300 км) Памиро-Гиндукушские землетрясения, постоянно действующий сейсмический источник (по Рихтеру). Пространственное расположение очага вызвано движением Индостанской плиты на Евразию. Ежегодно происходит до 200 землетрясений, 20–40% происходит в весеннее время и ощутимые колебания охватывают Среднюю Азию, Индию, Афганистан и Пакистан.

В предгорных районах Узбекистана на удалении 340–600 км от эпицентра по данным сейсмостанций Самарканд, Ташкент, Фергана, землетрясения ощущаются силой 3–4 балла, отличаются длительностью колебания от 90 до 200 с и с амплитудой максимальной скорости 0,04–0,3 м/с, преобладающей частотой 0,5–1,5 Гц. К сожалению, ранее данным типам землетрясений не придавалось значения, считая, что 3–4 балла это не опасно. Не учитывалась продолжительность колебаний и то, что они происходят в весенний период, когда дисперсные породы на склонах максимально обводнены.

Гиндукушские землетрясения рассматриваются как «спусковой крючок» на время начала образования оползней разжижения и механизм их развития в обводненных дисперсных грунтах. В подавляющем большинстве, как отмечала Е.П. Емельянова [1], начало оползневого смещения представляет собой не эволюционный, а революционный процесс. Революционные изменения происходят, когда накопление количественно измененных характеристик усло-

вий достигают критического значения и необходим толчок, чтобы произошел качественный переход пород из влажного состояния к разжижению. Иначе трудно объяснить, как такая масса пород объемом от сотни до несколько миллионов кубов могла одновременно раздробиться и, откуда такое количество воды могло одновременно появиться на поверхности оползня, какая необходима сила, чтобы в верхней зоне склона образовались крупные грабенообразные трещины, а внизу в зоне сжатия, сформировались валы выпирания.

Образование локальных крупных оползней обычно связано не с влиянием эндогенных на экзогенные процессы, а взаимным одновременным воздействием площадных процессов, происходящих в прилегающих слоях атмосферы климатическими факторами и внутри земли сейсмическими эндогенными факторами. Особенность сочетания этих двух площадных факторов на образование локального оползневого процесса имеет очень разнообразную и сложную взаимосвязь и прогнозировать их как по месту, так и по времени практически невозможно.

Опасностью оползней, грязевых потоков, вызванных Памиро-Гиндукушскими землетрясениями, является внезапность и одновременное образование в различных местах. В связи с единым источником сейсмического воздействия глубокофокусных землетрясений, в наиболее влажные годы в марте, апреле месяце было зафиксировано несколько случаев оползней разжижения образовавшихся одновременно. Так, 10 марта 1969 г. в результате землетрясения $M=5,1$, $H=201$ км было зафиксировано 6 случаев во время землетрясения, в бассейне Чаулиса в это время одновременно образовалось 40 мелких спывов, 14 апреля от землетрясения $M=4,5$, $H=147$ км произошло 5 случаев. При землетрясении 21 мая с $M=5$, $H=229$ км одновременно сместилось 3 оползня-потока. В 1994 г., после землетрясения 5 марта $M=5,1$ с многочисленными афтершоками, оползни произошли на 12 участках на территории Кыргызстана и Узбекистана.

31 марта 2012 г. землетрясение с $M = 4,9$, $H = 229$ км вызвало одновременное образование оползней на 27 участках, из них крупных на 8 участках. В с. Чинкурак на протяжении 2 км одновременно произошло 16 сплывов объемом от 0,5 до 12 тыс. м³. Еще в большем количестве одновременно оползни образуются на 2–3 участках. Кроме того, есть оползневые участки, Майлусуу, Алтынбель, Байбазинский, Наугарзан, где смещение пород через определенные годы повторяется и ускоряется. В отличие от разрушительных землетрясений, данные землетрясения происходят весной каждый год по 10–20 случаев, и оползни одновременно образуются влажной весной в различных местах на больших расстояниях (200–300 км) друг от друга.

К настоящему времени очень ограничено количество опубликованных работ, рассматривающих механизм развития оползней в дисперсных грунтах во время и после землетрясений. Не рассматривается роль одновременного движения масс пород по всей площади оползня, почему одни оползни после землетрясения имеют продолжительное перемещение, другие стабилизируются в короткое время. Проведенный В.И. Осиповым [2] анализ позволил ему выделить тиксотропное, гравитационное и пливунное разжижение. Приняв за основу эти формы разжижения, рекомендуем выделять три группы оползней разжижения: оползни выдавливания при пливунном разжижении в небольшом прослое в глубине массива; оползни тиксотропного разжижения на поверхности пологих широких склонов, где нет статической нагрузки, и грязевые потоки гравитационного разжижения.

Оползни выдавливания при пливунном разжижении.

Начало их образования всегда связано с низкочастотными длительными сейсмическими колебаниями силой 3–4 балла, когда вся площадь оползня подвержена одновременному перемещению с различными скоростями и направлениями. Это глубокие, протяженные масштабные оползни объемом десятки и сотни млн м³, смещающиеся по пологой поверхности

скольжения, где одновременно образуются грабенообразная стенка отрыва, боковые трещины сдвига и валы выпирания. Плывунное разжижение пород происходит в небольшом прослое водоносных песчано-глинистых пород в глубине массива. Смещение происходит по пластичным глинам с выклиниванием разжиженной плывунной массы в нижней зоне. Длительность и большая величина горизонтальных смещений связана с протяженностью оползня и небольшого $4\text{--}8^\circ$ уклона поверхности скольжения. Характер раздробленности поверхности оползня является еще одним важным показателем сейсмического воздействия на образование оползней. В одних случаях вся поверхность склона разбита на множество небольших (2×4) блоков, в других в зоне отрыва образуются протяженные поперечные трещины, формирующие блоки грабенообразных понижений. В средней, центральной, зоне образуется серия как поперечных, так и продольных трещин.

Механизм развития оползней тиксотропного разжижения. В отличие от плывунного разжижения тиксотропное происходит при отсутствии внешних статических нагрузок, идет без изменения порового давления, а восстановление их прочности носит обратимый характер. При длительных 90–200 с, низкочастотных 0,05–1 Гц, малоамплитудных 0,02–0,06 см/с сейсмических воздействиях высокодисперсные слабоуплотненные и высоковлажные глинистые и тяжелые пылеватые суглинки с низкой проницаемостью мгновенно разжижаются.

Отличительной чертой является возможность передачи большого импульса энергии массиву горных пород при малой амплитуде смещения за период колебания.

Можно предположить, что в основе механизма развития в оползнях тиксотропного разжижения при длительном сейсмическом воздействии лежит явление резонанса, когда максимальное разупрочение грунтов происходит при близком совпадении частот вынужденных колебаний с частотами собственных колебаний частиц твердой фазы. Данные

оползни образуются на широких водораздельных поверхностях или пологих склонах, где существует горизонт подземных вод, залегающий на небольших (4–7 м) глубинах со слабой или недренируемой системой.

Лессовые песчано-глинистые породы на поверхности склона сильно и равномерно раздробляются, разжижаются с выходом подземной воды на поверхность и образуют мелкие озерца.

Механизм развития грязевых потоков при гравитационном разжижении. В отличие от тиксотропного, гравитационное разжижение происходит на склонах в зоне контакта лессовых и песчано-глинистых пород с глинами и появлением порового давления. Кроме разжижения, сейсмическое воздействие влияет на изменение структуры подземного потока, места и его расхода. По изменению расхода подземных вод фиксируется продолжительность нахождения зоны в разжиженном состоянии.

Связь во времени проявления длительных низкочастотных землетрясений и образования оползней отмечена в многоводные годы. Ввиду близости областей питания и разгрузки подземных вод они образуются в период сочетания процессов резкого снеготаяния (8–14 см/сут.) и выпадения большого количества атмосферных осадков (200–450 мм) в марте, апреле и увеличения расхода подземных вод в мае, июне. По месту формирования большинство крупных первичных оползней образовалось в зонах тектонических нарушений, где расходы родников увеличиваются весной в 2–5 раз.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Емельянова Е.П.* Современное состояние прогноза оползней и основные дискуссионные вопросы. Современные методы прогноза оползневого прогноза. – М.: Наука, 1981. – С. 7–18.
2. *Осипов В.И.* Динамическое разжижение водонасыщенных грунтов: природа и факторы его определяющие // Инженерная геология. – 1988. – № 2. – С. 3–31.

**ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭМПИРИЧЕСКОЙ
ПРОВЕРКИ ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ
АНТРОПОГЕННО-ИНИЦИИРОВАННОГО
ТЕРМОКАРСТА В ПРЕДЕЛАХ ЛИНЕЙНЫХ
ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Т.В. Орлов, С.А. Садков, Е.Г. Панченко, А.В. Зверев

*Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва,
Email: tim.orlov@gmail.com*

**FIRST RESULTS OF EMPIRICAL VERIFICATION
OF STOCHASTIC MODEL OF THE HUMAN CAUSED
THERMOKARST AT LINEAR BUILDINGS**

There are verified stochastic model of the human caused thermokarst propagation for two sites in Central and South Yakutia regions. Remote sensing data is used. This model can be used for increasing quality and precision of the thermokarst propagation forecasting.

Введение. В настоящее время происходит существенное расширение инженерной активности в пределах криолитозоны. В первую очередь это касается строительства линейных сооружений, таких как трубопроводов и дорог. Конструирование протяженных линейных объектов встречает дополнительные сложности, связанные с постоянной сменой инженерно-геологических условий в криолитозоне. Для оценки и мониторинга риска проектирования строительства и эксплуатации требуется иметь надежный метод, основанный на использовании наименее трудоемких в получении данных.

Целью данной работы является эмпирическая верификация вероятностной модели, развития первых стадий антропогенно-инициированных термокарстовых процессов.

Эта модель является частью риск-анализа, позволяющая оценить вероятность активизации термокарста.

Модель, которая была использована, основана на сценарии синхронного старта развития термокарста [2; 3] и касается только первичных понижений [5].

Основные предположения модели можно представить следующим образом [1]:

1) появление первичной термокарстовой депрессии занимает относительно короткий период (т.н. синхронный старт). Процесс является вероятностным и проходит независимо для непересекающихся площадок. Вероятностно появления депрессии на площадке напрямую зависит только от ее величины. Для маленьких площадок вероятность появления одной депрессии существенно выше, чем появления нескольких;

2) р) Рост депрессий независим друг от друга и происходит за счет термоабразионных факторов. Рост пропорционален потоку тепла и обратно пропорционален площади поверхности. Это означает, что распределение количества понижений на случайно выбранной площадке будет подчиняться закону Пуассона [4].

Методы и данные. Для проверки описанной выше модели были выбран участок строительства трубопровода в Южной Якутии.

Он характеризуется [6] среднегодовыми температурами воздуха $-9,5^{\circ}\text{C}$, пород -1°C . Средне годовое количество осадков 570 мм, прерывистая зона распространения ММП мощностью 30–150 м. Участок находится в пределах денудационно-тектонического плоскогорья, сложенного элювиальными суглинками и супесями с дресвой. Формирование понижений заполненных водой происходит на площадке, расчищенной от почвенно-растительного покрова при подготовке строительства.

Для участка были подобраны аэрофотоснимки с разрешением 0,2 м/пикс и космические снимки Pleidas с разрешением 0,5 м/пикс. Аэрофотоснимок был сделан через год

после начала подготовки полосы для строительства магистрального трубопровода. На нем зафиксирована стадия формирования начальных термокарстовых понижений. Космический снимок был сделан через 4 года после начала подготовки полосы для строительства магистрального трубопровода. На нем зафиксирована стадия развития начальных термокарстовых понижений. Размер полосы для проверки модели составил 26 км в длину, 50 м в ширину. Полоса была разделена на четыре однородные с точки зрения проявления процессов зоны. Каждая зона имеет линейную однородность, такую, что каждое сечение зоны подобно по структуре любому другому сечению. Понятие линейной однородности приходится вводить так как в пределах полосы изучения находятся следующие объекты: трубопровод (валик трубы), ЛЭП, вдольтрассовая дорога. Но так как эти объекты присутствуют везде в пределах полосы, можно говорить о линейной однородности рассматриваемого участка.

На рис. 1 (а, б) приведен пример изображения Южно-Якутского участка.

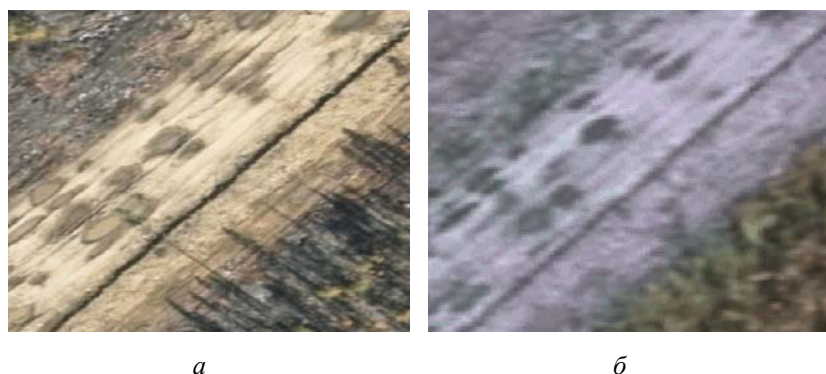


Рис. 1. Южно-Якутский участок:
а – аэрофотоснимок, б – космический снимок

Для проверки модели были определены следующие параметры:

– распределение размеров первичных термокарстовых понижений;

– распределение пространственного положения центров первичных термокарстовых понижений.

В соответствии с положениями модели распределение размеров должно иметь логнормальный характер, а распределение числа центров на случайной площадке первичных термокарстовых форм должно соответствовать закону Пуассона.

Результаты. Для трех зон из четырех распределение площадей понижений для обоих сроков съемки имеет логнормальный характер.

Для двух зон из четырех распределение положения числа проекций центров понижений на линию трубопровода соответствует закону Пуассона.

На рис. 2 приведены графики соответствия числа понижений на выбранном отрезке закону Пуассона.

Выводы. В результате работы была показана возможность использования вероятностного моделирования методами математической морфологии ландшафта для условий одновременного старта антропогенно инициированных термокарстовых процессов при малом времени развития.

Исходно проверяемая модель не предназначалась для использования в подобных ситуациях. Эта модель была рассчитана для условий многолетнего развития термокарстовых процессов. Однако успешность применения модели для супер малых временных интервалах позволяет сделать вывод о ее применимости и для подобных ситуаций. Использование приведенной модели для однородных условий позволит повысить точность прогностических оценок, в том числе и при оценке риска развития термокарста.

Проведенную проверку можно считать только первичной. Модель требует дальнейшей апробации для подобных условий (резкий массовый старт антропогенно-инициированных термокарстовых процессов).

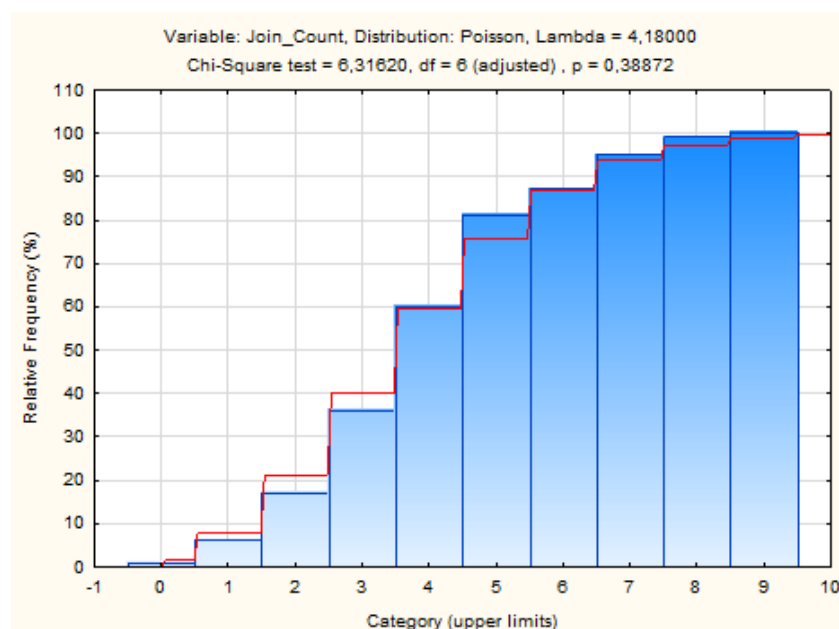


Рис. 2. Графики соответствия числа понижений на выбранном отрезке закону Пуассона для одной из зон

Авторы продолжают работу по поиску таких ситуаций и будут благодарны за любую помощь в данном вопросе.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-17-00357).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Викторов А.С.* Математическая модель термокарстовых озерных равнин как одна из основ интерпретации материалов космических съемок // Исследование Земли из космоса. – 1995. – № 5. – С. 42–50.
2. *Викторов А.С., Капралова В.Н., Орлов Т.В., Трапезникова О.Н., Архипова М.В., Березин П.В., Зверев А.В., Панченко Е.Н., Садков С.А.* Анализ развития морфологической структуры озер-

но-термокарстовых равнин на основе математической модели // Геоморфология. – 2015. – № 3.

3. *Капранова В.Н.* Закономерности развития термокарстовых процессов в пределах озерно-термокарстовых равнин (на основе подходов математической морфологии ландшафта): автореф. канд. дис. – М.: ИГЭ РАН, 2014. – 24 с.

4. *Карлин С.* Основы теории случайных процессов. – М.: Мир, 1971. – 536 с.

5. *Перльштейн Г.З., Павлов А.В., Левашов А.В., Сергеев Д.О.* Нетемпературные факторы теплообмена деятельного слоя с атмосферой // Материалы Третьей конференции геокриологов России (Москва, 1–3 июня 2005 г., МГУ). – М., 2005. — С. 86–91.

6. Геокриология СССР. Средняя Сибирь / под ред. Э.Д. Ершова. – М., 1989. – 414 с.

**ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ ПОДХОД
К СЕЙСМОГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ
РЕГИОНАЛИЗАЦИИ КАК БАЗИС ОБЩЕГО
СЕЙСМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ
ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ –
ОСР–2014**

С.А. Перетокин^{*}, А.Л. Стром^{**}

^{*}СКТБ «Наука» КНЦ СО РАН, Красноярск

^{**}ЦСГНЭО – филиал ОАО «Институт Гидропроект»

E-mail: saperetokin@yandex.ru

**DIFFERENTIATED APPROACH
TO SEISMIC REGIONALIZATION
AS THE BASIS FOR THE GENERAL SEISMIC ZONING
MAPS OF THE TERRITORY
OF RUSSIAN FEDERATION – OSR–2014**

Results of the general seismic zoning of the Russian Federation territory improvement are presented by the example of

Crimea- Caucasus region. Main stages of seismic source modeling, seismic hazard simulation and compilation of the set of OSR-2014 maps are described. Reasons for changing the actual OSR-97 seismic zoning map are discussed.

В докладе, на примере Крымско-Кавказского региона, рассмотрены результаты работ по совершенствованию общего сейсмического районирования и созданию карт ОСР-2014 территории Российской Федерации. В целом методология построения этих карт повторяет процедуру, впервые разработанную для нормативных карт ОСР-97 и описанную в ряде публикаций [1].

Исходным материалом для последующих построений является модель сейсмогенерирующих источников – зон возникновения очагов землетрясений (зон ВОЗ), обуславливающих в конечном итоге процесс картирования сейсмической опасности – сейсмическое районирование. В основу положена линеаментно-доменно-фокальная (ЛДФ) модель, впервые предложенная В.И. Уломовым и примененная для ОСР-97. Процедура выделения и параметризации зон ВОЗ представляет собой последовательность действий, призванную максимально регламентировать этот процесс и в наибольшей степени учесть неполноту и неоднозначность интерпретации исходных геологических и сейсмологических данных.

Процедуру построения корректно параметризованной ЛДФ-модели зон ВОЗ можно подразделить на следующие этапы:

1. Сейсмогеодинамическая регионализация. В рамках работ по созданию комплекта карт ОСР-2014 выполнена корректировка сейсмогеодинамической регионализации Северной Евразии для территории РФ.

2. Выделение в пределах регионов линеаментных структур способных сгенерировать землетрясения с $Mlh \geq 5,8$. Определение координат каждого линеамента, их длин, углов

падения плоскостей разрывов, соответствующих сейсмолинеаментам, M_{max} и других параметров.

3. Построение региональных графиков повторяемости землетрясений. Процедура построения графика повторяемости включает в себя помагнитудный анализ каталога землетрясений, выделение представительных периодов регистрации землетрясений с шагом по магнитуде 0,5 и др. [2].

4. Распределение региональной повторяемости землетрясений между линеаментами региона с учетом их длины и M_{max} .

5. Построение доменов, как площадных зон ВОЗ с $M_{max} < 5,8$. Процедура выделения доменов предполагает набор методов, комбинируемых в зависимости от распределения сейсмичности в регионе и полноты исходных данных.

6. Параметризация доменов. Определение координат вершин доменов, их площади, мощности сейсмогенерирующего слоя, M_{max} и др.

7. Построение графиков повторяемости для доменов в интервале магнитуд 3,3–5,7 с шагом 0,5. Процедура построения графика повторяемости для доменов, в которых достаточно статистической информации не отличается от процедуры построения региональных графиков. Для доменов с умеренной и слабой сейсмичностью применяются дополнительные методы.

8. Проверка корректности модели. Для проверки корректности модели зон ВОЗ выполняется синтезирование на ее основе модельного каталога землетрясений средствами вероятностного анализа сейсмической опасности (ВАСО). Среднегодовые графики повторяемости, построенные по исходному каталогу региона и по синтезированному каталогу, должны совпадать во всем интервале магнитуд. Распределение поля модельной сейсмичности должно коррелироваться с реальной сейсмичностью.

Карты ОСР–2014 (рис.) несколько отличаются от карт ОСР–97. В частности, в пределах Крымско-Кавказского ре-

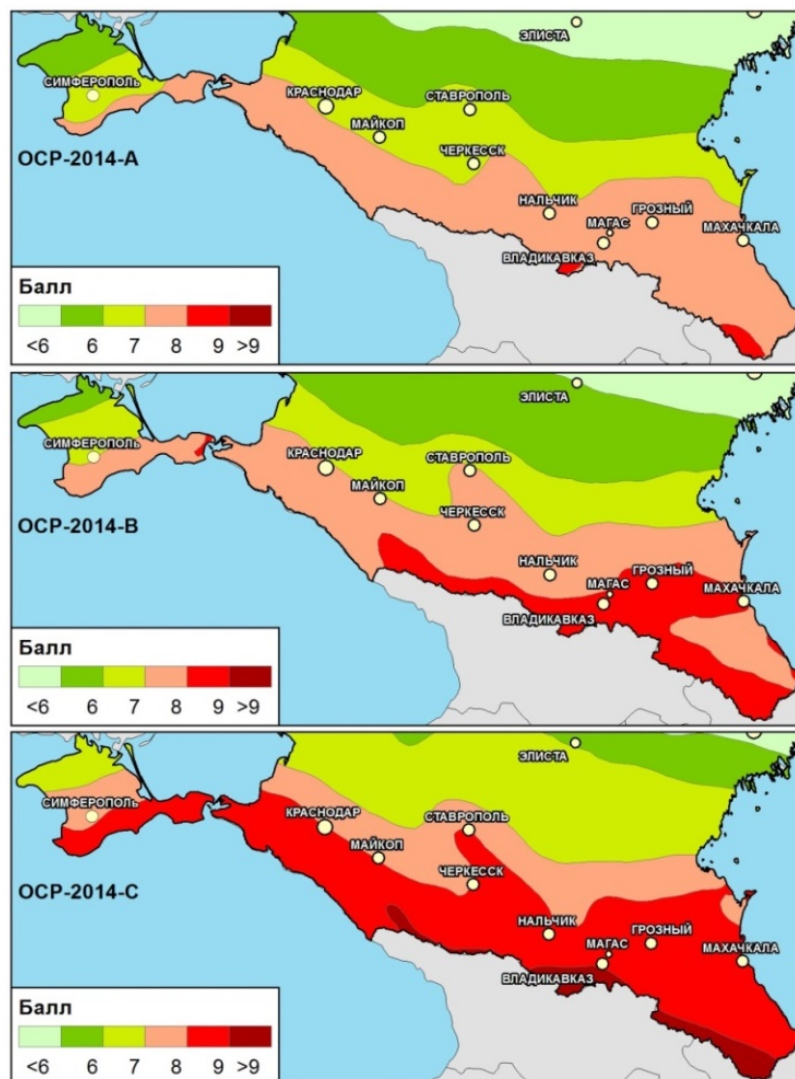


Рис. Результаты расчетов ОСР-2014
для Крымско-Кавказского региона

гиона существенно сократилась площадь, попадающая в область возможных сотрясений свыше 9 баллов. Это связано с

тем, что при создании карт ОСР–2014 была несколько модифицирована сейсмогеодинамическая регионализация, необходимая для корректной сейсмологической параметризации основных структурных элементов модели зон ВОЗ – сейсмолинеamentов, сейсмодоменов и потенциальных очагов (фокусов) землетрясений. Если при разработке карт ОСР–97 в Крымско-Кавказский регион были включены обширные территории Турции и Ирана, где зарегистрировано большое число высокомагнитудных землетрясений, то при создании ЛДФ модели для карт ОСР–2014 рассматриваемый регион был ограничен в большем соответствии с существующими представлениями об особенностях его новейшего тектонического развития. Были откорректированы сейсмолинеamentы и домены непосредственно в пределах картируемой территории. Вместо квадратной сетки расчетных точек с шагом 20 км использована треугольная с шагом в 15 км. Все это позволило получить, на наш взгляд, более обоснованное распределение зон с различной интенсивностью воздействий для расчетных периодов повторяемости в 500, 1000 и 5000 лет.

Подчеркнем, что в зависимости от особенностей строения конкретного региона, наличия и полноты данных о его сейсмичности необходимо использовать дифференцированный подход к сейсмической регионализации при построении моделей зон ВОЗ, предусматривающий комбинирование различных методов и приемов. Даже в пределах Крымско-Кавказского региона, сейсмичность которого изучена в намного большей степени, чем во многих других частях Российской Федерации, невозможно подходить с единым набором критериев при выделении зон ВОЗ и оценке их параметров непосредственно в горных и предгорных районах Крыма и Кавказа и в равнинной части Предкавказья.

По мнению ответственного редактора карт ОСР–2014 проф. В.И. Уломова, разработанные новые подходы к технологии районирования позволяют выявлять более тонкую структуру сейсмичности и сейсмической опасности, что

сближает с ОСР детальное сейсмическое районирование (ДСР), официального статуса которого и порядка его утверждения до сих пор в нашей стране не существует.

ЛИТЕРАТУРА

1. Уломов В.И., Шумилина Л.С. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР–97. Масштаб 1:8 000 000. Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах. – М.: ОИФЗ, 1999. – 57 с.

2. Уломов В.И., Перетокин С.А. Об актуализации нормативных карт сейсмического районирования территории Российской Федерации // Инженерные изыскания. – 2010. – № 1. – С. 44–53.

ОСОБЕННОСТИ КОНЦЕНТРАЦИИ ГЕЛИЯ, РАСТВОРЕННОГО В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ, КАК ПРЕДВЕСТНИКА ПОДГОТОВКИ ПРЕДСТОЯЩЕГО СИЛЬНОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Ф.С. Садыков, Ш.С. Юсупов, М.М. Закиро

*Институт сейсмологии им. Г.А. Мавлянова АН РУз,
г. Ташкент, Узбекистан
E-mail: Shuhrat-1951@mail.ru*

ESPECIALLY THE CONCENTRATION OF HELIUM DISSOLVED IN GROUNDWATER AS A HARBINGER OF GEODYNAMIC AND SEISMIC PROCESSES

The article examines the information content of helium to detect activated tectonic faults, due to its chemical inertness and considerable migration ability, contrast helium fields in the sedi-

mentary cover, through which the gas component migrates from the crystalline basement in the atmosphere, bringing the multilateral information about the dynamics of underground fluids.

За последнее столетие в Узбекистане и на прилегающих территориях произошли многочисленные сильные землетрясения. К ним относятся: Бричмуллинское (1959 г.), Ташкентские (1966, 2008 гг.), Пскентское (1970 г.), Газлийские (1976, 1984 гг.), Исфара-Баткенское (1977 г.), Таваксайское (1977 г.), Назарбекское (1980 г.), Чимионское (1982 г.), Папское (1984 г.), Избаскентское (1992 г.), Учкурганское (1995 г.), Камешинские (1999–2001 г.), Туябугузское (2013 г.) и Маржанбулакское (2013 г.). Эти землетрясения принесли огромный социальный и материальный ущерб, что указывает на чрезвычайную актуальность выявления зон разломов с целью прогнозирования землетрясений.

При подготовке землетрясений блоки земной коры, располагающиеся на противоположных сторонах разлома, подвергаются давлению и накапливают напряжение, достигающее определенной критической величины. В горных породах, составляющих эти блоки земной коры, происходят значительные упругие деформации. Распространяясь в окружающей среде эти деформации, в свою очередь, влияют на ход гидрогеодинамических, гидрогеохимических процессов, выражающихся в колебаниях уровня, дебита, химического, газового и изотопного состава подземных вод. Одним из информативных предвестников является гелий. Своеобразные свойства гелия способствует решению разнообразных геологических задач, что доказано по результатам исследований многих авторов [1; 3–5]. Это обусловлено химической инертностью и значительной миграционной способностью гелия, контрастностью гелиевого поля в осадочном чехле, сквозь который этот газовый компонент мигрирует из кристаллического фундамента в атмосферу, неся многостороннюю информацию о динамике подземных флюидов.

Благодаря высокой информативной способности газового, изотопного состава, содержание гелия в подземных водах реагирует на любые изменения напряженности участков земной коры, еще не проявившие себя сильными землетрясениями. Но, и в некоторых случаях сопровождают аномальные изменения, отражающие процесс подготовки землетрясения [6; 7].

Кроме этого, изучение гелиевого поля осадочного и кристаллического оснований дает возможность выявления и картирования разломов и ослабленных зон. Примером этого служит результат гелиевой съемки с выявлением ореолов растворенного гелия в подземных водах в районе газового месторождения после известных Газлийских (1976, 1984) землетрясений [3]. Повышенные концентрации гелия в воде изменяются в пределах от $n \times 10^{-5}$ до $n \times 10^{-2}$ мл/л и более. В результате гелиевых съемок зафиксирована сеть разломов, относящихся к региональным Западно-Кызылкумским разломам и Большому Каратаусскому разлому, имеющим северо-западное простирание с концентрацией гелия более $n \times 10^{-2}$ мл/л. Между глубинными разломами выявлены зоны высокой концентрации гелия $(5-10) \times 10^{-4}$ северо-восточного простирания, пересекающие Центрально-Кызылкумский свод. В целом выявленные зоны концентраций гелия, отражают сеть разрывных структур, по которым наиболее благоприятны условия субвертикального транзита флюидов от складчатого палеозойского фундамента к чехлу платформенных отложений мезокайнозойского возраста и к континентальным терригенным отложениям рыхлого покрова неоген-четвертичного возраста верхней части земной коры. Анализ ранее проведенных исследований показал, что зоны повышенной проводимости гелия находятся в восточной зоне. Здесь, в зонах пересечения линейных северо-западных с поперечными юго-восточными разломами, образуются гелиевые ореолы высокой концентрации. Эти ореолы по направлению к северо-западу по разломам преобразуются в линейные. Только в восточной и западной частях исследуемого участка ореолы гелия имеют площадное распределение по продольным и поперечным разломам.

Анализируя и сопоставляя ореолы гелия с региональным Бухара-Гиссарским и локальными разломами (рис. 1) очаговой зоны Газлийского землетрясения, установлено, что в восточной и западной частях исследуемого района, концентрация гелия более высокая за счет проводимости регионального и локальных разломов.

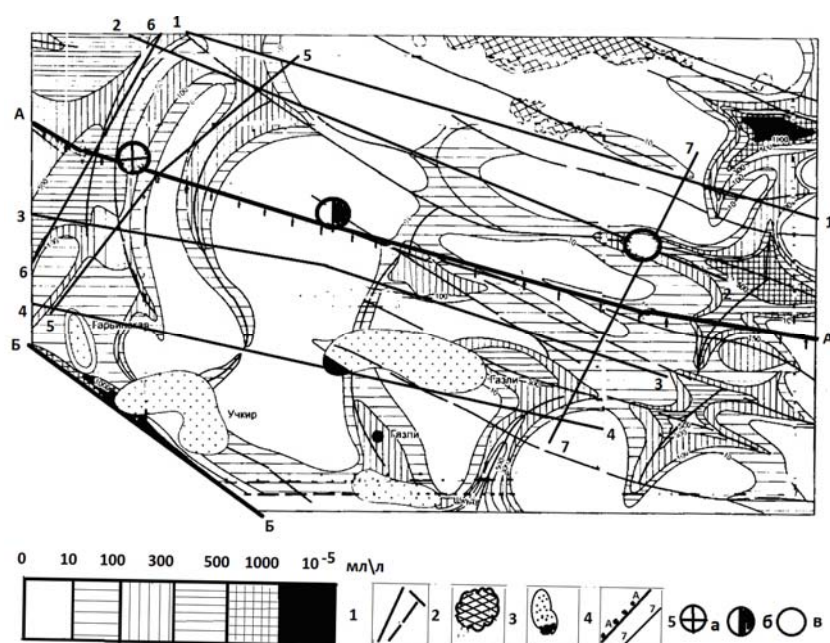


Рис. 1. Ореолы гелия, растворенного в подземных водах, наложенная на структурную схему Газлийского землетрясения (по материалам Г.В. Перевозчикова, Б.А. Борисова, Е.А. Рогожина, 1986 г.)

1 – поле концентрации гелия в 10^{-5} мл/л; 2 – зоны повышенной проводимости гелия – разломы; 3 – выходы кристаллических пород на поверхность; 4 – залежи месторождений нефти и газа; 5 – региональные разломы: А–А Бухара-Гиссарский, Б–Б Южно-Гиссарский; локальные разломы: 1-1 – Ашикудукский, 2-2 – Северный Шоркудукский, 3-3 – Каракырский продольный, 4-4 – Газлийский, 5-5 – Тузкойский, 6-6 – Каракырский поперечный, 7-7 – Рометанский; Газлийские землетрясения: а – 19.04.1984; б – 17.05.1976; в – 07.04.1976

В эпицентральной зоне Газлийского землетрясения 17.05.1976 выделяются поля низкой концентрации гелия или вовсе отсутствуют. Это объясняется тем, что длительные сильные колебания, вызвали сейсмогравитационный характер остаточных деформаций и просадку в грунтах, а по бортам каналов и в понижениях рельефа образование таких процессов, как оплывание грунтов, просадочные воронки и трещинообразование. Вследствие вышеизложенного до времени проведения гелиевой съемки в районе газового месторождения Газли, активизированные разломы, проявившиеся трещинами в палеогеновых глинах, залечивались поверхностными рассыпными грунтами (песками, супесью и суглинками) верхних неоген-четвертичных отложений. Палеогеновые отложения явились природной ловушкой – ухудшающей миграционные свойства гелиевого поля по разломам.

Таким образом, на основе вышеизложенного выявленные зоны повышенной проводимости гелия приурочены к региональному Бухара-Гиссарскому разлому, которые совпадают с Южно-Тянь-Шаньской сейсмогенной зоной [2], к нему приурочены эпицентры Газлийских землетрясений 7 апреля 1976 г. [$M = 7,0$], 17 мая 1976 г. [$M = 7,3$] и 19 марта 1984 г. [$M = 7,2$], что позволяет сделать следующие выводы:

- концентрация гелия, растворенного в подземных водах, является индикатором для выявления активизированных разломов;

- разрывные нарушения, особенно глубинные разломы, пересеченные локальными разломами, фиксируют повышенную концентрацию гелия, растворенного в подземных водах;

- «залечивание» разломов ухудшает миграционную способность гелия, растворенного в подземных водах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кусов Б.Р. Флюидодинамика как предвестник геодинамических процессов // Вестник Владикавказского Центра. – 2009. – Т. 9. – № 2. – С. 42–44.

2. Карта сейсмогенные зоны Узбекистана и прилегающих территорий / под ред. д.г.-м.н. Р.Н. Ибрагимова. – Ташкент, 2011.
3. *Перевозчиков Г.В.* Поле водорода на месторождении Газли по данным геохимических исследований в нефтегазоносном регионе Средней Азии // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2012. – Т. 7. – № 1. – С. 1–13.
4. *Гумен А.М.* О закономерностях распределения гелия в осадочном чехле Юго-Востока Белоруссии // Вестник ГГТУ им. Сухого П.О. – 2003. – № 2. – С. 39–44.
5. *Якуцени В.П.* Геология гелия. – Л.: Недра, 1968. – 223 с.
6. *Зиявуддинов Р.С.* Особенности проявления гелия в подземных водах сейсмоактивных районов Центральной Азии: автореф. дис. – Т., 2011. – 22 с.
7. *Султанходжаев А.Н., Азизов Г.Ю. и др.* Некоторые результаты гидрогеосейсмологических исследований на Кызылкумском полигоне // Проблемы сейсмологии в Узбекистане. – Ташкент, 2007. – № 4. – С. 166–172.

ВЛИЯНИЕ ТРЕЩИНОВАТОГО УЧАСТКА ГРУНТА ОСНОВАНИЯ НА ДЕФОРМАЦИЮ ГРУНТОВОЙ ПЛОТИНЫ

К.Д. Салямова, Д.Ф. Руми

*Институт сейсмостойкости сооружений АН РУз,
Ташкент, Узбекистан
E-mail:klara_51@mail.ru*

EFFECT OF FISSURED SECTION OF FOUNDATION SOIL ON STRAIN OF EARTH DAM

The effect of fissured section on stress-strain state of rock mass, which represents the foundation of earth dam, is studied in the paper. Real geometrical and physical-mechanical parameters for the structure and surrounding rock mass, obtained as a result of experimental drilling, are used in calculations.

Потеря общей устойчивости гидротехнического сооружения может возникнуть не только в результате интенсивного сейсмического воздействия, но также и в результате неравномерного деформирования, просадки грунта, причиной чего может явиться неучтенная область основания с повышенной трещиноватостью. Поэтому расчеты уникальных грунтовых сооружений (плотин) при статических и динамических нагрузках необходимо производить с учетом данных о параметрах грунтов сооружения и основания, полученных по результатам опытного бурения.

Такие данные использованы в предлагаемой работе для исследования влияния трещиноватого участка в горном массиве, являющегося основанием грунтовой плотины, на деформированное состояние сооружения и окружающего грунта. Для этого в качестве расчетной выбрана плоская область, включающая продольное сечение строящейся в республике плотины высотой 165 м (1) и окружающее ее скальное основание (2). Трещиноватый участок (3) располагается в левой части модели – под левым бортом и дном каньона. Индексы 1, 2, 3 соответствующих участков модели приведены на рис. 1. Нагрузка представлена силами гравитации.

Расчеты производились численно методом конечных элементов, исходным являлось вариационное уравнение

$$\delta A = \delta A_{\sigma} + \delta A_p = - \int_V \sigma_{ij} \delta \varepsilon_{ij} dV + \int_V \rho g \delta v dV = 0 \quad (1)$$

с интегралами, представляющими работу сил упругости и массовых сил. На границах области приняты условия: жесткое закрепление внизу и наличие подвижных шарниров, не допускающих горизонтальных перемещений на боковых гранях.

Исследования выполнялись в двух вариантах (соответствующие индексы на рисунках): при однородном скальном основании (а) и при наличии трещиноватой зоны в основании (б).

При использовании МКЭ [1; 2] модель расчленялась на элементы с тремя или четырьмя углами с прямыми или округлыми сторонами (на оголовке трещиноватой зоны). Для конечных элементов, приходящихся на трещиноватую зону, учитывались коэффициенты, снижающие жесткость грунта по касательному и нормальному к оси трещины направлениям. Коэффициенты, понижающие жесткость трещиноватого участка в ортогональном направлении $\beta = 0,001$, и вдоль участка $\alpha = 0,05$, т.е. жесткость ослабленного трещинами участка почти в 1000 раз уступала жесткости скального грунта на растяжение-сжатие и в 50 раз – на сдвиг. Для грунта плотины учитывались физико-механические параметры ее ядра $E = 70$ МПа, $\rho = 2,284$ т/м³, $\nu = 0,3$.

На рис. 1 показано деформированное состояние области на фоне конечно-элементной сетки с однородным скальным основанием (а) и с учетом в основании трещиноватой зоны (б).

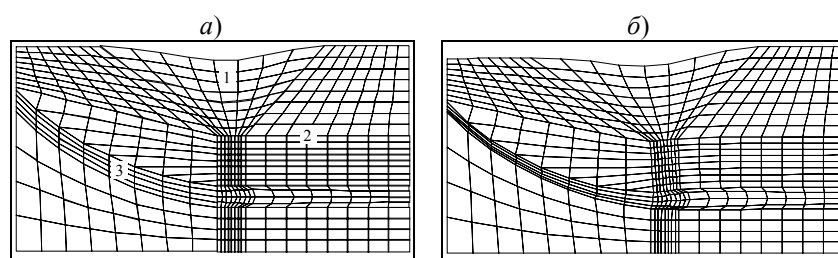


Рис. 1. Изменение формы модели под собственным весом: однородное основание (а), основание с ослабленной зоной (б)

Результаты указывают, что в случае однородного жесткого основания под влиянием собственного веса происходит осадка только наименее жесткой части области – плотины, что видно по изгибу линии гребня (рис. 1, а). При наличии же в основании ослабленного трещиноватого слоя наблюдается также и значительная просадка грунта левого борта каньона. В результате такого перемещения, деформация самой плотины и модели, в целом, теряют симметричную форму (рис. 1, б).

При этом наибольшему сжатию подвергается ослабленная зона, испытывающая значительное давление от находящейся над ней массы горной породы и массы сооружения.

Учитываемая вертикальная нагрузка вызывает сжатие области, при этом вертикальные напряжения σ_y (МПа) равномерно увеличиваются с глубиной, достигая максимального значения на нижней границе (рис. 2, а) модели с однородным жестким основанием. При этом напряжения симметричны относительно центральной вертикальной оси рассматриваемой области (рис. 2, а). Наблюдаемая симметрия нарушается при наличии трещиноватой зоны (рис. 2, б). В этом случае возникает концентрация напряжений и на оголовке трещиноватого участка и на границе плотины с левым бортом каньона, находящимся над ослабленной зоной. Наблюдаемая концентрация напряжений способна вызвать дальнейший рост трещин, приводящий к увеличению размеров трещиноватого участка, и разрушению контакта сооружения с грунтом.

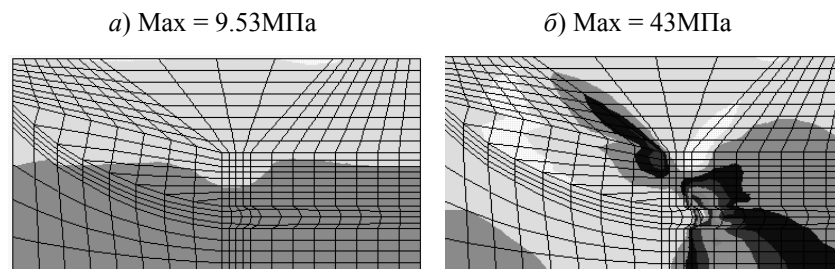


Рис. 2. Вертикальные напряжения, возникающие в модели под действием собственного веса: однородное основание (а), основание с ослабленной зоной (б)

Проведенные исследования, касающиеся вопроса о влиянии трещиноватой зоны в скальном основании на напряженно-деформированное состояние системы «грунтовая плотина – скальное основание», выполнены авторами с использованием данных опытного бурения. Полученные результаты указывают на возможность неравномерной осадки

сооружения, инициированную, в основном, вертикальными смещениями части скального основания, находящейся над трещиноватой зоной. При этом возможна неравномерная осадка сооружения, образование и рост трещин как в скальном основании вблизи оголовка трещиноватой зоны, так и на контакте с сооружением. Для устранения такой возможности рекомендуется проведение предварительного цементирования основания в ослабленной зоне.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зенкевич О.К.* Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975. – 542 с.
2. *Мирсаидов М.М., Султанов Т.З., Руми Д.Ф.* Оценка динамического поведения системы «сооружение-основание» с учетом волнового уноса энергии // Инженерно-строительный журнал. – 2013. – № 4. – С. 94–104.

ВНУТРЕННИЕ И ВНЕШНИЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РАЗВИТИЕ ТЕХНОГЕННОЙ СУФФОЗИИ

Н.А. Сенаторова^{*}, Е.А. Тимофеева^{**}

*^{*}ЗАО «ДАР/ВОДГЕО», г. Астрахань
E-mail: Mikulan@darvodgeo.ru*

*^{**}ОАО «НИИ ВОДГЕО», г. Москва
E-mail: Timofeeva@darvodgeo.ru*

INTERNAL AND EXTERNAL FACTORS OF THE TECHNOGENIC SUFFUSION

The article identifies internal and external factors defining origin and progression of filtration suffusion processes in urbanized areas.

Суффозия является одним из наименее изученных опасных геологических процессов (ОГП), связанных с действием подземных вод. Зачастую места распространения суффозии (оползни, провалы, оседания грунта и т.д.) совпадают с местами концентрированного проявления техногенных воздействий на геологическую среду.

Проявления суффозионных процессов охватывают более 13% территории России [1], что представляет большую опасность для зданий и сооружений и определяет необходимость прогнозирования и оценки соответствующих рисков. В общем случае возможность появления и масштабы развития фильтрационной техногенной суффозии на конкретной территории определяются рядом внутренних и внешних факторов.

К основным **внутренним факторам** фильтрационной суффозии относятся инженерно-геологическая и гидрогеологическая характеристики грунтов.

Тип грунтов во многом определяет подверженность территории суффозионным процессам. Каждый из видов суффозии может протекать лишь в горных породах определенного типа, которые можно назвать суффозионно неустойчивыми [2]. Легче всего размываются пески, супеси и лессовые породы, хуже всего – глины, крупнообломочные и скальные породы с ослабленными структурными связями.

В глубине массива суффозия может возникать также на контакте двух слоев, различных по составу и пористости, например глинистых и песчаных слоев, когда соотношение коэффициентов фильтрации этих пород больше 2.

Одной из основных характеристик несвязности грунтов является *коэффициент неоднородности* – отношение контролирующего диаметра частиц d_{60} к действующему диаметру частиц d_{10} [3]:

$$K_n = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (1)$$

При изучении условий развития суффозии в работе [3] получен график зависимости минимального градиента фильтрационного потока (I_p), при котором начинается суффозия, от неоднородности породы (K_n), иллюстрирующий, что, с точки зрения подверженности фильтрационной суффозии, наименее вероятным можно считать появление и развитие суффозионных процессов в неоднородных грунтах, характеризующихся коэффициентом неоднородности $K_n < 10$. Наиболее подвержены суффозионным процессам грунты с коэффициентом неоднородности $K_n > 20$.

Следует также выделить характерные варианты *структуры массива горных пород*, непосредственно влияющие на подверженность территории суффозионным процессам, в порядке возрастания их влияния [2]:

- 1) наличие в структуре массива закольматированных полостей и трещин;
- 2) наличие в массиве слагающих пород закольматированных полостей и трещин;
- 3) массивы, сложенные техногенными грунтами, неуплотненными и недостаточно уплотненными насыпными грунтами, с включениями строительного мусора, грунты обратных засыпок.

Качественным показателем способности гравитационной водой к разрушению структурных связей или изменению минерального и гранулометрического состава пород является *гидрогеологическая характеристика грунтов*, включая следующие характерные факторы (в порядке возрастания влияния на развитие суффозии) [2]:

- 1) появление потока подземных вод в неводонасыщенных суффозионно неустойчивых породах в результате осадков, снеготаяния, паводков, утечек из коммуникаций, орошения и др.;
- 2) увеличение скорости потока подземных вод, вызванное теми же причинами либо засухами, строительным водопонижением, осушением, эксплуатацией месторождений подземных вод;

3) выход области суффозионного выноса (полости) на контакт с водонасыщенными суффозионно неустойчивыми породами, связанный с природными (абразия, эрозия, обвалы, оползни, карст и т.д.) и техногенными воздействиями (производство земляных, буровых, горнопроходческих работ и т.д.).

К **внешним факторам** техногенной фильтрационной суффозии относятся: факторы, связанные с подтоплением территории, освоением подземного пространства и застройкой промплощадки.

Одним из наиболее массовых внешних факторов, провоцирующих и активизирующих развитие суффозионных процессов, является *подтопление территорий подземными водами*. К основным причинам подтопления относят утечки из водонесущих коммуникаций и водосодержащих емкостей, в промышленно развитых городах достигающие 60–70% инфильтрационного питания грунтовых вод. Учитывая это, к числу внешних факторов фильтрационной суффозии предлагается отнести *плотность, характеристику и изношенность коммуникаций* – общую протяженность сетей на единицу площади территории (км/га).

Кроме того, к числу характеристик грунтовых вод, позволяющих оценить суффозионную опасность территории, следует отнести *амплитуду колебаний УГВ и частоту колебаний*. Чем больше амплитуда и частота колебаний уровня грунтовых вод (циклы «смачивание-осушение»), тем активнее в породах протекают процессы фильтрации, диспергирования, разуплотнения.

В качестве еще одного критерия опасности суффозионных процессов предлагаем рассматривать *среднее значение глубины залегания грунтовых вод*, около которой происходят колебания. При высоком стоянии грунтовых вод колебания их уровня представляют большую опасность для возникновения суффозии.

Очагами сосредоточенного воздействия на геологическую среду, при котором интенсифицируются многие ОГП,

следует считать сложные системы подземной инфраструктуры на урбанизированных и промышленных территориях.

Для количественной характеристики охвата территории подземной инфраструктурой принят *коэффициент застройки подземного пространства* – отношение площади застройки подземного пространства к общей площади территории.

Степень износа (амортизации) объектов подземной инфраструктуры характеризует возможность возникновения техногенных утечек, образования полостей-приемников в нарушенных коммуникациях и сооружениях, изменение структуры и неоднородности грунтов обратных засыпок за время эксплуатации подземных сооружений и т.п.

Характеристика оснований и фундаментов на конкретной территории также оказывает влияние на механизмы развития и виды проявления суффозии (в порядке возрастания степени уязвимости здания, сооружения для суффозионных проявлений):

- 1) свайный фундамент;
- 2) плитные фундаменты;
- 3) ленточные фундаменты мелкого заложения.

Кроме того развитие суффозии процессов на конкретной промышленной площадке в значительной мере зависит от характеристик объектов, на ней размещенных.

Выполненная в 2006 г. ЗАО «ДАР/ВОДГЕО» работа по картированию зон опасных геологических процессов на площадке Астраханского газоперерабатывающего завода [4] наглядно показала, что большинство фиксируемых суффозионных проявлений связаны с объектами, использующими воду или пар (конденсат), в том числе сточные воды после промывки оборудования, т.е. обусловлены утечками из коммуникаций и емкостей и аварийными сбросами жидкостей на территорию.

Учитывая это, предлагаем отнести к показателям суффозионной опасности конкретной территории *наличие и характеристики емкостных и технологических сооружений*

(наземных и подземных), использующих жидкости, газы и пар (конденсат).

В числе показателей промплощадки, влияющих на распространенность и интенсивность суффозионных процессов, следует также выделить *наличие и характеристики емкостных и технологических сооружений, использующих агрессивные по отношению к основаниям и фундаментам жидкости*, поскольку поступление в грунты сточных вод, жидких промышленных отходов, различных агрессивных жидкостей значительно увеличивает растворяющую способность подземных вод.

Оценку существующей суффозионной опасности и прогнозирование развития данного ОГП можно осуществлять на основе данных о зарегистрированных поверхностных проявлениях суффозии, используя, например, критерии опасности процессов, установленные в СНиП 22-01-95 [5], либо другие показатели.

В работе В.П. Хоменко [2] предложены следующие критерии оценки существующей суффозионной опасности для объектов промышленного, гражданского и транспортного строительства:

- максимальный линейный размер поверхностного суффозионного проявления в плане;
- интенсивность образования поверхностных суффозионных проявлений – количество случаев на единицу площади в год;
- плотность поверхностных суффозионных проявления – количество случаев на единицу площади.

На основании сочетания данных критериев оценивается существующая суффозионная опасность.

Выводы. Суффозия и ее проявления требуют прогнозирования, мониторинга и специальных инженерных мероприятий защиты при проектировании и строительстве зданий и сооружений. Выделенные в работе внутренние и внешние факторы рекомендуется использовать в качестве исходных показателей при оценке риска суффозионных процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дзекцер Е.С., Пырченко В.А. Технология обеспечения устойчивого развития урбанизированных территорий в условиях воздействия природных опасностей. – М.: Изд-во ЗАО «ДАР/ВОДГЕО», 2004.
2. Хоменко В.П. Закономерности и прогноз суффозионных процессов. – М.: ГЕОС, 2003.
3. Истомина В.С. Фильтрационная устойчивость грунтов. – М.: Госстройиздат, 1957.
4. Картирование зон опасных геологических процессов на площадке АГПЗ с выявлением причин их возникновения и рекомендациями по устранению. – М.: ЗАО «ДАР/ВОДГЕО», 2006.
5. СНиП 22-01-95. Геофизика опасных природных воздействий. – М.: Минстрой России, 1996.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АНОМАЛЬНО ВЫСОКИХ МОРСКИХ ВОЛН И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПРОГНОЗА

А.В. Слюняев, А.В. Сергеева, Е.Н. Пелиновский

*Институт прикладной физики РАН, г. Нижний Новгород;
Нижегородский государственный технический
университет им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород
E-mail: slunyaev@appl.sci-nnov.ru.*

NUMERICAL SIMULATIONS OF OCEANIC ROGUE WAVES AND PERSPECTIVES OF THE FORECASTING

In this article we briefly overview the recent achievements of stochastic numerical simulations of sea waves and observe the perspectives and problems when developing the rogue wave warning criteria.

Русскоязычный термин «волны-убийцы» [1–3] подразумевает экстремальные волны на морской поверхности, которые оказываются слишком высокими и слишком частыми, чем это предполагается существующими вероятностными формулами. Выходя за рамки используемых норм, «волны-убийцы» или аномальные волны представляют собой опасное природное явление, адекватный учет, понимание и предсказание которых необходимы для нормального мореплавания и использования морских ресурсов. Этой проблеме уделяется большое значение за рубежом (крупные проекты ЕС «MaxWave» и «ExtremeSeas»), но она кажется менее признанной в России.

Исследования «волн-убийц» охватывают большой спектр направлений, и в этой статье мы основное внимание уделяем практически-ориентированным результатам. Понимание действующих механизмов, ответственных за формирование экстремальных волн, позволяет сформулировать математические модели, пригодные для т.н. стохастического численного моделирования, т.е., для расчета динамики ансамблей квазислучайных волн с последующей статистической обработкой данных, а также выделения событий «волн-убийц» и детального их анализа [4; 5]. Численное моделирование потенциально позволяет решить проблему недостаточного объема, качества и статистической неоднородности натурных данных, а также больших время- и трудозатрат лабораторных экспериментов.

Примеры моментальных профилей экстремальных волн, наблюдавшихся в численных экспериментах, приведены на рис. 1 и включают различные типы «волн-убийц»: содержащие очень высокий гребень, очень глубокую ложбину или крутой перепад. Эти профили соответствуют интенсивным волнам в контролируемых условиях, задаваемых модельным спектром.

Анализ выделенных «волн-убийц» позволяет выявить особенности их геометрии.

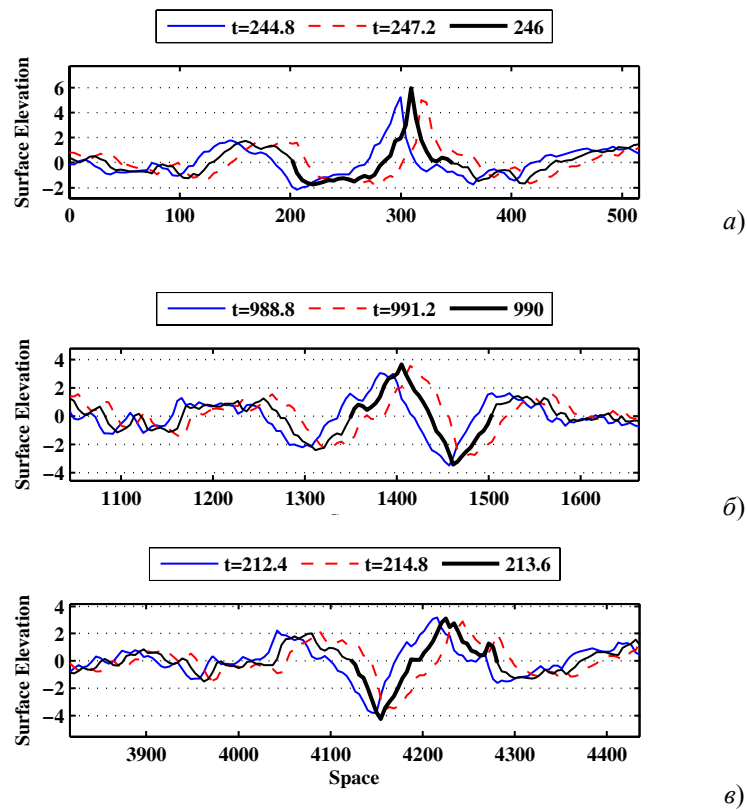


Рис. 1. Примеры профилей экстремальных волн (жирным) и в соседние моменты времени: высокий гребень (а), крутой перепад (б), «дырка в море» (в).

Волны распространяются слева направо, по горизонтали координата, по вертикали смещение поверхности в метрах; время в секундах

В частности, на рис. 2 представлена сортировка «волн-убийц» по четырем типам форм. Если полученный результат кажется довольно ожидаемым для случая небольшой крутизны волн (исходя из асимметрии однородных волн Стокса, рис. 2, а), то в случае большей интенсивности нами обнаружена асимметрия между передним и задним фронта-

ми экстремальных волн (рис. 2, б), которая ранее не отмечалась в литературе, но присутствует в натурных данных [6]. В том же году она была обнаружена и в трехмерных расчетах [7].

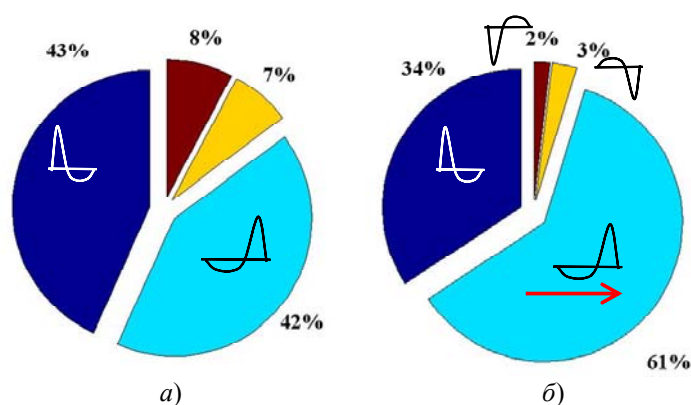


Рис. 2. Пропорции anomalously высоких волн разной геометрии для случаев небольшой (а) и большой (б) нелинейности

Моментальные профили волн даны схематично, стрелкой указано направление распространения

Параметр модуляционной неустойчивости (Benjamin – Feir Index, BFI , см. в [2; 3])

$$BFI = \sqrt{2} \frac{k_p \eta_{rms}}{\Delta \omega / \omega_p} = 2\sqrt{2} \frac{k_p \eta_{rms}}{\Delta k / k_p} \quad (1)$$

является простейшим для экспресс-оценки самомодуляционных свойств волн на глубокой воде. В (1) k_p и ω_p – волновое число и циклическая частота спектрального пика, Δk и $\Delta \omega$ – ширины пространственного и временного спектров, η_{rms} – среднеквадратичное смещение поверхности. Многочисленные компьютерные и лабораторные эксперименты однозначно свидетельствуют о его полезности и связи со

статистическими характеристиками волн (хотя и не всегда такой простой, как предлагается развитой теорией в предположении о слабом отклонении от стационарного гауссового процесса).

Одновременно можно сформулировать как минимум следующие трудности при практическом применении BFI для объяснения или предсказания экстремальных состояний однонаправленных волн (отдельного рассмотрения требует более общий случай ненулевого углового спектра):

- негрубость и неоднозначность определения BFI , что отмечалось во многих работах (см. обзор в [2]);
- малый разброс значений BFI , реализуемых в море (эти значения обычно порядка единицы или меньше), что требует хорошей точности определения BFI , которую трудно обеспечить, как сформулировано в предыдущем пункте;
- эффект памяти: наиболее экстремальные условия наблюдаются не в момент наибольшего значения BFI , а существенно позднее – от единиц до десятков минут, что объясняется нелинейной (довольно долгой) динамикой групп волн.

Работа поддержана грантами РФФИ 14-02-00983, 14-05-00092 и 15-35-20563.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куркин А.А., Пелиновский Е.Н. Волны-убийцы: факты, теория и моделирование. – Н. Новгород: НГТУ, 2004.
2. Kharif C., Pelinovsky E., Slunyaev A. Rogue Waves in the Ocean. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009.
3. Slunyaev A., Didenkulova I., Pelinovsky E. Rogue Waters // Contemporary Physics. – 2011. – Vol. 52. – P. 571–590.
4. Слюняев А.В., Сергеева, А.В. Численное моделирование и анализ пространственно-временных полей аномальных морских волн // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. – 2012. – Т. 5. – № 1. – С. 24–36.

5. *Sergeeva A., Slunyaev A.* Rogue waves, rogue events and extreme wave kinematics in spatio-temporal fields of simulated sea states // *Nat. Haz. Earth Syst. Sci.* – 2013. – Vol. 13. – P. 1759–1771.
6. *Pinho U.F., Liu P.C., Ribeiro C.E.P.* Freak Waves at Campos Basin, Brazil // *Geofizika.* – 2004. – Vol. 21. – P. 53–67.
7. *Xiao W., Liu Y., Wu G., Yue D.K.P.* Rogue wave occurrence and dynamics by direct simulations of nonlinear wave-field evolution // *J. Fluid Mech.* – 2013. – Vol. 720. – P. 357–392.

**ПЛОЩАДНАЯ ЭРОЗИЯ РЕК –
НОВЫЙ ВИД РЕЧНОЙ ЭРОЗИИ
НА ЮЖНОМ УРАЛЕ И В ПРЕДУРАЛЬЕ**

А.И. Смирнов

Институт геологии УНЦ РАН, г. Уфа
E-mail: smalil@mail.ru, smirnov.ai@bashkortostan.ru

**EROSION AREA RIVERS –
NEW SPECIES RIVER EROSION
ON THE SOUTHERN URALS AND FORE-URAL**

The characteristics of a new type of river erosion in the southern Urals and the Fore-Ural region within the borders of the Republic of Bashkortostan.

Общеизвестно, что речная эрозия представлена двумя видами экзогенных геологических процессов (ЭГП): глубинной или донной и боковой.

Глубинная эрозия рек представляет собой совокупность процессов, приводящих к углублению русла реки в результате воздействия потока на отложения, слагающие его ложе, проявляется в изменении высотного положения дна реки и сопровождается понижением отметок водной поверхности.

Боковая речная эрозия проявляется в подмыве и разрушении берегов рек, развивающаяся на отрезках рек, у которых выработан профиль равновесия [1].

Глубинная эрозия рек непосредственного прямого отрицательного воздействия на населенные пункты и инженерные сооружения на Южном Урале и в Предуралье в границах Республики Башкортостан (РБ) не оказывает. В то время как, отрицательное воздействие (или возможное отрицательное воздействие) на них речной боковой эрозии достоверно зафиксировано не менее чем в 530 населенных пунктах Башкирского Предуралья, в около 90 населенных пунктах горной части Башкортостана и в около 60 населенных пунктах равнинного Башкирского Зауралья [2].

Современная активность развития боковой эрозии рек, выраженная в скорости размыва речных берегов на основании фактических данных оценена нами для всех рек РБ и приведена в Атласе Республики Башкортостан [4].

Кроме традиционных видов речной эрозии на территории РБ можно выделить еще один ее вид – «площадную эрозию рек». Она выражается в плоскостном смыве речными водами строений и инженерных сооружений в периоды «бурных» скоротечных весенних половодий и кратковременных естественных и искусственных паводков.

В Башкортостане, как и в целом по России, она практически не изучена и в настоящее время нет четкой определенности в отношении того – является ли площадная эрозия рек предметом изучения инженерной геодинамики или это прерогатива других наук. Так или иначе, как это будет показано ниже, она реально существует, причиняет населению и объектам экономики РБ немалый ущерб, часто носит катастрофический характер и порой сопровождается человеческими жертвами.

Как самостоятельный вид ЭГП на территории РБ площадная эрозия рек впервые была выделена нами при специальном инженерно-геологическом обследовании западных

районов Башкирского Предуралья [5]. Так, в 1983 г. было зафиксировано, что после обильных ливневых дождей в начале лета по небольшим (безымянным) правобережным притокам рек Ик и Усень в северной части Прибельской холмисто-увалистой равнины прошли кратковременные волнообразные в продольном профиле долин-дрен паводки, уничтожившие частные посевы сельскохозяйственных культур. При этом особенно пострадали они в сс. Аблаево, Какрыбашево и Исмаилово.

При специальном инженерно-геологическом обследовании юго-восточных районов РБ [3] также было зафиксировано развитие площадной эрозии рек.

В 1990 г. в период прохождения по рекам весеннего половодья на Южном Урале выпала почти двухмесячная норма осадков. При среднемноголетней (1936–1990 гг.) норме апрельских и майских осадков соответственно 29 и 42 мм (ст. Белорецк), за 4 дня (с 25 апреля) в Белорецком районе выпало 80 мм, в Бурзянском – 50 мм, Зилаирском – 60 мм. Это повлекло за собой резкий подъем уровней рек и прохождение по ним валообразных потоков воды. Только за одни сутки и без того высокие уровни рек Белой, Юрюзани, Симы, Инзера, Сакмары и Лемезы поднялись от 50 до 120 см. Максимальные уровни на них в 1990 г. превышали все ранее наивысшие наблюдаемые до 1,5 раз. Огромные массы воды были сконцентрированы в узких днищах долин рек, проходя по ним волнообразным потоком, смывали дома, мосты, опоры линий электропередач и связи, размывали дороги. В результате с 25 апреля по 8 мая 1990 г. по официальным данным периодической печати было затоплено 105 населенных пунктов, 12 705 жилых домов, часть из которых была снесена и полностью разрушена. Выведено из строя или полностью разрушено 64 моста, в том числе в Бурзянском районе – 31, Кугарчинском – 14, Абзелиловском – 12, Мелеузовском – 7. Размыты сотни земляных плотин прудов, десятки километров автодорог. Погибло 14 человек.

Еще большие человеческие жертвы (29 человек) повлек за собой летний паводок 1994 г. в Белорецком районе. Однако, если площадная речная эрозия 1990 г. была обусловлена, главным образом, естественными причинами, то трагедия 1994 г. в основном искусственными – прорывом плотины Тирлянского пруда.

7 августа в 12 часов дня из-за подъема уровня воды в пруде, вызванного необычно дождливым летом, начался перелив воды через плотину. Попуск излишков воды из пруда по техническим причинам произвести не удалось и в 16 часов произошел прорыв тела плотины. Около 7 млн м³ воды устремилось вниз по реке. В результате количество снесенных и не подлежащих восстановлению жилых домов составило 119, а всего было затоплено 313 домов. Пострадали посевы на 200 гектарах, размыто около 50 км автодорог, снесено 19 мостов, разрушено 40 км линий связи [3].

Последний раз площадная эрозия рек напомнила о себе в Башкортостане в 2012 г.. Весной этого года за две недели в результате резкого повышения температуры с минусовой температуры до +15 °С на всей территории Башкирского Предуралья произошло интенсивное таяния снежного покрова, которое повлекло за собой резкий подъем уровней рек. При этом, огромные массы талых вод в равнинных районах, с наличием широких днищ долин-дрен, растеклись по поймам и не причинили особого вреда жилым строениям и инженерным сооружениям. В то же время на Бугульмино-Белебеевской возвышенности талые воды были сконцентрированы в узких днищах долинах магистральных рек возвышенности и их притоков и волнообразным потоком прошли вниз по рекам Ик, Ря, Усень и их притокам. Наиболее интенсивно пострадали 16 населенных пунктов Еремеевского и Миякинского районов РБ.

Аналогичные явления можно продолжить примерами и по территории России. В этом отношении особо наглядна Крымская трагедия 2012 г., когда часть г. Крымска «накры-

ла 7-метровая волна» ливневых вод. Количество выпавших 6–7 июля осадков превысило месячную норму в пять раз. Волна высотой в 5,95–6,98 м прошла по днищу долины р. Адагум и захватила половину города. В результате волнообразным потоком были полностью разрушены 96 жилых домов, погиб 171 человек.

Приведенные примеры свидетельствуют, что развитие площадной эрозии рек обусловлено гидрологическим явлением – «быстроразвивающимися паводками». В английском варианте – молниеносные (*flash floods*). Развиваются они очень стремительно от десятков минут до трех-шести часов (в г. Крымске чуть более 10 мин) и могут быть вызваны как естественными, так и искусственными причинами. В Соединенных Штатах Америки существует специальная система предупреждения наводнений – *Floods Warning System*, которая, в том числе, предназначена и для смягчения последствий *flash floods*. Это очень дорогостоящая система, которая создавалась в США не менее 20 лет.

В то же время, к хорошо охарактеризованному в мире гидрологическому явлению *flash floods* для развития речной площадной эрозии на территории РБ и России следует добавить главное геоморфологическое условие – наличие крутосклонных и узких долин рек, в которых имеются благоприятные условия для сосредоточения максимальных руслоформирующих расходов в их узких днищах. Действительно, живая сила потока в периоды прохождения максимальных руслоформирующих расходов теряется на затопливаемых широких поймах и низких надпойменных террасах долин рек РБ и, наоборот, увеличивается в узких, относительно глубоко врезанных днищах долинах рек.

В отличие от обычного затопления территорий, в периоды «нормальных» (среднегодовых) весенних половодий, в момент прохождения по рекам кратковременных высоких паводков, наряду с интенсивным размывом речных берегов, происходит плоскостной смыв и разрушение строений и ин-

женерных сооружений с поверхности затопляемых территорий, благодаря большим скоростям водного потока.

Независимо от признания наличия площадной речной эрозии и выделения ее как нового самостоятельного вида речной эрозии, первоочередными задачами ее изучения на территории РБ, по нашему мнению, являются:

- оценка «критических» скоростей водного потока, при которых начинается плоскостной смыл строений и инженерных сооружений с затопляемых территорий;
- определение морфологических и морфометрических параметров днищ долин-дрен, при которых начинается развитие речной площадной эрозии;
- определение долин рек и их отрезков, на которых возможно развитие площадной эрозии рек.

Решение перечисленных задач направлено, прежде всего, на снижение негативного воздействия площадной эрозии рек на население и объекты экономики РБ, находящиеся в зоне ее возможного воздействия и, главное, – на предотвращение новой застройки паводкоопасных территорий.

В заключение также можно отметить, что на территории РБ наиболее активное развитие площадной речной эрозии, по нашему мнению, следует ожидать в долинах рек горного Башкортостана, Бугульмино-Белебеевской возвышенности и Уфимского плато.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Маккавеев Н.И., Чалов Р.С.* Русловые процессы. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 264 с.
2. *Смирнов А.И.* Опасные геологические процессы Республики Башкортостан // Инженерно-геологическое обеспечение недропользования и охраны окружающей среды: мат-лы междунар. научно-практ. конф. – Пермь, 1997. – С. 30–32.
3. *Смирнов А.И.* Площадная эрозия рек на территории Республики Башкортостан // Геологический сборник № 10. Информационные материалы. ИГ УНЦ РАН. – Уфа, 2013. – С. 57–59.

4. Смирнов А.И., Ткачев В.Ф. Инженерно-геологические условия строительства // Атлас Республики Башкортостан. Правительство Республики Башкортостан. – Уфа, 2005. – С. 66–68.

5. Смирнов А.И., Чалов Ю.Н., Потехина А.П. Информационный бюллетень о состоянии геологической среды на территории Республики Башкортостан за 2000 год. – Вып. 1. – Уфа, 2001. – 52 с.

ОПАСНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ЮЖНОГО УРАЛА И ПРЕДУРАЛЬЯ

А.И. Смирнов

Институт геологии УНЦ РАН, г. Уфа

E-mail: smalil@mail.ru

DANGEROUS GEOLOGICAL PROCESSES SOUTHERN URAL AND FORE-URALS

The characteristic of dangerous geological processes of South Ural and the and Fore-Ural region is provided in borders of the Republic of Bashkortostan. The most dangerous geological processes which are presented by processes of exogenous genesis are defined.

Под опасными геологическими процессами в последнее время принято понимать геологические процессы, отрицательно воздействующие на населенные пункты и другие социально-экономические (хозяйственные) объекты, вызывающие чрезвычайные ситуации (катастрофы и аварии), а также другие неординарные ситуации, негативно сказывающиеся на жизнедеятельности человека.

Опасные геологические процессы (ОГП) представлены процессами эндогенного (ЭнГП) и экзогенного генезиса (ЭкГП).

На Южном Урале и Предуралье в границах Республики Башкортостан (РБ) целенаправленного систематического изучения проявлений ЭНГП не проводилось. Оценка воздействия ЭНГП на состояние населенных пунктов и других хозяйственных объектов на территории республики до настоящего времени не осуществлялась. На сегодня имеются лишь сведения о масштабах современных движений земной коры, определенные на основании разновременных нивелировок вдоль железной дороги Самара-Челябинск. В РБ современные тектонические движения в целом обуславливают общий, хотя и неравномерный подъем территории республики. На платформе скорости подъема достигают 4,5–5,0 мм в год, в Предуральском прогибе – 2,8–4,8 мм в год и на Урале 5,5–6,5 мм в год. Современные тектонические движения в большинстве случаев совпадают с более ранними движениями голоценового, плейстоценового и неогенового времени как по районам проявления, так и по направленности [2].

Многолетними исследования микросейсмического поля, проводившиеся в 1990–2000 гг. Ю.В. Казанцевым (ИГ УНЦ РАН), установлена принципиальная возможность возникновения на территории РБ землетрясений магнитудой до 3–5. Сильные, вызывающие разрушения, землетрясения за последние 100 лет на территории РБ не наблюдались.

Не подлежит сомнению, что ЭНГП и ЭкГП в геологическом развитии земной коры тесным образом связаны между собой.

В связи с этим необходимость изучения современных тектонических движений земной коры и сейсмической активности территории РБ (с созданием сейсмологической службы в республике) не вызывает сомнений.

Весьма разнообразные геолого-геоморфологические и гидрогеологические условия Южного Урала и Предуралья обуславливают развитие в пределах РБ генетически различных видов ЭкГП, характерных как для равнинных, так и для горных областей. Это обусловлено своеобразным располо-

жением республики, территориально охватывающим равнинное и возвышенное Предуралье, горную часть Южного Урала и равнинное Зауралье.

Планомерное системное изучение ЭкГП на территории Башкортостана начато в 1981 г., когда ОАО «Башкиргеология» приступило к проведению специального инженерно-геологического обследования. По результатам обследования на всю территорию РБ в масштабе 1:200 000 были составлены: карта пораженности территории проявлениями ЭкГП и карта их воздействия на населенные пункты и другие хозяйственные объекты, которые весьма востребованы сегодня проектными организациями. Между тем, эти карты требуют актуализации, так как с момента их составления прошло более 20 лет.

Установлено, что в Башкортостане каждый четвертый населенный пункт находится в зонах развития ЭкГП, в каждом из них возможно ожидать возникновения чрезвычайных ситуаций, обусловленных активизацией развития этих процессов [3].

Из всех ЭкГП наиболее распространенными на Южном Урале и Предуралье являются эрозионные процессы и карст. При этом наибольшее воздействие на населенные пункты и хозяйственные объекты оказывают речная эрозия (боковая и площадная), а карстовый процесс является наиболее опасным по степени неожиданности проявления на поверхности. По степени опасности к нему приближается оползневой процесс, но масштабы его развития на территории республики невелики. Воздействие других ЭкГП на населенные пункты Башкортостана незначительное (локальное).

Речная (боковая) эрозия развита по всем рекам рассматриваемой территории. Общим для нее является:

- 1) увеличение интенсивности развития от малых рек к большим (более полноводным) и от истоков к устью;
- 2) обратная зависимость интенсивности развития от уклонов русел рек, которые в свою очередь, как известно, тес-

нейшим образом взаимосвязаны с неотектоническими движениями земной коры;

3) зависимость интенсивности и активности развития от строения днищ долин рек и характера прохождения по ним максимальных расходов: живая сила потока в периоды прохождения максимальных руслоформирующих расходов теряется на затапливаемых поймах и низких надпойменных террасах и, наоборот, увеличивается при сосредоточении его в узком, относительно глубоко врезанном дне долины реки. Совокупность этих трех факторов повсеместно определяет на территории РБ наибольшее развитие речной боковой эрозии (по каждой отдельной взятой реке) в средних течениях рек. Почти каждый четвертый населенный пункт РБ подвержен или может быть подвержен боковой эрозии рек.

Развитие речной боковой эрозии относительно предсказуемо, тогда как развитие нового вида эрозии рек – площадной эрозии часто носит катастрофический характер.

Как самостоятельный вид ЭкГП на территории РБ площадная эрозия рек впервые была выделена нами при специальном инженерно-геологическом обследовании [3].

Развитие площадной эрозии рек обусловлено гидрологическим явлением – «быстроразвивающимися паводками». В английском варианте – молниеносные (flash floods). Развиваются они очень стремительно от десятков минут до трех-шести часов. В то же время, к хорошо охарактеризованному в мире гидрологическому явлению flash floods для развития речной площадной эрозии на территории РБ следует добавить главное геоморфологическое условие – наличие крутосклонных и узких долин рек, в которых имеются благоприятные условия для сосредоточения максимальных руслоформирующих расходов в их узких днищах. В отличие от обычного затопления территорий, в периоды «нормальных» (среднепогодных) весенних половодий, в момент прохождения по рекам кратковременных высоких па-

водков, наряду с интенсивным размывом речных берегов, происходит площадной смыл и разрушение строений и инженерных сооружений с поверхности затопляемых территорий, благодаря большим скоростям водного потока.

На территории РБ площадная эрозия рек наиболее интенсивно проявлялась в 1983, 1990, 1994, 2012 гг., при этом «паводками» 1990 и 1994 гг. на р. Белой в Белорецком районе, наряду со значительными разрушениями инженерных сооружений погибло 14 и 29 человек соответственно [6].

Как уже отмечалось выше, по степени неожиданности проявления на поверхности на территории Башкортостана опасным видом ЭКГП является карстовый процесс.

Среди различных типов карста на Южном Урале и Предуралье самым опасным в РБ является сульфатный карст, поверхностными проявления которого поражено почти 30% территории республики. Сегодня уже достоверно установлено, что каждый десятый населенный пункт Башкортостана подвержен или может быть подвержен в будущем воздействию сульфатного карста [4].

Наибольшая степень воздействия карста на различного рода инженерные сооружения наблюдается в городах (Уфа, Благовещенск, Бирске). Так, только в г. Уфе с 1963 по 1995 г. зафиксировано 22 случая деформаций жилых зданий (в том числе жилых многоэтажных) и других сооружений, связанных с проявлением на поверхности карстового процесса (один раз в 2 года). В большинстве случаев принятые меры противокарстовой защиты позволили продолжить их эксплуатацию, однако в 4 случаях здания были снесены, даже после выполнения мер противокарстовой защиты [1].

Последний карстовый порвал в г. Уфе по данным оперативной сводки Башкирского территориального центра мониторинга состояния недр ОАО «Башкиргеология» о проявлениях экзогенных геологических процессов (О.В. Садыкова, 2014) образовался 13 ноября 2014 г. под жилым домом по ул. Авиаторская, 33. Провал имел цилиндрическую форму с

поперечником 4,5–5,0 м при глубине 4,4–4,5 м, разрушил часть фундамента.

Систематизированные нами данные по карстовым провалам Южного Предуралья за последние 25 лет свидетельствуют о том, что наряду с ежегодным образованием двух-трех небольших карстовых провалов диаметром до 5 м, один раз в 3–4 года образуются аномально крупные карстовые провалы с поперечником и глубиной более 15 м. Последний наиболее крупный такой провал образовался в октябре 2012 г. в 2 км севернее д. Карламанбаш (Кармаскалинский район). Размеры с поверхности его составили 36×40 м при глубине 20–21 м [5].

Таким образом, на Южном Урале и Предуралье в границах РБ наиболее распространенным геологическим процессом, оказывающим отрицательное воздействие на населенные пункты, является боковая эрозия рек, а наиболее опасными – речная площадная эрозия и сульфатный карст.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдрахманов Р.Ф., Мартин В.И., Попов В.Г., Рождественский А.И., Смирнов А.И., Травкин А.И. Карст Башкортостан. – Уфа: Информреклама, 2002. – 384 с.
2. Журенко Ю.Е. Голоценовые и современные тектонические движения западной Башкирии: автореф. дис. ... к.г.-м.н. – Уфа, 1963. – 18 с.
3. Смирнов А.И. Опасные геологические процессы Республики Башкортостан // Инженерно-геологическое обеспечение недропользования и охраны окружающей среды: мат-лы междунар. научно-практ. конф. – Пермь, 1997. – С. 30–32.
4. Смирнов А.И. Оценка воздействия карстового процесса на населенные пункты Республики Башкортостан // Материалы междунар. симпозиума «Карстование – XXI век: теоретическое и практическое значение». – Пермь, 2004. – С. 325–328.
5. Смирнов А.И. Аномально крупные карстовые провалы Южного Урала и Предуралья // Геологический сборник № 10

Информационные материалы. ИГ УНЦ РАН. – Уфа, 2013. – С. 50–56.

6. Смирнов А.И. Площадная эрозия рек на территории Республики Башкортостан // Геологический сборник № 10. Информационные материалы. ИГ УНЦ РАН. – Уфа, 2013. – С. 57–59.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОЛУЧЕНИЯ ГАЗООБРАЗНОГО СЫРЬЯ ИЗ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Р.Х. Сунгатуллин, Р.Р. Хасанов

*Казанский (Приволжский) федеральный университет,
г. Казань*

E-mail: Rafael.Sungatullin@kpfu.ru; Rinat.Khassanov@ksu.ru

THE PROSPECT OF RECEIVING GASEOUS FEEDSTOCK FROM COAL SEAMS IN TATARSTAN

The most popular for the production of fossil fuel energy in the coming decades will be natural gas. Promising technology of underground coal gasification. The most promising regions for the future development of coal bed methane in Russia include the Republic of Tatarstan. We consider environmental and economic benefits and risks of unconventional hydrocarbons.

В ближайшие десятилетия добыча традиционных горючих полезных ископаемых будет дополняться разработкой нетрадиционных источников сырья (высоковязкие нефти, битумы, угольный метан, сланцевый газ, газогидраты, газовые струи в морях, техногенные скопления и др.), которые сконцентрированы в колоссальных объемах в верхней части литосферы [2; 3]. Согласно [2], к нетрадиционным относятся минеральные ресурсы, первоначально учитываю-

щиеся для отдаленного временного интервала, но из-за роста потребностей в сырье и в связи с повышением уровня развития науки и техники оказавшиеся рентабельными для использования.

Ранее интерес человечества к нетрадиционному углеводородному сырью возникал в кризисные периоды мировой экономики. В настоящее время рациональное их использование является одним из важнейших факторов устойчивого развития стран, поскольку многие экономические, технологические, экологические проблемы, а также вопросы национальной безопасности, решаются за счет освоения собственной минерально-сырьевой базы. По мнению российских исследователей [1], эра нетрадиционных источников энергетического сырья в нашей стране начнется с 1940–1950-х гг. текущего столетия и продлится до его конца.

Наиболее востребованным для производства энергии видом ископаемого топлива в ближайшие десятилетия будет являться природный газ, что обусловлено его относительно высокой калорийностью и экологичностью. Перспективным представляется технология подземной газификации углей (ПГУ). Еще Д. И. Менделеев предложил перенести процесс газификации углей под землю, непосредственно в пласт и избавиться от опасной работы по добыче угля. За последние 80 лет показана эффективность ПГУ как бесшахтной технологии получения газообразного энергоносителя из угля на месте его залегания [4]. ПГУ самый высокопроизводительный и наиболее экологически чистый процесс получения энергии, так как при сжигании заменителя природного газа образуется вдвое меньше CO_2 , отнесенному к равному количеству энергии. Поэтому перевод ТЭЦ на это топливо позволяет коренным образом уменьшить негативное влияние на экологическую обстановку.

При ПГУ в угольном пласте образуется и перемещается высокотемпературная зона, в которой тепло генерируется в результате экзотермических окислительных реакций между

содержащимся в пласте газом и кислородом нагнетаемого воздуха. Скважинная технология ПГУ позволяет вовлечь в освоение месторождения твердых горючих ископаемых, признанных непромышленными по причине небольших запасов, сложных горно-геологических и гидрогеологических условий, большой глубины залегания рабочих пластов, оставленных запасов под застроенными площадями или неразрабатываемые залежи по экологическим причинам.

По сравнению с традиционными способами добычи и использования угля, ПГУ имеет эколого-экономические преимущества, к которым относятся [6]:

- 1) низкие затраты на вскрытие залежей;
- 2) отсутствие необходимости отчуждения земель и сохранение плодородного слоя почвы, зависимости способов добычи от глубины залегания угольных пластов, людей в добычном забое;
- 3) минимальное воздействие на большинство геосфер и социосферу;
- 4) значительное снижение выбросов вредных веществ в атмосферу и отсутствие необходимости улавливания и захоронения CO_2 ;
- 5) отсутствие отходов пород и проявлений опасных процессов;
- 6) приближенность к источнику энергопотребления с использованием сырья на миниТЭЦ – децентрализация энергетики;
- 7) полнота извлечения энергии из угольного пласта (до 80%).

Одним из главных недостатков ПГУ является то, что горючий газ, образующийся при подземной газификации, является сложным по своему составу и не пригоден для длительной транспортировки. Технология ПГУ обладает также недостатками экологического характера.

Экологический ущерб при ПГУ выражается, прежде всего, в повышении температуры горных пород и химичес-

ком загрязнении подземных вод под действием теплового антропогенного потока. С другой стороны, ПГУ является одним из примеров создания минерального сырья за счет техногенной трансформации природных залежей углеводородов, в основе которой лежит идея возможности целенаправленного изменения свойств углепородного массива в результате физико-химических воздействий. Очевидно, что при проектировании предприятий ПГУ необходимо проводить специальные геоэкологические исследования, геологический мониторинг и гидрогеологические расчеты. Должны быть разработаны рекомендации по снижению или устранению вредного воздействия загрязненных сред, образующихся при ПГУ на прилегающие природные комплексы.

Развитые государства придают большое значение разработке «прорывных» технологий добычи энергии из альтернативных источников. Однако использование новейших технологий добычи полезных ископаемых часто ведет к дестабилизации экологического состояния геологического пространства с непредсказуемыми последствиями и, преимущественно, отрицательно влияет на развитие биоты и человечества, с возникновением зон экологического дискомфорта и риска. Источниками нестабильности геологической среды в этих случаях, помимо естественных природных явлений (сложное геологическое строение, землетрясения, опасные экзогенные геологические процессы и др.), выступают также техногенные факторы – извлечение полезных ископаемых из недр, техногенные аварии на продуктопроводах, искусственные землетрясения и др. Сюда входит и возможность потери контроля за происходящими геологическими процессами. Поэтому при рассмотрении вопросов освоения нетрадиционных углеводородных ресурсов на первый план выходят вопросы экологической безопасности и геологического риска. Особенно важны и актуальны данные исследования для густонаселенных и экономически развитых регионов. Республика Татарстан относит-

ся к подобным субъектам, где в геологическом разрезе расположены залежи различных горючих полезных ископаемых, при этом разработка некоторых традиционными способами невозможна [7]. К последним следует отнести и ископаемые угли.

В то же время следует отметить, что угли являются источником угольного метана. Метаносный потенциал углей огромен. В настоящее время его промышленная добыча ведется в США и Канаде. Суммарные ресурсы метана в угольных пластах угольных бассейнов РФ оцениваются в 45–50 трлн м³, извлекаемая часть составляет около 50%. При добыче уже выделяется около 3 млрд м³ метана, а используется не более 3% для местной энергетики [3]. К самым перспективным регионам для будущей разработки угольного метана в России можно отнести Республику Татарстан, где угольные ресурсы залегают на глубинах 900–1400 м.

Таким образом, первоочередными объектами разработки нетрадиционных углеводородов можно рассматривать промышленно-урбанизированные территории, так как их освоением решается комплекс экономически, социальных и экологических задач. По нашему мнению, одним из самых перспективных российских субъектов для промышленной разработки нетрадиционных углеводородов является Республика Татарстан, которая располагая значительными ресурсами традиционных и нетрадиционных энергоносителей в породах осадочного чехла, позволяет рассмотреть вопрос создания здесь предприятий, совместно разрабатывающих подобные источники углеводородного сырья. В Татарстане имеется высококвалифицированный производственный и научно-технический кадровый потенциал, создана мощная нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность, существует трубопроводная инфраструктура. С другой стороны, необходимо очень тщательно проводить экспертизу и экологический мониторинг планируемых к разра-

ботке нетрадиционных залежей углеводородов, так как многие природные среды (биосфера и социосфера, подземная и поверхностная гидросферы, атмосфера, педосфера и верхняя часть литосферы) очень чувствительны к воздействию техногенных процессов и трансформации геосред, что может привести к необратимым последствиям для окружающей среды и дестабилизации социально-экономической обстановки добычных регионов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-42-02665

ЛИТЕРАТУРА

1. Варшавская И.Е., Волож Ю.А., Дмитриевский А.Н., Леонов Ю.Г., Милетенко Н.В., Федонкин М.А. Новая концепция развития ресурсной базы углеводородного сырья // Вестник РАН. – 2012. – Т. 82. – № 2. – С. 99–109.
2. Геологический словарь. – Т. 2. – СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2011. – 480 с.
3. Грунис Е.Б., Барков С.Л., Мишина И.Е. Проблемы и инновационные пути расширения ресурсной базы углеводородов за счет нетрадиционных источников Российской Федерации // Георесурсы. – 2014. – № 4. – С. 28–34.
4. Крейнин Е.В. Нетрадиционные термические технологии добычи трудноизвлекаемых топлив: уголь, углеводородное сырье. – М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2004. – 302 с.
5. Муслимов Р. Х. Нетрадиционные и альтернативные источники энергии: перспективы развития // Рациональное освоение недр. – 2010. – № 1. – С. 46–52.
6. Сунгатуллин Р.Х., Хасанов Р.Р., Сунгатуллина Г.М. Нетрадиционные технологии отработки углеводородного сырья в Татарстане: экологический аспект // Георесурсы. – 2012. – № 2 (44). – С. 46–49.
7. Сунгатуллин Р.Х., Хасанов Р.Р., Сунгатуллина Г.М. Разработка нетрадиционных углеводородов: геоэкологические преимущества и риски // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2014. – № 4. – С. 43–49.

**ТОЧКИ ЗРЕНИЯ НА ПРИЧИНЫ
ВОЗБУЖДЕННЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ
ОТ СОЗДАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ:
ПЕРВЫЕ ОБНАРУЖЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ**

Т.А. Таилыкова

*Институт земной коры СО РАН, Иркутск
E-mail: tta1964@mail.ru*

**VIEWPOINTS ON THE CAUSES
OF EARTHQUAKES INDUCED
BY CONSTRUCTION OF WATER RESERVOIRS:
THE FIRST REGULARITIES REVEALED**

The analysis of points of view on the causes of earthquakes excited by the creation of reservoirs. The author proves his point by linking it with the operation of such reservoirs.

В середине XX в. в мире резко возросло количество возводимых высоких плотин с наполнением при них водохранилищ. Согласно существующим на тот момент взглядам, приоритет отдавался наполнению крупных водохранилищ. До их наполнения специальных сейсмологических наблюдений территорий не проводилось, так как не было необходимости в размещении дорогостоящей сети сейсмических станций. К тому же в то время не могло должным образом оценено их воздействие на геологическую среду территории. Процесс воздействия водохранилищ на природную среду оказался *энтропичным*.

Однако было замечено, что в ряде случаев создания водохранилищ все же возникают слабые землетрясения, которые сначала не привлекали особого внимания ученых и считались фоновыми. Предполагалось, что эти толчки возникали вследствие оседания дна наполняемого водоема под дей-

ствием веса воды и возникающими в результате этого подвижками в земной коре [21]. Среди них не было ни одного, нанесшего хоть какой-либо ущерб. Однако их увеличение в районах наполняемых водохранилищ уже не могло рассматриваться как случайное явление [1]. Однако позже, в 1960-х гг., произошли разрушительные землетрясения вблизи созданных крупных водохранилищ – близ Карибы (Африка), Кремасты (Греция) и Койны (Индия) с магнитудой больше 6, где отмечались человеческие жертвы и были значительные разрушения, наводящие на мысль о причинно-следственной связи между наполнением водохранилищ и происходящими землетрясениями [5].

29 декабря 1967 г. (спустя полмесяца после трагических событий на Койне в Западной Индии) в парижской газете «Монд» появилась статья Ж.П. Ротэ «Землетрясения могут вызываться деятельностью человека», в которой резюмировались представления автора о сейсмической активности в окрестностях больших водохранилищ (на основании анализа событий Койна). Таким образом, из будничной тема возбужденных землетрясений от создания водохранилищ (RIS) резко приобрела статус научной и дискуссионной, над выявлением причин и механизма которой в течение почти столетия (до настоящего времени) не утихают споры.

В январе 1969 г. на 4-й Международной конференции по инженерной сейсмологии в Сантьяго Ж.П. Ротэ представил обобщенные результаты сравнительного изучения различных экспериментальных данных. «В то время многие известные геофизики и геологи весьма скептически относились к возможности возникновения землетрясений, вызванных наполнением водохранилищ, так как имевшиеся в распоряжении ученых факты изучались разрозненно, и совпадение во времени упомянутых явлений считалось случайным, в том числе и после землетрясения Койна. Комитет экспертов в 1968 г. провозгласил, что водохранилище Койна не является причиной основных толчков в сентябре и де-

кабре 1967 г. Однако после того, как отдельные случаи были рассмотрены детально, а затем, собранные воедино, подверглись более тщательному сравнительному анализу, реальность этой связи стала очевидной» [5].

Сознавая огромное социально-экономическое значение подобных явлений, ЮНЕСКО в 1970 г. образовало Рабочую группу по теме «Сейсмические явления, связанные с большими водохранилищами». Во время первого совещания Рабочей группы ЮНЕСКО в декабре 1970 г. был сделан обзор по 30 существующим большим водохранилищам. Оказалось, что в половине рассмотренных случаев создание водохранилищ сопровождалось одновременным и последующим усилением сейсмической активности [16]. При этом частота повторения и сила толчков превышали обычные нормы для данного района, а очаги располагались вблизи водохранилищ.

Причины подобного вида землетрясений в разное время были проанализированы несколькими учеными. Так, Кардер [12] первый высказал мысль, что нагрузка, возникшая при заполнении озера Мид (США), вызвала не только опускание территории, но и оживление ранее существовавших в этом районе разрывов. В работе [14] установлено, что дополнительное напряжение, возникшее при заполнении водоема, послужило спусковым механизмом для землетрясений, так как напряжение в разрывах превысило критическое.

По мнению Rothe [18], появление возбужденной сейсмичности наблюдается особенно отчетливо с глубиной воды в водохранилищах более 100 м. Gupta с коллегами [16] считает «вероятно, важными факторами, влияющими на возбужденную сейсмичность, являются скорость подъема уровня воды и продолжительность его существования». Повышение сейсмичности отмечалось и при быстром опускании уровня водохранилища Пьеве-ди-Кадоре в Италии [11]. Симпсон с соавторами [19] предложил выделить два типа

RIS. Talwani [20] подробно описал два эффекта RIS с выделением «начальной и затяжной» сейсмичности.

Роль воды в усилении сейсмичности при заполнении водохранилищ исследовалась в [7; 15; 19]. Физический механизм связывался, главным образом, с повышением внутрипорового давления и соответствующим уменьшением эффективного давления пород в рамках модифицированного закона Кулона–Мора [10].

Количественные оценки условий проявления эффекта в зависимости от величины литостатического и гидростатического давления, температуры и проницаемости горных пород представлены [17].

В работе [6] исследовались фрактальные свойства наведенной влиянием воды сейсмичности. По мнению [8] на вариации потока относительно слабых землетрясений влияет и незначительное изменение порового давления.

Исследования, проведенные К.. Gahalaut с соавторами в течение последних лет, позволили установить, что на возросшую сейсмичность вблизи водохранилища Govind Ballav Pant (Центральная Индия) сильно влияет его эксплуатация [13]. По мнению индийских ученых, водохранилище увеличивает кулоновское напряжение на близлежащих разломах, способствуя их разрушению.

Таким образом, тема исследования возбужденной сейсмичности от создания водохранилищ (reservoir induced seismicity «RIS») в течение последнего столетия уже не раз становилась ключевой и дискуссионной для многих поколений зарубежных и российских ученых. По их мнению, наиболее важными факторами являются:

- 1) глубоководность водоема (больше 100 м);
- 2) скорость подъема и снижения уровня воды;
- 3) изменение кулоновского напряжения и порового давления.

С середины прошлого века в СССР (как и в целом в мире) началось активное гидротехническое строительство.

С наполнением глубоководных Братского и Усть-Илимского водохранилищ изменилась геодинамическая обстановка территории Средней Ангары с регистрацией БФ ГС СО РАН (за период 1968–2009 гг.) порядка 150 землетрясений разного энергетического класса ($K = 7–13,3$).

На природу их возникновения до недавнего времени существовало две точки зрения:

- 1) тектонического происхождения;
- 2) промышленные взрывы [2; 4].

По результатам анализа каталога произошедших землетрясений в южной части Сибирской платформы д.г.-м.н. С.И. Голенецкий [2, с. 68] сделал вывод «об отсутствии в районах ангарских водохранилищ каких-либо признаков проявлений наведенной сейсмичности».

Проводимые собственные исследования возможного проявления RIS на глубоководных ангарских водохранилищах (с конца 2004 г.) осуществлены с позиций анализа функционирования водно-хозяйственных комплексов (ВХК), в состав которых входят Братское и Усть-Илимское водохранилища, и их влияния на геологическую среду территории.

Детальный анализ уровней этих водохранилищ в сопоставлении с данными произошедших землетрясений впервые позволили получить/выявить ряд важных, при этом очень интересных **закономерностей** в проявлении возбужденных землетрясений на Средней Ангаре:

а) произошедшие крупные землетрясения на прилегающей к ангарским водохранилищам территории совпадают со сработкой их уровней;

б) их магнитуда в фазе сработки всегда и значительно выше магнитуды при наполнении;

в) ежемоментный уровень воды влияет на удаленность эпицентров возбужденных землетрясений от береговых зон. (Подобные закономерности прослеживаются и на других

водохранилищах мира, в том числе наблюдаются на Саяно-Шушенском, Койна, Мид, Danjiangkou [9]).

По нашему мнению, создание и последующая эксплуатация глубоководных ангарских водохранилищ (как и других) производят регулярное перераспределение напряженно-деформированного состояния геологической среды территории, в результате которого и возникает (т.е. формируется) RIS как результат причинно-следственной связи от создания водохранилищ в верхнем слое земной коры. Изменение порового давления и других количественных показателей выступают только как следствие происходящего геологического процесса.

Аналогично рассмотренной ситуации для ангарских водохранилищ, проведенный анализ крупных произошедших землетрясений 13 сентября и 10 декабря 1967 г. с $M > 5$ (Западная Индия) в сопоставлении с характеристиками функционирующего водохранилища Койна (по материалам [3]), позволяет сделать вывод, что причиной их возникновения (на ранее асейсмичной территории, представленной древней Индийской платформой), стал техногенный фактор – осуществляемая повышенная сработка уровня на водохранилище плотины Койна.

Кроме того, выявлена еще одна общая **закономерность** для глубоководных ангарских и индийского водохранилищ – инициированные хозяйственной деятельностью человека землетрясения обязательно проявляются в приплотинной глубоководной части водохранилищ.

Таким образом, тема исследования возбужденной сейсмичности от создания водохранилищ и в настоящее время продолжает оставаться ключевой и дискуссионной с выдвижением новых теорий и причин.

В ходе проведенного исследования установлено, что для ряда водохранилищ с разными водными объемами (не только крупных и глубоководных) RIS выступает как неотъемлемая составляющая геологического процесса, свя-

занная с их созданием. Детальная проработка исходного материала по некоторым водохранилищам позволила найти и выявить общие закономерности в проявлении RIS, что дает надежду на управление этим эндогенным процессом техногенной природы, принадлежащим к первой десятке опасных природных процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водохранилища и их воздействие на окружающую среду. – М.: Наука, 1986. – 368 с.
2. *Голенецкий С.И.* Землетрясения юга Сибирской платформы по инструментальным сейсмологическим наблюдениям // Вулканология и сейсмология. – 2001. – № 6. – С. 68–77.
3. *Гупта Х., Растоги Б.* Плотины и землетрясения. – М.: Мир, 1979. – 253 с.
4. *Павленов В.А.* Проблемы сейсмической безопасности каскада ГЭС на р. Ангаре // Исток. Водохозяйственная газета. – 1999. – № 4–5 (10–11).
5. *Ротэ Ж.П.* Предисловие // Плотины и землетрясения – М.: Мир, 1979. – С. 10–11.
6. *Смирнов В.Б., Мирзоев В.К., Черепанцев А.С.* Фрактальные свойства наведенной сейсмичности в районе Нурекского водохранилища // Наведенная сейсмичность: сб. научн. трудов. – М.: Наука, , 1994. – С. 138–148.
7. *Соболев Г.А.* Основы прогноза землетрясений. – М.: Наука, 1993. – 313 с.
8. *Соболев Г.А., Пономарев А.В.* Динамика разрушения моделей геологической среды при триггерном влиянии жидкости // Физика Земли. – 2011. – № 10. – С. 48–63.
9. *Ташлыкова Т.А.* К дискуссии о наведенной сейсмичности на енисейских водохранилищах // Тувинские землетрясения 2011–2012 гг.: мат-лы науч. Совещ. по Базовому проекту ТувИКОПР СО РАН VIII/78.1.4 «Напряженное состояние сейсмоопасных зон ТУВЫ: оценка сейсмической безопасности на основе сейсмологических исследований и данных сети сейсмических станций» (15–17 апреля 2014 г., Кызыл, Россия). – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2014. – С. 86–90.

10. *Brace W., Martin R.J.* A test of the law of effective stress for crystalline rocks of low porosity // Intern. J. Rock Mech. Min. Sci. – 1968. – Vol. 5. – P. 415–426.
11. *Caloi P.* How nature reacts on human intervention – responsibilities of those who cause and who interpret such reaction // Ann. Geofis. (Rome). – 1970. – № 23. – P. 283–305.
12. *Carder D.S.* Seismic investigations in the Boulder Dam area, 1940–1944, and the influence of reservoir loading on earthquake activity // Bull. Seismol. Soc. Am. – 1945. – № 35. – P. 175–192.
13. *Gahalaut K., Gahalaut V.K., Pandey M.R.* A new case of reservoir triggered seismicity: Govind Ballav Pant reservoir (Rihand dam), central India // Tectonophysics. – 2007. – № 439. – P. 171–178.
14. *Gough D.I., Gough W.I.* Load-induced earthquakes at Lake Kariba // Geophys. J. – 1970. – № 2. – P. 79–101.
15. *Gupta H.K.* Artificial water reservoir-triggered earthquakes with special emphasis at Koyna // Current science. – 25 May 2005. – Vol. 88. – № 10. – P. 1628–1631.
16. *Gupta H.K., Rastogi B.K., Narain H.* Common features of the reservoir associated seismic activities // Bull. Seismol. Soc. Am. – 1972. – № 62. – P. 481–492.
17. *Miller S.A., Ben-Zion Y., Burg J.* A three-dimensional fluid-controlled earthquake model: Behavior and implications // J. Geoph. Res. – 1999. – Vol. 104. – № 5. – P. 10621–10638.
18. *Rothe J.P.* Seismic artificiels (man-made earthquakes) // Tectonophysics. – 1970. – № 9. – P. 215–238.
19. *Simpson D.W., Leith W.S., Scholz C.H.* Two types of reservoir-induced seismicity // Bull. seism. Soc. Am. – 1988. P. 2025–2040.
20. *Talwani P.*, 1997. On the nature of reservoir-induced seismicity // Pure appl. Geophys. – P. 473–492.
21. *Westergaard H.M., Adkins A.W.* Deformation of Earth's Surface due to Weight of Boulder Reservoir // U. S. Bureau of Reclamation, Denver, Colo., Tech. Mem. – 1934. – № 422.

**НЕУЧТЕННЫЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
В ОСНОВАНИИ ПЛОТИНЫ
САЯНО-ШУШЕНСКОЙ ГЭС**

В.В. Тетельмин

*Всероссийский научно-исследовательский институт
гидротехники (ВНИИГ) им. Б.Е. Веденеева,
Санкт-Петербург
E-mail: vniig@vniig.ru*

**UNACCOUNTED GEODYNAMIC PROCESSES
IN THE DAM FOUNDATION
OF SAYANO-SHUSHENSKAYA HYDROELECTRIC
POWER STATION**

*There was examined the influence of geodynamic processes
on the characteristics of high dams foundations (filtration, heat
exchange, flexibility, penetration)*

Глубокие водохранилища формируют на большой территории техногенную гидрогеологическую и геотермическую обстановку. Результатом подобных глубинных геодинамических процессов являются многолетние «необъяснимые» перемещения арочных плотин, непрерывный рост арочных напряжений в бетоне, сходжение берегов [1; 3; 7], которые наблюдаются, например, в створах Чиркейской и Саяно-Шушенской ГЭС (табл.).

В настоящее время при проектировании высоких плотин расчетная толща фильтрующего основания, как правило, принимается в пределах первых 150–200 м. Считается, что на этой глубине залегает условный водоупор, ниже которого скальные породы практически непроницаемы. Для крупных гидроузлов этот постулат неприменим. Реальный объем фильтрующей геологической среды намного больше.

Таблица

**Средняя интенсивность протекания непроектных
необратимых процессов в створе плотины СШГЭС**

Процесс	Интенсивность
Радиальные перемещения в сторону нижнего бьефа: гребня секции 33 – секции 18 на отм. 310 м – секции 18 на отм. 344 м	0,7 мм/год 0,02 мм/год 0,12 мм/год
Угловые перемещения горизонтального сечения: – с. 33 на отм. 310 м – с. 33 на отм. 344 м	0,19 угл. с/год 0,30 угл. с/год
Разуплотнение основания в районе контактного шва: секция 30 – секции 18 и 28 в слое до 10 м	0,10 мм/год 0,04 мм/год
Рост арочных напряжений в бетоне секции 33 на отм. 504 м	0,13 МПа/год
Рост продольных сжимающих усилий в водоводах	$3 \cdot 10^6$ Н/год
Уменьшение длины хорды арки: – на отм. 542 м – на отм. 467 м	0,44 мм/год 0,25 мм/год
Увеличение раскрытия трещин в бетоне первого столба секций 28, 32, 33, 35, 39	0,007 мм/год

Расчеты [3; 6] показывают, что минимальная глубина проникновения высоконапорного фильтрационного потока в толщу скального основания СШГЭС составляет не менее пяти напоров на гидроузле.

Фильтрационные факторы воздействия на скальные породы проявляются в виде следующих объемных сил, имеющих разную физическую природу:

– взвешивающая архимедова сила, являющаяся функцией пьезометрического уровня, установившегося в рас-

смаатриваемой вертикальной призме берегового массива, $F_{арх} = f(H)$;

– увлекающая фильтрационная сила (УФ-сила), являющаяся функцией градиента напора $i = \Delta H / \Delta L$ в рассматриваемом элементе объема массива, $F = f(\Delta H / \Delta L)$;

– опрессовывающая фильтрационная сила (ОФ-сила), являющаяся функцией приращения напора в рассматриваемом элементе объема массива, $F_{опр} = f(\Delta H)$.

Увлекающая фильтрационная сила (УФ-сила) возникает за счет движения воды в порах и трещинах горных пород и связанной с этим потерей напора вдоль линий тока. По мере развития фильтрационного потока суммарная УФ-сил вдоль каждой ленты тока с течением времени увеличивается, уменьшая тем самым «осаживающую» часть поверхностной силы в точке инфильтрации.

Опрессовывающая фильтрационная сила (ОФ-сила) возникает за счет установившегося в некотором объеме фильтрующего пространства пьезометрического напора, который действует на смоченные грани скальных блоков, слагающих массив. После увеличения фильтрационного давления в той или иной точке скального массива на Δp втекающая в систему трещин вода опрессовывает блоки горной породы по смоченным граням. От сжатия каждого блока на Δa раскрытие всех трещин в фильтрующей области получает приращение $\Delta b = \Delta a$. В результате ОФ-силы обеспечивают дополнительное раскрытие фильтрующих трещин, «разрыхляя» массив и изменяя тем самым плотность укладки блоков. Это увеличивает проницаемость массива и его деформируемость.

Увеличение давления в трещинах на Δp увеличивает исходное значение коэффициента фильтрации k_f скального массива на Δk_f .

Увеличение фильтрационного давления в трещинах на Δp «разрыхляет» скальный массив и уменьшает исходное значение его модуля упругости E на величину ΔE .

Придонные воды глубокого водохранилища СШГЭС, имеющие в течение всего года постоянную температуру около

4 °С, проникают вглубь массива и вызывают его непрерывное охлаждение. Например, за первые 20 лет эксплуатации СШГЭС фильтрационный поток неравномерно охладил основание плотины до глубины около 400 м: от 0 до 200 м – в среднем на $\Delta T = 4$ °С; от 200 до 400 м – на $\Delta T = 2$ °С [3,4].

Процесс охлаждения скального основания также как и процесс опрессовки его блоков со стороны высоконапорного фильтрационного потока «разрыхляет» массив скальных пород, уменьшает плотность упаковки отдельных блоков.

По мере заглубления в пределах первых 300 м модуль деформации массива скального основания СШГЭС от действия названных глубинных геодинамических процессов уменьшается на 26–15%, а проницаемость увеличивается на 92–204%.

Влияние роста фильтрационного давления и снижения температуры массива на физико-механические свойства скальных пород настолько значительно, что пренебрегать ими при расчетах НДС основания и плотины не следует. Именно эти глубинные геодинамические процессы на 90% обуславливают непроектное нестационарное состояние плотины СШГЭС (см. табл.).

Влияние других техногенных процессов на непроектное поведение высоких плотин менее значительно. Например, вклад процесса выщелачивания в обеспечение нестационарности поведения плотины СШГЭС составляет не более 3% [3]. Влияние процесса прогиба земной коры от веса водохранилища также существует, но его вклад в обеспечение наблюдаемой нестационарности плотины составляет около 3% [5].

Выводы.

1. Фильтрация и конвективный теплообмен являются основными глубинными геодинамическими процессами в створе плотины Саяно-Шушенской ГЭС. Водохранилище СШГЭС вовлекает в процессы массо- и теплопереноса толщу массива основания не менее 1000 м.

2. Повышение фильтрационного напора и уменьшение температуры скальных пород в створах высоких плотин эк-

вивалентно уменьшению эффективного модуля деформации скального основания.

3. К 2010 г. фильтрационный поток охладил основание СШГЭС до глубины не менее 300 м. В глубоких горизонтах массива продолжается его охлаждение и рост фильтрационного напора, что обеспечивает непрерывное изменение напряженно-деформированного состояния основания, и как следствие, обеспечивает непрекращающийся рост перемещений плотины.

4. К 2040 г. за счет увеличения фильтрационного напора и охлаждения массива эффективная деформируемость основания до глубины 500 м ниже подошвы плотины СШГЭС увеличится в среднем на 15%, а расчетная проницаемость на 100%, что отразится на состоянии комплекса «плотина–основание–берега».

5. Направленность глубинных геодинамических процессов в створе СШГЭС снижает коэффициент запаса устойчивости плотины на сдвиг, расчетная величина которого даже без учета этих процессов невелика и находится в пределах 1,25–1,30 при отметке НПУ 539 м.

6. Необходимо выполнить расчет текущего и прогнозного значения коэффициента запаса устойчивости арочно-гравитационной плотины СШГЭС с учетом воздействия на нее неучтенных в проекте глубинных геодинамических процессов в основании и берегах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стефаненко Н.И., Затеев В.Б., Пермякова Л.С. Поведение Саяно-Шушенской плотины после катастрофического разрушения здания ГЭС // Гидротехническое строительство. – 2010. – № 1. – С. 5–10.
2. Тетельмин В.В. Анализ необратимых процессов в створе плотины Саяно-Шушенской ГЭС // Гидротехническое строительство. – 2010. – № 2. – С. 47–51.
3. Тетельмин В.В. Плотина Саяно-Шушенской ГЭС: состояние, процессы, прогноз. – М.: ЛИБРОКОМ, 2011. – 240 с.

4. Тетельмин В.В., Даниелов Э.Р. Конвективный теплообмен в основаниях высоких бетонных плотин как одна из причин их нестационарного состояния // Гидротехника. – 2014. – № 4. – С. 6–9.

5. Тетельмин В.В., Даниелов Э.Р. Реакция земной коры на создание крупных водохранилищ // Гидротехника. – 2014. – № 3. – С. 51–55.

6. Тетельмин В.В. Роль глубинной фильтрации в обеспечение подвижности оснований высоких плотин // Гидротехника. – 2015. – № 1.

7. Юсупов Т.М., Решетникова Е.Н., Александров Ю.Н. Оценка состояния системы «плотина – основание» Саяно-Шушенской ГЭС по завершении этапа наполнения водохранилища в 2012 г. // Гидротехническое строительство. – 2013. – № 4.

СОСТАВЛЯЮЩИЕ ПОЛНОЙ ОСАДКИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ОТ ВЕСА КРУПНОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

В.В. Тетельмин^{*}, Э.Р. Даниелов^{**}

*^{*}Всероссийский научно-исследовательский институт
гидротехники (ВНИИГ) им. Б.Е. Веденеева,
Санкт-Петербург*

E-mail: vniig@vniig.ru

*^{**}Московский государственный машиностроительный
университет (МГМУ)*

E-mail: e_r_danielov@mail.ru

CONSTITNENTS OF GROUND SURFACE SETTLEMENT FROM THE WEIGHT OF A MASSIVE WATER RESERVOIR

*We have analyzed three kinds of ground surface settlement
from the weight of deep water reservoirs.*

В невозмущенном состоянии земная кора, «плавающая» в подстилающей вязкой мантии, находится в состоянии изостатического равновесия. Создаваемая водохранилищами нагрузка в миллиарды тонн выводит земную кору из состояния изостазии, что реализуется в формировании ряда вертикальных перемещений земной поверхности и инициировании сейсмических событий.

Водохранилища крупных гидроузлов обеспечивают линейную нагрузку большой протяженности на земную кору, поэтому процессы оседания земной поверхности от этой нагрузки удобно рассматривать как плоскую задачу теории упругости. Земная кора представляется в виде упругой плиты с изгибной жесткостью (EJ) , где E – модуль упругости; J – момент инерции сечения [2; 4].

В работах [4; 5] приводятся результаты расчетов эффективной толщины h земной коры и вязкости μ подстилающего мантийного вещества в разных районах Земли. Различия в приводимых результатах достаточно умеренные: толщина изменяется в пределах 30–40 км; вязкость 10^{18} – 10^{19} Па·с.

Например, расчеты, выполненные по осадкам земной поверхности в районе водохранилища Гувер (США), дали следующие результаты: толщина земной коры $h = 30$ км; вязкость подстилающей мантии $\mu = 10^{18}$ Па·с.

В дальнейшем используется следующая двухэлементная модель плоской задачи теории упругости: упругая земная кора в виде бесконечной балки высотой h с изгибной жесткостью (EJ) покоится на упруговязкой мантии с коэффициентом постели k , вязкостью μ , плотностью ρ .

Реакция земной коры на создаваемую водохранилищем гравитационную нагрузку P (Н/м) состоит из двух классов вертикальных перемещений:

- классическая осадка $A_{\text{БУС}}$ в постановке Буссинеска, как реакция упругой полуплоскости на действие силы веса водохранилища;

- погружение условной подошвы упругой земной коры в подстилающее вещество упруговязкой мантии.

Вклад этой второй составляющей в общее перемещение вызван изгибом земной коры, аналогично изгибу балки на упругом основании «по Винклеру» $A_{вин}$, а также последующим изгибом земной коры, связанным с погружением ее подошвы в мантию «по Архимеду» на величину $A_{арх}$.

Для определения осадки «по Буссинеску» используется решение плоской задачи в предположении, что подошва земной коры толщиной h перемещений не получает. Уравнение, определяющее осадку поверхности в точке, отстоящей на расстоянии x от силы P , имеет следующий вид [1]:

$$y(x) = 2P \cdot [\ln(h/x) - (1 + \eta) / 2] / \pi E. \quad (1)$$

Расстояние r от точки приложения силы до точки на поверхности, где осадка отсутствует: $r = h/e^{(1+\eta)/2}$. Например, при $h = 36$ км, коэффициенте Пуассона $\eta = 0,26$, имеем: $r = 19$ км.

При $x = 0$ перемещение обращается в бесконечность, однако можно определять осадки ложа по точкам, близким к центру нагрузки. Так, при $P = 2000$ МН/м и $E = 60$ ГПа осадка на расстоянии 500 м от точки приложения силы составит 74 мм, а на расстоянии 200 м – 116 мм. Можно использовать решение для распределенной нагрузки $q = P/a$, в котором перемещение в центре нагрузки не обращается в бесконечность [1]. Например, при ширине водохранилища $a = 1000$ м, осадка ложа составит 123 мм.

В створе плотины линейная нагрузка заканчивается и решения для плоской задачи неприменимы. Для створа плотины можно использовать решение Спагнолетти [3]. Расчет показывает, что применительно к условиям Саяно-Шушенской ГЭС (СШГЭС) осадка в створе плотины от веса водохранилища при $P = 2000$ МН/м составляет 50 мм, а осадка репера, расположенного в нижнем бьефе на расстоянии 3 км от плотины, составляет 14 мм.

Решение, позволяющее определить перемещения, значения амплитуды и радиуса прогиба «по Винклеру», также известно [1]:

$$v(x) = V \cdot e^{-nx} \cdot [\sin(nx) + \cos(nx)], \quad (2)$$

Перемещение в центре нагрузки или максимальный прогиб:

$$V = A_{ВИН} = P / 8EJ \cdot n^3, \quad n = (k \cdot b / 4EJ)^{0,25}, \quad b = 1. \quad (3)$$

Расстояние до нулевой точки на эпюре перемещений:
 $R = 3\pi/4n$.

Эпюра вертикальных перемещений «по Винклеру» $v(x)$ представляет изогнутую среднюю линию балки или изогнутую подошву земной коры. Прогиб подошвы коры без изменений передается на дневную поверхность, где формирует радиус $R = R_{ВИН}$.

Процессы оседания земной поверхности «по Буссинеску» и «по Винклеру» выбирают только часть силового потенциала водохранилища по деформированию системы «кора–мантия». После завершения этих процессов погружение земной коры продолжается в режиме вязкого течения мантийного вещества до восстановления нарушенного изостатического равновесия.

Земная кора в районе СШГЭС эффективной толщины 36 км имеет изгибную жесткость $EJ = 23 \cdot 10^{22} \text{ Н} \cdot \text{м}^2$. Жесткость подстилающей мантии $k = 1 \text{ МН/м}^3$. Вес водохранилища представлен силой $P = 2000 \text{ МН/м}$. Аналитические решения дают следующие значения амплитуд и радиусов прогиба: $A_{ВИН} = 32 \text{ мм}$, $R_{ВИН} = 72 \text{ км}$; $A_{МАХ} = 390 \text{ мм}$, $R_{МАХ} = 162 \text{ км}$.

После наполнения водохранилища земная кора погружается в мантийное вещество, преодолевая силы вязкого трения. Интенсивность погружения (прогиба) коры, максимальные значения амплитуды и радиуса вязкого погружения под действием нагрузки определяются с помощью решений, приведенных в [6].

Параметры, определяющие процесс прогиба земной коры, образуют безразмерный комплекс Te [2,6], который по-

звolyет при известной амплитуде A находить соответствующий радиус прогиба R . К состоянию изостатического равновесия земная кора будет приближаться в течение всего срока эксплуатации водохранилища.

Многие исследователи объясняют поверхностные осадки земной коры, вызванные весом водохранилища Гувер, вязкой релаксацией мантийного вещества под упругой частью литосферы [4–6]. В частности, там получены следующие данные: за время наблюдений $t = 12$ лет подошва земной коры толщиной $h = 30$ км погрузилась на 70 мм.

Водохранилище СШГЭС наполнялось более 10 лет, поэтому можно считать, что осадки «по Буссинеску» и «по Винклеру» завершились еще в период наполнения. Созданная водохранилищем нагрузка 30 млрд т «продавливает» толщу земной коры и на протяжении всех лет эксплуатации погружает ее подошву в вязкое вещество подстилающей мантии. Например, расчетная интенсивность прогиба земной коры от веса водохранилища Саяно-Шушенской ГЭС ($P = 2000$ МН/м; $EJ = 23 \cdot 10^{22}$ Н·м²; $k = 1$ МН/м³; $\mu = 1,6 \cdot 10^{18}$ Па·с) следующая: осадка ложа к 2020 г. составит 106 мм, а радиус прогиба 110 км; к 2080 г. соответственно 214 мм и 138 км.

Стадия «упругого» погружения коры заканчивается амплитудой $A_{\text{вин}} = 32$ мм и радиусом прогиба $R_{\text{вин}} = 72$ км. Эта стадия переходит в стадию «вязкого» погружения, которая характеризуется максимальной амплитудой $A_{\text{max}} = 390$ мм. К этому значению амплитуды земная кора будет стремиться на протяжении многих сотен лет. Время жизни любого гидроузла намного меньше этого срока.

Вывод. Полная осадка ложа водохранилища определяется тремя слагаемыми перемещений: упругой осадкой «по Буссинеску», упругим прогибом земной коры «по Винклеру», вязким погружением коры в направлении восстановления изостазии. Радиус силового влияния крупных водохранилищ достигает 100 км в каждую сторону от линии уреза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тимошенко С.П., Гувер Дж. Теория упругости – М.: Наука, 1975.
2. Тетельмин В.В., Даниелов Э.Р. Реакция земной коры на создание крупных водохранилищ // Гидротехника. – 2014. – № 3. – С. 51–55.
3. Тетельмин В.В., Уляшинский В.А. Техногенные воздействия и процессы в скальных основаниях плотин. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
4. Теркот Д., Шуберт Д. Геодинамика: геологические приложения физики сплошных сред. – М.: Мир, 1985. – Т. 1.
5. Kaufmann G., Amelung F. Reservoir-induced deformation and continental rheology in vicinity of Lake Mead // Journal of geophysical research. – July 10, 2000. – Vol. 105. – № B7.
6. Тетельмин В.В. Сильные воздействия водохранилищ на геологическую среду и земную кору. – М.: Интеллект, 2015.

НЕДАВНИЕ СИЛЬНЫЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ В СЕЙСМИЧНОСТИ И ГЕОДИНАМИКЕ ЗАПАДНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ

М.Т. Усманова

*Институт сейсмологии им.Г.А. Мавлянова АН РУз,
Ташкент, Узбекистан
E-mail: m.usmanova@mail.ru;*

RECENTLY STRONG EARTHQUAKES IN SEISMICITY AND GEODYNAMICS IN WESTERN TIEN-SHAN

In article geologic-tectonics, seismologic, parameters as: macroseismics fields, earthquakes focal solutions, morphostructure, paleoseismic data were collected, analysis and considered.

Рассмотрены пространственно временные закономерности проявления сейсмичности в зонах активных структур земной коры Западного Тянь-Шаня. Проведены макросейсмические исследования в эпицентральных районах сильных землетрясений произошедших за последнее время: Ташкентское 2008 г., с магнитудой $M = 4,8$; Канское 2011 г., $M = 6,3$; Туябугузское, 2013 г., $M = 5,6$; Маржанбулакское, 2013 г., $M = 6,2$ [1–4]. Исследования показали несовпадение направления макросейсмических полей этих сильных землетрясений с главными тектоническими структурами – разломами, в пределах, которых они произошли. Изосейсты Исфара-Баткентского 1977 г., $M = 6,4$, Канского 2011 г., $M = 6,3$ (Южно-Ферганский глубинный разлом), Туябугузского 2013 г., $M = 5,6$ (Ангренская и Нурекатинская разломы), Маржанбулак-ского, 2013 г., $M = 6,2$ (Северо-Нуратинский и Южно-Нуратин-ский разломы) сильных землетрясений ориентированы в румбе север, северо-запад (рис. 1, 2).

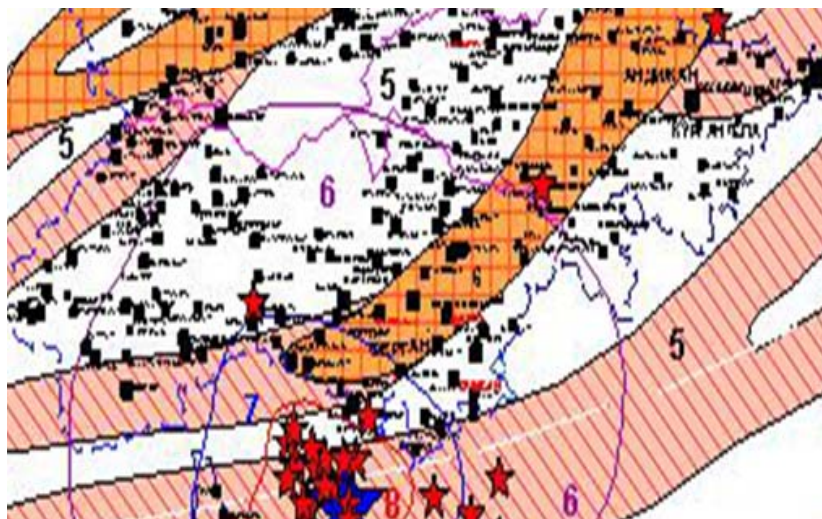


Рис. 1. Карта макросейсмического поля Канского землетрясения 2011 г. (Нурматов У., Усманова Т., 2011)

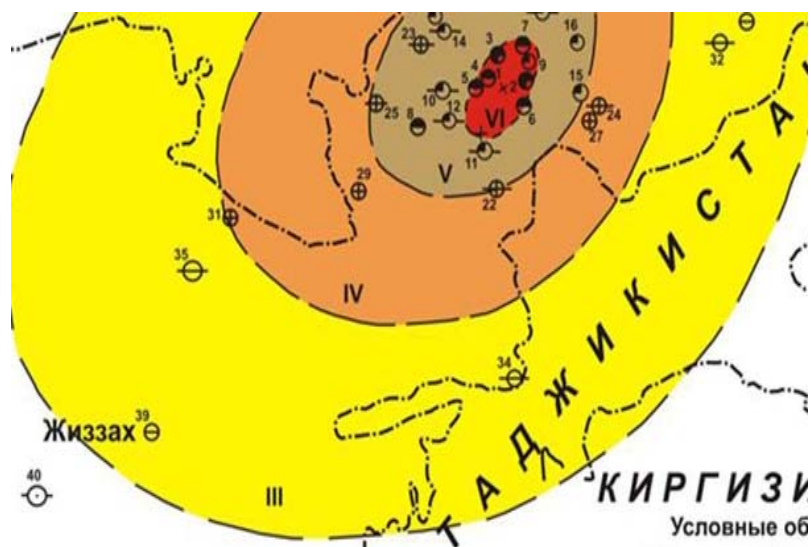


Рис. 2. Карта макросейсмического поля Маржанбулакского землетрясения 2013 г. (Джураев А., Усманова М. и др., 2015)

Показаны несколько геодинамических особенностей влияющих на долговременное проявление сейсмичности, связанных с подготовкой сильных землетрясений. Эти особенности состоят из: наличие планетарного литосферного давления Индостанской плиты на Евразийскую плиту, тем самым наблюдается сокращение земной коры Тянь-Шаня; приуроченность глубоких землетрясений к структурам Западного Тянь-Шаня; вовлечение Туранской плиты в орогенный процесс, выраженный проявлением сильных землетрясений как Маржанбулакское, тектоническими трещинами и др.

Собраны, уточнены и проанализированы данные по механизмам очагов землетрясений который показал, что сильные землетрясения ориентированы также на север, северо-запад. Начиная уже с магнитуды $M \geq 3,8$ в локальном и региональном плане имеют четкую ориентацию на север, северо-западное направление. Причем чем выше энергия сейсмического события $M \geq 5,0$, тем ось сжатия расположена близ-

горизонтально и ориентирована субмеридионально при близ-вертикальном положении оси растяжения. Это соответствует представлению всех исследователей Тянь-Шаня, о сжимающих усилиях в субмеридиональном направлении [5; 6].

Таким образом, резюмируя необходимо отметить:

1. Изосейсты макросейсмических полей сильных землетрясений с магнитудой $M \geq 6,0$ Западного Тянь-Шаня: Исфара-Баткентское, 1977 г., $M = 6,4$ г.; Канское 2011 г., $M = 6,3$; Маржанбулакское, 2013 г., $M = 6,2$ не соответствуют направлению тектонических структур в пределах которых они произошли и отражают направление тренда Индостанской плиты на Евразийскую литосферную плиту.

2. Направления механизма очагов землетрясений с $M \geq 3,8$ в локальном и региональном плане имеют четкую ориентацию на север, северо-западное направление.

3. Направления макросейсмических полей и механизмы очагов сильных землетрясений являются свидетельством сокращения земной коры региона с вовлечением Туранской плиты в орогенический процесс в сопровождении высокого уровня сейсмичности и отражают геодинамический режим Западного Тянь-Шаня.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ибрагимов Р.Н., Джураев А.Д., Усманова М.Т. и др.* К изучению последствий Ташкентского землетрясения 22 августа 2008 г. // Проблемы сейсмологии в Узбекистане: сб. статей. – Ташкент: УД АН РУз, 2009. – № 6. – С. 76–80.

2. *Зияудинов Ф.Ф., Джураев А., Усманова М.Т. и др.* Канское землетрясение 20 июля 2011 г. // Проблемы сейсмологии в Узбекистане: сб. статей. – Ташкент: УД АН РУз, 2012. – № 9. – С. 3–8.

3. *Усманова М.Т., Джураев А., Нурматов У.А. и др.* Туябугузское землетрясение 25 мая 2013 г. // Геология и минеральные ресурсы. – 2014. – № 3. – С. 32–36.

4. *Усманова М.Т., Джураев А., Нурматов У.А. и др.* Маржанбулакское землетрясение 25 мая 2013 г. // Геология и минеральные ресурсы. – 2015. – № 2. – С. 31–38.

5. Современная геодинамика областей внутриконтинентального коллизионного горообразования (Центральная Азия) / под ред. В.И. Макарова. – М.: Научный мир, 2005. – 400 с.

6. Никонов А.А. Голоценовые и современные движения земной коры. – М.: Наука, 1977. – 240 с.

ЯВЛЕНИЕ ТЯГУНА В ПОРТУ ГОРОДА КОРСАКОВ САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ

И.А. Фефелова

*Сахалинский государственный университет,
институт естественных наук и техносферной
безопасности, Южно-Сахалинск
E-mail: fefelova@mail.ru*

TIAGUNOV PHENOMENON IN THE PORT OF KORSAKOV SAKHALIN REGION

Since the middle of 1946 in the port of Korsakov has conducted a research the phenomenon of harbor oscillations. This phenomenon significantly complicates the loading and unloading, also has a great danger for large vessels, because at the very small accelerations, due to the large mass of the ship, there are a large strike forces of magnitude. Seaports of Sakhalin and the Kuril Islands have not the status of ports of refuge, therefore the introduction of modern measuring, telemetry means for continuous automated monitoring the status of marine waters, and the development of potentially dangerous marine phenomena becomes particularly relevant.

Низкочастотные колебания воды в гаванях вызывают внезапные подвижки судов, стоящих у причала или на якорях. Явление, с которым связаны такие внезапные перемещения судов в защищенных бухтах, получило название тягуна.

Тягун – весьма сложное явление, возникающее при совместном резонансе двух взаимосвязанных систем колебаний в море, сейш и собственных колебаний воды в бухте, собственных колебаний воды в акватории и собственных колебаний судна. Первая резонансная система – чисто природное явление, хотя человек может существенным образом варьировать их характеристики, меняя конфигурацию и глубину порта, расположение входных молов, глубины в подходных каналах.

Географическое положение Сахалинской области, островов на границе теплого Японского, холодного Охотского морей и Азиатского континента – в значительной степени определяет частые и продолжительные особые явления в течение всего года.

Явление тягуна возникает в порту Корсаков после больших и продолжительных штормов в Охотском и Японском морях, во время которых хорошо развитые большие волны преломляясь у мысов Анива и Крильон заходят в залив Анива и бухту Лососей.

Мореплаватели утверждают, что явление тягуна наблюдается и в ковшах Озерский и Атласово [1].

С середины 1946 г. в порту Корсаков ведутся исследования по изучению явления тягуна. Это явление наблюдается в порту довольно редко и неравномерно, как в течение года, так и по годам. Интенсивность его различна. При слабом и умеренном тягуне суда стоят у причалов не спокойно, «ходят» вдоль стенок причалов, их обработка затруднена. При сильном тягуне обработка судов невозможна. В это время суда либо отводятся на рейд, либо они отстаиваются у причалов со значительным дополнительным креплением.

Исследование явления тягуна началось с анализа синоптической обстановки на даты, в которые наблюдалось это явление. Средняя продолжительность явления равна 23 ч. Крайние значения ее колеблются от 3 до 81 ч.

Результаты анализа синоптической обстановки дают основание сделать вывод, что такие шторма чаще всего возникают при прохождении глубоких и малоподвижных циклонов над Охотским и Японскими морями и северо-западной частью Тихого океана, примыкающей к Японским и Курильским островам [2].

Основными критериями условий возникновения явления тягуна в порту Корсакова являются:

1. Скорость смещения барического образования меньше или равна 22 км/ч.

2. Средний градиент атмосферного давления на отдельных участках воздушного потока и в отдельные сроки может достигать величины 0,5–0,8 (за градиент принято расстояние между изобарами, проведенными через 5 мбар, выраженное в градусах по широте).

3. Направление воздушного потока над районами, прилегающими к южному Сахалину, может быть любым, кроме западного. Преобладающими направлениями воздушных потоков являются северное и северо-восточное.

4. Длина разгона ветровых волн от 250 до 1500 км.

Явление тягуна ни разу не наблюдалось в феврале-марте и июле-сентябре. Зимой его отсутствие можно объяснить ледовыми условиями. Отсутствие явления тягуна в июле-сентябре обусловлено синоптическими условиями. В эти месяцы над обширными районами Дальнего Востока и Тихого океана устанавливаются малоградиентное поле, и циклоническая деятельность протекает слабо. Наблюдающиеся в это время циклоны над Охотским и Японским морями не могут создать устойчивых воздушных потоков, способных вызвать длительные и жестокие шторма над этими морями.

Наибольшая повторяемость явления тягуна в порту Корсаков приходится на ноябрь-январь. В это время над Сибирью устанавливается антициклон, который распространяет свое влияние на обширные районы Дальнего Вос-

тока. Над районами Приморья и Хабаровского края возникают частные антициклоны или на них распространяется гребень высокого давления с Сибири с давлением 1030–1040 мбар и более. В таких условиях появление циклона над Охотским морем или северо-западной частью Тихого океана вызывает большой перепад атмосферного давления между этими барическими образованиями. Изобары в это время идут над Охотским морем и Татарским проливом, как правило в меридиональном направлении, градиенты атмосферного давления большие и устойчивые [3].

В таких условиях образуются устойчивые воздушные потоки, которые развивают значительное и устойчивое волнение в Охотском море и Тарском проливе.

Наблюдениями над явлением тягуна выявлено следующее:

1. Интерферирующие волны высотой около 0,1 м, но не более 0,3 м, преобладающий период волн 70–90 сек.

2. Период колебания судов при тягуне изменяется от 26 до 50 сек. Средний период 35 сек. Период колебания судов не согласуется с периодом волн на мареографах. Это расхождение периодов можно объяснить тем, что примерно каждое второе колебание судна происходит под возрастным воздействием сильно натянутых тросов.

3. При проявлении тягуна водолазы не могут работать на акватории порта под водой по причине чувствительных импульсов течений, меняющихся по направлению на 180° с периодичностью 1–1,5 мин.

4. В воротах всех ковшей порта: центрального, северного, и южного наблюдаются поверхностные сменные по направлению течения. Период смены направлений течений – около 1,5 мин.

Вода в ковшах в это время сильно взмучена. Водолазы плавдока в это время работать не могут. При тягуне переменное течение наблюдается во все толще воды у южного и северного пирсов.

Наблюдениями установлено, что при тягуне, направленном вдоль стенки пирса, течение в поверхностном слое и у дна было направленно почти в противоположные стороны, периодически меняясь. Скорость же течений на этих горизонтах была около 4 см/сек.

По наблюдениям водолазов, которым приходилось работать в этом порту во время явления тягуна у дна, на глубине 5–6 м продолжительность течения, направленного в одну сторону, определялось примерно в 0,5 мин, причем скорость течения была довольно значительной, так как чтобы удержаться, водолазу приходилось ложиться на грунт и держаться за выступ стенки причала. Перед возникновением противоположного течения наблюдалось небольшая пауза покоя.

Было установлено, что, обрыв швартовых происходит вследствие резонанса, когда период собственных колебаний судна соответствует периоду вынуждающей силы, возникающей под действием длиннопериодных волн. В этих случаях крепления не выдерживают действующих на них усилий [4].

При наблюдениях, проводившихся в порту, было замечено, что не всегда период колебаний судов, согласуется с периодом тягуна. Суда с различным водоизмещением, различной осадкой по-разному реагируют на явление. Суда совершают сложные движения в виде биения, периодически то увеличивающиеся, то уменьшающиеся по амплитуде. Отмечались случаи, когда стоявшие рядом суда совершали движения в противофазе.

Амплитуда вынужденных колебаний каждого судна зависит от способа швартовки, периода смены течений и скорости. Известно, что усилия в швартовых концах возрастают при увеличении слабину швартовки, высоты длиннопериодных волн.

Чтобы ослабить действие тягуна на суда, портовыми службами принимаются различные меры. Суда дополнительно крепятся швартовыми, причем концы с кормовой и носо-

вой частей крепятся в разных направлениях, судно берется как бы в растяжки. Наиболее удобными являются растительные и капроновые тросы. Кроме того, чтобы уменьшить силу удара судов о стенки причала, и друг о друга увеличивают число кранцев по бортам. В тех случаях, когда наблюдается сильный тягун, суда целесообразнее отвести на рейд [4].

Рассматриваемое явление тягуна осложняет проведение погрузо-разгрузочных работ, а также представляет большую опасность для крупнотоннажных судов, так как даже при очень малых ускорениях вследствие значительной массы судна возникают ударные силы большой величины.

Морские порты на Сахалине и Курильских островах не имеют статуса портов-убежищ, и потому внедрение современных измерительных и телеметрических средств для непрерывного автоматизированного контроля состояния морских акваторий и развития потенциально опасных морских явлений становится особо актуальным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Особо опасные гидрометеорологические явления: Комплексный справочник. – Южно-Сахалинск, 1973.
2. Бобров Г.Н. По исследованию явления тягуна в порту Корсаков // Отчет Сахалинского управления гидрометеослужбы Гидрометфонд СССР. – М., 1996.
3. Шевченко Г.В. Динамические процессы на шельфе Сахалина и Курильских островов: сборник статей. – Южно-Сахалинск, 2001.
4. Шевченко Г.В. Вероятностные оценки риска морских опасных явлений в порту Корсаков. – Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 1997.

МЕЖГОДОВАЯ ДИНАМИКА АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Г.Т. Фрумин, Е.В. Давыденко

*Российский государственный гидрометеорологический
университет, Санкт-Петербург
E-mail: gfrumin@mail.ru*

INTERANNUAL DYNAMICS PRECIPITATION IN SANKT PETTERSBURG

The article presents data on the number of precipitation in St. Petersburg from 1986 to 2014. After spending mathematical and statistical processing of data and identified a positive trend of increasing rainfall over the period.

Актуальность изучения атмосферных осадков, заключается в том, что основной водно-балансовой составляющей всех типов природных вод и главным источником естественных ресурсов подземных вод являются атмосферные осадки. Атмосферные выпадения постоянно воздействуют на все компоненты окружающей среды, представляют собой неустранимый фактор и поэтому в теории риска относятся к самой высокой категории.

Санитарно-экологическая обстановка крупных городов во многом определяется надежной и эффективной работой системы водоотведения (канализации), обеспечивающей отведение всех категорий сточных вод, их очистку, а также обработку и использование осадков, образующихся в процессе очистки.

Недостаточное внимание к своевременному отведению атмосферных осадков нередко приводит к затоплению территорий, перерывам в работе предприятий и транспорта, порче оборудования и материалов, размещенных на складах и в нижних этажах зданий, и другим чрезвычайным ситуа-

циям. Ущерб, вызванный сильными ливнями, в некоторых случаях можно сравнивать с уроном, нанесенным крупными пожарами [1].

Поверхностный сток с селитебных территорий и площадок предприятий является одним из интенсивных источников загрязнения окружающей среды различными примесями природного и техногенного происхождения. Водным законодательством РФ запрещается сбрасывать в водные объекты неочищенные до установленных нормативов дождевые, талые и поливомоечные воды, организованно отводимые с селитебных территорий и площадок предприятий.

В последние годы во всех странах мира особое внимание уделяется строительству сооружений по отведению и очистке поверхностного стока с урбанизированных территорий, который подразделяется на сток с селитебной территории и сток с территории промышленных предприятий. Схемы водоотведения, параметры и степень очистки поверхностных сточных вод в значительной степени зависят от их загрязненности.

Санкт-Петербург и его окрестности относятся к атлантико-континентальной области умеренного пояса. Климат города имеет черты и морского и континентального, с умеренно мягкой зимой и умеренно теплым летом. Город по своему географическому местоположению попадает в зону избыточного увлажнения, выпадение осадков определяется главным образом интенсивностью циклонической деятельности.

В связи с изложенным цель исследования заключалась в оценке межгодовой динамики количества атмосферных осадков на территории Санкт-Петербурга за последние 119 лет в период с 1896 по 2014 г. В основу исследования были положены данные о количестве осадков, предоставленные Росгидрометцентром.

В настоящее время в Санкт-Петербурге используются данные по атмосферным осадкам только с государственных постов наблюдений ФГБУ «Северо-Западное управление по

гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (Гидрометцентр).

При обработке полученных данных о сумме осадков использовались методы статистического анализа [2]. Было рассчитано среднее количество атмосферных осадков в год, теплый (с апреля по октябрь) и холодный (с ноября по март) периоды.

В качестве аналитической функции распределения ежегодной вероятности превышения средних годовых сумм осадков в г. Санкт-Петербург использовано трехпараметрическое гамма-распределение, параметры которого рассчитаны методом моментов. Относительные средние квадратические погрешности определения среднего многолетнего значения осадков – 1,55% и коэффициента вариации – 7,04% не превышают допустимых пределов 10 и 15% соответственно, что позволяет считать длину ряда достаточной для определения обеспеченных значений среднегодовых сумм осадков (табл.).

Таблица

**Статистические параметры среднегодовых сумм осадков
в г. Санкт-Петербург**

Период наблюдений	Число лет	Статистические параметры среднегодовых сумм осадков			
		$X, \text{мм}$	$\sigma x, \%$	C_v	$\sigma_{C_v}, \%$
1896–2014	118	596	1,55	0,17	7,04

Результаты исследования выражены в виде хронологических графиков годовых сумм осадков за год (рис. 1), что свидетельствует о наличии положительного тренда за исследованный период. Средняя многолетняя сумма осадков по Санкт-Петербургу 596 мм. Распределение их в течение года неравномерное. Большая часть осадков (69%) выпадает в теплый период года, в холодный период выпадает 31% годовой суммы осадков. Наибольшая сумма осадков за год составила 912 мм (2003 г.), наименьшая 396 мм (1920 г.).

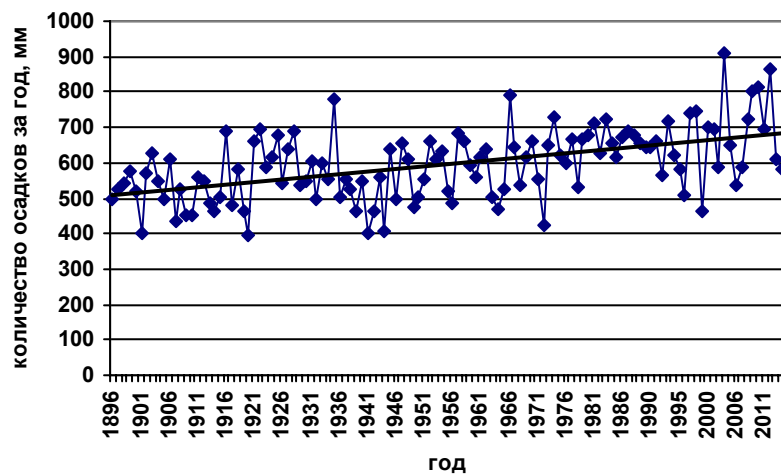


Рис. 1. Межгодовая динамика атмосферных осадков
в г. Санкт-Петербург с 1896 по 2014 г.
(прямая линия – линия тренда)

Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 гг.» (соглашение № 14.574.21.0088).

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев М.И., Курганов А.М. Организация отведения поверхностного (дождевого и талого) стока с урбанизированных территорий: учебное пособие. – М.: Изд-во АСВ; СПбГАСУ, 2000. – 352 с.
2. Дружинин В.С., Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации: учебное пособие. – СПб.: изд. РГГМУ, 2001. – 169 с.

**К РЕШЕНИЮ ОПОЛЗНЕВОЙ ПРОБЛЕМАТИКИ
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ
ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ
(НА ПРИМЕРЕ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА
«ГОЛУБОЙ ПОТОК»)**

Г.Р. Хоситашвили

*ОАО «Росстройизыскания», Москва
E-mail: khosito@mail.ru*

**TO THE SOLUTION OF THE LANDSLIDE PERSPEC-
TIVE AT DESIGN OF LINEAR CONSTRUCTIONS
(FOR EXAMPLE MAIN GAS PIPELINE
«BLUE STREAM»)**

The landslide – the geological phenomenon which has essential negative impact on engineering economic activity of the person, has the widest circulation on Earth. Landslides cause big material and human losses. The landslide problem is sharp and for Russia. The total annual damage from slope processes (landslides, mudflows, collapses) in our country by expert estimates makes about 1mlrd dollars [1]. In article methodical bases of studying of landslides for safety of capital construction projects on the example of the gas pipeline are given.

Решение оползневой проблематики предусматривает три основных аспекта:

– *первый* связан с изучением природы оползневых процессов – условий их формирования, механизма и кинематики – *исследовательско-теоретический аспект*;

– *второй* предусматривает минимизацию оползневых рисков при проектировании, строительстве, эксплуатации объектов капитального строительства – *аспект практический*;

– *третий* – *мониторинг* оползневого процесса и/или находящегося под его воздействием объектов капитального строительства.

В статье рассматривается оползневая проблематика в аспекте практическом. Оползни представляют угрозу для любого вида капитального строительства на территории, подверженной этому виду экзогенных геологических процессов (ЭГП), однако проблема противооползневой защиты острее всего проявляется при проектировании, строительстве линейных сооружений, в том числе магистральных нефте и газотранспортных трубопроводов. Нередко магистральные линейные сооружения приходится прокладывать по территории с повышенным оползневым риском.

В статье на примере проекта «Голубой поток» в тезисной форме даны основные методические положения для решения оползневой проблематики при проектировании сооружений подобного типа.

1. Специализированная оползневая съемка предусматривает несколько этапов предполевых и полевых маршрутных обследований, различающихся по детальности съемки – масштабом используемых топографических карт – от 1:100 000 (1:25 000) до 1:500 (1:200).

На начальном этапе проводятся сбор и анализу фондовых материалов, включая аэро и космические снимки; в результате на мелкомасштабной топографической карте по трассе сооружения отображаются: потенциальные оползневые участки, геологическое строение территории в полосе прокладки газопровода – горные породы с элементами залегания и стратификацией, разрывные тектонические нарушения. С подготовленной таким образом картой проводится полевое обследование трассы, при котором выполняется полевое дешифрирование информации, собранной и систематизированной на предполевом этапе. По окончании данного ответственного этапа должна быть вскрыта полная и достоверная картина оползневой опасности по всей проек-

тируемой трассе. При этом уточняются и регистрируются: номера оползней и оползнеопасных участков с обозначением створных знаков (углы поворота) проектной линии трассы; ориентация расположения оползневых и потенциально оползневых тел относительно трассы:

- а) «по трассе»;
- б) «слева от трассы»;
- в) «справа от трассы».

На последующем этапе по каждому из выделенных оползневых участков подбираются топографические карты масштаба 1:10 000 соответствующей номенклатуры, по которым определяются и фиксируются на местности границы, в пределах которых должны проводиться детальные оползневые исследования. В выделенных границах участков производится топографическая съемка масштаба 1:500 или 1:200 в зависимости от размеров участков и сложности рельефа. Далее по этим картам выполняется собственно специализированная оползневая съемка оползневых участков. При этом по ориентации вектора основного смещения существующего или прогнозируемого оползня относительно линии трассы газопровода определяются участки, ориентированные:

- а) перпендикулярно или под некоторым углом к линии трассы;
- б) участки с вектором основного смещения оползня, примерно, совпадающим с направлением трассы.

1.1. Содержание и назначение крупномасштабной (1:500–1:200) оползневой карты – отражает морфологическую структуру склона как в границах (в контуре) оползневого тела, так и за его пределами. Границы съемки должны охватывать все морфологические элементы первого порядка склоновой поверхности: водораздел, межоползневой гребень, базисное пространство склона (русла местных водотоков, речные террасы) и др. В границах оползневого тела съемка предусматривает картирование [3]: стенки основно-

го смещения оползня, оползневых ступеней (блоков), западин, бугров сжатия, оползневых трещин, эрозионных промоин и др.

По *оползневой карте* определяются: тип оползня по принятой классификации; активность оползня – действующий, стабилизировавшийся, старый (древний) или потенциальный. Также определяются: оползневые факторы (предварительно); производится выбор точек разведочных горных выработок (скважин, шурфов), створов геофизического профилирования, шурфов для полевых сдвиговых испытаний грунтов.

2. Разведка оползневого участка.

2.1. Разведочное бурение – определение: структуры оползневого склона, наличия и характера обводненности склона; отбор образцов (монолитов) грунта и проб воды. Для выявления структуры оползневого склона *минимально необходимо* 3 разведочных выработки (скважина, шурф) по схеме: одна – в верхней части (ближе к водораздельной линии) за пределами границ действующего или потенциального оползня, вторая – на самом оползне, третья – в основании склона, на уровне оползневой базы. Разведочные створы должны быть ориентированы по вектору основного смещения оползня. Количество разведочных створов и, следовательно, количество разведочных выработок зависит от: площади изучаемого оползневого склона, от сложности рельефа, геологического строения, механизма оползня и уровня ответственности поставленной инженерной задачи.

2.2. Разведочные шурфы имеют ряд преимуществ:

- а) применимы в любых рельефных условиях;
- б) позволяют произвести отбор образцов (монолитов) максимальной сохранности;
- в) позволяют провести полевые опыты по определению прочностных характеристик грунтов основного деформирующегося горизонта (ОДГ).

2.3. Разведочные геофизические исследования – электро- и сейсмопрофилирование проводятся как по основным разведочным створам продольной (относительно вектора оползневого смещения) ориентации, так и перпендикулярно к ним, что позволяет вскрыть оползневое тело в трехмерном измерении.

3. Оценка, прогноз устойчивости склонов и противооползневая защита – конечный и ответственный этап в логистике решения оползневой проблематики проектируемой трассы магистрального газопровода. По каждому из оползнеопасных участков составляются заключения по размерам (длина, ширина, глубина) действующих и потенциальных оползней; по их механизму (характеру деформаций), по причинам, вызывающим оползни. Дается оценка и прогноз устойчивости оползнеопасных склонов при строительстве и эксплуатации линии газопровода. Для решения оценочных и прогностических задач, анализа устойчивости склонов используется современная компьютерная технология.

Процедуру по диагностике оползневой опасности осуществляет специалист инженер-геолог, который на основе анализа всего комплекса собранной информации по каждому из оползневых участков, выдает разработчику проекта рекомендации по принципиальному решению противооползневой инженерной защиты. Набор принципиальных противооползневых способов защиты не так велик – рассматриваются следующие альтернативы:

а) оценивается экономическая и технологическая предпочтительность корректировки положения трассы магистрального линейного сооружения (ее увод от оползневого участка) по сравнению с материальными и организационно-техническими издержками, связанными с осуществлением инженерной защиты данного участка;

б) как показывает практика борьбы с оползнями при решении различных инженерных задач, наиболее эффек-

тивным представляется метод изменения рельефа оползневого склона – разгрузка напряжения склона террасированием, устройство контрбанкета в основании склона;

в) для нейтрализации фактора подземных вод, как одну из причин возникновения оползня, рекомендуется искусственное понижение уровня подземных вод с применением различных способов дренажа; при этом необходимо предусмотреть регулирование (отвод от оползня) поверхностных вод;

г) в практике противооползневой защиты, в частности для безопасности линейных сооружений, часто применяют так называемые удерживающие сооружения, в том числе: подпорные стены, анкерные крепления, свайные конструкции и столбы, контрфорсы и др. [2].

В сложных рельефных и гидрографических условиях прохождения трассы линейного сооружения основным оползневым фактором может являться русловая эрозия. В таких условиях центр внимания противооползневой защиты переносится на нейтрализацию русловой, в частности, боковой речной эрозии путем: создания берегозащитного сооружения или, более кардинальный, способ изменения режима стока в русле.

В **заключение** необходимо подчеркнуть, что решение проблемы безопасности строительства и эксплуатации линейных сооружений, в частности магистральных газопроводов, в сложных геолого-геоморфологических условиях с преобладающим распространением склоновых процессов, связано с ответственным подходом к оценке оползневого риска и разработке противооползневых мероприятий на стадии подготовки проекта сооружения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Осипов В.И., Кутепов В.М. и др.* Опасные экзогенные процессы / под ред. В.И. Осипова – М.: ГЕОС, 1999. – 290 с.

2. СП 116. 13330.012. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. – М., 2012. – 60 с.

3. *Хоситашвили Г.Р.* Специфика инженерных изысканий для обоснования защиты магистральных нефте- и газотранспортных сооружений от склоново-гравитационных явлений // Промышленное и гражданское строительство. – 2006. – № 11. – С. 11–13.

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМ МОНИТОРИНГА
ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ
И СОЗДАНИЕ СИСТЕМ РАННЕГО ОПОВЕЩЕНИЯ
О ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**



**DEVELOPMENT OF SYSTEMS
FOR MONITORING NATURAL HAZARDS
AND THE ESTABLISHMENT OF EARLY
WARNING SYSTEMS FOR EMERGENCIES**

РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОЛЕТНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СЕЙСМОМАГНИТНОГО ЭФФЕКТА В УЗБЕКИСТАНЕ

**К.Н. Абдуллабеков, С.Х. Максудов,
А.И. Туйчиев, М.Ю. Муминов**

*Институт сейсмологии им. Г.А. Мавлянова АН РУз,
Ташкент, Узбекистан
E-mail: tuichiev.1960@mail.ru*

RESULTS OF THE PERENNIAL STUDIES OF SEISMOMAGNETIC EFFECT IN THE UZBEKISTAN

The article presents the main results of the perennial studies in seismomagnetic effect in the Uzbekistan.

В Узбекистане, начиная с 1966 г., поэтапно ведутся широкие исследования локальных вариаций геомагнитного поля, связанных с сейсмотектоническими и техногенными процессами.

I этап (1966–1975 гг.) – организационный. Созданы Ташкентский, Ферганский, Кызылкумский геодинамические полигоны. Заложены опорные и рядовые пункты, начаты эксперименты по изучению связи аномальных изменений электромагнитных параметров с землетрясениями [1]. Эксперименты проводятся методами повторных маршрутных, площадных магнитных съемок и стационарных измерений на сети абсолютных протонных магнитометров. Исследования ведутся также путем анализа среднегодовых данных мировой сети геомагнитных обсерваторий, лабораторных экспериментов испытания магнитных свойств гор-

ных пород под давлением и температурой, по натурному моделированию процессов подготовки землетрясений в районах техногенных объектов (Полтарацкое подземное газохранилище, Чарвакское водохранилище) и теоретических расчетов ожидаемых величин сейсмоманнитного эффекта [2].

II этап (1975–1985 гг.) – поиск предвестников. Цель – поиск, обнаружение и доказательство наличия достоверных предвестников землетрясений. Именно на этом этапе заложена сеть стационарных магнитометрических станций. Проведены детальные исследования в эпицентральных областях ряда сильных землетрясений. В этот период выделены многочисленные аномальные изменения вариаций геофизических полей, связанные с конкретными сильными землетрясениями (Алайское 1978 г., $M = 6,8$; Чимионское 1982 г., $M = 5,8$; Папское 1984 г., $M = 5,5$; Джиргитальское 1984 г., $M = 6,3$, Кайраккумское 1985 г., $M = 6$ и др.) [2–9]. Алайское землетрясение 1 ноября 1978 г., было официально предсказано за несколько дней [3]. Установлено наличие надежных предвестников землетрясений с конкретными физическими параметрами – амплитуда, линейный размер, продолжительность – во времени и т.д.

III этап (1985–1995 гг.) – установление пространственно-временных закономерностей проявления различных предвестников и разработка методов прогнозирования места, времени и силы землетрясений. Разработанные методики поиска и прогнозирования землетрясений проверялись на территориях разрабатываемых месторождений.

IV этап (1995 г. – настоящее время) – усовершенствование научных основ и способов системы прогнозирования, разработка геофизической модели процессов подготовки землетрясений.

В полевых экспериментах участвовали сотрудники ведущих научно-исследовательских институтов России (ИЗМИРАН, ИФЗ, ИВТ, Институт геофизики, Екатеринбург и др.). Благодаря широкому сотрудничеству и кооперации

сил и средств удалось получить уникальный в мировой практике экспериментальный материал. Основные результаты за 1968–2008 гг. опубликованы в различных статьях и обобщены в монографиях [1–10]. Здесь изложены основные результаты обобщения длительных рядов полевых экспериментов и установленных закономерностей проявления локальных вариаций геомагнитного поля сейсмотектонического и техногенного характера.

Результаты лабораторных исследований влияния давления на магнитные свойства горных пород и теоретические расчеты ожидаемых величин аномальных изменений магнитного поля перед землетрясениями подтверждены натурным моделированием процессов в земной коре в природных условиях. Изучены изменения магнитного поля в связи с режимом давления в подземном Полторацком газохранилище, в Чарвакском высокогорном водохранилище и в районах газонефтяных месторождений. На этих объектах проверена методика полевых измерений магнитного поля. Физическая интерпретация полученных данных показала, что магнитное поле в условиях меняющихся давлений может изменяться не только в результате пьезомагнитного эффекта, но и других явлений, в том числе электрокинетических, что свидетельствует о сложности эксперимента и необходимости тщательной интерпретации.

Проведены исследования широкого спектра медленных, средне и кратковременных вариаций магнитного поля Земли, связанных с сейсмотектоническими процессами в земной коре:

а) медленные изменения поля с характерными временами 10–15 лет исследованы анализом данных мировой сети геомагнитных обсерваторий и длительных измерений на полигонах Узбекистана. Показано, что по характерным размерам они разделяются на общепланетарные и региональные. Общепланетарные связаны с процессами в ядре Земли, и их интенсивность достигает до нескольких десят-

ков нТл, а региональные – с процессами в земной коре, с фазами сейсмической активизации в сейсмотектонических регионах, они имеют ограниченные размеры от сотен до тысячи километров, а интенсивность достигает десятков нТл;

б) выделены многочисленные среднепериодные магнитные эффекты, связанные с местными, близкими и удаленными сильными землетрясениями. Интенсивность аномалий – от единиц до 15–20 нТл, линейные размеры – от десятков до первых сотен км, характерное время – месяцы, единицы лет. Установлены некоторые пространственно-временные закономерности проявления предвестников, и найдены зависимости между параметрами аномальных изменений магнитного поля и землетрясений. Зависимость длительности проявления среднепериодных предвестников землетрясений от их магнитуды в Узбекистане выражается в виде $\lg T = 0,27M + 0,84$, а зависимость радиусов проявления магнитных аномалий от магнитуды $\lg R = -0,46M + 0,08$ [6–7]. Физической природой среднесрочных аномалий являются пьезомагнитный и электрокинетический эффекты;

в) быстрые (кратковременные) изменения магнитного поля исследованы на сети более 20 стационарных прогностических станций, оснащенных протонными магнитометрами с чувствительностью 0,1–0,3 нТл. Выделены многочисленные магнитные аномалии с характерным временем от нескольких суток до 2–3 недель, интенсивностью – от единиц до 10 нТл и более.

Проведены длительные магнитометрические наблюдения в эпицентральных зонах до, во время и после толчка крупных землетрясений:

а) выявлены аномальные изменения магнитного поля, коррелирующие с режимом выделения сейсмической энергии в процессе афтершоковой активности;

б) обнаружено аномальное искажение бухтообразных вариаций магнитного поля в диапазоне периодов 0,5–3 ч в

эпицентрах сильных землетрясений в периоды, предшествующие и сопутствующие основному толчку. Величина искажений амплитуды бухт доходила до 70–80%;

в) доказано отсутствие больших скачкообразных изменений в магнитном поле в моменты сейсмических толчков.

Установленные закономерности проявления интенсивности и пространственно-временных характеристик предвестников, а также выявленные связи параметров аномальных изменений различных полей с параметрами землетрясений послужили основой разработки методов прогноза места, силы и времени землетрясений. Разработана методика использования геомагнитных данных, в комплексе с другими предвестниками, для прогноза места, времени и силы землетрясений. В результате использования методики в 1975–2014 гг. службой прогноза прогнозировано более 10 сильных землетрясений с $M = 5,0–7,5$. По итогам проведенных исследований разработаны более десяти способов прогнозирования землетрясений и получены авторские свидетельства и патенты.

Медленные, среднeperиодные, кратковременные изменения магнитного поля и аномалии, связанные с афтершоковой активностью землетрясений, являются магнитной моделью сейсмотектонических процессов в земной коре и удовлетворительно коррелирует с известными моделями очага и подготовки землетрясений (ЛНТ, ДД и И.П. Добровольского).

Аномальные вариации магнитного поля протекают более сложно и, видимо, полнее отражают процессы в очаге. На основе анализа результатов сейсмопрогностических исследований в Узбекистане с учетом аналогичных мировых данных разработана геофизическая модель процессов подготовки землетрясений [10].

Таким образом, на основании анализа многолетних данных предвестников землетрясений на полигонах Узбекистана и других регионов можно с уверенностью утвер-

ждать, что в решении проблемы на сегодняшний день первоочередной задачей является создание службы прогнозирования землетрясений, которое включает в себя: организация Центра сбора, анализа данных и прогнозирования, координация всех видов режимных наблюдений за предвестниками землетрясений, находящихся в различных ведомствах, оптимизация и создание единой системы сейсмопрогностических наблюдений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мавлянов Г.А., Уломов В.И. Поиски предвестников землетрясений в Узбекистане // Поиски предвестников землетрясений. – Ташкент: Фан, 1976. – С. 25–38.
2. Абдуллабеков К.Н., Максудов С.Х. Вариации геомагнитного поля сейсмоактивных районов. – Ташкент: Фан, 1975. – 128 с.
3. Мавлянов Г.А., Уломов В.И., Абдуллабеков К.Н. и др. Аномальные вариации геомагнитного поля в Восточной Фергане – предвестник Алайского землетрясения 2 ноября 1978 г. // Докл. РАН. – 1979. – Т. 246. – № 2. – С. 294–297.
4. Электрические и магнитные предвестники землетрясений / под ред. В.П. Головкова. – Ташкент: Фан, 1983. – 135 с.
5. Прогноз сейсмической опасности Узбекистана // Проблемы прогнозирования землетрясений. – Т. 2 под ред. Х.Н. Баймухамедова. – Ташкент: Фан, 1994. – 308 с.
6. Abdullabekov K.N. Electromagnetic phenomena in the Earth's crust. – Rotterdam: A.A. Balkema, 1991. – P. 131.
7. Сейсмическое районирование и методология прогнозирования землетрясений в Узбекистане / под ред. К.Н. Абдуллабекова. – Ташкент: Гидроингео, 2002. – 145 с.
8. Shapiro V.A., Muminov M. Yu., Abdullabekov K. N. High Precision Magnetometry for Earthquake prediction in Uzbekistan: 91 forecasts between 1982 and 1992 // Electromagnetic phenomena related to earthquake prediction. TERRAPUB. – Tokyo, 1994. – P. 37–42.
9. Abdullabekov K.N. Laws of seismogenic and technogenic changes of a magnetic field by the results of researches of many years in Uzbekistan. International Workshop on Seismoelectromagnetics

(IWSE) (March 15–17, 2005, Venue, The University of Electro-communications Chofu). – Tokyo, Japan. – P. 354–356.

10. Абдуллабеков К.Н. Геофизическая модель процессов подготовки землетрясений // ДАН РУз. – 2008. – № 2. – С. 49–52.

МОНИТОРИНГ СЕЙСМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СВЯЗИ СО СТРОИТЕЛЬСТВОМ БЕЛОРУССКОЙ АЭС

***А.Г. Аронов, Р.Р. Сероглазов, Т.И. Аронова,
В.М. Колковский, В.А. Аронов***

*Центр геофизического мониторинга
Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Республика Беларусь
E-mail: aronov@cgm.org.by, rustam@cgm.org.by*

SEISMIC PROCESSES MONITORING IN THE CONTEXT OF THE BELARUSIAN NPP CONSTRUCTION

When deciding about the right site for construction of a nuclear power plant, all the prohibiting and constraint factors should be taken into consideration, because an excess in their preset threshold levels could adversely affect the safe operation of an object. The present-day investigations aimed at the seismic hazard assessment with the purpose to select potential sites and areas for probable construction of nuclear power plants involve several issues, the most important of them being the study of the regional and local seismicity and seismotectonic conditions, organization and implementation of continuous instrumental observations to monitor the seismic conditions, the seismic impact assessment.

При принятии решения о выборе площадки размещения АЭС должны быть учтены все запрещающие и ограничивающие факторы, наличие или превышение заданных уровней которых может повлиять на безопасную эксплуатацию объекта. Современные исследования по оценке сейсмической опасности для перспективных пунктов и площадок возможного строительства АЭС включают решение многих вопросов, из которых к основным относятся изучение региональной и местной сейсмичности, сейсмотектонических условий, организация и проведение непрерывных инструментальных наблюдений по контролю за сейсмической обстановкой, оценка степени сейсмических воздействий.

В настоящее время накоплен большой международный опыт в этой области, который позволил выработать основные базовые принципы и критерии обеспечения безопасности размещения АЭС, регламентируемые требованиями и рекомендациями международных и национальных нормативных документов. Вместе с тем практика показывает, что такой опыт не может быть автоматически, без соответствующей корректировки, перенесен из одного региона в другой, так как сейсмотектонические условия и геодинамические факторы для различных районов существенно различаются и обусловлены спецификой их геологического развития.

Территории Беларуси, стран Балтии, западных регионов России и платформенная часть территории Украины составляют единый сейсмотектонический регион, расположенный на западе Восточно-Европейской платформы, имеющий сходное геологическое развитие и общие современные геодинамические условия. Регион характеризуется относительно невысокой сейсмической активностью, однако и в его пределах выявлены очаги сейсмических событий с магнитудой $M \leq 5,5$ [1–3]. Проявления сейсмичности в регионе связаны с существованием ряда крупных сейсмогенерирующих тектонических элементов, среди которых следует выделить современный формирующийся рифт в пределах

Ботнического и Финского заливов Балтийского моря, Припятско-Донецкий авлакоген, зоны сочленения древнего Восточно-Европейского кратона с молодой Западно-Европейской платформой (зона Тейссейра-Торнквиста) и Русской плиты с Балтийским щитом.

При изучении сейсмичности Беларуси в полной мере использованы результаты непрерывных инструментальных наблюдений, систематизированные в бюллетенях сейсмических станций. С учетом выявленных исторических землетрясений составлен каталог землетрясений территории Беларуси с 1887 г. по настоящее время. В каталог вошло более 1300 сейсмических событий с $M \leq 4,5$, в том числе и 4 сильных исторических землетрясения 1887, 1893, 1896, 1908 гг. Северная часть территории Беларуси характеризуется редкими событиями, что связано, по-видимому, с одной стороны, с невозможностью определения координат многих слабых землетрясений из-за недостаточной разрешающей способности сети сейсмических наблюдений, а с другой – с невысокой сейсмической активностью. В то же время ощутимые землетрясения 1887, 1893, 1896, 1908 гг. произошли именно в северной части Беларуси.

Концентрация эпицентров землетрясений невысокого магнитудного уровня наблюдается в южной части территории Беларуси. Приурочена она к зоне сочленения северо-западной части Припятского прогиба и Белорусской антеклизы. Эта зона характеризуется проявлением индуцированной сейсмичности, связанной с масштабными горнопромышленными работами на Старобинском месторождении калийных солей. Участки повышенного уровня слабой сейсмичности распространяются и к северу от этой зоны.

Территория Беларуси испытывает воздействия, оказываемые сейсмическими волнами не только от местных событий, но и от удаленных. Наиболее опасные воздействия оказывают землетрясения из сейсмогенной зоны Вранча, расположенной на крутом изгибе горной дуги в месте со-

членения Восточных и Южных Карпат (восточная часть Румынии). Отличительной особенностью воздействия Карпатских землетрясений на территорию Беларуси является вытянутость изосейст в северо-восточном направлении от очага землетрясения [4]. Этот фактор объясняет ощутимое воздействие Карпатских землетрясений на обширную территорию Восточно-Европейской платформы. Макросейсмический эффект от землетрясений 1977 и 1986 гг. на территории Беларуси достигал 5 баллов.

В ходе исследований по комплексу геолого-геофизических и сейсмологических критериев были составлены сеймотектонические карты районов расположения пунктов возможного размещения АЭС с выделенными зонами возможного возникновения очагов землетрясений (ВОЗ) и параметрами этих зон. Исследования по оценке сейсмической опасности были проведены для всех конкурентных пунктов и площадок. При этом были рассчитаны сейсмические воздействия как от ближайших зон ВОЗ, так и от сильных землетрясений из зоны Вранча.

В качестве нормативной основы для оценки степени сейсмической опасности была принята карта общего сейсмического районирования Северной Евразии ОСР-97-D масштаба 1:10 000 000, где представлена и территория Беларуси [5]. В Республике Беларусь фрагмент этой карты, включающей территорию Беларуси и прилегающих районов, был принят в качестве временной нормативной основы. Уровень вероятности данной карты соответствует уровню максимального расчетного землетрясения.

Полученные значения сейсмических воздействий явились исходными для проведения дальнейших исследований по сейсмическому микрорайонированию (СМР) площадки строительства АЭС с целью уточнения величин ПЗ и МРЗ в зависимости от конкретных грунтовых условий.

Сейсмологический мониторинг при выборе площадок для размещения АЭС осуществлялся системой непрерыв-

ных круглосуточных наблюдений за происходящими сейсмическими событиями естественного и искусственного происхождения в широком диапазоне энергий и расстояний. Контроль сейсмической обстановки на региональном уровне обеспечивался стационарной сетью сейсмических станций. Для проведения режимных сейсмических наблюдений в районах перспективных пунктов размещения АЭС на двухлетний период были организованы локальные временные сети сейсмических станций. За период наблюдений проведена детальная обработка и анализ зарегистрированной информации, составлены бюллетени и каталоги сейсмических событий.

Выбранная для размещения Белорусской АЭС площадка вблизи населенного пункта Островец в Гродненской области расположена достаточно оптимально с точки зрения сейсмической безопасности, поскольку расположена на устойчивом блоке земной коры вне зон проявления опасных геологических процессов, на территории площадки тектонические разломы отсутствуют.

В районе расположения площадки на период проектирования и строительства АЭС организована локальная сейсмическая сеть из семи пунктов наблюдений, оснащенных короткопериодной аппаратурой. В результате анализа и обобщения, полученных сейсмологических данных (бюллетени сейсмических станций), составлены бюллетени сейсмических событий и каталоги зарегистрированных землетрясений локальной сетью сейсмических станций расположенных в районе площадки Белорусской АЭС за весь период наблюдений, начиная с 2008 г. Локальная сеть хорошо регистрирует далекие землетрясения, удаленные на расстоянии более 1000 км с магнитудой $M \geq 5$ (2187 событий), а также региональные землетрясения (менее 1000 км) с $M \geq 3$ (1061 событие). Достаточно уверенно регистрируются карьерные взрывы, производимые в районе доломитового карьера в поселке Руба, Витебской области (127 взрывов). Уда-

ление от пунктов наблюдений составляет около 300 км. Вес взрываемого заряда достигает 15–17 т. Эффективным инструментом для экспресс-анализа обнаружения сигнала является «прослушивание» зарегистрированной сейсмической записи. Методика заключается в том, что диапазон сейсмических частот транспонируется в акустическую область и появляется реальная возможность их прослушивания. При этом тембровая окраска волновой картины слабых полезных сейсмических сигналов значительно отличается от волновой картины сейсмических шумов. Сочетая визуальный просмотр зарегистрированных сейсмических сигналов, включая спектральный портрет, с акустическим, можно значительно повысить эффективность обнаружения слабых сигналов на фоне интенсивных шумов. Выделяя, таким образом, участки с записями полезных сигналов, производится их дальнейшая обработка.

Проведенные расчеты по оценке сейсмических воздействий от сильных Карпатских землетрясений и ближайших зон возможных очагов землетрясений показали, что для площадки АЭС величина проектного землетрясения ПЗ составила 6 баллов, а величина максимального расчетного землетрясения (МРЗ) – 7 баллов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аронов А.Г., Сероглазов Р.Р., Аронова Т.И. Сейсмичность территории Беларуси // Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы: в 2 кн. – Кн. 1: Землетрясения / под ред. Н.В. Шарова, А.А. Маловичко, Ю.К. Щукина. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. – С. 357–364.
2. Аронов А.Г., Аронова Т.И. Сеймотектонические критерии долгосрочного прогноза Калининградских землетрясений // Калининградское землетрясение 21 сентября 2004 года / отв. ред. А.В. Николаев. – СПб: ВСЕГЕИ, 2009. – С. 136–150.
3. Аронов А.Г., Сероглазов Р.Р., Аронова Т.И., Кравцов В.Н. Некоторые аспекты сейсмической безопасности при строитель-

ве ответственных сооружений в Минске // Літасфера. – 2009. – № 2 (31). – С. 119–125.

4. Москаленко Т.П. Карты изосейст Карпатского региона / Карпатское землетрясение 4 марта 1977 г и его последствия. – М.: Наука, 1981. – С. 86–105.

5. Уломов В.И., Шумилина Л.С. Сейсмогеодинамика и вероятностное сейсмическое районирование Северной Евразии // Геофизика на рубеже веков. Избр. труды ученых ОИФЗ РАН. – М., 2000. – С. 216–252.

ТРЕБОВАНИЯ К РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

С.Е. Байда

*ФГБУ ВНИИ ГОЧС МЧС России, Москва
E-mail: oktaedr@yandex.ru*

REQUIREMENTS TO THE DEVELOPMENT OF SYSTEMS FOR MONITORING OF NATURAL HAZARDS

Forecasting and preventing natural and human-made disasters largely depend on effective monitoring of local geophysical conditions and near-Earth space. This poses new challenges to the ground-based monitoring technology, special measuring instruments and methods for processing and analysis of information obtained.

Основной задачей мирового сообщества должна стать не ликвидация последствий природных и техногенных катастроф, а их предупреждение, принятие своевременных мер, если не по недопущению, то снижению ущерба от них. И в

решении этой задачи главным инструментом должен стать мониторинг опасных природных процессов.

Значительное число природных и техногенных катастроф происходит вследствие изменения геофизических и космических условий, как локального, так и глобального масштаба. В большинстве случаев эти аварии и катастрофы имеют период подготовки от года до месяца и недели, и признаки подготовки в виде наблюдаемых предвестников физической и нефизической природы.

Эти условия и особенности и должны определять требования к мониторингу опасных природных процессов.

Научно-методологической основой проведения наземного мониторинга может стать «Волновая теория катастроф» [1], основанная на соответствующих разделах геофизики и астрофизики. Исследования в рамках этой теории обнаружили наличие закономерностей и их аналогию с частотно-временными и пространственно-волновыми спектрами возникновения землетрясений, активизации авиакатастроф, аварий электрических объектов, аварий в шахтах и дорожно-транспортных происшествий, обрушения зданий, падениями метеоритов. Основную роль в активизации практически всех видов катастроф, а также их локализацию, определяет сейсмический фактор, а точнее наведенная сейсмичность.

Расчеты частотно-временных спектров обнаружили сейсмический «пульс» Земли, равный 1,8–2,2 сут. Если считать этот «пульс» волновым процессом, то с учетом времени возврата к источнику его генерации (землетрясения), его скорость равна 1675 км/ч, и эта скорость соответствует скорости волны гравитационного взаимодействия в системе Земля–Луна, составляющая также около 1670 км/ч в наиболее сейсмоактивном районе экватора (рис. 1).

После землетрясений с магнитудой свыше 5М возникают переменные пространственно-волновые поля, различной физической природы, инициирующие опасные процессы в атмосфере, гидросфере и литосфере, и в течение недели

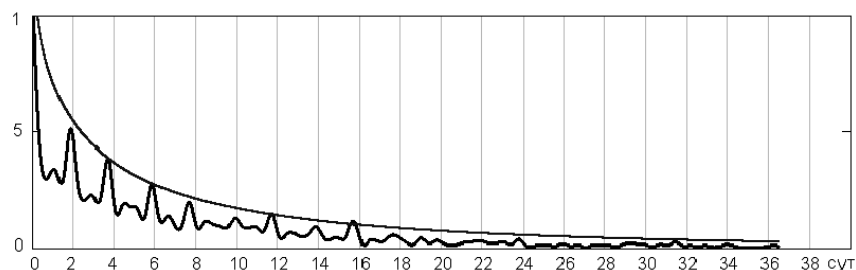


Рис. 1. Сейсмическая активность Земли, индуцированная предыдущим землетрясением в течение 40 суток

активизируются аварии и взрывы в шахтах, авиакатастрофы, аварии электросетей. Основное влияние на катастрофы оказывают «медленные сейсмические волны» менее 1760 км/час. На рис. 2. показаны совмещенные частотно-временные спектры активизации землетрясений, электроаварий, авиакатастроф и аварий в шахтах после сильных землетрясений.

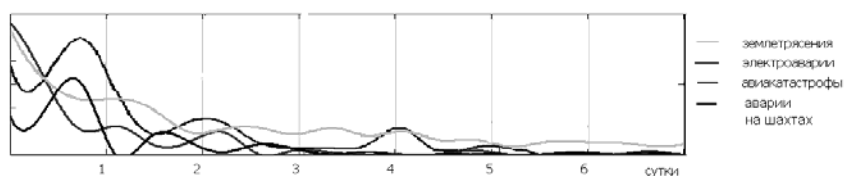


Рис. 2. Относительный частотно-временной спектр активизации землетрясений, аварий на энергообъектах и энергосетях, авиакатастроф и аварий на шахтах после сильных землетрясений с магнитудой более 5M

На рис. 3 показаны пространственно-волновые спектры активизации этих катастроф, которые показывают, с какой частотой они распределены на удалении от эпицентра землетрясения.

На активизацию аварий и катастроф влияет скорость медленных сейсмических волн, связанная с динамическими процессами, происходящими в локальной природной среде

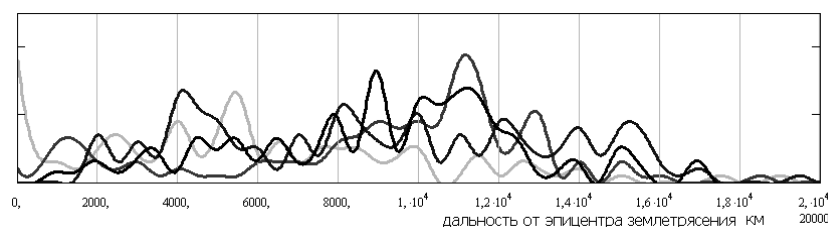


Рис. 3. Пространственно-волновые спектры возникновения новых землетрясений, электроаварий, авиакатастроф и аварий на шахтах в течение 7 суток после землетрясений с магнитудой свыше 6М по дальности от эпицентров землетрясений
(цвет графиков соответствует рис. 2)

или активными физическими процессами самого объекта. При авариях в шахтах особенно выражены пики скоростей 50, 125, 175, 225, 375, 450 и 825 км/ч (рис. 4). Это очень близко к скоростям, при которых возникают землетрясения и, вероятно, в большой мере связано с тектоническими и микросейсмическими процессами.

Основным механизмом инициирования землетрясений и катастроф являются медленные сейсмические волны (SS-волны), которые по своим свойствам являются и вихрями и уединенными волнами, или солитонами одновременно. Их можно называть как вихревыми солитонами, так и волновыми вихрями, а более общее название – инерционные физические волны и поля. Ряд исследователей называют их гравитационными или поверхностными гравитационными волнами. Это связано с тем, что при взаимодействии с окружающей средой они обладают свойствами изменять локальные гравиметрические характеристики, повышать поверхностный и атмосферный электрический потенциал, влияют на интенсивность хода времени (в пределах $\pm 10^{-6}$ – 10^{-8} с). В данном случае более приемлемым названием, по причине их происхождения и генерации, будет – «медленные сейсмические волны» SS-волны.

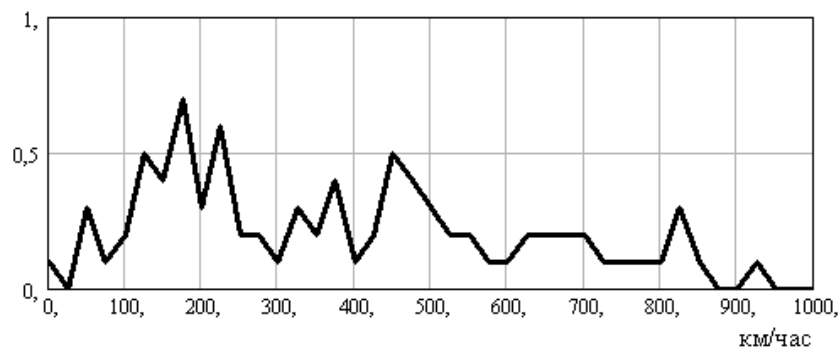


Рис. 4. Скорости сейсмических волн, при которых произошли катастрофы в шахтах и рассчитанные по удаленности от эпицентра землетрясения в течение суток

Знание свойств и закономерностей этих волн и полей, их взаимодействия, позволяет решить проблему прогноза землетрясений, повысить точность метеорологического прогноза, предупредить техногенные катастрофы, анализировать и предупреждать критические изменения в состоянии больных.

Оценка технических возможностей существующих технических средств геофизических измерений и расчетные исследования свойств SS-волн позволяют сформулировать технические требования к разработке датчиков на новых физических принципах для их регистрации.

В табл. приведены основные виды мониторинга, необходимые для прогнозирования времени и места возникновения опасных процессов и катастроф, и их состояние.

Важным условием прогнозирования времени и места возникновения опасных процессов и катастроф является сочетание наземного и космического мониторинга в непрерывном режиме времени в глобальном масштабе поверхности Земли и окружающего космического пространства.

Таблица

**Перечень видов мониторинга изменения космических
и геофизических условий для контроля физических
параметров опасных природных процессов**

Фактор	Контролируемый параметр или процесс	Наличие приборов и методов мониторинга
Солнечная актив- ность	Время и интенсивность вспышки на Солнце, ко- личество чисел Вольфа	Есть
	Интенсивность рентге- новского излучения	Есть
	Ионосферная активность	Есть
	Спирально-вихревые излучения	Исследуются
Межпланетное маг- нитное поле	Смена знака секторов ММП	Есть
Положение, нерав- номерность смеще- ния земной оси и изменение суточно- го вращения Земли	Координаты положения оси относительно геогра- фического полюса и по- ложения звездного неба	Есть
Сейсмическая ак- тивность	Эпицентр	Есть
	Глубина очага землетря- сения	Есть
	Магнитуда	Есть
	Скорости Р- и S-сейсми- ческих волн	Есть
	Микросейсмы	Есть
	Акустические шумы	Есть
	Электромагнитные шумы	Есть
Локальные геофи- зические характе- ристики	Гравиметрические изме- рения	Есть
	Электрофизические из- мерения	Исследуется

Окончание табл.

Фактор	Контролируемый параметр или процесс	Наличие приборов и методов мониторинга
	Хрональные измерения	Исследуется
	Температура грунта на глубине	Исследуется
	Направление подхода и скорость медленных сейсмических волн	Исследуется
	Газовыделение инертных газов	Исследуется

ЛИТЕРАТУРА

1. Байда С.Е. Природные, техногенные и биолого-социальные катастрофы: закономерности возникновения, мониторинг и прогнозирование; МЧС России. – М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2013. – 194 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ЧС НА ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ

Н.Н. Бакбергенов

*КазНИИ водного хозяйства, Тараз, Казахстан
e-mail: bakbergenovnurlan@mail.ru*

AUTOMATED SYSTEM FOR THE PREVENTION OF CASES OF EMERGENCY ON WATER OBJECTS

Security of water facilities plays an important role for the automated monitoring system of water resources, promoting wa-

ter security, prevention of emergency situations on water objects.

Эффективность государственного регулирования и контроля в области использования и охраны водного фонда, упорядочения государственного учета поверхностных водных ресурсов Республики Казахстан возможны при ускоренном внедрении современных методов управления и мониторинга за водными ресурсами, основанных на высоких технологиях и новейших достижений в области микроэлектроники, систем автоматики и математического моделирования [1].

Такая система может состоять из трех составных частей традиционной системы управления:

- 1) подсистема сбора информации об водохозяйственных объектах в бассейнах рек;
- 2) подсистема хранения и обработки данных или поисковая система с подсистемой визуализации данных;
- 3) подсистема управления водохозяйственными объектами – это ключевая часть всей системы, она включает в себя подсистему водоавтоматики, работающей напрямую с «Экспертной системой», на долю последней выпадает главная задача по выработке рекомендаций по алгоритмам решений в чрезвычайных ситуациях.

Централизованный сбор и обработка данных от всех подведомственных действующих гидропостов по республике и за его пределами, невозможно без внедрения единого программно–аппаратного комплекса сбора и обработки гидрологических характеристик водохозяйственных объектов [2].

Техническая реализация этого проекта не является чем-то уникальным.

Для этого водомерные сооружения (гидропосты и гидротехнические сооружения) по необходимости оборудуются датчиками уровней, температуры и т.д. Информация с датчи-

ков в автоматическом режиме поступает в «первичные центры хранения и обработки», расположенные в административных центрах или районах. Те, в свою очередь, передают эту информацию по каналам Internet в единый информационный центр (ИЦ). В ИЦ вся информация визуализируется в оперативную информацию и в визуальном (можно картографическом) виде передает эти данные подразделениям уполномоченного органа (КВР, МООС или МЧС) для принятия управленческих решений, тем самым минимизируются риски и последствия техногенных и природных катастроф.

Очевидно, что использование такой системы значительно повышает достоверность информации, делает информационные потоки прозрачными, и позволяет на ее основе создавать более сложную и интеллектуальную систему по автоматизированному управлению водными ресурсами.

Кратко о программе. Предлагаемая автоматизированная система мониторинга строится на основе иерархической комбинации аппаратно-программных комплексов различного уровня (рис.):

- центры сбора информации (ЦСИ) – центральные терминалы – КВР (Астана) и КазНИИВХ (Тараз);

- центры сбора данных (ЦСД) – аппаратно-программный комплекс (АПК) – восьми водохозяйственных бассейнов (при БВУ или филиалы РГП);

- центры обработки данных (ЦОД) – аппаратно-программный комплекс (АПК), тип 1 на базе автономных телекоммуникационных терминалов (АТТ) с пакетным контроллером (ВИП-МК) – филиалы УВС (районные водхозы, КГП и СПВК);

- центры измерения данных (ЦИД) – автономные телекоммуникационные терминалы (АТТ) с пакетным контроллером (ВИП-МК) – гидропосты республиканского значения.

Развертывание и оснащение двух центральных терминалов с комплексами пакетной и спутниковой (или радиоканалы, сотовые и GPS) связи при Комитете по водным ре-

сурсам (Астана) и «КазНИИВХ» (Тараз). Центральный терминал при «КазНИИВХ» необходим для обкатки и создание информационного ядра всего проекта. В основе информационного ядра проекта лежит единая система базы данных (БД), сопряженная с системой визуализации геодезической информации (ГИС) выполненной на базе САПР, САД, САМ. В базе данных можно будет получить необходимую информацию о водохозяйственных объектах (водохранилищ, водоемов, прудов, гидроузлов, гидростов и т.д.) всех 8 бассейнов Казахстана, а также о водохозяйственных объектах (притоки и гидросты) сопредельных стран (Китай, Киргизия и Россия).

Для этого необходимо разработать и внедрить унифицированные формы необходимой информации получаемых от низовых звеньев системы, непосредственно от гидростов и обработки этой информации (подготовка компьютерных программ по их обработке) в рамках проекта и для более устойчивой работы системы и подготовки оперативной отчетности по использованию водных ресурсов.

Следующим шагом по созданию ядра системы, является выбор аппаратной платформы для установки СУБД и САПР, наиболее перспективным на наш взгляд является платформа Windows NT, с системой криптографии PGP script.

Комплексы низовой сети ЦСД, ЦОД и ЦИД (рис. 1) на базе специализированного автономного телекоммуникационного терминала имеют возможность для настройки и подключения автоматических измерительных комплексов и дальнейшего контролирования и обработки полученных данных измерений. В состав комплексов может быть включена любая система связи (спутниковая, радиоканал, сотовые и GPS), которая определяется мощностью системы связи, качеством антенного хозяйства и используемой частоты приема-передачи информации, подбираемая от зоны охвата

теми или иными системами связи. По данным компании «ЮНКОМ» (РФ) наиболее популярной на данный момент радиостанция Isom-78, при качественной антенне и частотах от 3 до 6 МГц обеспечивает дальность передачи информации 600–1000 км для равнинных рек [3].

Программное обеспечение предлагаемого комплекса предусматривает визуализацию данных проведенных наблюдений в режиме автоматической работы или по запросу наблюдателя. Согласно заданным настройкам данные текущих наблюдений отображаются в форме, соответствующей типу визуализации: универсальный или данные.

Помимо значений текущих измерений параметров на форме представлен график, на котором можно отслеживать изменение выбранного параметра за установленный период времени. Наблюдатель может выбрать любой параметр из списка для отображения на графике и установить период просмотра: 0,5; 1, 3, 6, 12 или 24 ч. Также в комплексе имеется возможность просмотра накопленных данных и расчетных величин в графическом и табличном видах, при указании определенного промежутка времени и типа данных. Построение графиков и таблиц осуществляется на основе данных текущих наблюдений и синоптических сроков. Наблюдателю будет разрешено выбрать от 1 до 5 параметров для построения графика. Построение графика и таблицы будет выполнено с помощью приложения Excel.

Программное обеспечение комплекса предусматривает визуализацию данных проведенных наблюдений автоматически или по запросу наблюдателя.

Создание автоматизированной системы мониторинга необходимо решать поэтапно.

На первом этапе необходимо оснастить современными приборами водоучета на основе IT-технологий все водозаборные и водораспределительные сооружения межреспубликанского и республиканского значения. Необходимо так-

же создание компьютерных программ обработки этих данных, имеющих простой и удобный пользовательский интерфейс и рассчитанных на эксплуатацию персоналом, не имеющим специальных навыков работы с компьютером.

На втором этапе, по мере укрепления материальной базы необходима разработка и внедрение единой системы учета и контроля над использованием и охраной водных ресурсов всего бассейна с организацией региональных центров хранения и обработки.

На третьем этапе будет проведено объединение наземных и космических средств наблюдения за динамикой накопления, использования и охраной водных ресурсов по бассейновому принципу управления.

Данная автоматизированная система мониторинга за водными ресурсами способствует обеспечению водной безопасности, предупреждению возникновения чрезвычайных ситуаций на водохозяйственных объектах, объективному распределению воды между потребителями и стратегическому планированию развития отраслей экономик стран, прилегающих к бассейнам рек.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дарахвелидзе П.Г., Марков Е.П. Программирование в Delphi7. – СПб: БВХ-Петербург, 2003.
2. Быков В.Д., Васильев А.В. Гидрометрия. – Л.: Гидрометеопиздат, 1977.
3. Интегрированные информационно-телекоммуникационные системы для труднодоступных и подвижных объектов, группа компании «Инком»: проспект. – Томск, 2009.

**ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ГЕОМОНИТОРИНГА
И ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ
ГРЯЗЕВУЛКАНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

В.В. Ершов

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН,
Южно-Сахалинск
E-mail: v.ershov@imgg.ru*

**PROBLEMS AND METHODS
FOR GEOMONITORING AND HAZARD ASSESSMENT
OF MUD VOLCANIC ACTIVITY**

The article includes a brief description of the problems connected with the assessment of mud volcanic hazard. General approaches to monitoring of the mud volcanic activity are given.

В грязевых вулканах из земных недр на поверхность выносятся не магма, а разжиженные осадочные породы – сопочная брекчия. Очаги грязевых вулканов располагаются гораздо ближе к поверхности – в пределах земной коры (преимущественно в осадочном слое). По всем остальным признакам – наличию бурных извержений, периодичности этих извержений, специфическим формам рельефа, негативным воздействием на окружающую среду извергающихся продуктов – грязевой вулканизм аналогичен магматическому. И в том и в другом случае ведущую роль играет поток глубинных газов из земных недр. Таким образом, можно считать, что грязевой вулканизм – это частная разновидность вулканизма вообще.

В отличие от магматических вулканов воздействие грязевых вулканов на окружающую среду, как правило, имеет локальный характер. Этим обусловлено слабое внимание к изучению грязевого вулканизма в контексте природных

опасностей. Для магматических вулканов уже давно разрабатываются методики районирования вулканической опасности и прогноза извержений (причем известны случаи успешных прогнозов). Магматический вулканизм учитывается как опасное геологическое явление в различных нормативных документах, где для него даны основные термины и определения, приведен перечень и характер действия поражающих факторов, описаны основные требования к системе мониторинга и прогнозирования (ГОСТы 22.0.03-97, 22.0.06-97, 22.1.06-99 и др.). Для грязевого вулканизма подобные достижения отсутствуют. Между тем, масштабы грязевулканических извержений хотя и гораздо меньше, чем магматических, но происходят эти извержения значительно чаще (с периодичностью в единицы и десятки лет). Некоторые извержения грязевых вулканов могут иметь очень серьезные последствия. Например, в мае 2006 г. на о-ве Ява (Индонезия) произошло извержение грязевого вулкана LUSI, которое заставило десятки тысяч людей сменить свое местожительство [9]. Экономический ущерб от извержения оценивается миллиардами долларов США. Кроме того, многие грязевые вулканы располагаются на шельфе, поэтому даже слабые извержения могут вызывать разрушения прибрежной инфраструктуры (кабельных каналов связи, нефтегазопроводов и др.), а также затруднять навигацию в прибрежных водах.

Таким образом, территории вокруг действующих грязевых вулканов периодически подвергаются негативным воздействиям и при их хозяйственном освоении необходимо проведение геоэкологических исследований, включая оценку опасности и георисков. Ярким примером в этом отношении является Керченско-Таманская грязевулканическая провинция и строительство перехода через Керченский пролив. В этом регионе грязевые вулканы находятся и на Керченском и на Таманском п-овах, а также на прилегающих к ним акваториях. Геологические условия региона – наличие глубинных разломов, большая мощность осадочного чехла, высокая

газоносность земных недр – благоприятны для формирования грязевых вулканов. Средняя плотность распределения составляет здесь около 0,5–1,0 вулкана на 100 км². При этом многие подводные грязевые вулканы здесь, скорее всего, еще не открыты, поскольку их обнаружение в пассивной стадии деятельности представляет собой нетривиальную задачу.

В последнее время растет интерес к вопросам оценки опасности и риска грязевулканической деятельности для инженерных и природных объектов. В работе [7] дано определение грязевулканической опасности, приведен перечень основных факторов опасности и риска, дана оценка размеров опасной зоны при извержении максимальной интенсивности. Однако многие суждения не имеют в своей основе представительных массивов данных, основаны на единичных наблюдаемых случаях и, следовательно, имеют субъективный характер. Очевидно, что технологии по оценке и оптимизации георисков являются практическими приложениями результатов фундаментальных исследований. Последние в отношении грязевых вулканов проводятся на достаточно скромном уровне и пока еще не обеспечивают должного уровня знаний.

Поиск, изучение и систематическая оценка активности подводных грязевых вулканов – это очень трудоемкие и дорогостоящие работы. Нами предлагается использовать другой подход. Используя общность геологического строения грязевулканической провинции и универсальность флюидодинамических процессов, протекающих в грязевых вулканах, видится целесообразным ввести представление об обобщенном грязевулканическом очаге. Исходя из этого, предлагается построить и в дальнейшем уточнять по мере накопления знаний усредненную модель грязевого вулкана рассматриваемого региона (с типичным объемом, составом и периодичностью выбросов при извержениях и т.п.). Обобщенный грязевулканический очаг позволит довольно просто и эффективно проводить расчеты по оценке грязе-

вулканической опасности, помещая его гипотетически на те участки акватории, где по каким-либо косвенным признакам предполагаются подводные грязевые вулканы.

Одним из факторов опасности при грязевулканических извержениях являются деформации земной поверхности. Оценки этих деформаций можно получить, используя модель конечного сферического источника в однородном упругом полупространстве [12]. Источником деформаций предполагается область сброса давления при извержении, т.е. питающий грязевулканический резервуар. При этом необходимо знать, в частности, глубину залегания этого резервуара, которую предлагается оценивать с помощью изотопных и гидрохимических геотермометров по результатам исследований вещественного состава продуктов грязевулканической деятельности. Полагая для грязевых вулканов Керченско-Таманского региона глубину залегания питающего резервуара 2 км и объем выбросов при извержении $500\,000\text{ м}^3$, получим по этой модели, что на удалении 1–2 км от центра извержения горизонтальное смещение может составлять около 11 мм, вертикальное смещение – от 10,5 до 21 мм. Латеральный градиент поля деформаций будет составлять более 1 мм на 100 м для вертикальных смещений.

Для более глубокого понимания физических процессов, лежащих в основе грязевого вулканизма, и корректной интерпретации натурных данных необходимо адекватное математическое описание. Имеется ряд математических моделей для каких-то отдельных аспектов грязевулканического извержения или процесса его подготовки [1; 2; 5; 6; 8; 13; 14]. В целом успехи здесь пока можно охарактеризовать как довольно скромные.

Для обеспечения безопасной эксплуатации инженерных сооружений в грязевулканических провинциях необходима организация мониторинга активности грязевых вулканов. Разработка принципов и методов такого мониторинга является актуальной задачей, которую необходимо решать в са-

мом ближайшем будущем. Нами предложена математическая модель температурного режима грифонов грязевого вулкана, которая является методической основой для мониторинга грифонной стадии грязевулканической деятельности [3]. Модель прошла верификацию по результатам гидрогеотермических наблюдений на Южно-Сахалинском грязевом вулкане.

Довольно часто активизация грязевых вулканов происходит под воздействием землетрясений [4; 10; 11]. Это также необходимо учитывать при оценке грязевулканической опасности в Керченско-Таманском регионе, поскольку Крым считается сейсмоактивным регионом. В зависимости от предполагаемого механизма связи между грязевым вулканизмом и сейсмичностью можно использовать разные способы оценки возможности грязевулканического извержения при сильных землетрясениях. Они основаны на полуэмпирических соотношениях, полученных при статистическом анализе известных случаев отклика флюидодинамических систем на землетрясения.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-05-01768.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горкун В.Н., Сирык И.М. Опыт расчета глубины залегания и объема выбрасываемого газа при извержении грязевых вулканов на Южном Сахалине // Геология и геофизика. – 1967. – № 2. – С. 30–42.
2. Доманский А.В., Еришов В.В. Математическое моделирование геофлюидодинамических процессов, протекающих в грязевулканических структурах // Геология и геофизика. – 2011. – Т. 52. – № 3. – С. 470–481.
3. Еришов В.В., Доманский А.В., Левин Б.В. Моделирование температурного режима грифонов грязевого вулкана // Доклады РАН. – 2010. – Т. 435. – № 3. – С. 384–389.

4. *Ершов В.В., Левин Б.В., Мельников О.А., Доманский А.В.* Проявления Невельского и Горнозаводского землетрясений 2006–2007 гг. в динамике грифонной деятельности Южно-Сахалинского газоводолитокластитового (грязевого) вулкана // Доклады РАН. – 2008. – Т. 423. – № 4. – С. 533–537.
5. *Иванов В.В., Гулиев И.С.* Опыт физико-химического моделирования грязевого вулканизма // Бюллетень МОИП, отд. геол. – 1986. – Т. 61. – Вып. 1. – С. 72–80.
6. *Каракин А.В., Каракин С.А., Камбарова Г.Н.* Движения грязевой смеси по каналу грязевого вулкана // Физика Земли. – 2001. – № 10. – С. 42–55.
7. *Миронюк С.Г.* Грязевые вулканы Азово-Черноморского бассейна и прилегающей территории и оценка их опасности для зданий и сооружений // Геориск. – 2010. – № 3. – С. 20–28.
8. *Собищев А.Л., Жостков Р.А.* О движении флюидонасыщенной грязебрекчии в выводящих структурах грязевых вулканов // Геофизические исследования. – 2013. – № 4. – С. 46–56.
9. *Cyranoski D.* Indonesian eruption: muddy waters // Nature. – 2007. – Vol. 445. – P. 812–815.
10. *Manga M., Brumm M., Rudolph M.L.* Earthquake triggering of mud volcanoes // Marine and Petroleum Geology. – 2009. – Vol. 26. – P. 1785–1798.
11. *Mellors R., Kilb D., Aliyev A., Gasanov A., Yetirmishli G.* Correlations between earthquakes and large mud volcano eruptions. Doi: 10.1029/2006JB004489 // Journal of Geophysical Research. – 2007. – Vol. 112.
12. *Mogi B.K.* Relations between the eruptions of various volcanoes and the deformations of the ground surfaces around them // Bulletin of the Earthquake Research Institute. – 1958. – Vol. 36. – P. 99–134.
13. *Murton B.J., Biggs J.* Numerical modelling of mud volcanoes and their flows using constraints from the Gulf of Cadiz // Marine Geology. – 2003. – Vol. 195. – P. 223–236.
14. *Zoporowski A., Miller S.A.* Modelling eruption cycles and decay of mud volcanoes // Marine and Petroleum Geology. – 2009. – Vol. 26. – P. 1879–1887.

**АНАЛИЗ ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ
ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ
В ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ТРАГЕДИЮ
(на примере нефтегазового месторождения
в Азербайджане)**

Р.А. Керимова

*Республиканский Центр Сейсмологической Службы
при НАНА, Баку, Азербайджан
E-mail: keramovar@maill.ru*

**THE ANALYSIS OF EXTREME TRANSFORMATION
OF GEODYNAMIC CONDITIONS
IN ECOLOGICAL TRAGEDY**

Explosion has occurred in the house which has been constructed in territory having ways out of heavy fractions of oil. On the basis of geochemical researches were established following reasons of the Infringement unstable equilibrium in the geodynamic and ecological environments: a) the «human factor» was absent; b) gases were in the uncritical mass in the soil and air basement of the house before the explosion; c) under the foundation of the house has arisen a local tectonic rupture, which extends to the south and south-east, at a distance of up to 80 m horizontally to a considerable depth; d) after tectonic rupture in the geological breeds, thermodynamic balance was disrupted due to an increase in the arrival rate of gases, increasing their volume and concentrations up to a critical mass. We believe that the explosion occurred at home because of the unpredictable and uncontrollable termic geochemical reaction.

Поселок Масазыр расположен в центральной части Абшеронского архипелага. Он удален к северо-западу от столицы, г. Баку, на расстояние 10 км, и находится между Бинага-

динской и Балаханинской антиклинальными зонами. В тектоническом отношении эта территория занимает небольшую площадь в треугольнике между Савалан-Абшеронским, Занги-Козлучайским и Яшма-Бяндованским глубинными разломами. Данная территория, как известно, богата выходами на поверхность тяжелых нефтяных фракций (битумы и асфальты). 13 апреля 2015 г. в жилом доме пос. Масазыр произошел сильный взрыв. С целью изучения его причин специалистами различных подразделений РЦСС при НАНА, наряду с геологическими и геофизическими исследованиями, также были проведены работы геохимическими методами. Они представлены радиогеохимическими и газогеохимическими анализами. В результате этих работ была изучена концентрация радона (прибор «ALFARAD plus» – Россия) в почвенном слое, газов неорганического происхождения (портативный газоанализатор «Grew Sensor TJ-501» – Irlandia) и предельных углеводородов (хроматограф «Цвет-102»). Определить концентрацию радона в воздухе было невозможно из-за сильного ветра. Детальный газохимический анализ почвы был проведен как в подвале дома, разрушенного взрывом, так и на территории, которая была удалена на расстояние до 700 м от него. Исследования проводились в 2 периода времени (23.04.2015 и 18.05.2015). Ниже приведены результаты, которые были получены по радону и углеводородным газам.

Известно, что радон (Rn) и его изотопы – это радиоактивные, инертные газы без цвета и запаха, которые в 7,5 раз тяжелее воздуха. Основным источником данного элемента в воздухе и в почве, а также на первых этажах зданий является его эксгаляция (выделение) из земной коры (~90%) и из строительных материалов (~10%). Повышенные концентрации его характерно для нефтяных месторождений, тектонических зон глубокого заложения и действующих вулканов различного генезиса. Некоторое количество радона может поступать к человеку также с водой (минеральные источники, артезианские воды с высоким содержанием радона).

Для изучения распределения концентрации этого радиоактивного элемента на площади пос. Масазыр (в радиусе 700 м от взорванного дома) была неоднократно проведена радоновая съемка:

- а) 23.04.2015 – через 10 дней после взрыва;
- б) 18.05.2015 – через 1 месяц после взрыва).

На основе анализа и интерпретации полученных данных были составлены карты 2D и 3D (рис. 1) и установлены следующие факты. В целом на данной территории в подвалах домов и в почве усадебных участков установлено отсутствие радиоактивного элемента радона ($Rn = 0$ Бк/м³). Этот газ, из 8 образцов проб почвы, был обнаружен только в 2 образцах:

- а) № 1 – подвал разрушенного взрывом дома;
- б) № 5 – почвенный слой, который находится рядом ($\Delta = 80$ м) с этим домом, но к югу от него.

В другом образце почвы № 4, отобранном на расстоянии ($\Delta = 50$ м), но юго-западнее от разрушенного дома, радон не обнаружен ($Rn = 0$ Бк/м³). Через 10 дней после взрыва (23.04.2015), когда начались геохимические работы, радон в почве подвала этого дома (образец № 1) был обнаружен в небольшой концентрации ($Rn = 3 \div 5$ Бк/м³), а в удаленном образце № 5 величина концентрации была выше в $1,5 \div 2$ раза ($Rn = 6 \div 7$ Бк/м³).

Через 1 месяц, при повторном замере, оказалось, что величина значений концентрации радона в этих двух местах резко изменилась в обратную сторону.

В частности, в образце № 1 величина концентрации радона ($Rn = 11 \div 15$ Бк/м³) превышала первоначальное значение в $3 \div 5$ раз, а в удаленном образце № 5 почвы радон исчез ($Rn = 0$ Бк/м³). Таким образом, установлено, что через 1 месяц после взрыва дома, в почве его подвала и в радиусе 80 м, эманиции радона многократно увеличились и достигли максимальных значений в южном и юго-восточном направлении.

А теперь рассмотрим распределение предельных углеводородов в пос. Масазыр, в разные временные периоды (23.04.2015

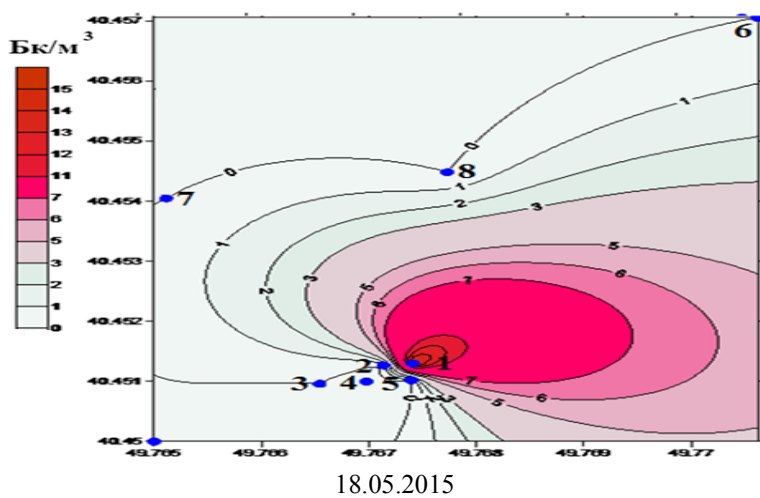
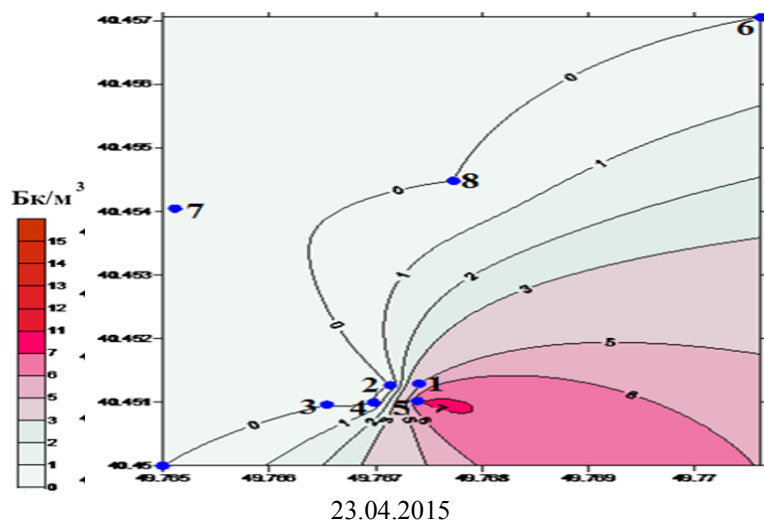


Рис. Карта (2D формат) распределения концентрации радона (Rn) на поверхности земли (пос. Масазыр, 2015 г.).

и 18.05.2015). Газогеохимический анализ проводился для сравнения в одних и тех же местах. Пробы почвы были отобраны в подвале взорванного дома (проба № 1) и в 80 м от

него, к юго-востоку (проба № 5). Через 10 дней после взрыва, в подвале дома (образец № 1) был зафиксирован только метан ($\text{CH}_4 = 0,0200\%$), а в пробе № 5 был обнаружен разнообразный спектр предельных углеводородов в более высоких концентрациях: метан ($\text{CH}_4 = 0,264\%$), этан ($\text{C}_2\text{H}_6 = 0,0019\%$), пропан ($\text{C}_3\text{H}_8 = 0,0003\%$), бутан ($\text{C}_4\text{H}_{10} = 0,0004\%$) и пентан ($\text{C}_5\text{H}_{12} = 0,0003\%$). Через 1 месяц концентрация углеводородов в обеих пробах резко, на порядок, снизилась.

Из неорганических соединений были также обнаружены закись азота, углерода и серы.

Выводы. На основе результатов геохимических исследований было установлено:

- а) «человеческий фактор» не был причиной взрыва дома;
- б) до взрыва, в почве и воздухе его подвала газы находились в не критической концентрации;
- в) повышенная эманация радона происходит не из строительных материалов, из которых построен дом, а из геологических пород, обогащенных нефтяными фракциями.

Учитывая, что выходы битумов и асфальта, которые присутствуют в пос. Масазыр, всегда являются источником радиоактивных элементов, то ясно, что в подвале взорвавшегося дома всегда присутствовали в небольших количествах радон и углеводородные газы. Но их концентрация до определенного момента не представляла угрозы взрыва.

Нами предложена гипотеза формирования основных процессов нарушения **неустойчивого равновесия геодинамической и экологической обстановок**, которые стали причиной непредсказуемого взрыва в доме:

- а) под фундаментом дома возник локальный тектонический разрыв, который простирается в южном и юго-восточном направлении, на расстояние до 80 м по горизонтали, на значительную глубину;
- б) изменение геодинамических условий сопровождалось нарушением термодинамического баланса и увеличением скорости поступления газов – самовозгорающихся уг-

леводородов, увеличением их объема и концентрации до критической массы.

В результате взрыв дома произошел из-за непредсказуемой и неуправляемой термогеохимической реакции.

Необходимо отметить, что сделанные нами отдельные выводы о причине взрыва в доме пос. Масазыр, на территории которого имеются нефтегазоносные площади, неожиданно согласуется с заключением по результату работ в 1996 году на природном хранилище газа (ПХГ) Калмас в Азербайджане [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Асадов Т.Б., Гусейнова Л.Б., Дадашев Ф.Г. Изучение приповерхностного углеводородно-газового поля в процессе эксплуатации ПХГ Калмас //АНХ. – 1996. – № 10. – С. 32–36.

ВАРИАЦИИ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВЕННОГО РАДОНА ПРИ ПОДГОТОВКЕ ТЕКТОНИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ

***И.А. Козлова, А.К. Юрков,
А.М. Меньшикова, А.Н. Антипин***

*Институт геофизики им. Ю.П. Булашевича УрО РАН,
г. Екатеринбург
E-mail: ikozlova75@mail.ru*

VARIATION OF VOLUMETRIC ACTIVITY OF RADON IN SOIL PREPARATION TECTONIC EVENTS

Given the possibility of using radon monitoring (on example of the South-Kuril geodynamic polygon) in the study of the stress-strain state of the geological environment.

В недрах нашей планеты непрерывно происходят внутренние процессы, изменяющие лик Земли. Чаще всего эти изменения медленные, постепенные. Но иногда внутренние процессы протекают бурно, и грозная стихия землетрясений превращает в развалины города, нанося непоправимый человеческий и экономический ущерб. Наибольшая опасность землетрясений заключается в их неожиданности и неотвратимости. Тенденция расширения высотного строительства и освоения территорий в сейсмоопасных районах увеличивает негативные последствия сейсмических событий. Однако научные достижения последних лет открывают реальные возможности осуществления среднесрочного и краткосрочного прогнозов с достаточно высокой степенью вероятности.

Известно, что при подготовке землетрясения всегда наблюдается область сжатия и растяжения, так называемые «ближняя» и «дальняя» зона [1–3]. Изменение напряженно-деформированного состояния земной коры приводит к образованию новых или «залечиванию» старых трещин. Трещиновато-пористое пространство массива, как правило, имеет газовое или флюидное заполнение. И та и другая фаза, всегда содержит в своем составе радиогенный газ – Rn-222, который непрерывно генерируется в горных породах в процессе радиоактивного распада Ra-226. Эта особенность радона, а также отсутствие его накопления (за счет постоянного распада), зависимость выделения из кристаллической решетки в поровое пространство от напряженно-деформированного состояния горных пород и его достаточно простая регистрация, позволяет использовать Rn-222, как индикатор изменения геодинамического состояния геологической среды. При проведении измерений радона, как правило, используют классический вариант – «диффузионный», когда регистрируется содержание радона в неглубоких скважинах, поступающего в них за счет процесса диффузии из вмещающих пород. Измерение концентрации радона в естественных условиях можно проводить либо помещая детектор ра-

дона в измеряемую точку, либо выполняя отбор пробы почвенного воздуха с последующим измерением. Так как определяющим процессом при формировании радонового поля в горных породах является диффузия, надо иметь в виду, что поле радона представляет собой газовый ореол и имеет малые размеры из-за ограниченного времени жизни радона. Следовательно, все измерения, связанные с отбором какого-то объема (пробы) почвенного воздуха, приводят к существенным (с учетом пористости среды) искажениям поля радона, а на его восстановление требуется достаточно большое время. Кроме того, существенным является тот факт, что в естественных условиях, мы имеем дело с интегральным воздействием на содержание радона в поровом пространстве ряда факторов: атмосферное давление, влажность, лунно-солнечные приливы и т.д.

В результате применение диффузионного метода для изучения быстро протекающих динамических процессов становится практически невозможным. Выходом из этой ситуации может быть применение, для измерений объемной активности почвенного радона, режима вынужденной конвекции, разработанного в Институте геофизики УрО РАН (рис. 1). Этот режим позволяет применять при измерениях серийно выпускаемую аппаратуру, реализовать геометрию точечного приемника и не искажает диффузионные характеристики среды. Естественно, что для получения абсолютных значений концентрации почвенного радона режим вынужденной конвекции не применим, так как устанавливается новое квазистационарное состояние, определяемое глубиной точки опробования и градиентом создаваемого понижения давления. Но для изучения динамических процессов метод вынужденной конвекции, с нашей точки зрения, наиболее пригоден [4; 5].

Данный режим измерений успешно зарекомендовал себя при радоновом мониторинге в течение последних 9 лет на Южно-Курильском геодинамическом полигоне, который

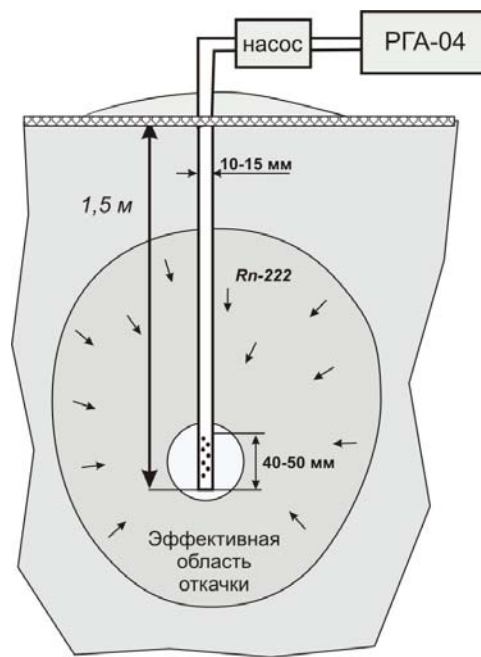


Рис. 1. Схема измерений объемной активности радона в режиме вынужденной конвекции

включает станции радонового и температурного мониторинга на островах Кунашир, Шикотан и Итуруп с ежемесячной передачей данных.

Подготовка тектонического события (землетрясения), фиксируемая по динамическому изменению объемной активности радона (ОАР), начинает отражаться за 1–2 месяца, в зависимости от магнитуды и расстояния до сейсмического события, и особенно четко проявляется за 1–2 недели до землетрясения. Причем характер вариаций ОАР в «ближней» и «дальней» зоне различен. При сжатии массива («ближняя» зона), за счет уменьшения объема пор и трещин происходит уменьшение ОАР. Тектоническое событие обычно происходит в конце интервала низких значений ОАР. После землетрясения происходит резкое увеличение ОАР, иногда до

значений превышающих первоначальные (до подготовки события).

При растяжении массива («дальняя» зона), расширение трещин и раскрытие пор приводит к существенному увеличению выхода радона – ОАР увеличивается. Непосредственно перед землетрясением, трещинообразование уменьшается или прекращается совсем. Нового поступления радона в трещинно-поровое пространство не происходит, а ранее выделившийся радон начинает распадаться, соответственно уменьшается объемная активность радона. Тектоническое событие, при установке датчиков в дальней зоне, отмечается на нисходящей ветви ОАР.

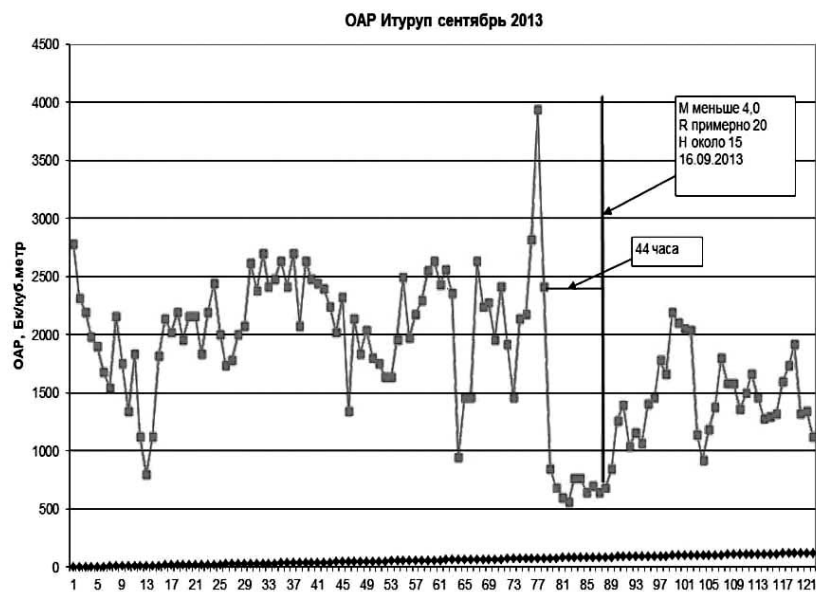


Рис. 2. Вариации объемной активности радона в период 01.09.2013–22.09.2013

На рис. 2 приведен пример регистрации тектонического землетрясения в «ближней» зоне, зафиксированного радо-

новой станцией на о. Итуруп в сентябре 2013 г. Следует отметить, что события с магнитудами менее 4 отмечаются только сейсмостанцией на Итурупе. Поэтому координаты и характеристики таких событий определяются с большой погрешностью.

Таким образом, несмотря на все трудности интерпретации и недостаточный объем накопленных данных, уже имеющиеся результаты мониторинговых наблюдений за объемной активностью радона показывают возможность успешного их использования в комплексе методов при осуществлении среднесрочного и краткосрочного прогнозов тектонических событий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Уткин В.И. «Газовое дыхание» Земли // Соросовский образовательный журнал. – 1997. – № 1. – С. 58–63.
2. King CY, Minissale A. Seasonal variability of soil-gas radon concentration in central California // Radiation Measurements. – 1994. – № 23. – С. 683–692.
3. Уткин В.И., Юрков А.К. Радон и проблема тектонических землетрясений // Вулканология и сейсмология. – 1997. – № 4. – С. 84–92.
4. Козлова И.А., Юрков А.К. Методические вопросы мониторинга радиогенных газов // Ядерная геофизика. Геотермические исследования литосферы. Геотермия: Первые научные чтения памяти Ю.П. Булашевича. – Екатеринбург: ИГф УрО РАН, 2001. – С. 43–45.
5. Козлова И.А., Юрков А.К. Влияние атмосферного давления на поведение почвенного радона в массиве горных пород // АНРИ. – 2008. – № 2. – С. 28–31.

ПРОГНОЗ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ПЛОТИН

А.Н. Марчук, Н.А. Марчук

*Институт физики земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва
E-mail: direction@ifz.ru*

EARTQUAKE PREDICTION WITH THE USE OF DAM MEASURING DEVICES

The article includes a new method of earthquake recording and prediction with the use of measuring devices of high dams is proposed. High concrete dams located in seismically active areas, close to tectonic faults are very sensitive to geodynamic processes. Their well-developed multipurpose instrumentation allows recognition of deformational, hydrogeological, geochemical and other precursors. Experimental prediction of induced seismic events at the Chirkei Hydro of the 1999, 2008, Suusamyr earthquake at the Toktogul Hydro cascade, Kyrgyzstan in 1992 was carried out for the first time.

Геодинамическое влияние на напряженно-деформированное состояние (НДС) плотин учитывается в нормативных документах как действие максимального расчетного землетрясения. Не учитываются повторные и возбужденные землетрясения, медленные движения по ближайшим разломам и тектоническим нарушениям, собственные напряжения в массивах вмещающих горных пород и их изменения, величина и направления векторов растяжения и сжатия в локальном поле тектонических напряжений.

Многолетние натурные наблюдения на Токтогульской, Курпсайской, Чиркейской, Миатлинской, Саяно-Шушенской, Зейской и Бурейской плотинах показывают непроек-

ное состояние этих сооружений. Напряжения сжатия в арочных плотинах в 2–3 раза выше расчетных. В Миатлинской арочной плотине фактические напряжения в 4 раза выше расчетных. В плотинах, рассчитанных по плоской задаче, возникает объемное напряженное состояние. Так, в оголовках контрфорсов Зейской плотины напряжения объемного сжатия зафиксированы на уровне 17 МПа. Поперечное сжатие межсекционных швов обнаружено в плотине Братской ГЭС. Изменяется длина по гребню бетонных плотин. Фильтрационные расходы и пьезометрические уровни в основании часто нарушают нормальную зависимость от уровня верхнего бьефа (УВБ). Изменяются химический состав и температура дренажных вод. Хорды арочных плотин также изменяют свою длину с нарушением указанной зависимости. В ближайших разломах наблюдаются неотектонические движения, а также подвижки потенциально оползневых массивов. По карте ОСР-97 сейсмическая опасность в районах расположения 32 ГЭС РФ повышена на 1–3 балла.

В августе 1992 г. случилось Сусамырское землетрясение в Киргизии, в районе расположения Токтогульской и Курпсайской ГЭС. Лаборатория натурных наблюдений Токтогульской ГЭС под руководством автора в течение месяца идентифицировала группу предвестников в параметрах фильтрационного режима этих двух плотин, что позволило предсказать сильный афтершок $M = 5,6$. Прогноз был объявлен на Техническом совете Дирекции ТГЭС и Нарынгидростроя за 25 суток до толчка [1].

С 1992 г. начались систематические исследования авторов совместно с группами мониторинга Чиркейской, Миатлинской, Саяно-Шушенской и Зейской ГЭС в тесном взаимодействии с Геофизической службой РАН. Установлено, что наибольшей чувствительностью к изменениям напряженного состояния оснований плотин в подготовительный период землетрясений отличаются измеряемые параметры фильтрационного режима – фильтрационный расход, дебит

дрен, пьезометрические уровни, температура и химический состав дренажных вод особенно в зонах влияния тектонических нарушений. На втором месте по чувствительности к геодинамическим воздействиям находятся обратные отвесы. Далее по этому признаку располагаются щелемеры в швах, трещинах и на контактах «скала–бетон», струнные преобразователи, геодезические наблюдения на ближайших разломах.

Определено, что система «плотина-основание» представляет собой уникальный геофизический полигон, на котором можно комплексировать известные науке предвестники землетрясений разных типов в увязке с сейсмологическими условиями в режиме, близком к реальному времени. После Дубкинских землетрясений 31 января и 21 февраля 1999 г. в Дагестане с магнитудами соответственно 5,6 и 5,1 авторами наблюдениями на Чиркейской плотине были предсказаны подряд четыре значимых афтершока [2].

Все прогнозы оформлены трехсторонними актами. Группы мониторинга ГЭС обучены распознаванию предвестников и методике прогноза землетрясений, изложенной в работе [3].

С 2006 г. по согласию руководства РАН с ОАО «ЕЭС России», позже с руководством ОАО «Рус ГИДРО» установлен метод некоммерческого обмена информацией: материалы натурных наблюдений групп мониторинга ГЭС, особенно по замеченным аномалиям, оперативно передаются в ИФЗ РАН, результаты их анализа в кратчайший срок сообщаются электронной почтой в «РусГИДРО» и на исследуемый объект. При необходимости сотрудники ИФЗ выезжают на объект, как это было в сентябре 2008 г., когда по результатам полевых исследований за 25 суток до события было предсказано Курчалойское землетрясение в Дагестане 11.10. 2008 г. $M = 5,6$ по аномалии смещения в разломе Калудалкал, подтвержденной другими измеряемыми параметрами [4].

В настоящее время на Чиркейской ГЭС установлена автоматизированная сейсмометрическая система с передачей данных в ИФЗ РАН в режиме реального времени [5]. Анализ полученных сейсмограмм, по наиболее ощутимым перенесенным землетрясениям, позволяет уверенно прогнозировать характер возможных смещений и деформаций плотины при максимальном расчетном землетрясении, наблюдать сейсмологические предвестники.. По этой системе подробно записано землетрясение 17.09. 2013 г. $M = 5,3$ на расстоянии 145 км от плотины, которое было предсказано 25 августа 2013 г. одновременно Дагестанским филиалом ГС РАН (М.Г. Даниялов), ИФЗ (Л.Б. Славина, Е.А. Рогожин) и авторами по данным мониторинга на Чиркейской ГЭС (А.М. Курахмаев) с оповещением МЧС РФ. Характер смещений на сейсмограмме соответствует наблюдениям по отвесам и геодезическим измерениям. Отметим, что ранее сейсмограммы записей на плотине не связывались с материалами штатных натурных наблюдений за состоянием сооружения [6].

Значительным достижением группы мониторинга Бурейской ГЭС является выделение реакции измерительных систем плотины на Курильские и Япономорские очаги сильных землетрясений $M = 8-8,3$ на расстояниях порядка 1600 км [7]. По мнению Института тектоники и геофизики ДВО РАН это является следствием связи субмеридиональных разломов Бурейской сейсмоактивной зоны с Танлу-Охотской рифтовой системой.

Двадцатилетние исследования на 6 гидроэлектростанциях с ретроспективным анализом материалов натурных наблюдений за весь срок их эксплуатации совместно с каталогами сейсмических событий за этот период позволили установить связи между измеряемыми параметрами и характеристиками перенесенных землетрясений, между величиной предвестников, энергией и прогнозным временем до ожидаемого землетрясения. При этом решающую роль в

зависимостях играет энергия землетрясений и характеристики вмещающей геологической среды. В слабых породах (карбонатные сланцы основания Чиркейской ГЭС) прогнозное время меньше при одинаковой энергии. Влияние эпицентральных расстояний сказывается только для дальних событий высокой энергии, как это следует из наблюдений на Бурейской ГЭС. По мере автоматизации измерительных систем и накопления статистического материала эти зависимости будут уточняться с повышением надежности прогнозов.

Предварительные результаты и выводы работы сводятся к следующему:

- на каждом исследуемом объекте установлены потенциальные геодинамические опасности, учтенные в декларациях безопасности;
- составлен алгоритм прогноза, выполнено 9 успешных экспериментальных прогнозов землетрясений. Максимальная магнитуда предсказанного за 25 суток Курчалойского землетрясения с $M = 5,6$;
- построены экспериментальные графики зависимости прогнозного времени от энергии ожидаемого землетрясения для Чиркейской, Саяно-Шушенской и Бурейской ГЭС. Установлено, что размеры предвестника весьма слабо зависят от эпицентрального расстояния и определяются в основном энергией ожидаемого землетрясения;
- установлена гиперчувствительность автоматизированных пьезометров Бурейской ГЭС к Япономорским сейсмогенераторам на расстоянии до 1600 км (Курилы, Фукусима);
- показана целесообразность анализа сейсмограмм при оценке НДС плотин;
- установлены потенциально опасные медленные оползневые движения в береговых примыканиях Чиркейской и Миатлинской ГЭС, дифференцированная работа берегов в створе Саяно-Шушенской ГЭС, влияние правобережного разлома на НДС плотины Бурейской ГЭС.

– собирается банк данных, который позволит с помощью измерительных систем плотин на основе статистики откликов на сейсмособытия за весь период наблюдений уверенно и краткосрочно прогнозировать сильные землетрясения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Марчук А.Н.* Новые экспериментальные возможности в изучении геодинамики и прогнозировании землетрясений // *Физика Земли*. – 1994. – № 12. – С. 78–85.
2. *Марчук А.Н., Умралин К.Б., Молдобеков Ж.И.* и др. Реакция плотин Токтогульской и Курпсайской ГЭС на многократные землетрясения // *Гидротехническое строительство*. – 1994. – № 5. – С. 26–30.
3. *Марчук А.Н., Марчук Н.А.* Плотины и геодинамика. – М.: ИФЗ РАН, 2006. – 156 с.
4. *Марчук А.Н., Марчук Н.А.* Прогноз землетрясения 11 октября 2008 г. на Северном Кавказе с помощью измерительных систем Чиркейской и Миатлинской ГЭС // *Гидротехническое строительство*. – 2009. – № 3. – С. 47–50.
5. *Гамзатов Т.Г., Саидов М.А., Баксараев А.М.*, и др. Инновационная сейсмологическая система мониторинга плотин ГЭС в Дагестане // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*. – 2014. – № 3.
6. Использование сейсмограмм в анализе состояния системы «плотина-основание» Чиркейской ГЭС // *Гидротехническое строительство*. – 2014. – № 10. – С. 23–26.
7. *Марчук А.Н., Марчук Н.А., Николаев А.В.* Гиперчувствительность измерительных систем Бурейской ГЭС к геодинамическим влияниям // *Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология*. – 2013. – № 3. – С. 252–258.

ОЦЕНКА ОПОЛЗНЕВОЙ ОПАСНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ (ДЗЗ)

Б.Д. Молдобеков, У.А. Абдыбачаев, К. Тешебаева

*Центрально-Азиатский институт прикладных
исследований Земли (ЦАИИЗ), Бишкек, Кыргызстан*

Оползни как один из самых распространенных экзогенных геологических процессов на территории Кыргызской республики, особенно в южных регионах Джалал-Абадской, Ошской и Баткенской областях [2]. Общая площадь земель пораженных оползновыми процессами составляет около 8% территории республики [1].

В настоящее время методы дистанционного зондирования (ДЗЗ) широко применяются для решения разнообразных задач, в том числе и для оценки состояния оползневой ситуации. Методы ДЗЗ позволяет оценивать динамику развития оползневой ситуации и состояние окружающей среды с различной степенью детальности.

Для обновления реестра опасностей Базар-Коргонского района, инвентаризации исследуемых оползней и их географическое распространение существует необходимость применение методов ДЗЗ в синтезе с тематическими изученными материалами, такими как геологическая, тектоническая, геоморфология, топографическая и др., а также с материалами наземных полевых обследований [3; 4].

Установлено что база разновременных спутниковых изображений формирует основу для развития автоматизированной подхода к обнаружению объектно-ориентированных оползней, позволяющей последовательно на основе ГИС характеризовать выявленные оползневые объекты.

Основная часть подхода представлена разновременными выявлениями пространственных изменений, позволяю-

щей разделение между изменениями, вызванными оползневой деятельностью от других изменений растительного покрова, а также от артефактов изменений, вызванных несоответствием геометрических и радиометрических отличий между данными изображения различных свойств снимков.

Для того чтобы свести к минимуму такие артефакты, автоматическое обнаружение изменения требует адекватную предварительную обработку разновременных спутниковых изображений. Из-за большого количества данных предварительная обработка должна быть проведена в надежной форме [6].

Основными исходными материалами по оценке оползневой ситуации послужили спутниковые изображения Landsat. Данные Landsat по оползневой ситуации являются одними из наиболее полных и продолжительных, а также спутниковые изображения Rapid Eye с высоким пространственным разрешением (рис. 1).

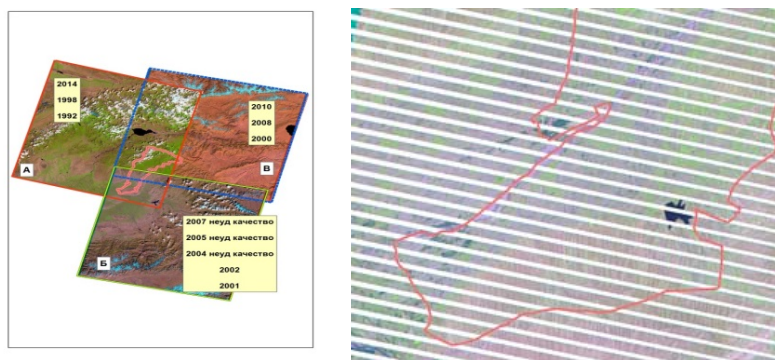


Рис. 1. Исследуемая территория на снимках Landsat

Снимки Landsat приведены из сайта USGS (www.glovis.usgs.gov). Оползневая оценка территории была проведена по нижеприведенным снимкам (рис. 2).

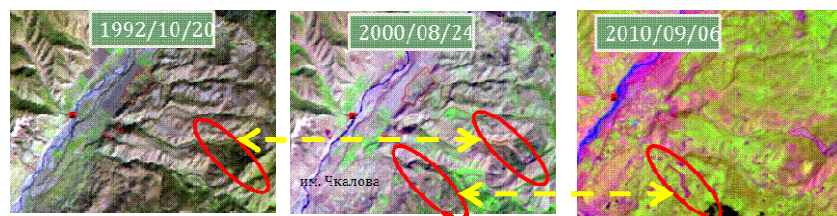


Рис. 2. Динамика развития оползневых процессов

При обработке космоснимков выявлены дефекты на отдельных сценах имеющие неудовлетворительное качество для проведения анализа оползневой оценки на 2004 г. (охватывает нижнюю часть исследуемой территории, квадрат «Б»), 2005 и 2007 гг. (рис. 2).

Оптическое разрешение изображений Landsat варьирует от 15 до 30 м/пиксель, что позволило определить оползневые участки размерами более 3–4 пикселей или оползни размером при ширине 30 м и при длине составляющей 120 м. Аналогичный анализ не был применим по отношению к Rapid Eye из-за наличия лишь одной сцены. Остальные оползни (оплывины) размерами менее 3 пикселей были от дешифрованы на спутниковом изображении Rapid Eye.

В общей сложности на территории Кара-Ункурского водного бассейна насчитывается 122 оползня с общей площадью 15,5 км² и из них более 82% оползней развиты по левобережью р. Кара-Ункур.

При полевых обследованиях по району описано и систематизировано 22 оползнеопасных участков которые образовались на склонах северной и близкой к ней экспозициях – 12, на южной – 4, на склонах западной и восточной соответственно 3 и 3 [5].

Коэффициент пораженности склона на левом борту р. Кара-Ункур составляет $K_{пор} = S_{пор}/S = 0,206$ [5] (рис. 3, верхний).

Для более детального изучения динамики оползневых процессов были использованы данные радаринтерферометрических исследований. В этих исследованиях мы используем дифференциальную интерферометрию SAR (D-InSAR) и методы определения смещения пикселей для анализа смещений поверхности, связанных с землетрясениями и оползнями на юге Кыргызстана [7]. Мы дополняем наш анализ данных дистанционного зондирования полевыми исследованиями с целью обоснования и интерпретации результатов, полученных нами на основе SAR.

InSAR (SAR интерферометрия) впервые появился как широко-используемый метод для пространственного непрерывного обнаружения и отображения деформаций поверхности. Геометрический принцип интерферометрии SAR представлен на рис. 4. Этот метод требует повторное получение данных из слабо-отличающихся позиций записи данных (A' и A''). В случае изменения топографии между пунктами сбора данных, может наблюдаться соответственное поверхностное смещение в количественном масштабе в направлении линии в пределах прямой видимости датчика.

Так же нами были использованы данные ALOS/PALSAR, которые были получены от JAXA, охватывающие исследуемый участок за период 2007 и 2010 гг. Были обработаны в общей сложности 180 интерферограмм для анализа временных рядов с целью получения данных об изменениях поверхности, связанных с оползневыми движениями.

С помощью интерферометрии ALOS/PALSAR мы проводим многовременный анализ InSAR временных рядов с целью оценки его потенциала для регулярного мониторинга движений склонов, который может быть применим к более обширным участкам на юге Кыргызстана, наиболее подверженных оползнем. Результаты ALOS/PALSAR дифференциальной интерферометрии показывают поверхности смещения, распределенное в пространстве и во времени для всего анализируемого периода времени между 2007–2010 гг. (рис. 4).

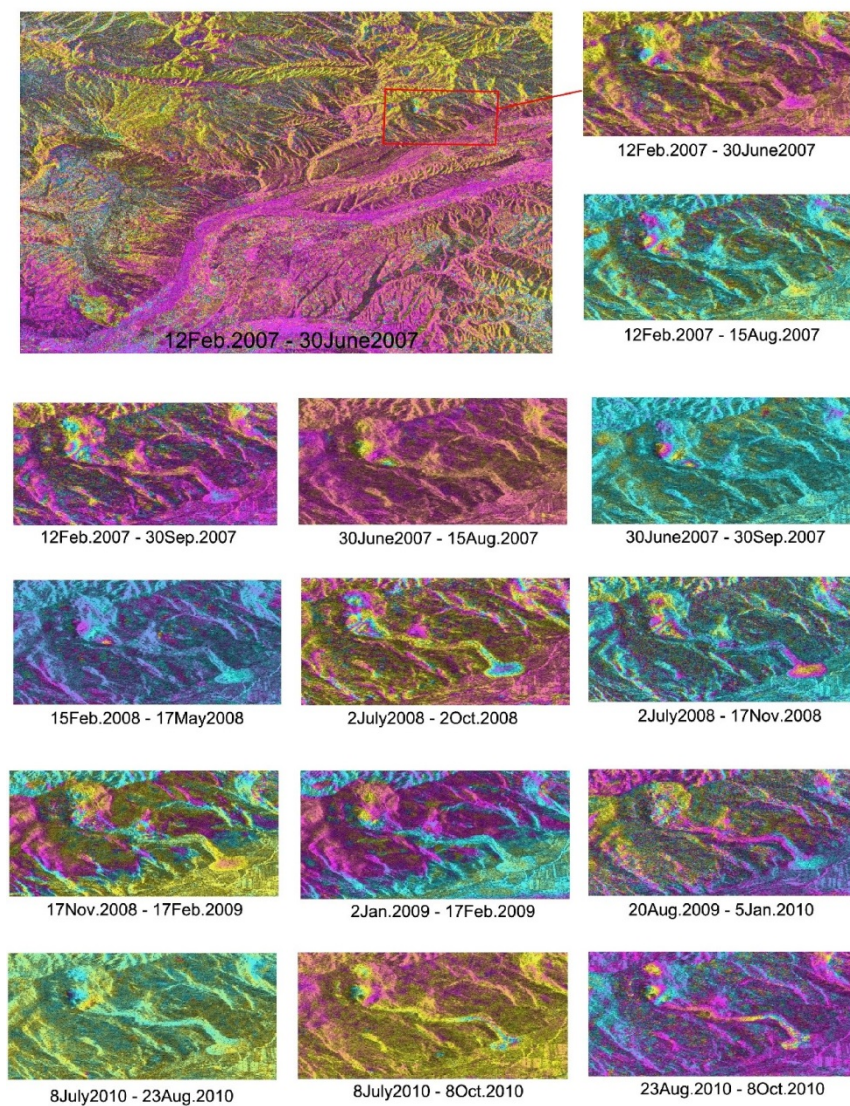


**Рис. 4. Динамика оползня за период 2007–2010 гг.
по данным ALOS/PALSAR**

Один полный цветовой круг соответствует полдлины волны
(11,8 см) мещения LOS

Данные результаты дают нам возможность понять пространственно-временные характеристики оползней и определить характер динамики оползней в исследуемом регионе.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абдыбачаев У.А., Усупаев Ш.Э., Молдобеков Б.Д. и др.* Новая кадастризация оползневых рисков на примере Алайского района Ошской области Кыргызстана // Дистанционные и наземные исследования Земли в Центральной Азии: материалы международной конференции. – Бишкек, 2014. – 120 с.
2. *Ибатулин Х.В.* Мониторинг оползней Кыргызстана. – Бишкек: МЧС КР, 2011. – 145 с.
3. *Ормуков Ч., Абдыбачаев У.А., Молдобеков Б.Д. и др.* Инвентаризация и оценка оползневых рисков в районе города Сулукта Баткенской области Кыргызстана // Дистанционные и наземные исследования Земли в Центральной Азии: материалы международной конференции. – Бишкек, 2014. – 197 с.
4. *Молдобеков Б.Д., Абдыбачаев У., Кальметева З., Калашиникова О., и др.* Заключительный отчет ЦАИИЗ о результатах работ по предварительной комплексной оценке рисков бедствий на уровне Кара-Ункурского водного бассейна. – Бишкек: Фонды Центрально-Азиатского института прикладных исследований Земли, 2014.
5. *Roessner S., Behling R., Motagh M., Teshebaeva K., Wetzel H., Abdybachaev U., Moldobekov B., Zubovich A.* Multi-temporal optical and radar satellite remote sensing for spatio-temporal analysis of landslide activity at a regional scale in southern Kyrgyzstan.
6. *Teshebaeva, K., Roessner S.* InSAR-based monitoring of mass movements in Southern Kyrgyzstan using ALOS/PALSAR, 10th European conference on Synthetic Aperture radar EUSAR 2014 conference proceedings (June 26, 2014, Berlin). – Wetzel, 2014.

СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И СЕЙСМОПРОГНОСТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В ПРОБЛЕМЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА

А.В. Назаревич^{*}, Л.Е. Назаревич^{**}

*^{*}Карпатское отделение Института геофизики
им. С.И.Субботина НАН Украины, Львов, Украина*

*^{**}Институт геофизики им. С.И.Субботина НАН Украины,
ОСКР, Львов, Украина*

E-mail: nazarevych.a@gmail.com

SEISMOTECTONIC RESEARCHES AND SEISMOPROGNOSTIC MONITORING IN THE SEISMIC RISK PROBLEM

The article presents the results of seismotectonic studies (deciphering of seismically active tectonic structures on the results of the refined hypocenters of local earthquakes and the estimates of their sources parameters and amplitude-spectral composition of their seismic radiation) as well as the results of geomonitoring seismoprostnastic observations, including registered deformation precursors of local and strong world earthquakes and the estimation of distribution range of such precursors.

Сейсмический риск является постоянно действующим угрозующим фактором в сейсмоактивных регионах. Для борьбы с этой опасностью существуют два пути. Первый путь – изучение сейсмичности, сейсмотектоники, сейсмическое районирование, сейсмостойкое строительство. Вторым путем – геодинамический мониторинг и сейсмпрогностические исследования с выходом на прогноз землетрясений. В мире в основном используется первый путь, хотя в силу ряда причин он не обеспечивает в необходимой степени снижения сейсмического риска. Достаточно вспомнить ряд

катастрофических землетрясений за последнее десятилетие – Суматранские, Гаитянское, Чилийское и последнее Непальское, приведшие к многочисленным жертвам и разрушениям. Второй путь развивается значительно меньше, успехи на этом пути скромнее, кроме известного случая удачного прогноза землетрясения в Китае и ряда сообщений об индивидуальном спасении благодаря реакции животных особых достижений пока здесь не наблюдается. Хотя потенциально путь прогноза способен, в принципе, предотвратить человеческие жертвы и травмирование людей, а также значительно снизить разрушения и экономический ущерб за счет редукции или даже полной нейтрализации действия вторичных «поражающих» факторов.

Ряд результатов, полученных в процессе проводимых нами в Карпатском регионе Украины геофизических исследований в обоих этих направлениях, представлены ниже.

В первом направлении нами по результатам сейсмологических исследований в регионе с применением разработанных новых методик гипоцентрии [1], значительно повышающих точность определений координат и глубин сейсмических очагов, проведено дешифрирование и изучение сейсмоактивных тектонических структур в Предкарпатье, Складчатых Карпатах и Закарпатье [2–4].

В настоящее время основная сейсмичность Карпатского региона Украины обусловлена как общим плитово-тектоническим процессом в Альпийском поясе Европы, так и региональными особенностями (астенолитная активизация), она связана с разломами карпатского и ортогонального простирания, с зонами сочленения основных тектонических единиц – Складчатых Карпат и Закарпатского прогиба (зона Закарпатского глубинного разлома), прогиба и Паннонской депрессии (Припаннонский разлом), с осевой зоной самого прогиба (полоса разломов неогенового возраста), с зоной контакта террейнов Алькапа и Тисия-Дакия в регионе (Оашский разлом и его продолжения под Складчатые Карпаты) (рис. 1).

Цепочками землетрясений прослежены (по латерали и в глубину) вертикальные разломы, служившие в неогеновое время каналами подвода магм для Вигорлат-Гутинских и других вулканических структур в регионе. В Предкарпатье присутствует спорадическая сейсмичность, связанная с общей тектоникой и геодинамикой региона, а проявляемая в последние десятилетия локальная сейсмическая активность специфически связана с нефтегазоносными структурами и зонами добычи углеводородов.

С целью получения оценок геометрических и других параметров очагов местных землетрясений нами на основе имеющихся данных определены корреляционные зависимости таких параметров (в первую очередь, длины разрыва) от класса (магнитуды) сейсмических событий. Значительное (до 2–3 раз и более) уточнение таких оценок для конкретных землетрясений получается с учетом особенностей их сейсмического излучения, в частности, путем использования такого простого, но достаточно эффективного параметра землетрясений, как крипекс.

На основе полученных зависимостей и усредненных спектров сейсмических колебаний землетрясений (а также с учетом параметра крипекс для очагов с конкретных сейсмогенных зон) получены прогнозные спектры смещений в плейстосейстовых областях для наиболее сильных возможных местных землетрясений в этих зонах.

Среди результатов по второму направлению рассмотрены характеристики распространения деформационных волн от очагов местных, региональных и сильных мировых землетрясений в литосфере Земли по данным деформационных и геоакустических измерений на пунктах наблюдений в Украинском Закарпатье. На примере пре-, ко- и постсейсмических деформационных возмущений от очагов сильных землетрясений Альпийско-Гималайского пояса и Тихоокеанской окраины (рис. 2) прослежены некоторые особенности распространения таких деформаций в литосфере Евразии [5; 6].

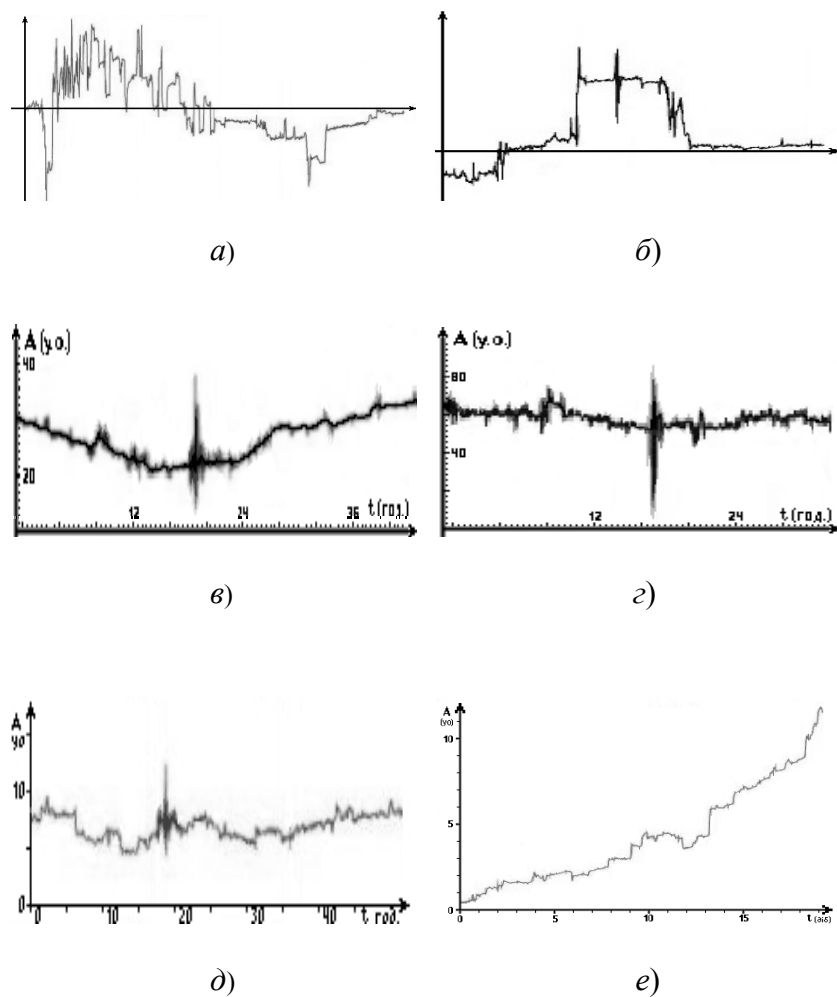


Рис. 2. Деформационные процессы в массиве горных пород РГС «Берегово» (Украинское Закарпатье) во время ряда землетрясений:
a – в Турции 23.10.2011 г., $M = 7,2$; *б* – в Охотском море (около Сахалина) 14.08.2012 г., $M = 7,7$; *в* – на Аляске 5.01.2013 г., $M = 7,8$;
г – в Эгейском море 8.01.2013 г., $M = 5,8$; *д* – в Чили 1.04.2014 г., $M = 8,1$; *е* – в период подготовки слабого ($M = 1,6$) местного ($M = 18$ км) землетрясения в Закарпатье (май 2014 г.)

Установлено, что деформации в литосфере при подготовке землетрясений распространяются значительно дальше, чем это предусматривала, в частности, известная теория И. Добровольского. Приблизительно радиус (дальность) L^* проявления деформационных предвестников на уровне в 1–3 раза выше прилива можно (по усредненной зависимости) оценить такой формулой: $L^* = 10(M + 1)/2$. Для этой зависимости при магнитуде землетрясения $M = 3$ $L^* = 100$ км, при $M = 4$ $L^* = 316$ км, при $M = 5$ $L^* = 1000$ км и т.д.

Землетрясения с магнитудами 7 и более являются, с точки зрения деформационных процессов, «мировыми событиями» – пре-, ко- и постсейсмические деформации от них распространяются в литосфере всей Земли с величинами, превышающими уровень фоновых деформаций в зонах спокойной местной геодинамики, о чем свидетельствуют деформационные аномалии, зарегистрированные нами в Закарпатье во время подготовки и реализации ряда таких землетрясений (Охотское море, Якутия, Камчатка, Курилы, Колумбия, Западная Канада, Китай, Турция, Иран и др. (рис. 2)).

Прослеживаются сильные влияния на величину аномалий особенностей строения и напряженного состояния коры на пути распространения упругих возмущений и в очаговой зоне, имеющих на пути зон растяжений, особенностей механизмов очагов и др.

Эти результаты корреспондируются с результатами исследований деформационных процессов в литосфере Европы, проводимых с помощью вертикальных статических маятников чешскими специалистами под руководством д-ра Павла Календы (с нашим участием). В направлении этих исследований мы сотрудничаем также с учеными Крыма (Б.Г. Пустовитенко, О.Н. Сафронов, О.В. Боборыкина), Армении (В. Арзуманян), Камчатки (Г.П. Яроцкий).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Назаревич Л.Е., Назаревич А.В.* Методики уточнения параметров гипоцентров Карпатских землетрясений // Геодинамика. – 2004. – № 1 (4). – С. 53–62 (на укр. языке).
2. *Назаревич Л.Е., Стародуб Г.Р., Назаревич Р.А.* Некоторые вопросы взаимосвязи сейсмичности, тектоники и геодинамики Украинского Закарпатья // Проблемы сейсмологии в Узбекистане. – Ташкент, 2010. – № 7. – Т. 1. – С. 170–174.
3. *Назаревич Л.Е., Назаревич А.В.* Сейсмичность Украинской части Складчатых Карпат // Проблемы сейсмологии в Узбекистане. – Ташкент, 2013. – № 10. – С. 16–22.
4. *Назаревич Л.Е., Назаревич А.В., Стародуб Г.Р., Назаревич Р.А.* О многоярусности сейсмотектонического процесса в Украинском Закарпатье и его связи со структурой коры региона и свойствами ее вещества // Современная тектонофизика. Методы и результаты. Материалы Второй молодежной тектонофизической школы-семинара. – М., 2011. – С. 179–186.
5. *Назаревич А.В., Календа П., Мыцык Б.Г.* Аппаратурное обеспечение и некоторые результаты деформографических и наклономерных наблюдений на РГС «Берегово» в Украинском Закарпатье // Геодинамика. – 2011. – № 2 (11). – С. 213–215.
6. *Назаревич А.В.* Деформационные предвестники землетрясений Украинского Закарпатья, их связь с геомеханикой литосферы и оценка деформаций в очаговой зоне // Проблемы сейсмологии в Узбекистане. – Ташкент, 2012. – № 9. – С. 41–44.

**НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛИТОСФЕРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ
НА СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ
ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ
В СЕЗОНЕ 2014 г.**

В.А. Насонкин, О.В. Боборыкина, Ф.Н. Панков

*Геофизическая обсерватория, Севастополь
E-mail: b0b04ka14@mail.ru*

**SOME RESULTS STUDIES
OF LITHOSPHERIC DEFORMATION
ON SEVASTOPOL INTERFEROMETRIC STATION
IN THE SEASON OF 2014**

The results demonstrating the validity of the proposed approach to solve the problem of the short-term forecast of regional seismic events are presented in this work.

Главной задачей проводящихся исследований, является изучение длительных литосферных деформационных процессов с целью выявления их закономерностей и готовящихся региональных землетрясений [1–5]. В качестве основного инструментального средства использовался равноплечный лазерный интерферометр-деформограф [1].

Рис. 1, 2 демонстрируют графики зависимости спектральной плотности мощности (СПМ) и ее текущих разностей от времени в двух частотных поддиапазонах, полученные из деформационных данных лазерного интерферометра.

Назначение этих рисунков – подтвердить гипотезу, что подготовительные процессы готовящихся региональных землетрясений могут вызывать нетипичное поведение собственных колебаний (сейш) Черного моря. Для этого нами используется методика, описываемая следующей совокупностью процедур.

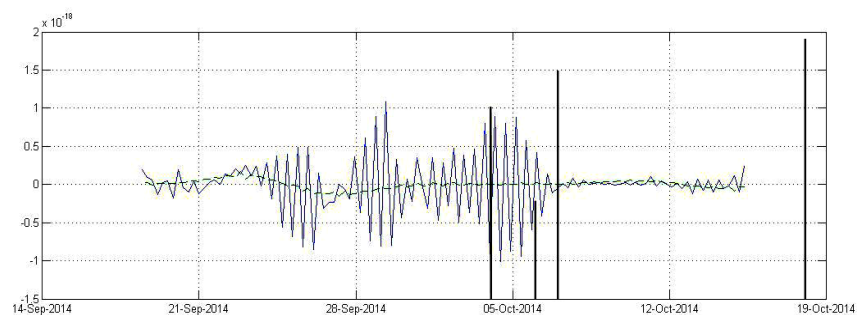


Рис. 1. График изменения текущих разностей СПМ литосферных деформаций, зарегистрированных в диапазоне периодов от 576 до 699 мин (сплошная кривая) и от 469 до 566 мин (пунктирная кривая)

Горизонтальная ось размечена в интервале наблюдений. Вертикальная ось отмасштабирована в квадратах единиц относительных деформаций

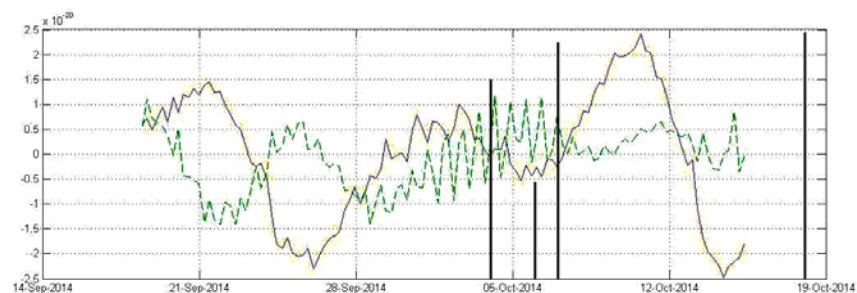


Рис. 2. График изменения текущих разностей СПМ литосферных деформаций, зарегистрированных в диапазоне периодов от 274 до 293 мин (сплошная кривая) и от 253 до 272 мин (пунктирная кривая)

Горизонтальная ось размечена в интервале наблюдений. Вертикальная ось отмасштабирована в квадратах единиц относительных деформаций

Диапазон частот (или периодов), охватывающий последовательность первых, наиболее значительных, сейш моря, разбивается на несколько поддиапазонов. Критерий разбие-

ния – в каждом поддиапазоне находится хотя бы одна мода собственного колебания моря. Экспериментальные данные делятся на последовательные сегменты одинаковой длительности. Смежные реализации «пересекаются» друг с другом на величину от четверти до трети своей продолжительности. Так поступают потому, что при вычислении спектральных оценок используются весовые функции, которые кардинально уменьшают вклад начальных и конечных областей реализаций. Единая длина для каждого сегмента выбирается из расчета получить значимые оценки СПМ в поддиапазоне с максимальными значениями периодов спектральных гармоник.

После предобработки каждой реализации, которая состоит из децимации, компенсации локального тренда, исключения наиболее интенсивных приливных гравитационных гармоник, и полосовой фильтрации, выполняется числовой спектральный анализ. Вычисляются суммарные значения СПМ в каждом из вышеупомянутых поддиапазонов, результаты запоминаются как значения функции времени, в качестве аргумента которой выбираются моменты, соответствующие срединной части реализации. Далее процесс повторяется для следующего сегмента данных. В результате получаем столько временных последовательностей, сколько диапазонов периодов было запланировано.

Представленные результаты интерпретируются следующим образом. Чем «спокойней» был сигнал в выделенном диапазоне в соответствующий период времени, тем меньше значение оценки СПМ на данном интервале. И наоборот, чем интенсивней протекали деформационные процессы в исследуемом диапазоне частот, тем больше значение полученной функции в соответствующие интервалы времени. Кроме того, для обнаружения более тонких признаков подготовки вероятных региональных землетрясений, имеет смысл рассматривать и текущие разности

последовательностей СПМ. Поэтому результаты представлены парами: динамика СПМ – динамика текущих разностей СПМ.

Таблица

**Характеристики местных землетрясений,
произошедших в течение наблюдений, проводившихся
на Севастопольской станции в сезоне 2014 г.
(данные станции «Симферополь» Отдела сейсмологии
Института геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины)**

№	Г.ш., °	Г.д., °	<i>H</i> , км	<i>K</i>	<i>M</i>	Дата и время
1	44,72	34,66	19	6,7	1	12.09.2014 03:16:54,3
2	44,61	34,32	17	5,9	0,6	14.09.2014 00:53:49,3
3	44,62	37,28	25	7,9	1,7	18.09.2014 11:13:2,6
4	44,33	32,94	27	6,9	1,1	20.09.2014 23:56:51,2
5	44,28	34,34	25	7,4	1,4	04.10.2014 23:10:31,3
6	44,50	33,91	15	4,8		06.10.2014 14:37:15,5
7	42,37	35,86	23	8,1	1,8	07.10.2014 18:39:42,4
8	42,74	35,11	5	10,1	3,0	18.10.2014 15:34:54,0
9	44,50	34,33	23	5,6	0,4	01.11.2014 21:35:50,4
10	44,50	34,32	23	5,3	0,2	01.11.2014 21:42:59,0
11	43,94	33,79	35	5,8	0,5	03.11.2014 23:55:36,5
12	45,51	37,07	25	8,5	2,0	09.11.2014 04:08:13,7
13	44,79	34,39	20	5,6	0,4	18.11.2014 01:26:20,6

Примечание: Г.ш. – географическая широта; Г.д. – географическая долгота; *H* – глубина очага землетрясения; *K* – класс землетрясения; *M* – магнитуда землетрясения.

Обратим внимание на события с номерами 5, 6, 7 и 8 из табл. Соответствующие моменты времени отмечены на

упомянутых рисунках вертикальными линиями, высота которых характеризует значение параметра «К» из табл. Мини серия землетрясений началась 4 октября и длилась чуть более трех суток. Заключительный толчок произошел позже, чем через неделю. А характерные колебания «производной от СПМ», как видно из рисунков, начались почти за две недели до событий и прекратились после предпоследнего толчка. Мы имеем дело с явным феноменом, предшествовавшим данным региональным сейсмическим событиям.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Нестеров В.В.* Большебазовые лазерные интерферометры в геофизических исследованиях. – Симферополь: Таврия, 1996. – 285 с.
2. *Боборыкина О.В., Насонкин В.А., Панков Ф.Н.* 25 лет геофизическим исследованиям в Таврическом национальном университете им. В.И. Вернадского // Сейсмологический бюллетень Украины за 2010 г. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2011. – С. 189–199.
3. *Боборыкина О.В., Насонкин В.А.* К вопросу о возможности выработки краткосрочного прогноза землетрясений на примере записей лазерного интерферометра-деформографа // Сейсмологический бюллетень Украины за 1999 г. – Симферополь, 2001. – С. 90–95.
4. *Насонкин В.А., Боборыкина О.В.* Региональное сейсмическое прогнозирование // Динамические системы. – 2009. – Вып. 26. – С. 63–67.
5. *Пустовитенко Б.Г., Луцки А.В., Боборыкина О.В. и др.* Мониторинг сейсмических процессов в Крымско-черноморском регионе: монография. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ Гидрофизика», 2014 – 264 с.

**ОПЫТ РАЗРАБОТКИ КРИТЕРИЕВ
СИСТЕМЫ ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА НА БАЗЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ
ПРОЦЕССОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА БЕЗОПАСНУЮ
ЭКСПЛУАТАЦИЮ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ
СООРУЖЕНИЙ УЗБЕКИСТАНА**

А.Б. Насрулин, Ф.Ш. Шаазизов

*Научно-исследовательский институт ирригации
и водных проблем при Ташкентском институте
ирригации и мелиорации, г. Ташкент, Узбекистан
E-mail: nasrulin@mail.ru*

**EXPERIENCE DESIGN CRITERIA SYSTEM
HYDRO-BASED MONITORING OF GIS TECHNOLOGY
TO NATURAL AND TECHNOGENIC PROCESSES
AFFECT THE SAFE OPERATION OF HYDRAULIC
STRUCTURES UZBEKISTAN**

*The article includes the analysis experience of using GIS
and DSS to study dangerous and technological processes on the
example water resources of the Aral Sea basin.*

Сельское и водное хозяйство Узбекистана в настоящее время находится в стадии коренного реформирования. Осуществляются большие работы по реструктуризации земледопользования, внедряются правовые аспекты собственности, формируются рыночные структуры, а также реализации и сбыта с/х продукции. Численность населения Узбекистана превышает 30 млн человек и более 50% из них является сельское население. Здесь, из-за климатических условий более 90% всех сельскохозяйственных культур, выращивают только при орошении. Аграрный сектор обеспечивает почти

29% ВВП, 46% занятости населения. Поэтому стоит на сущий вопрос об использовании программно-технического обеспечения и географо-информационных систем для информирования о существующих проблемах на примере конкретных регионов и гидротехнических сооружений, чтобы проводить реконструкцию в первую очередь на тех объектах, где все возможные сроки амортизации подошли к концу. Здесь также большое значение имеет прогнозирование гидроэкологической ситуации, позволяющее определить среди объектов наиболее слабые звенья.

Для стран с большим числом плотин вопрос обеспечения их безопасности приобретает особую остроту. По данным Международной комиссии по большим плотинам, во всем мире насчитывается более 800 тыс. плотин различных типов, из которых около 50 тыс. имеют высоту более 15 м. Для обеспечения нужд экономики республики, в частности для орошаемого земледелия построены и эксплуатируются 56 водохранилищ с суммарным объемом воды более 20 км³, 40 крупных гидроузлов, 1,5 тыс. насосных станций (из них 24 крупных), крупные каналы, с протяженностью 2,7 тыс. км и 25 крупных коллекторов, общая длина которых составляет 27 тыс. км. Большинство этих гидротехнических сооружений были построены в середине XX столетия и к настоящему времени частично или полностью исчерпали свой ресурс. Вместе со снижением эффективной работы гидротехнических сооружений повышается риск аварий, которые могут привести к непредсказуемым последствиям.

Стихийные бедствия, связанные с прохождением паводковых и селевых вод в южных регионах России, Америки, Чехии Германии и Франции в основном были вызваны авариями на гидротехнических сооружениях, которые привели к человеческим жертвам, ущербу окружающей среды и значительным материальным потерям. Чрезмерное старение конструкций гидротехнических сооружений не способствуют выполнению объектами своих функциональных задач,

во многих случаях объекты эксплуатируются в аварийном режиме. Создают серьезную угрозу экономической и экологической безопасности государства.

Авторы статьи, работая над Институте водных проблем АН Р Уз с 2006–2008 г. в рамках ГНТП-7 «Совершенствование системы рационального использования и сохранения земельных и водных ресурсов, решение проблем охраны окружающей среды, природопользования и экологической безопасности, обеспечивающих устойчивое развитие республики», разработали критерии безопасной эксплуатации особо крупных гидротехнических сооружений Республики Узбекистан.

С апреля 2012 г. Институт водных проблем поменял свое название и местоположение, теперь называется научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем при Ташкентском институте ирригации и мелиорации. Теперь данные работы ведутся под контролем министерства водного хозяйства и сельского хозяйства с упором на практическое применение.

Впервые комплексная методика гидроэкологического мониторинга бассейна Аральского моря была предложена в 1995 г. [2]. Позже данная методика была подробно проработана в Институте исследования систем окружающей среды Оснабрюкского университета в 2001 г. [4], и доработана в 2006 г. с учетом влияния на гидротехнические сооружения [1; 3; 5; 6].

1. Разработана методика и определения критериев предельного состояния, при котором конструкция признается опасной для окружающей среды, также критерии гидроэкологической напряженности.

2. При создании цифровых карт по районам проведенных исследований выделены особо и наиболее опасные зоны при эксплуатации этих сооружений.

3. Разработаны прогнозы условий водозабора для Узбекистана при различных сценариях регламента соседними государствами и условий использования вод трансграничных рек.

Таблица

Перечень критериев гидроэкологической напряженности

Название показателя	Формула	Величина показателя для бассейна р. Амударьи
Коэффициент использования стока $W_{вз}$ – водозабор W_p – водоресурсы	$Ku = \frac{W_{вз}}{W_p}$	Сурхандарьинская область – 1,24 Каракалпакистан – 0,8
Полный химсостав на замыкающих створах с учетом загрязняющих ингредиентов	Количество ингредиентов, превышающих ПДК, степень их превышения	ств. Термез 6 шт. (1,1–4) ств. Нукус 8 шт. (1,2–4)
Интегральный индекс загрязненности воды по средним значениям ПДК ств. Термез $n = 7$ и 6 ств. Нукус $n = 8$ и 10		ств. Термез 4,9 и 2,4 ств. Нукус 3,8 и 2,7
S_j – коэффициент гидрохимической нагрузки территории, вызываемой коммунально-бытовым стоком		$S_j = LHd.s.$ Hd.s. – удельный вынос ингредиентов L – численность населения

4. В созданных цифровых картах учтено влияние гидрохимического состояния вод около этих гидротехнических сооружений – пестицидов, тяжелых металлов и т.д. (рис. 1).

5. Разработаны серии ГИС-карт с разными параметрами гидротехнических сооружений Узбекистана (рис. 2), составлена система рекомендаций и практических мероприятий, направленных на использование критериев безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений Республики Узбекистан.

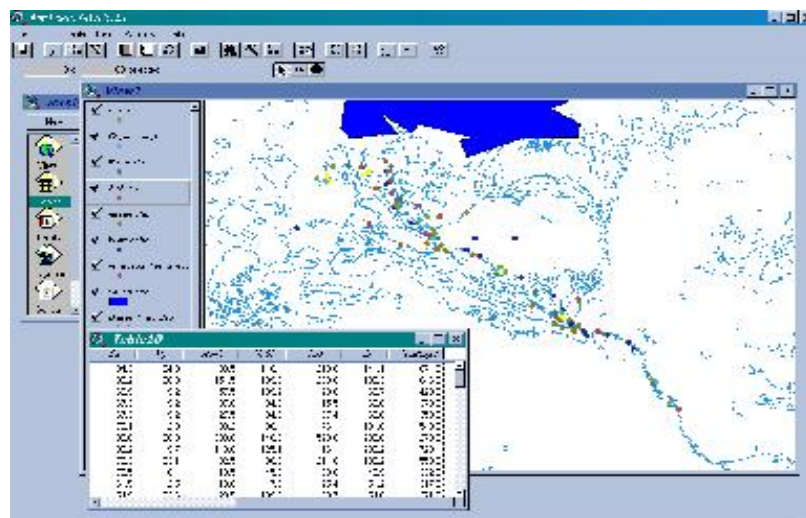


Рис. 1. Пример использования ГИС (система ArcView. GIS 3.1) для гидроэкологического мониторинга дельты Аральского моря

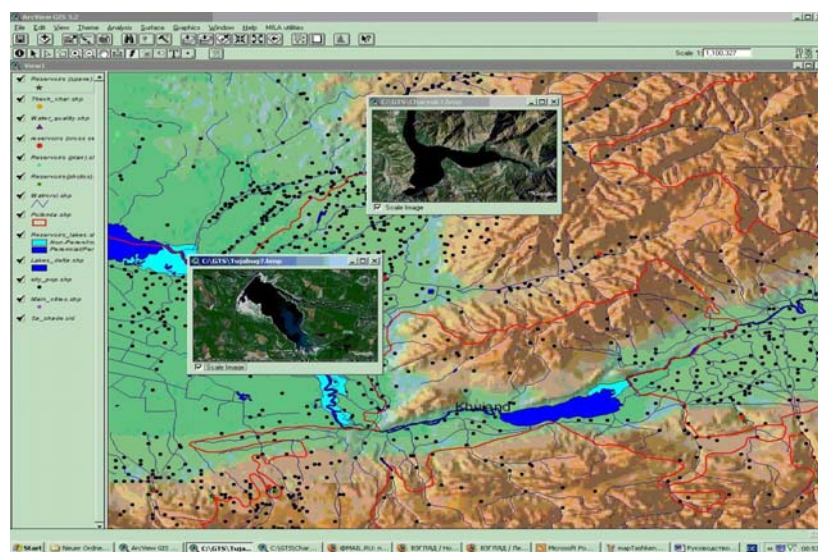


Рис. 2. Пример использования ГИС для изучения технического состояния гидротехнических сооружений

Разработанные рекомендации и практические мероприятия помогут соответствующим ведомствам в более рациональном использовании и сохранении земельных и водных ресурсов, обеспечивающих устойчивое развитие сельского хозяйства и оптимизации экологической ситуации региона.

ГИС карта позволяет осуществить доступ к базе данных по гидрохимическому составу. Информацию можно получить в двух вариантах:

- 1) в форме гистограмм;
- 2) в форме табличных данных, такие как файлы формата dBASE.

ГИС карта по гидротехническим сооружениям позволяет осуществить доступ к базе данных по современному техническому безопасному состоянию по каждому объекту и определить зоны, подверженные опасному влиянию при их аварии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Махмудов Э.Д., Шаазизов Ф.Ш., Насрулин А.Б. Опыт использования ГИС-технологий при разработке критериев безопасной эксплуатации особо крупных гидротехнических сооружений Республики Узбекистан // Сборник научных докладов Республиканской научно-практической конференции «Развитие водного хозяйства и мелиорации республики Узбекистан в период перехода к рыночной экономики». – Ташкент, 2006. – С. 95–96.
2. Насрулин А.Б. Опыт комплексного подхода к изучению качества воды в р. Амударье // Водосбережение в условиях дефицита водных ресурсов. – Ташкент: САНИИРИ, 1995. – С. 71–73.
3. Насрулин А.Б., Шаазизов Ф.Ш. Опыт разработки системы поддержки принятия решений на базе ГИС-технологий на примере высокогорных прорывоопасных озер Ташкентской области с учетом геологической ситуации // Интеграция науки и практики как механизм эффективного развития геологической отрасли республики Узбекистан: материалы Международной научно-технической конференции, «ГП «НИИМР» (Ташкент, 18 августа 2013 г.). – Ташкент, 2013. – С. 433–435.
4. Nasrulin H. Lieth. Elaboration of Systems Hydroecological Monitoring of Aral Sea Basin // M. Matthies, H. Malchow & J. Kriz

(eds.) Integrative Systems Approaches to Natural and Social Dynamics. Springer-Verlag. – Berlin, 2001. – P 249–261.

5. *Nasrulin A. B., Shaazizov F. Sh., Lieth H.* Computer supported system for the risk assessment and action recommendation for the water objects Uzbekistan based on the databank already developed / International conference on Biosaline agriculture and High salinity tolerance: The first international symposium on Sabkha management (Tunis, 3–8 November 2006). – Tunisia, 2006.

6. *Nasrulin A.* Computer supported system for Hydroecological and Hydraulic engineering monitoring of delta revier Amudarya on the basis of GIS technologies // Proceedings of INTERNATIONAL CONFERENCE: Water in the Anthropocene – Challenges for Science and Governance. Indicators, Thresholds and Uncertainties of the Global Water System (21–24 May 2013). – Bonn, Germany, 2013.

ВИДЫ И СОДЕРЖАНИЕ ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ МОНИТОРИНГЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В УЗБЕКИСТАНЕ

Р.А. Ниязов^{*}, Г.А. Бимурзаев^{**}

^{*}ГП Институт Гидроингео, Ташкент, Узбекистан

*^{**}Государственная служба Республики Узбекистан
по слежению за опасными геологическими процессами,
Ташкент, Узбекистан*

E-mail: gany82@umail.uz, gosslyjbauz@inbox.uz

TYPES AND CONTENT OF PREVENTIVE INFORMATION OF THE MONITORING OF DANGEROUS GEOLOGICAL PROCESSES

It is considered three kinds of preventive information – annual bulletin, administrative agency rule and different types of

cartographic preventive maps of scale 1:25 000–1:1000, executed by State Committee of Uzbekistan

Опасные геологические процессы – оползни, обвалы, просадка, провалы, суффозия, активно развиваются в горных и предгорных районах Узбекистана. В связи с изменением климата и возрастающей сейсмической активности возрастает их активность и частота проявления, возникают постоянные угрозы для жителей горных селений, объектам экономики и сельскохозяйственным угодьям. Изучение опасных геологических процессов (ОГП) с оценкой опасности и риска в Узбекистане ведется с 1958 г. В начале исследования проводились оползневой партией (с 1958 г.), затем Инженерно-геологической экспедицией (с 1991 г.), а с 1994 г. Государственной службой Республики Узбекистан по слежению за опасными геологическими процессами Госкомгеологии РУз (ГСС). Ежегодно до начала весеннего периода выходит Постановление Президента Республики Узбекистан «О мерах по предупреждению чрезвычайных ситуаций связанных с паводками, селевыми, снеголавинными и оползневыми явлениями и ликвидации их последствий». В Республике в 1999 г. принят закон «О защите населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера». В связи с этим основной задачей ГСС является своевременное информационное обеспечение, оповещение и предупреждение местных органов государственной власти, министерств, государственных комитетов и ведомств о возможной активизации ОГП на определенной территории вблизи населенных пунктов и объектов экономики с целью предотвращения или уменьшения их негативного воздействия.

Структура мониторинга ОГП состоит из двух блоков – площадного-территориального и локальных (стационарных) участков. В 2015 г. ГСС 7 территориальными станциями слежения, 20 отрядами и 18 постами, в весенний период в

режиме повышенной готовности ведет площадные наблюдения за 746 объектами, в том числе за 367 населенными пунктами, 39 оздоровительными объектами, 264 участками автодорог, 42 участками каналов и 32 объектами горнорудного и гидротехнического назначения. На 83 стационарных участках проводятся различные комплексные стационарные наблюдения.

На базе данных работ подготавливается предупредительная информация, которая состоит из 3 видов: информационного бюллетеня, различных предписаний и специальной картографической предупредительной информации.

1. Бюллетень. Ежегодно перед весенним оползнеопасным периодом выпускается «Предупредительная информация о возможных проявлениях опасных экзогенных геологических процессов на территории Республики Узбекистан». По каждой горной области дается перечень населенных пунктов и количество хозяйств оздоровительных объектов, участков авто и железных дорог, магистральных каналов, водоводов, объектов горнорудного, гидротехнического и другого назначения расположенных в зоне воздействия опасных экзогенных геологических процессов. Эта информация официально передается для местных органов самоуправления, различным ведомствам, предприятиям в целях предупреждения о местах возможной опасности в весенний период текущего года. По площадному охвату данная предупредительная информация является фоновой для территории горных и предгорных районов РУз. Данная предупредительная информация ежегодно выпускается на протяжении 47 лет.

2. Предписания. В отличие от предыдущих структур, ведущие геологи ГСС являются Государственными инспекторами с правом выдачи предписаний, по которым местная власть, различные ведомства несут юридическую ответственность. Юридическую ответственность ведут также сотрудники ГСС за несвоевременную выдачу предписаний.

Предписания выдаются в весенний период, при обследовании и обнаружении различных деформаций, которые угрожают жителям или различным конкретным объектам, т.е. предписание выдается конкретному объекту. Здесь возникает много проблем, связанных с достоверностью рекомендации во времени.

3. Специальная картографическая предупредительная информация. ГСС на протяжении последних 20 лет проводит площадные наблюдения в масштабе (М) 1:25 000 и только обзорные карты представляются в М 1:100 000 – 1:200 000. Сегодня по всей площади на геологической основе составлены карты распространения опасных геологических процессов в М: 1:25 000. На базе этих карт составляются:

1) оперативная дежурная карта в М 1:25 000 для различных регионов с ежегодным нанесением новых участков проявления ОГП и обзорная дежурная карты по областям в М 1:200 000. Данные дежурные карты предназначены для внутреннего пользования по выявлению зон активного проявления для выбора частоты контроля наблюдения. Места расположения участков ОГП вызванные сейсмическим, техногенным воздействием, подмывом основания склона или орошением. Это вторичные или повторные мелкие, крупные смещения и т.д. Составляется информационная база данных по каждому году, которая каждые 10 лет будет обновляться;

2) специализированные инженерно-геологические карты бассейнов рек по степени оползнеопасности в М 1:25 000 целью данных карт, является разработка предупредительного картографического обоснования оползнеопасности для безопасного освоения территории под жилищное строительство. Это связано с тем, что проектирование защитных мероприятий для 3–10 жилых домов экономически не целесообразно, так как в настоящее время очень редко выбор места под застройку оказывается вынужденным, в основном еще

имеются возможности для маневра. Эти карты составляются по отдельным бассейнам и подразделяются на три зоны:

- первая зона, показывается зеленым цветом, характеризуется отсутствием ОГП и образование их в естественных условиях исключено, граница зоны со временем не меняется;

- вторая зона желтым цветом, участки проявления древних и современных оползней находящихся в стадии затухания и массы пород сошли со склонов, граница зоны со временем может меняться – пригодны для развития садоводства – деревьев с длинной корневой системой;

- третья зона – показывается красным цветом. Это места развития крупных современных и образования новых оползней – граница по мере детальности работ может меняться. В настоящее время все эти карты переводятся в цифровую основу.

3) карты оползневого риска, составлены по кадастровым зонам для Бостанлыкской и Кашкадарьинской областей в М 1:200 000. Под риском мы придерживаемся формулировки Мирового банка, это произведение опасности на уязвимость; риск – социально-экономическая категория, складывающаяся из масштаба процесса и тяжести возможных последствий. Оценка категории уязвимости определяется из способности человека при движении оползня успеть принять меры безопасности, расположение строений по отношению к направленности движения и дальности распространения оползневых масс, характером разрушения зданий, числом хозяйств и плотностью расположения населенных пунктов, удельной пораженностью различных линейных сооружений [1; 2].

Расположение населенных пунктов к направлению движения и дальности распространения оползня, грязевого потока во многом обуславливает характер разрушения здания, когда сползающая масса сверху накрывает жилые строения, или в результате грязевого потока затапливает или смывает здания и невозможно принять меры безопаснос-

ти. Другой вид, когда в результате деформации пород, происходит медленное растрескивание зданий и можно принять меры безопасности. Исходя из расположения селения (под склоном, напротив оползня или на противоположном борту, в пойме сая или на самом оползне) выделяются категории уязвимости. Оценка возможных видов ущерба нами не определялась, а были взяты фактические значения ущерба за последние 15 лет. Для карт оползневого риска в балльной системе определяется угроза ОГП, элементы риска, категории уязвимости поселков, зон отдыха и других сооружений. По величине значений суммы в баллах были выделены бассейны рек – по кадастровым подзонам различные показатели категории рисков. В зависимости от характера последствий выделяются четыре категории риска: низкая, средняя, высокая и очень высокая степень риска. К сожалению, данные карты больше используются сотрудниками ГСС и мало понятны для местной власти;

4 с 2015 г. Государственная служба слежения планирует перейти на составление специальных предупредительных инженерно-геологических карт оползневой опасности в М 1:10 000 для одного конкретного ведомства, где есть исполнитель. Это связано с тем, что за последние годы (2001–2014 гг.) оползни полностью или частично разрушили 70 жилых домов, 15 общественных зданий, 23 зоны отдыха, повреждено 3 км водоводов, снесено 67 опор местных ЛЭП. Зафиксировано 300 случаев перекрытия автодорог и снесено 10 мостов. В первую очередь планируется создать карты для автодорог, так как в Узбекистане с первых лет независимости большое внимание уделяется международным транспортным коммуникациям. Из них международная трасса Большой Узбекский тракт (БУТ) около 1,5 тыс. км Ташкент–Ангрен–Коканд–Ош–Урумчи с частотой прохождения 20 тыс. автомашин в сутки, в Бостанлыкской курортной зоне – автодорога Чарвакское кольцо Газалкент-Чимган с частотой прохождения автомашин до 5 тыс. в сутки. Эти

дороги пересекают массу горных саев, подрезают склоны и образуют сотни различных типов оползней. Горная автодорога Чарвакское кольцо протяженностью 80 км расположена вокруг Чарвакского водохранилища на склонах выше отметки НПГ 890 м на 100–50 м, где в нижних откосах между полотном автодороги и уровня воды в водохранилище в последние годы начали активизироваться небольшие оползни. Дорога пересекает 27 притоков, имеющие протяженности саев 2–4,5 км, уклоны от 0,1 до 0,27, где интенсивно развиты древние и современные крупные оползни и грязевые потоки.

Предупредительная карта составляется для одного ведомства, так как есть конкретный исполнитель и все предупредительные мероприятия: очистка пространств под мостами, дюкерами, в кюветах, разгрузка, планировка откосов, отвод воды, установка предупредительных знаков, все эти работы выполняет одно ведомство.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ниязов Р.А. Геологический риск опасных экзогенных процессов Узбекистана // Материалы международного симпозиума «Геологический риск: оценка и уменьшение». – Ташкент, 2003. – С. 20–30.
2. Ниязов Р.А., Минченко В.Д. Региональная оценка оползневой угрозы Узбекистана // Материалы международного симпозиума «Геологический риск: оценка и уменьшение». – Ташкент, 2003. – С. 156–165.

**СЕЙСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СЕЙСМООПАСНЫХ
И ОСОБО ВАЖНЫХ ОБЪЕКТОВ**

**О.Г. Попова^{*}, А.Д. Жигалин^{*}, С.Д. Васютинская^{*}
М.Г. Попов^{**}, Ф.О. Аракелян^{***}, В.В. Недядько^{***}**

^{*}Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва
E-mail: oksana-p@list.ru

^{**}Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова, геологический факультет, Москва
E-mail: mgpov@list.ru

^{***}ООО «Атомсейсмоизыскания», Москва
E-mail: asi_47@mail.ru

**SEISMIC MONITORING FOR STUDYING
OF SEISMODANGEROUS
AND ESPECIALLY IMPORTANT OBJECTS**

The results of seismic monitoring from natural sources are given in article. Studying of geodynamics and an assessment of a tension of the environment is carried out by means of the analysis of energy of exchange waves PS from far earthquakes. The developed technique was used when monitoring in seismodangerous zones and in areas of work and planning of the NPP in different tectonic zones. It is shown that in seismodangerous areas the geological environment is more changeable, and its geodynamic indicators are influenced significantly by external natural factors. In platform regions geodynamic indicators change less contrastly.

Сейсмическим мониторингом называются длительные непрерывные или циклические (периодические) сейсмические наблюдения за изменениями сейсмических параметров определенного участка геологической среды. В современной трактов-

ке сейсмический мониторинг включает не только регистрацию, но и дальнейшую оперативную обработку и интерпретацию сейсмологических данных с выходом на прогнозные оценки.

В статье приведены результаты сейсмического мониторинга от естественных источников, при котором используются записи далеких землетрясений, а также записи микросейсмического фона. Изучение геодинамики и оценка напряженного состояния среды проводится с помощью анализа энергии обменных проходящих волн PS от далеких землетрясений [3]. Обменные проходящие волны PS от далеких землетрясений (с эпицентральной дистанцией $\Delta > 60^\circ$) позволяют изучать среду непосредственно под точкой наблюдения, поскольку в этом случае лучи, вдоль которых распространяются колебания, близки к вертикали в отличие от взрывов, при которых трудно оценить, на каком участке пути от источника до пункта наблюдения в среде произошли изменения.

Известно, что энергия поперечных и обменных волн PS (а обменные волны также относятся к волнам поперечным) существенно зависит от степени трещиноватости, пористости, флюидизации и анизотропных свойств среды, которые в свою очередь определяются ее напряженным состоянием. Таким образом, оценивая изменение анизотропных свойств среды, можно судить об изменении степени ее напряженного состояния. Если среда изотропная, а границы субгоризонтальны, то образуются только обменные волны PS, поляризованные в лучевой плоскости. Если среда анизотропная, то возникают обменные волны, поляризованные в плоскости перпендикулярной лучевой. Анализ записей обменных волн PS, по-разному поляризованных, позволяет изучать анизотропные свойства среды, которые в большой степени определяются ее напряженным состоянием.

Была разработана методики оценки степени анизотропности и напряженности геологической среды. Согласно разработанной методике напряженное состояние среды в некоторой точке пространства оценивается следующими параметрами [3]:

– показателем анизотропности среды (безразмерная величина) под каждой точкой наблюдения $\gamma = E_R/E_V$, где E_V – энергия обменной волны PS поляризованной в лучевой плоскости и E_R – энергия обменной волны, поляризованной в плоскости перпендикулярной лучевой,

– интегральным показателем напряженного состояния среды S (безразмерная величина) в районе наблюдений, определяемым расчетным путем на основе изучения характера распределения параметра γ по площади наблюдательной сети мониторинга

$$S = \int_{X1Y1}^{\infty} \int_{X2Y2}^{\infty} \gamma(x, y) dx dy d\gamma / \int_{X1Y1}^{\infty} \int_{X2Y2}^{\infty} \delta \cdot x \cdot y \cdot dx dy,$$

где x, y – координаты района мониторинга;

δ – пороговый уровень γ , превышение которого указывает на возрастание анизотропных свойств и напряженного состояния среды в районе исследования.

Разработанная методика была применена к трехкомпонентным записям далеких землетрясений, зарегистрированных при проведении сейсмического мониторинга в сеймоопасных районах, таких как Кавказские Минеральные Воды, район Геленджика, район Олюторского землетрясения на Камчатке, район Сахалина, а также в регионах размещения особо опасных объектов которым относятся геодинамические полигоны под площадки планируемых и работающих атомных станций (АЭС), таких как Северская АЭС (Томский регион), Белоярская АЭС (Средний Урал), Нижегородская АЭС и Кольская АЭС. Наиболее длительный мониторинг в течение 11 лет проводился на полигоне Кавказских Минеральных Вод – в районе высокой сейсмической опасности. Следует отметить, что площадки Белоярской АЭС (Средний Урал) и Северской АЭС (Томский район, отроги Алтае-Саянской сейсмоопасной области) расположены в районах средней и слабой сейсмической активности. Площадки Нижегородской

и Кольской АЭС находятся в платформенном районе и в районе щита соответственно. Именно по всем этим материалам сейсмического мониторинга удалось выявить закономерности изменения напряженного состояния среды во времени в регионах разной сейсмической активности.

Для всех объектов исследования построены схемы распределения по площади сети мониторинга величины показателя анизотропности γ (рис.).

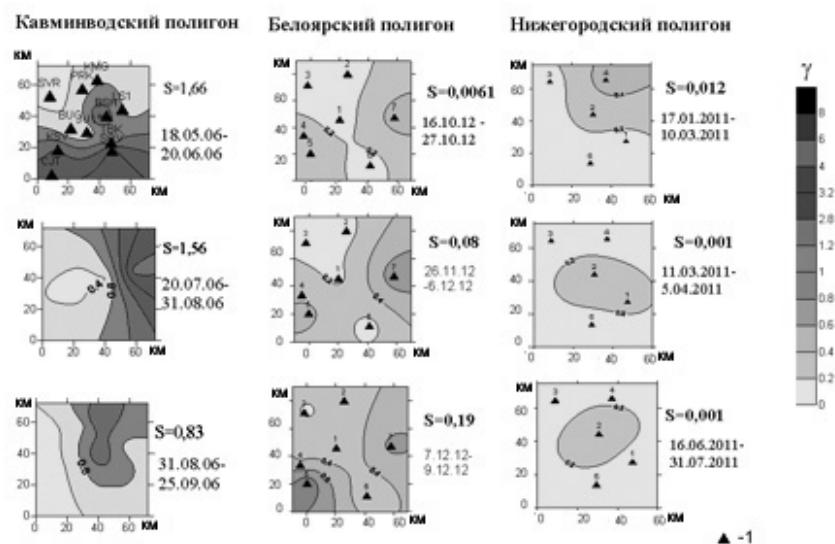


Рис. Схемы распределения показателя анизотропности γ для Кавминводского, Белоярского и Нижегородского полигонов в разные интервалы времени 1 – пункты наблюдения

Из рис., на котором приведены схемы параметра γ для Кавминводского, Белоярского и Нижегородского полигонов, очевидно их различие в разные интервалы времени в каждом из регионов исследования, что свидетельствует об изменении анизотропных свойств среды во времени, а, следовательно, и напряженности среды в разное время во всех средах. Значение показателя S изменяется в разные интер-

валы времени. Таким образом, для всех рассматриваемых регионов сейсмоопасных и асейсмичных отмечена изменчивость во времени параметров, характеризующих геодинамику среды. Однако степень изменчивости и контрастности изменения показателей γ и S в средах разной тектонической активности различна.

Для сейсмоопасной среды Кавминводского полигона значения γ за все время наблюдений изменялись от 0,0–0,2 до 8,0, при этом значения S варьировали от значений близких к нулю до 5,0. Средний уровень значений S в течение 11 лет изменялся от 0,5 до 2,2. Высоким значениям S соответствовали проявления сейсмической активности. В некоторые интервалы времени на территории полигона выделялись аномальные контрастные области повышенных значений γ , которые указывали на подготовку или проявление сейсмической активности.

Результаты обработки данных мониторинга на полигонах в районах Северской и Белоярской АЭС – регионов со слабым и средним уровнем сейсмической активности показали значительно менее контрастные изменения показателей γ и S . Величина показателя анизотропности γ для Томского полигона при фоновых изменениях в пределах 0,0–0,6 только дважды за 2 года мониторинга существенно превысила фоновый уровень, увеличившись до 1,4 и 2,8. Закономерно возросли в этих временных интервалах и значения интегрального показателя S до 0,18 и 0,542, отобразив появление участков аномального напряженного состояния горных пород в пределах территории полигона. Подобные оценки получены и для полигона под 2-й энергоблок Белоярской АЭС. Следовательно, в слабо и средне сейсмически активных регионах также могут возникать ситуации повышенной напряженности среды, в результате разрядки которой могут происходить слабые местные землетрясения.

Для платформенного Нижегородского региона значения показателя анизотропности γ варьировали от 0 до 0,6, а показателя напряженного состояния S – от 0 до 0,061.

Таким образом, максимальные значения величины S для сейсмоопасного региона Кавминвод более чем в 10 раз превышают максимальные значения этого показателя для регионов средней и слабой сейсмической активности, таких как Белоярский и Томский полигоны, и в 100 раз превышают максимальные значения для платформенных районов, например Нижегородского полигона.

Сейсмический мониторинг позволил выявить влияние внешних природных факторов на геодинамические показатели, определяющие напряженное состояние среды, а также на характеристики микросейсмического фона. К внешним природным воздействиям на геологическую среду можно отнести ежесуточные приливные воздействия Солнца и Луны, лунные и солнечные затмения, влияние Луны в различных ее фазах, солнечную активность (магнитные бури), изменение скорости вращения Земли. Наиболее сильное воздействие внешних природных факторов связано с гравитационным приливным воздействием Луны и Солнца, а также с солнечной активностью. К внешним природным воздействиям можно отнести также и влияние далеких катастрофических землетрясений, после которых регистрируются интенсивные низкочастотные поверхностные волны [2].

В результате анализа геодинамических показателей для сейсмоопасной среды Кавминводского полигона было установлено, что после далеких катастрофических событий с $M > 7,0$ (например, такого как Суматранское землетрясение 2004 г. с $M = 9,0$, удаленного от сети мониторинга примерно на 7000 км), сопровождаемых интенсивными низкочастотными поверхностными волнами, резко изменились показатели анизотропности и напряженного состояния среды района мониторинга. В результате было зафиксировано усиление местной сейсмической активности с магнитудами $M > 4,3$ [2; 3], которую можно считать наведенной [1].

В регионе умеренной сейсмической активности, таком как Белоярский полигон также было отмечено формирова-

ние области повышенной напряженности по оценкам показателей γ и S , связанной с влиянием катастрофического далекого землетрясения из Японского региона с $M = 7,3$.

Следовательно, учет влияния наведенных процессов от катастрофических далеких землетрясений при строительстве и эксплуатации особо важных объектов в сейсмоопасных регионах является насущной проблемой.

В платформенном районе Нижегородской АЭС низкочастотные поверхностные волны после Фукусимского землетрясения 11.03.2011 г. (Япония, $M = 9,0$) регистрировались в течение одного часа. Тем не менее никакого увеличения значений показателя анизотропности γ и показателя напряженности S в среде Нижегородского полигона после регистрации японского катастрофического землетрясения не наблюдалось. То есть в платформенной асейсмичной среде влияние далеких катастрофических землетрясений может не проявляться, поскольку, вероятно, такие среды имеют другую структуру и большую устойчивость, чем сейсмоопасная среда.

Влияние лунных и солнечных затмений, Луны в различных ее фазах, и солнечной активности (магнитных бурь) анализировалось по амплитудно-частотным характеристикам микросейсмического фона, которые в большой степени определяются напряженным состоянием среды. Анализировалось изменение уровня амплитуд микросейсмического фона и его спектрального состава, а также изменение направления вектора смещения фона в результате воздействия указанных внешних природных факторов.

Для сейсмоопасных районов Северской АЭС (Томский регион) и Белоярской АЭС установлено влияние солнечного затмения, которое проявляется резким увеличением (в 3–7 раз) амплитуд микросейсмического фона в течение короткого времени (время закрытия солнечного диска тенью луны) и отклонением направления вектора смещения фона на 30–40°. Выявлено также влияние магнитных бурь и лунного за-

тмения, которые проявляется увеличением амплитуд фона и изменением направления вектора смещения микросейсмического фона.

Следовательно, для регионов в большей или меньшей степени сейсмически активных влияние внешних природных факторов на микросейсмический фон очень ощутимо: в несколько раз увеличивается амплитудный уровень фона, заметно отклоняется вектор направления смещения фона и изменяется его спектральный состав, что проявляется, как правило, в расширении спектра в область более высоких частот.

Все отмеченные признаки влияния внешних природных факторов имеют место и для асейсмичного платформенного Нижегородского региона, но в значительно более слабой степени. Амплитуд фона за счет влияния солнечных и лунных затмений, фаз луны и магнитных бурь возрастают всего лишь в 1,3 раза, отклонения направления вектора смещения фона не превышает 2–3°.

Для района щита (район Кольской АЭС) влияние внешних природных факторов проявляется еще в меньшей степени. Не было отмечено вообще никакой реакции среды на внешние природные факторы, уровень амплитуд микросейсмического фона и угол, характеризующий направление смещения фона не изменяются под влиянием солнечных и лунных затмений, а также магнитных бурь. Неизменным остается и спектральный состав микросейсмического фона.

Тем не менее сейсмический (геофизический) мониторинг на этапе планирования площадки под АЭС обязателен в средах любой тектонической активности, а в средах сейсмоопасных необходим и во время эксплуатации АЭС – как особо опасных объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Николаев А.В.* Проблемы наведенной сейсмичности // *Наведенная сейсмичность.* – М.: Наука, 1994. – 222 с.

2. Попова О.Г., Серый А.В., Коновалов Ю.Ф., Недядько В.В. Влияние катастрофических землетрясений на напряженное состояние среды удаленных территорий // Геофизика XXI столетия: 2006 г.: сборник трудов восьмых геофизических чтений имени В.В. Федынского. – М., 2007. – С. 200–204.

3. Попова О.Г., Серый А.В., Коновалов Ю.Ф. Результаты долговременного сейсмического мониторинга в сейсмоопасном районе Кавказских Минеральных Вод // Геоэкология. – 2008. – № 2. – С. 135–140.

ВОПРОСЫ МОНИТОРИНГА ОПУСТЫНИВАНИЯ В УЗБЕКИСТАНЕ

В.А. Рафиков

*Институт сейсмологии им. Г.А. Мавлянова,
г. Ташкент, Узбекистан
E-mail: uz-hydrolog@mail.ru*

MONITORING OF DESERTIFICATION IN UZBEKISTAN

The strategic goal of public policy is to ensure and maintain at an optimum level conducive to human habitats based on sustainable economic development. To effectively manage the required environmental monitoring system.

Стратегической целью государственной политики становится обеспечение и поддержание на оптимальном уровне благоприятной для человека среды обитания на базе устойчивого экономического развития. Для достижения этой цели необходимо усовершенствование системы комплексного управления природными ресурсами. Для эффективного управления необходима система экологического мониторинга.

Мониторинг земель включает в себя наблюдения и оценку состояния земель, в том числе почвы и растительности. Рекомендуется усиление целевых наблюдений за деградацией природной среды, проведение оценок по выявлению очагов опустынивания, по контролю за соблюдением экологических норм природопользования на базе экологического районирования и периодического картографического анализа.

Территориальная сеть экологических стационарных пунктов мониторинга в первую очередь необходима в регионах с угрожающей экологической обстановкой, например в Приаралье.

В Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием указано, что составной частью Национальной программы действий является «укрепление и создание сетей информации, оценки, наблюдения и раннего оповещения в районах, подверженных опустыниванию и засухе, с учетом климатических, метеорологических, гидрологических, экологических и других факторов».

Из исследований, связанных с задачами борьбы с опустыниванием и засухой, нужно отметить, прежде всего, исследование изменения и изменчивости климата и, связанных с этим изменений агроклиматических и водных ресурсов, разработку рекомендаций по оптимальному использованию ресурсов.

Космические и аэровизуальные методы наблюдений процессов опустынивания занимают особое место в системе мониторинга. На основе интерпретации космической информации в центрах приема и обработки может быть уточнена система наблюдений и дан анализ состояния территорий, подверженных опустыниванию.

Интерпретация космических снимков требует организации наземных методов дешифровки, которые рекомендуется проводить в условиях станций мониторинга. При организации экологического мониторинга объектов, наиболее

подверженных опустыниванию, главными направлениями являются:

- усовершенствование системы прогнозирования стока рек Центрально-азиатского региона как первичной меры прогнозирования засухи, особенно при дефиците водных ресурсов;

- разработка системы наблюдений с использованием спутниковой информации за состоянием пастбищной растительности на территориях, занятых пустынями;

- мониторинг состояния Аральского моря и Приаралья в части динамики водоемов дельты р. Амударьи;

- развитие сети наблюдательных станций и постов в бассейне Аральского моря;

- включение в систему наблюдений параметров, характеризующих опустынивание территорий;

- разработка новых методологий, позволяющих идентифицировать процессы деградации земель с использованием дистанционных методов зондирования;

- применение технологии географических информационных систем при картировании опустынивания;

- разработка методов исследований, основанных на использовании математического аппарата, при анализе процессов опустынивания на картографической основе;

- разработка системы индикаторов, доступных населению с целью его привлечения к мониторингу.

Развитие научно-технического прогресса и производительных сил увеличивает масштабы влияния человека на природу. Наряду с позитивными сторонами этого явления интенсифицируются его негативные последствия. Ярким примером этого является широкое развитие процессов опустынивания в аридной зоне Узбекистана, приводящее к резкому снижению потенциальной продуктивности агроэкосистем и геосистем.

Развитие опустынивания обусловлено особенностями природных условий территории и характером использова-

ния естественных ресурсов. Огромная территория равнинной части Узбекистана представлена песчаными пустынями, которые потенциально склонны к опустыниванию из-за слабой устойчивости экосистем. То же можно сказать о плато Устюрт, низовьях р. Амударьи (дефляция, деградация экосистем), дельтовых и террасовых равнинах рек (водная эрозия, дефляция). Чем сложнее структурно-динамическое состояние геосистем, тем интенсивнее развивается опустынивание. Чаще всего опустынивание обусловлено одним, реже двумя и более факторами и причинами.

Однако в ряде регионов аридной зоны (низовья р. Амударьи, Кызылкум, Устюрт и др.) опустынивание интенсифицируется в результате комплекса факторов, обусловленных развитием различных отраслей хозяйства на основе нерационального природопользования. Выявление конкретных причин опустынивания в пространстве – основа эффективной борьбы с ним.

При оценке развития опустынивания следует опираться на достоверную информацию о типах, факторах, классах и причинах опустынивания. Они же служат основой для определения состояния развития опустынивания и их трендов.

На основе анализа современного состояния опустынивания можно выявить следующие его виды:

- опустынивание прогрессирующее (высохшая часть дна Аральского моря, Южное Приаралье, Устюрт и др.);
- опустынивание регрессирующее (орошаемая зона Голодной степи);
- опустынивание стабилизирующееся (Хорезмский оазис, террасовые равнины долин рек Чирчика, Ахангарана, Зарафшана и др.).

Однако такое деление чисто формальное, так как внутри этих групп можно выявить отдельные геосистемы, развивающиеся в иной тенденции в связи с пестрыми природно-хозяйственными условиями. Поэтому при планировании мер борьбы с опустыниванием необходимо применять диф-

ференцированный подход, учитывающий региональные и локальные условия территории.

Разнообразие природных условий и причин опустынивания в Узбекистане обуславливает многообразие типов опустынивания. Это дегумификация пашен, как в степной зоне, так и в зоне орошаемого земледелия; водная и ветровая эрозия; деградация пастбищ; засоление орошаемых земель, деградация растительности и сокращение лесных массивов; высыхание озер и дельт пустынных рек, загрязнение почв химическими соединениями, радиоактивное и нефтяное загрязнение экосистем. Кроме того, локальное сокращение площади пастбищ связано с морскими регрессиями и трансгрессиями в Приаралье.

Причины опустынивания в Республике Узбекистан вызваны многими факторами, вытекающими из нерациональной хозяйственной деятельности человека:

- интенсивное освоение природных ресурсов без учета сбалансированного соотношения между их использованием и сохранением;
- перевыпас и недостаточная обводненность пастбищ, развитие горнодобывающей промышленности;
- техногенное и химическое загрязнение почв и грунтовых вод вокруг промышленных центров;
- нарушение природного равновесия в результате зарегулирования стока рек;
- кризисная ситуация в Приаралье, связанная с падением уровня моря.

К основным факторам опустынивания в Низовьях Амударьи относятся:

- ухудшение мелиоративного состояния орошаемых земель (деградация плодородных земель);
- выключение части плодородных земель из сельскохозяйственного оборота;
- несовершенство гидромелиоративных систем;

– наивысшие в республике затраты оросительной воды (на орошение сельскохозяйственных культур и промывку засоленных земель) на единицу сельскохозяйственной продукции.

Влияние человека на природу сказывается на развитии опустынивания на относительно больших территориях, охватывающих целые группы природных районов и даже округов. Это обстоятельство требует разработки научно-обоснованных вариантов прогноза опустынивания аридной зоны республики на перспективы в связи с развитием отраслей народного хозяйства. Комплексное прогнозирование развития опустынивания – основа для обоснования практических мероприятий по борьбе с ним. Чем достовернее прогноз, тем более эффективны меры по предотвращению развития неблагоприятных процессов.

Один из достоверных методов изучения процессов опустынивания во времени и в пространстве – картографический с применением дистанционного зондирования и Географических информационных систем. Картографирование опустынивания необходимо потому, что на его основе решаются различные взаимосвязанные задачи, вплоть до проектирования мер борьбы с опустыниванием. Карты опустынивания должны быть не только богатыми по содержанию, но и отражать точные, конкретные рубежи, причем они должны содержать самую новую информацию о состоянии экосистем, подвергающихся опустыниванию. В этом отношении наиболее эффективен регулярный комплексный мониторинг по всей территории, основанный на материалах наземных и аэрокосмических исследований. Составление карт и их постоянное обновление на основе данных дешифрирования аэрокосмических снимков позволяет быстро решать задачи по предотвращению развития опустынивания.

Проблема опустынивания многопланова и сложна, ее решение связано с многочисленными факторами. Это обуславливает применение метода системного анализа в решении данной проблемы. Обширность территории Узбекиста-

на, разнообразие ландшафтов, резко континентальный климат, дефицит водных ресурсов определяют разнообразие природных условий и типов опустынивания.

Борьба с опустыниванием важна для устойчивого развития экономики республики, сохранения окружающей среды и повышения жизненного уровня населения. Поэтому необходимы срочные меры предотвращения дальнейшей деградации земель, повышения их продуктивности путем разработки и внедрения практических программ и проектов, направленных на ликвидацию опустынивания и смягчение последствий этого процесса. Широкомасштабное опустынивание приведет не только к потере плодородия почв и подрыву генофонда растений и животных, но и оказывает отрицательное воздействие на экономический потенциал страны, жизненный уровень и здоровье населения.

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТЕЙ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ПАРАМЕТРОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ССД ГС РАН

*Н.И. Фролова^{*}, М.В. Коломиец^{**},
А.Н. Угаров^{*}, Т.В. Барская^{*}*

*^{*}Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва
E-mail: frolova@esrc.ru*

*^{**}Геофизическая служба РАН, Обнинск
E-mail: kolmar@gsras.ru*

UNCERTAINTY ESTIMATION IN EARTHQUAKE PARAMETERS DETERMINATION BY SSD GS RAS

The article presents the results of comparative analysis of discrepancies in strong earthquake parameters determination by SSD GS RAS in the periods before and after 2000.

Оценка оперативных потерь от землетрясений осуществляется с учетом интересов МЧС России и используется для принятия решений о реагировании на ЧС, вызванную сильным землетрясением. Надежность оценок потерь зависит от многих факторов, в первую очередь, от точности параметров землетрясений: координаты, глубины очага и магнитуды, которые используются в формулах макросейсмического поля для моделирования возможной интенсивности сотрясений в населенных пунктах [1; 2].

В оперативном режиме Служба срочных донесений (ССД) ГС РАН осуществляет мониторинг сильных и ощутимых землетрясений территории России и мира [3].

Представлялось интересным оценить погрешности параметров землетрясений, полученных в ССД, для этого была проведена работа по сравнению каталога ССД ГС РАН и каталога ISC_GEM [4] за период 1991–2009 гг.

Работа была проведена в три этапа:

1. Разработана методика определения погрешностей параметров землетрясений, полученных в оперативном режиме.

2. Выполнен сравнительный анализ каталогов землетрясений ССД ГС РАН и Международного Сейсмологического центра (ISC) за период с 1991 по 2009 г.

3. Получены количественные оценки погрешностей в определении координат эпицентра, магнитуды и глубины очага.

Оценка погрешностей в определении параметров сильных землетрясений проводилась для 50 сейсмических регионов (рис. 1), предложенных Флинном и Энгдалом в 1965 г. [5] и широко используемых в сейсмологической практике в настоящее время.

Каталоги разбили на два периода: до и после 2000 г. (1991–1999 гг. и 2000–2009 гг.). На рис. 2-3 приводятся данные о распределении событий по выбранным регионам. Число событий для большинства регионов колеблется от

нескольких десятков до нескольких сотен. Их наборы в каждом регионе образуют представительные с точки зрения статистики выборки.

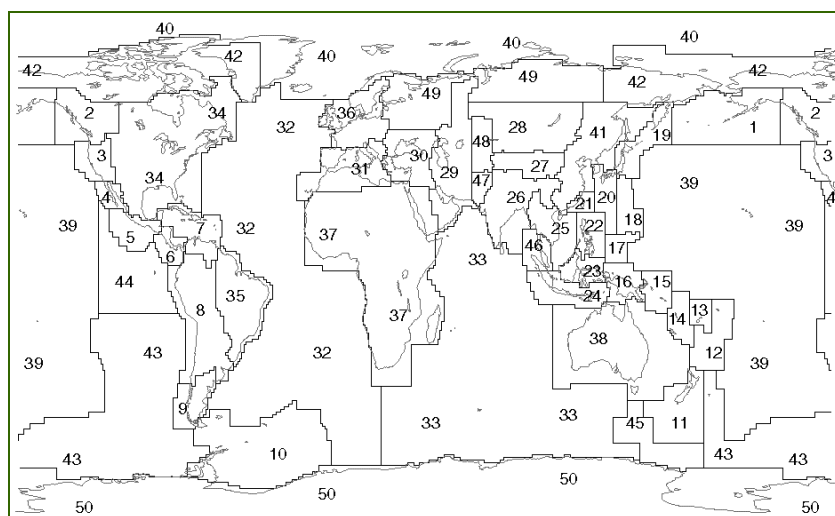


Рис. 1. Сейсмические регионы по Флинну и Энгдалу

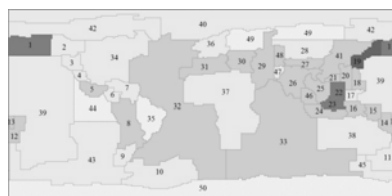


Рис. 2. Распределение событий по регионам Флинна Энгдала до 2000 г.



Рис. 3. Распределение событий по регионам Флинна Энгдала после 2000 г.

■ > 100 ■ 50 -- 100 ■ 10 -- 50 ■ 1 -- 10 ▨ нет событий

Для получения оценок погрешностей разработана методика, предусматривающая следующую последовательность действий:

1. Определялось попадание каждого из эпицентров в выбранный регион. После этого событию дополнительно присваивался номер региона, по которому формировались группы.

2. Для каждого события в группе вычислялись разницы между соответствующими параметрами землетрясений (координатами, глубиной очага, магнитудой), определенными разными сейсмологическими службами. Эти разницы рассматривались как ошибки параметров.

3. Осуществлялось зонирование территории мира по величине средних ошибок в определении эпицентрального расстояния, магнитуды и глубины очага.

В табл. показаны осредненные оценки ошибок для континентов.

Таблица

Параметры пространственного распределения погрешностей в определении местоположения эпицентров землетрясений, магнитуд и глубин очагов для разных континентов

Континенты	Кол-во событий		Величина ошибки (среднее значение)			
			расстояние		глубина	
	до 2000 г.	после 2000 г.	до 2000 г.	после 2000 г.	до 2000 г.	после 2000 г.
Евразия	577	1475	49,46	19,84	22,74	12,58
Африка	18	47	55,95	29,52	19,02	10,11
Северная Америка	112	357	73,34	28,3	20,3	11,88
Южная Америка	51	292	54,99	39,68	25,2	11,98
Австралия	210	1139	81,6	39,89	41,31	24,02

Сравнение средних ошибок в определении параметров землетрясений в оперативном режиме по континентам за

разные интервалы времени: с 1991 по 1999 г. и с 2000 по 2009 г., показывает, что точность определения параметров ССД ГС РАН увеличилась в 2 раза, за исключением магнитуды. Что объясняется широким внедрением цифровой аппаратуры на территории России и получением оперативного доступа к станциям мировых сетей.

На картах разным цветом показаны ошибки в определении координат (рис. 4–5), глубины (рис. 6–7).

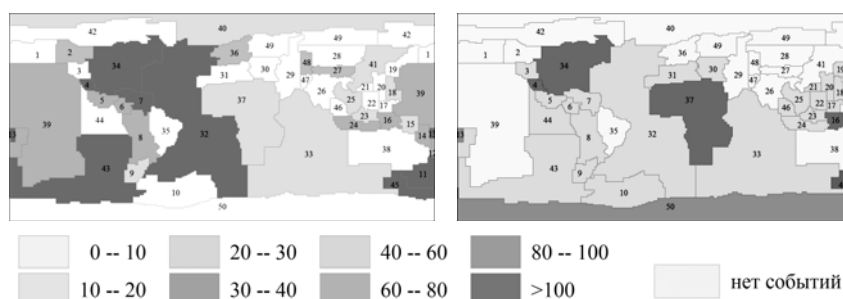


Рис. 4. Зонирование сейсмоопасных регионов мира по величине погрешности в определении координат: до 2000 г.

Рис. 5. Зонирование сейсмоопасных регионов мира по величине погрешности в определении координат: после 2000 г.

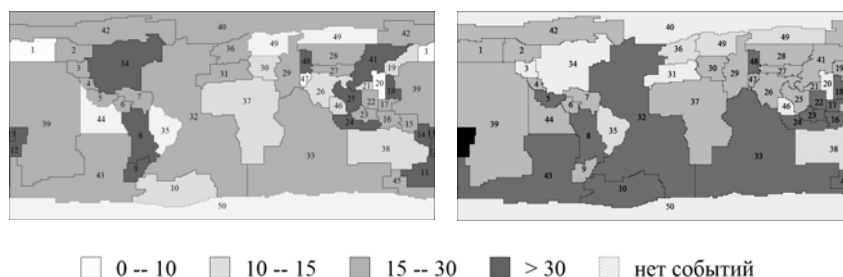


Рис. 6. Зонирование сейсмоопасных регионов мира по величине погрешности в определении глубины очагов ССД ГС РАН: до 2000 г.

Рис. 7. Зонирование сейсмоопасных регионов мира по величине погрешности в определении глубины очагов ССД ГС РАН: после 2000 г.

Ошибки в определении координат и глубины изменяются от нуля до более чем 100 км. В основном ошибки для событий после 2000 г. попадают в диапазон —30 км (разные оттенки серого на рис. 5) и 40–80 км (разные оттенки серого на рис. 7). Наибольшие значения ошибок получены для южного полушария. После 2000 г. ошибки в определении глубин уменьшились в 1,5 раза.

Анализ распределения зон с разным уровнем погрешностей позволяет сделать вывод о том, что в оперативном режиме точность определения параметров ССД ГС РАН сильно отличается для разных зон Флинна Энгдала. Для территории РФ служба дает наиболее точные оценки положения эпицентра и его глубины (рис. 5, 7).

В целом за последние 10 лет точность определения ГС РАН параметров землетрясений в оперативном режиме увеличилась в 2 раза. Это связано с двумя определяющими факторами:

1. Рост числа землетрясений ССД в связи с изменением методики обработки [6] (привлечение новых цифровых станций мировой сети и использование программы автоматической обработки). На рис. 8 видно, что в течение второго периода число событий возросло в 3 раза за счет снижения магнитудного уровня.

2. Сравнение проводилось для разных типов магнитуд. В каталоге ISC_GEM приведена магнитуда M_w , в каталоге ССД – M_s и m_b .

Получена оценка погрешностей в определении координат, глубины и магнитуды землетрясения ССД ГС РАН. Выявлена тенденция к увеличению точности определения параметров сильных событий РФ и мира в оперативном режиме за последнее десятилетие, что способствует повышению надежности оценок потерь от землетрясений в режиме близком к реальному времени.

Следующим этапом работы должно быть сравнение каталогов ССД и ISC_GEM с приведением магнитуды к одному типу.

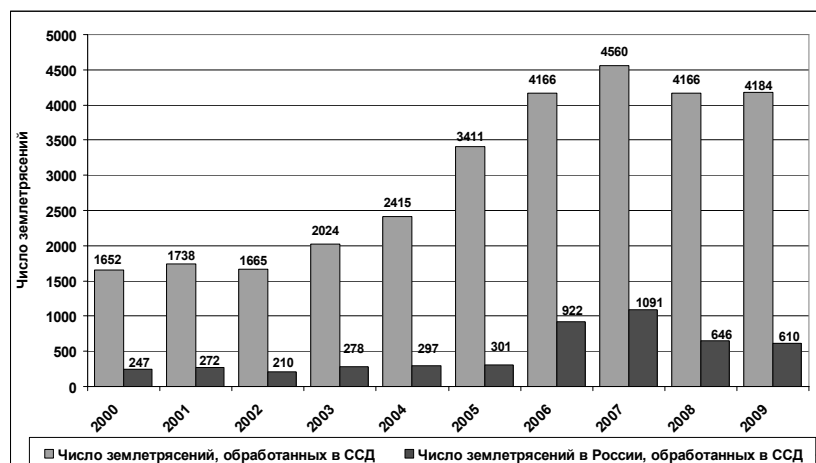


Рис. 8. Число землетрясений ССД за период с 2000 по 2009 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Bonnin J., Frolova N.I., Larionov V.I. Sushchev S.P., Uragov A.N., Kozlov M.A., Starovojt O.E.* Reliability of possible earthquake impact assessment with alert seismological surveys application. Proc. 28 General ESC Assembly. – Genoa, Italy, 2002.
2. *Frolova N.I., Nikolaev A.V., Larionov V.I., Ugarov A.N., Kozlov M.A.* Analysis of real time earthquake information applied for possible loss assessment, Proc. of TIEMS 2003. – Sofia Antipolis, France, 2003.
3. Геофизическая служба РАН [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ceme.gsras.ru>
4. *Storchak D.A., Di Giacomo D., Bondár I., Harris J., Engdahl E.R., Lee W.H.K., Villaseñor A., Bormann P., Ferrari G.* ISC-GEM Global Instrumental Earthquake Catalogue (1900–2009), GEM Technical Report 2012-01 V1.0.0, 128 pp., GEM Foundation. – Pavia, Italy, doi: 10.13117/GEM.GEGD.TR2012.01
5. *Flinn E.A., Engdahl E.R.* Seismic and geographical regionalization // Bull. Seism. Soc. Am. – 1974. – Vol. 64. – № 3. – P. II.
6. *Старовойт О.Е., Коломиец М.В., Рыжикова М.И.* Использование данных и продуктов Организации по ДВЗЯИ в сейс-

мическом мониторинге России // Вестник НЯЦ РК. – 2012. – Вып. 2. – С. 11–16.

ИНЖЕНЕРНЫЕ ОСНОВЫ ЦИФРОВОГО СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКОГО НАБЛЮДЕНИЯ В ЗОНЕ ВОДОХРАНИЛИЩ УЗБЕКИСТАНА

**Л.А. Хамидов, Ф.Ф. Зияудинов,
Х.Л. Хамидов, Ф.Р. Артиков**

*Институт сейсмологии им. Г.А.Мавлянова АНРУз,
Ташкент, Узбекистан
E-mail: hamidov-l@mail.ru*

ENGINEERING FUNDAMENTALS OF DIGITAL SEISMIC MONITORING IN THE AREA OF RESERVOIRS IN UZBEKISTAN

The article describes the initial work on the creation of engineering fundamentals of digital seismic observations in zones of reservoirs in Uzbekistan. Set out the installation of the instruments and the imposition of a local digital seismic network in the area of the two reservoirs South of Uzbekistan with the modernization of the monitoring system. It is intended for engineering monitoring of earthquakes in the zone of influence of a given object.

Известные случаи возбужденных землетрясений, вызванные эксплуатацией водохранилищ, позволили установить ряд особенностей, учитывающие многогранные условия геологического строения [1; 2]. Специфичность изучения влияния техногенного фактора на сейсмичность заключается в том, что в районе каждого объекта требуется разбивка локальной сейсмической сети, для регистрации местных слабых земле-

трясений [3; 4]. Большинство эпицентров землетрясений группируются в зонах, контролируемых структурными особенностями конкретного района расположения водохранилищ: распределением разломов, зон трещиноватости, простиранием структур и т.п. [1; 5]. Объектами, которые оказывают сейсмоэкологическое влияние на окружающую среду, являются как водохранилища, так и объекты крупномасштабного освоения недр. Существующая региональная сеть сейсмических станций в Южном Узбекистане представлена только лишь одной сейсмостанцией в п. Пачкамар [1]. Станция позволяет получать данные в пределах необходимой достоверности о землетрясениях $K = 12$ и более энергетического класса. Чтобы получить необходимую информацию, в районе расположения водохранилищ Южного Узбекистана, необходимо добиться регистрации землетрясений меньших энергетических классов, хотя бы от $K \geq 7$. В связи с этим основной задачей является разбивка локальной сети и организация местного сейсмического мониторинга в районах водохранилищ.

Территории водохранилищ Южного Узбекистана расположены в западной части Гиссарского горного хребта и ограничены хребтами с запада Сурхантау и с востока Мачетли [4]. В этом районе происходили сильные и разрушительные землетрясения как Каратагское с интенсивностью 9–10 баллов (по шкале MSK-64, эпицентр расположен очень близко к водохранилищу), Байсунское 8–9 баллов (в 80–90 км к юго-западу от водохранилища) и Чуянчинское (в 70–80 км к северо-востоку от водохранилища) [1; 4]. Сейсмические исследования, проведенные в период 1973–1981 гг., и в последующие годы показывают, что территория характеризуется высокой сейсмичностью, где могут происходить землетрясения с интенсивностью 9 баллов. По специальным исследованиям на территории водохранилища установлено, что землетрясения с интенсивностью 7, 8 и 9 баллов имеют тенденцию повторения [5; 6]. Учитывая повторяемость землетрясений и непосредственную близость эпицентральной области Каратагско-

го землетрясения к техногенным объектам Южного Узбекистана, исходная сейсмичность для территории принята 9 баллов. Расчеты приращения сейсмической интенсивности (ΔI) от конкретных грунтовых условий местности можно производить относительно исходного сейсмического балла [1; 5].

Для зоны расположения Тупалангского водохранилища проведено инженерно-сейсмологическое обоснование выбора измеряемых пунктов (рис. 1). Для изучения поведения бортов и основания каньона от воздействия землетрясений с учетом синхронности колебаний произведена обработка сейсмографического материала, полученного при регистрации землетрясений небольшой энергии на указанных на рис. 1 измерительных пунктах. Эти пункты, предварительно оборудованы (каждое в отдельности) цифровой записью по трем каналам. Они идентичны по сеймоканалам и с единой маркой времени во всех пунктах наблюдений.

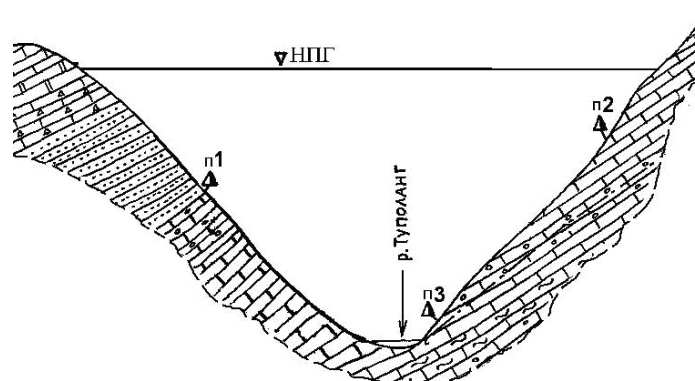


Рис. 1. Места установки временных пунктов сейсмометрических наблюдений

Определена разница прихода одинаковых фаз в пунктах наблюдений следующим образом: на всех обрабатываемых сейсмограммах выделены отрезки с единым начальным временем для измерения — t , текущее время — t_i с отсчетом от t_0 .

На хорошо выделенных одноименных отдельных фазах произведена нумерация до конца участка обработки сейсмограммы. Такая же нумерация переносится на сейсмограммы, полученные по другим каналам наблюдений. Затем произведен расчет разницы времени прихода одинаково нумерованных фаз в пункте 1 (рис. 1). Та же самая операция повторена по следующему номеру фазы и т.д. По полученным значениями Δt_1 , Δt_2 составлен график разницы времени прихода одноименных фаз от текущего времени t т.е. $\Delta t = f(t_i)$.

В настоящее время сейсмическая станция «Тупаланг» участвует в системе оперативной оценки сейсмичности Сурхандарьинской области Южного Узбекистана. По цифровым записям оперативно для нужд Государственных служб определены с июля 2009 г. по декабрь 2010 г.: 7 землетрясений с $K \geq 12$ на территории Узбекистана, 6 землетрясений на территории Афганистана и более 8 землетрясений на территории Таджикистана.

До 2009 г. сейсмическая станция «Тупаланг» для записи местных и близких землетрясений была оборудована высокочувствительными сейсмографами типа СКМ-3 и СМ-3 с аналоговой гальванометрической регистрацией и увеличением каналов (в зависимости от фона помех 1-го рода) от 10 000 до 30 000. Диапазон периодов 0,2–1,25 с полосы пропускания амплитудно-частотных характеристик каналов соответствует главной части спектра сейсмических волн слабых близких и местных землетрясений.

В Южном Узбекистане были сосредоточены всего две сейсмические станции: «Зарабаг» (ЗРБ) и «Пачкамар» (ПЧК), которые «контролируют» сейсмическую обстановку в южных газодобывающих районах Узбекистана, что недостаточно для детального изучения сейсмичности на этой территории, а также проведения работ по изучению влияния техногенных факторов на общий уровень сейсмичности. С середины 2009 г. в районе Туплангского водохранилища по инициативе и финансовой поддержке управления строительства

и эксплуатации Туплангского водохранилища Узбекистана начаты сейсмические наблюдения с помощью комплекта аппаратуры, состоящей из модифицированной цифровой рабочей сейсмической станции «СРС КМ /V-F» (в дальнейшем СРС) и короткопериодных сейсмометров СКМ-3 и СМ-3 (часть датчиков СМ-3 с перемотанными – высокочувствительными – рабочими катушками). Станция СРС – короткопериодная, регистрирует скорость движения среды по трем составляющим: N-S, E-W и Z, со съемной флэш-памятью – разработанной с учетом конкретных условий и созданной совместными усилиями сотрудников Института Сейсмологии АН РУз и ООО «ELIUS». Сейсмическая станция СРС предназначена для проведения следующих работ: организации сейсмических наблюдений за местными, близкими и далекими землетрясениями, а также за афтершоками и промышленными взрывами; проведения первичной обработки сейсмической информации; архивирования цифровых сейсмограмм.

В табл. 1 приведены пороги обнаружения сигнала станцией по сравнению с другими.

Таблица 1

**Пороги обнаружения полезного сигнала
для сейсмометрических каналов цифровых станций
СРС ИС АН РУ**

Пункт набл.	Код	Дата открытия станции	Дата	Пороги обнаружения		
				N-S mB	E-W mB	Z mB
Тупа- ланг	ТПЛ	23.06.2009	26.05.2013	6,0	5,0	0,3
Зарабаг	ЗРБ	21.04.2008	24.09.2008	0,21	0,21	0,11
Пачка- мар	ПЧК	22.11.2007	23.09.2008	5,0	5,0	0,21
Гиссарак	ГСР	20.05.2009	28.11.2013	7,0	2,5	0,4
Шуртан	ШУР	21.12.2007	22.05.2008	15,0	10,0	12,0

Амплитудно-частотные характеристики сейсмометрических каналов станции полностью определяются параметрами сейсмодатчиков – чувствительностью рабочих катушек и постоянными: периодом собственных колебаний и затуханием сейсмоприемников, которые выбираются в зависимости от фона помех и возможностей аппаратуры. Ранее сейсмические рабочие станции СРС КМ/V-F со съемной флэш-памятью были установлены в пунктах наблюдения «Агалык», «Пачкамар» и «Джизак». В дальнейшем после изготовления следующей модернизированной серии СРС в 2009 г. станция была смонтирована в ближней зоне плотины Тупалангского водохранилища в рамках выполненных работ.

В табл. 1 включены даты открытия станций СРС в различных пунктах наблюдения и для каждого сейсмометрического канала станции, и также показаны пороги обнаружения в мВ (милливольты). Превышение любого из них под действием сейсмических колебаний, переводит станцию СРС из ждущего режима в режим «Запись землетрясения». Новая аппаратура – цифровая сейсмическая станция СРС КМ/V-F, регистрирующая скорость – требует всесторонней оценки ее работоспособности в каждом пункте наблюдения.

Практика показала, что особенно важно для повышения эффективности (результативности) функционирования станций – это проведение дополнительного анализа всех автоматических ее включений «на запись», связанных с естественным сейсмическим фоном и в пределах разности с искусственными помехами производственно-хозяйственного характера.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Lutfulla Hamidov*. Local Seismicity of Reservoir Areas Based on Digital Seismometric Observations // IV International Conference «Problems of Cybernetics and Informatics» (PCI'2012) (September 12–14, 2012). – Vol. III. – Baku, Azerbaijan, 2012. – P. 85–89.
2. *Sashourin A.D.* Formation of centres of technogeneous catastrophes in area of intense mineral mining // Mining in the Arctic. – Trondheim, Norway, 1996. – P. 201–206.

3. Lynch R.A., Wuite, R., Smith B.S., Cichowicz A. Micro-seismic monitoring of open pit slopes // Proc. of the 6th Symposium on Rock bursts and Seismicity in Mines / ed. Y.Potvin and M. Hudyma. – ACG: Perth, 2005. – P. 581–592.

4. Нурматов У.А., Юсупджанова У.А. Особенности проявления сейсмичности в сейсмогенных зонах Южного Узбекистана // Проблемы сейсмологии в Узбекистане – Т.: Янги аср авлоди, 2005. – № 2. – С. 55–65

5. Шукуров М.А. Начальные геомеханические свойства пород в зоне Гиссаракского водохранилища // Доклады АН РУз. – 2010. – № 1. – С. 56–58.

6. Хамидов Л.А., Зиявитдинов К.Ф., Шукуров М.Ш. Жесткостные характеристики массивов горных пород в ближней зоне водохранилищ // Журнал Геология и минеральные ресурсы. – Ташкент, 2010. – № 4. – С. 34–39.

ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И МОНИТОРИНГ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ В ЗОНЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ ГОРНОГО АЛТАЯ

А.Е. Шалагинов, Н.Н. Неведрова

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики
им. А.А. Трофимука СО РАН, Новосибирск
E-mail: ShalaginovAE@ipgg.sbras.ru,
NevedrovaNN@ipgg.sbras.ru*

GEOELECTRIC STRUCTURE AND MONITORING OF ELECTROMAGNETIC PARAMETERS IN SEISMIC ACTIVE ZONE OF GORNII ALTAI

The article includes the results of electromagnetic monitoring in seismic active zone of Gornii Altai. It is shown, that varia-

tions of electromagnetic parameters (electrical resistivity, coefficient of electrical anisotropy) indicates ongoing aftershock process of Chu earthquake 2003.

Участок исследования расположен в западной части Чуйской впадины Горного Алтая, в районе пос. Мухор-Тархата в эпицентральной зоне Чуйского землетрясения 2003 г. ($M = 7,3$). С помощью электромагнитных методов уточняется строение участка, а также осуществляются регулярные наблюдения за изменениями геоэлектрических параметров (удельного электрического сопротивления и коэффициента электрической анизотропии) под воздействием происходящих сейсмотектонических процессов афтершокового периода. Измерения проводятся с 2007 г. по настоящее время несколькими модификациями метода ЗС, что позволяет получить более полную информацию об электрофизических параметрах разреза. В частности, по данным ЗС с гальванической установкой АВ-MN (источник и приемник – заземленные линии) возможно определение коэффициента электрической анизотропии. Закономерности вариаций геоэлектрических параметров существенно зависят не только от сейсмического воздействия, но и от строения участка исследования, размещения разломных зон относительно пунктов электромагнитных измерений, поэтому важно определить его структурные геоэлектрические особенности [1].

Измерения выполнены с использованием трех модификаций метода ЗС, определяемых конфигурацией генераторно-приемных установок:

- 1) Q, q (соосные петли), Q – генераторный контур со стороной 200 м, q – приемный контур со стороной 100 м;
- 2) $AB-q$, q – приемный квадратный одновитковый контур со стороной 200 м;
- 3) $AB-MN$, MN – заземленная электрическая линия длиной 200 м; расстояние между скважинами и соответственно длина генераторной линии АВ составляет 910 м.

В ходе работ была предложена методика измерений для комплекса модификаций ЗС. В ряде пунктов последовательно выполняются измерения всеми тремя перечисленными установками ($Q, q, AB-q$ $AB-MN$). Зондирования с центральными соосными петлями (Q, q) выполняются в первую очередь для наиболее надежного определения параметров разреза и для контроля последующих измерений с комбинированными ($AB-q$) и гальваническими ($AB-MN$) установками, которые более подвержены влиянию различных искажающих факторов, таким как влияние неоднородностей разреза и вызванной поляризации (ВП) горных пород.

Весь объем полевых данных проинтерпретирован в соответствующих программных комплексах моделирования и инверсии. Интерпретация данных с установками Q, q и $AB-q$ выполняется с использованием интерактивных комплексов ЭРА, EMS, созданных для горизонтально-слоистой модели среды [2; 3]. Интерпретация данных ЗС с установкой $AB-MN$, проводится с использованием программы Rubai [4], когда геоэлектрическая модель уже построена и верифицирована. Интерпретация начинается с использованием изотропной модели и только после этого вводится анизотропная модель, обоснованная геологическими данными. В процессе интерпретации были привлечены архивные данные индукционных ЗС, выполненных на всей территории Чуйской впадины в 1980-х гг. в спокойный сейсмический период. Один из профилей (профиль 8) проходит непосредственно через участок исследования Мухор-Тархата. В результате интерпретации полевых данных, полученных на участке исследования, составлено представление о его детальном геоэлектрическом строении, а также рассчитаны вариации электрофизических параметров по повторным измерениям. Разрез характеризуется верхним высокоомным слоем, представленным галечниками, валунниками, песками; средним проводящим горизонтом, сложенным глинами с примесью песчаников и опорным горизонтом (фундамен-

том) с высокими значениями УЭС [5]. Геоэлектрический разрез профиля 8 построен по данным ЗС 1980-х гг. с использованием современных средств обработки (рис. 1, б). Положение предполагаемых разломных нарушений показано на разрезе красным пунктиром. Современные измерения ЗС 2007–2013 гг. выполнены в интервале пикетов 290–258 профиля 8. Один из геоэлектрических разрезов участка Мухор–Тархата построен по профилю измерений с установкой АВ-q (рис. 1, а).

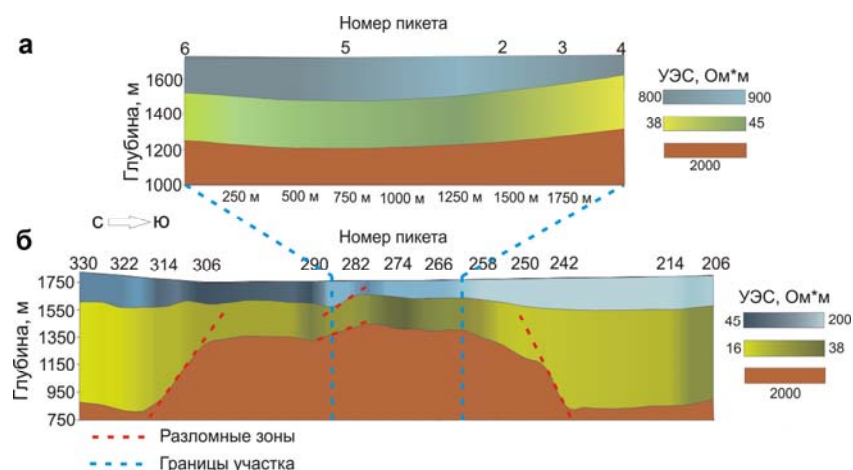


Рис. 1. Геоэлектрические разрезы по профилям:
 а – по современным данным установки АВ-q по профилю
 пикет 4 – пикет 6; б – по данным ЗС 1980-х гг. по профилю 8

Анализ изменений удельного электрического сопротивления (УЭС) во времени в афтершоковый период 2007–2013 гг. для каждого пикета был выполнен путем сопоставления с данными ЗС, полученными на этом же участке в 1980-е гг. в период сейсмического затишья. Сопоставление показало существенное различие УЭС наиболее проводящего осадочного горизонта (до 80%) до и после Чуйского землетрясения. Разрез после разрушительного события стал бо-

лее высокоомным на всем участке Мухор-Тархата, что обосновано данными гидрогелологии [6].

Вариации коэффициента анизотропии в афтершоковый период Чуйского землетрясения превышают величины вариаций УЭС. Вариации λ для верхнего и опорного горизонтов разреза достигали 100% и более. Самые значимые изменения λ наблюдаются в зоне пикетов ЗС 5 и 6, где по геолого-геофизическим данным находится разломная зона. Значения коэффициента анизотропии были сопоставлены с параметрами, характеризующими текущую сейсмичность (рис. 2). По графикам значений λ видно, что они отражают изменения сейсмической активности исследуемого региона с небольшой временной задержкой [5]. В целом повышенные значения выделившейся энергии за период измерений коррелируются с повышенными значениями коэффициента анизотропии.

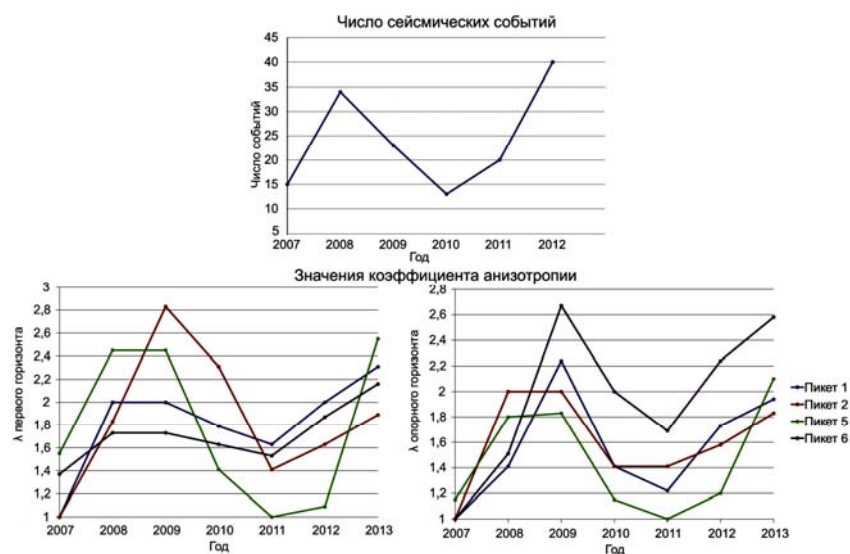


Рис. 2. Сопоставление значений коэффициента анизотропии с текущей сейсмичностью

Основываясь на сравнительном анализе всех имеющихся данных (электромагнитных, геологических, сейсмологических) можно считать, что временные изменения электропроводности и λ на участке исследования указывают на продолжающийся афтершоковый процесс Чуйского землетрясения.

Выводы. По данным ЗС выявлены структурные особенности участка Мухор-Тархата и получены оценки временных вариаций удельного электрического сопротивления. Новизна работы обусловлена использованием параметра электрической анизотропии верхних слоев земной коры и его вариаций в дополнении к параметру УЭС, который традиционно применяют для решения большинства задач методом ЗС. Анализ вариаций двух электрофизических параметров (УЭС, электрической анизотропии) выполнен для выяснения их эволюции в афтершоковый период на локальном участке эпицентральной зоны разрушительного Чуйского землетрясения 2003 г.. Получено, что в геоэлектрических условиях участка Мухор-Тархата параметр электрической анизотропии является более чувствительным к изменению напряженного состояния горных пород по сравнению с УЭС и, следовательно, оптимальным для характеристики сейсмических активизаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Неведрова Н.Н., Шалагинов А.Е. Мониторинг электромагнитных параметров в зоне сейсмической активизации Горного Алтая // Геофизика. – 2015. – № 1. – С. 31–40.
2. Хабинов О.Г., Чалов И.А., Власов А.А., Антонов Е.Ю. Система интерпретации данных зондирований методом переходных процессов EMS // ГЕО-Сибирь – 2009: сб. науч. ст. – Новосибирск, 2009. – С. 108–113.
3. Эпов М.И., Дашевский Ю.А., Ельцов И.Н. Автоматизированная интерпретация электромагнитных зондирований: препр. № 3. – Новосибирск: Ин-т геологии и геофизики СО АН СССР, 1990. – 29 с.

4. Методы решения прямых и обратных задач сейсмологии, электромагнетизма и экспериментальные исследования в проблемах изучения геодинамических процессов в коре и верхней мантии Земли. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. – 406 с.

5. Неведрова Н.Н., Эпов М.И., Антонов Е.Ю. Реконструкция глубинного строения Чуйской Впадины Горного Алтая по данным электромагнитных зондирований // Геология и геофизика. – 2001. – Т. 42. – № 9. – С. 1399–1416.

6. Кац В.Е. Состояние подземных вод в Республике Алтай в период сейсмической активизации в Алтае-Саянском регионе // Основные проблемы охраны окружающей среды и благополучия человека в Сибирском Федеральном округе, перспективы их решения. – Горно-Алтайск, 2006. – С. 55–59.

СТОКОВЫЕ НАВОДНЕНИЯ НА РЕКАХ ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ: КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ, МОНИТОРИНГ И РАННЕЕ ОПОВЕЩЕНИЕ

Е.Л. Шержуков^{*}, Д.В. Магрицки^{**}

^{*}ООО «Эмерсит», Ростов-на Дону

E-mail: e.sherzhukov@emercit.ru

^{**}МГУ им. М.В.Ломоносова, географический ф-т, Москва

e-mail: magdima@yandex.ru

RIVER-FLOW INUNDATIONS AT THE BLACK SEA COAST: COMPREHENSIVE ANALYSIS, MONITORING AND EARLY WARNING

At the Russian Black Sea coast river floods (with strong slope flows) create the greatest economic and social damage. Their prevention and minimization of damage require a comprehensive study of the floods themselves and their factors, the implementation of a large list of engineering measures, the es-

tablishment of a system of operational monitoring of water levels in the rivers and rains, the early warning of the population and economic agents. Some of these problems solved with the participation of the authors.

Черноморское побережье Краснодарского края подвержено воздействию большого перечня опасных природных явлений и процессов [1]. Среди них особое место занимают наводнения, которые сопровождаются огромным экономическим ущербом и нередко человеческими жертвами. Свидетельством тому служат катастрофические события 2002, 2010 и 2012 гг.

По генезису речные наводнения на Черноморском побережье бывают стоковые и смешанного генезиса, в частности, стоково-ливневые [2]. Они доминируют по распространенности, повторяемости и величине ущерба. Данная особенность объясняется влиянием двух групп факторов – с одной стороны, большого числа рек, их большими уклонами, слабой водорегулирующей способностью водосборов, многочисленными паводками и нередко их трансформацией в селевидные потоки, участием в затоплении мощных склоновых потоков, с другой стороны, размещением основной части населенных пунктов, объектов промышленности, социальной сферы и курортной индустрии, транспортной сети в долинах и устьях черноморских рек. На побережьях и в устьях рек наводнения могут быть вызваны ветровыми нагонами, или штормовыми накатами (для приглубых береговых зон), а также взаимодействием речных и морских вод. На урбанизированных территориях значительные затопления создают мощные склоновые потоки (тип «местных метеорологических», или «городских» наводнений), связанные с выпадением ливневых осадков и, особенно, смерчевого генезиса.

Многолетняя повторяемость стоковых и стоково-ливневых наводнений в Новороссийске, Геленджике, Туапсинском районе и Сочи составляет приблизительно 1 раз в 2,1,

0,9, 0,7 и 0,45 года [2]. В городе-курорте Анапе она составляет 1 раз в 6 лет, а для всего побережья – 1 раз в 0,3 года. В Новороссийске, Геленджике и Туапсинском районе доля небольших и умеренно опасных наводнений равна 87%. В Сочи она достигает 92%, в Анапе почти 100%. Остальные случаи – это большие, катастрофические и выдающиеся наводнения. Больше всего катастрофических и выдающихся наводнений произошло с 1945 по 2013 г. на реках Туапсинского района – 4 случая. В целом, экономический ежегодный риск стоковых и смешанного генезиса (сток + ливни + склоновый сток) наводнений приблизительно оценивается авторами для всего Черноморского побережья РФ в 13,2 млн долл., а социальный риск в 2,1 чел. В зону возможного затопления попадает от 49 до 74 населенных пунктов.

Высокие риски наводнений на Черноморском побережье требуют полномасштабного управления ими – осуществления большого комплекса мероприятий по предупреждению наводнений, минимизации создаваемого ими ущерба. Причем они должны включать мероприятия не только в речных руслах и в населенных пунктах, но и на речных водосборах (это увеличение их водорегулирующей способности, борьба с почвенной эрозией и захламленностью склонов и берегов). В числе обязательных инженерных мер – обвалование, углубление, периодическая расчистка и канализация речных русел, укрепление и защита речных берегов от размыва; увеличение водопропускной способности речных русел на участках мостовых переходов; «пробивка» береговых валов, блокирующих устья черноморских рек; обеспечение свободного сброса дождевых вод с селитебных территорий или их быстрого впитывания.

Среди не инженерных подходов следует уделять внимание, во-первых, комплексному изучению факторов, особенностей и закономерностей формирования и развития паводков и вызываемых ими наводнений, получению их характеристик. Это, в свою очередь, позволяет установить по-

тенциально опасные участки в речных бассейнах, вводить ограничения на их освоения (на административном уровне, посредством увеличения размера страховых взносов и др.), или улучшать систему их защиты. Подобный комплексный подход был реализован на географическом факультете МГУ [2]. В результате были обозначены факторы наводнений, выполнена их типизация, получена полная статистика наводнений и опасных затоплений за период 1945–2013 гг., оценены их основные характеристики и характеристики дождевых паводков, для ряда населенных пунктов определены границы опасных зон, оценены экономический и социальный риски стоковых и стоково-ливневых наводнений (см. выше), проведен ряд других исследований, в том числе на базе численного моделирования. Такой детальный анализ и его итоги позволяют существенно улучшить управление рисками наводнений на Черноморском побережье.

Вторая важная группа не инженерных мер – налаживание оперативного мониторинга ливневых и обильных обложных осадков, уровней воды в реках и русловых деформаций, системы прогноза и оперативного оповещения населения и субъектов социально-хозяйственного комплекса о грядущей опасности. Безусловно, их внедрение должно осуществляться на базе строгих научных знаний о водных объектах и их режиме, факторах наводнений, особенностей их протекания, механизмах формирования и структуре негативных последствий. К сожалению, существующая в регионе стационарная сеть гидрометеорологических наблюдений Росгидромета уже не отвечает запросам на оперативность и достоверность. Имеющиеся на побережье 8 метеопостов часто не способны обеспечить достоверными данными по осадкам на соседних речных водосборах. Причина – сложный горный рельеф и нередко смерчевой, т.е. очень локальный, генезис ливневых осадков. Метеорологических радиолокаторов на побережье до недавнего времени не было. Гидрологических постов явно недостаточно (в на-

стоящее время всего 11); бóльшая их часть расположена в устьях рек (в верховьях рек и на притоках практически их нет), т.е. в системе прогноза уровней практически бесполезны; частота наблюдений на постах всего 2–3 раза в сутки, тогда как катастрофические паводки на черноморских реках развиваются за несколько часов.

Решить эту проблему возможно, используя ведомственные и региональные ресурсы. Обращение к региональным ресурсам обусловлено тем, что всю полноту ответственности за обеспечение безопасности жизнедеятельности населения непосредственно несут руководители муниципальных и региональных органов власти, которые нуждаются в оперативном и достоверном получении информации о грядущей или уже возникшей чрезвычайной ситуации (ЧС), локализации места ЧС и ее масштабах. Именно по этому пути пошло правительство Краснодарского края, под эгидой которого и при участии одного из авторов была создана и с 2012 г. функционирует Автоматизированная система мониторинга паводковой ситуации (АСМПС) [3]. Она насчитывает на побережье 85 (в Краснодарском крае 190) автономно работающих гидрологических постов. Они размещены в основном на реках (небольшая часть на морском берегу) – на мостах, или отдельно стоящих Г-образных столбах, осуществляют измерения уровня воды бесконтактным радиолокационным методом с погрешностью не более 3 мм. Измерения производятся с дискретностью один раз в 10 минут (вообще можно задавать любую периодичность).

Вес конструкции, включая вес аккумуляторной батареи составляет не более 20 кг при креплении к мостовому переходу. При креплении гидропоста на арке, вес конструкции, располагаемой над водой, не превышает 5 кг. Энергообеспечение поста обеспечивается от сети переменного тока номинальным напряжением 220 В или от солнечной батареи мощностью 40–60 Вт. Для средней и южной полосы России комплекс может комплектоваться солнечными батареями

мощностью 80–160 Вт. Время автономной работы гидропоста от встроенного аккумулятора составляет не менее 10–14 суток (без подзаряда). В качестве основного канала связи гидропост использует сети сотовых операторов или проводные сети передачи данных. Для организации резервного канала используется модем спутниковой связи.

Для каждого поста установлены уровни опасного (ОЯ) и неблагоприятного (НЯ) явления. Вся информация об уровнях воды поступает на центральный сервер Министерства ГО ЧС и РБ Краснодарского края и доступна должностным лицам, а также обычным гражданам на соответствующих интернет-ресурсах. В случае достижения уровня воды отметок НЯ или ОЯ, срабатывает система экстренного голосового оповещения «Рупор II» должностных лиц по каналам стационарной и сотовой связи. В качестве резервного канала связи используется SMS рассылка. Все это дополнительно сопровождается светозвуковыми сигналами, в том числе в населенных пунктах.

Ведомственная система мониторинга паводков неоднократно, за время эксплуатации, подтвердила свою эффективность и позволила в ряде случаев существенно снизить тяжесть потерь от стихии. В частности, это было летом и осенью 2014 г., когда на Черноморском и Азовоморском побережьях произошло несколько крупных стоковых и нагонных затоплений.

Но для построения полноценной и эффективной системы прогноза и предупреждения наводнений необходим также мониторинг и измерение осадков, знание их распределения по водосбору реки, модельный расчет расхода и времени добегания волны до населенного пункта или объекта экономики. В настоящий момент ООО «Эмерсит» ведутся проектные работы по дооснащению ведомственной сети Краснодарского края 140 осадкомерами и датчиками ветра, адаптируются для разных водосборов модели формирования стока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеевский Н.И., Айбулатов Д.Н., Магрицкий Д.В., Ретеюм К.Ф. Природно-экономические зоны побережий и мониторинг опасных природных явлений // Труды ГОИН. – 2013. – Вып. 214. – С. 264–277.
2. Магрицкий Д.В. Пространственно-временные характеристики наводнений на Черноморском побережье Российской Федерации // Вестник МГУ. Сер. 5. География. – 2014. – № 6. – С. 39–47.
3. Ткаченко Ю.Ю., Шержуков Е.Л. Опыт создания систем краткосрочного прогноза угроз гидрологического характера // Водное хозяйство России. – 2014. – № 3. – С. 75–82.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В РАЙОНЕ КРУПНЫХ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ (НА ПРИМЕРЕ ЖИГУЛЕВСКОЙ ГЭС)

Е.М. Шумакова

*Институт водных проблем РАН, Москва
e-mail: spectr56@gmail.com*

SYSTEM APPROACH TO THE ORGANIZATION OF GEODYNAMIC MONITORING NEAR THE LARGE HYDROELECTRIC PLANTS (ON THE EXAMPLE OF ZHIGULEVSKAYA HYDROELECTRIC PLANT)

System approach to allocation of the dam zone of hydroelectric power station is analyzed, monitoring of vibrations of soil is offered as optimum.

Геодинамические последствия строительства Жигулевской ГЭС стали объектом изучения в конце XX в. Экспери-

ментально установлены основные характеристики возникающих динамических эффектов, последствия их воздействия.

Практическое использование результатов научных работ затрудняется отсутствием методической основы, так как результаты экспериментальных исследований или во многом не стыкуются с традиционно используемыми теоретическими положениями, или не имеют таковых [4]. Это относится к диссипации энергии падающей воды в целом, параметрам процесса генерации упругих волн, их распространения как в водной среде, так и в грунтах, слагающих берега; к конфигурации области наиболее интенсивного воздействия, взаимодействию различных факторов.

Последствия динамического воздействия местами катастрофичны – русловые и береговые деформации, вторгающиеся в селитебные территории; активизация гравитационных процессов на прибрежных склонах; деформации грунтовых оснований и расположенных на них зданий и сооружений; влияние на самочувствие и, возможно, здоровье жителей приплотинной территории; экономический ущерб в связи с необходимостью поддерживающих и восстановительных работ в зданиях; социальная напряженность [1; 3–6].

Большинство этих противоречий может быть устранено, а возникающих вопросов решено в рамках системного подхода к ситуации, сложившейся в районе гидросооружения.

Понятие «система» впервые применено к Жигулевской ГЭС с окружающими территориями в 2010 г. по аналогии с биологическими территориальными системами (озерами), показывающими аналогичные графические зависимости и их изменение [2; 6]. Первоначально это сходство использовалось лишь для прогноза интенсивности динамического воздействия. Однако возможности системного подхода в данной ситуации оказались гораздо шире.

Решение проблемы в целом следует начать с введения понятия «приплотинная зона» со специальными регламента-

ми эксплуатации, что неоднократно предлагалось по результатам исследований геодинамики в районе Жигулевской ГЭС. Но отсутствовал объективный, универсальный и простой критерий выделения подобной зоны. Выделение приплотинной зоны возможно в границах системы, которую образует ГТС с окружающей средой, где взаимодействие и взаимовлияние особенно сильно, а процессы протекают иным образом, обусловленным поведением системы, не складывающимся из поведения отдельных ее компонентов. Возможно провести объективные границы, причем, на основе давно известных закономерностей, получающих при системном подходе иную оценку. Так, в сейсмологии известно, что наведенная сейсмичность – увеличение числа и/или амплитуды землетрясений при строительстве крупных плотин и заполнении водохранилищ – проявляются в радиусе 15–17 км от плотины и водохранилища. Установлено, что вибрации приповерхностных слоев грунтов при наиболее интенсивных попусках через плотину проявляются также на расстоянии 12–15 км от плотины [3; 6]. Очевидно, напряженно-деформированное состояние геофизической среды, созданное массивным сооружением, проявляется в виде различных динамических эффектов, обусловленных в первом случае наличием плотины и водохранилища, во втором – сверхдальним распространением упругих волн, связанных с работой гидроузла. Таким образом, 15 км можно принять ориентировочно за границу системы плотина – приплотинные территории. Иные гидрогеодинамические эффекты, связанные с наличием и эксплуатацией плотины и водохранилища, также проявляются в пределах 15-километровой зоны: гидродинамические эффекты (волны) в водной среде, изменение гравитационных процессов под влиянием динамических нагрузок, резонансные колебания зданий на собственных частотах и пр. [1; 3; 5; 6]. Можно даже условно обозначить вертикальную границу приплотинной зоны – при наведенной сейсмичности очаги землетрясений располагаются на глубине первых километров.

Системный подход позволяет сочетать различные компоненты системы: природные и техногенные, социальные и экономические, управленческие, усложняя систему в зависимости от поставленных задач. Это особенно важно для района Жигулевской ГЭС, где технологический по сути процесс получения электроэнергии в результате попусков воды через плотину породил сложнейшую систему, включающую в том числе необходимость решения вопросов государственного управления (табл.).

Выдвижение на первый план общего состояния системы в корне изменяет представление о мониторинге процессов, происходящих в системе, в сторону оптимизации. В принципе все компоненты системы нуждаются в мониторинге, что делает задачу подобного мониторинга практически невыполнимой. Функции мониторинга различных компонент возложены на различные ведомства, порой плохо взаимодействующие друг с другом. Существует субъективный подход к оценке необходимости мониторинга, даже подкрепленного нормативами. Мониторинг отдельных компонент и процессов является сложной и дорогостоящей задачей, зачастую отсутствует, и вряд ли можно рассчитывать на его организацию быстро и в полном объеме. В связи с этим задача организации информативного и реального мониторинга на основе системных представлений особенно актуальна.

Анализ ключевых компонентов системы дает результаты, отличные от ранжирования; ориентир смещается с факторов, обладающих наиболее выраженным действием, на индикаторы состояния системы, позволяющие судить о ее текущем и будущем состоянии. Это позволяет рассматривать в качестве оптимального мониторинг относительно слабых вибраций грунтов, так как они, с одной стороны, отражают технологический процесс, функционально связаны с параметрами попусков, с другой, реагируют на изменения системы и определяют динамическое воздействие на территории.

Таблица

Компоненты системы плотина-приплотинная территория

№	Компоненты системы	Процесс						
1	Попуски воды через ГА	Выработка электроэнергии	I	II				
2	Гидроагрегаты							
3	Русло НБ	Реакция на попуски, русловые размывы						
4	Плотина	Масса плотины и воды вдхр.	III		IV			
5	Геологическая среда	Напряженно-деформированное состояние среды						
6	Попуск половодья	Вибрации грунтов в радиусе 10–15 км				VI		
7	Приплотинная зона							
8	Прибрежные склоны	Усиление гравитационных процессов при динамических нагрузках		V			VII	VIII
9	Здания и сооружения	Ускоренное разрушение при динамических нагрузках						
10	Стоимость ремонта	Дополнительные потребности в ремонте				VI		
11	Население	Влияние вибраций на самочувствие жителей						
12	Муниципальные структуры	Планирование первоочередных мероприятий						
13	Государственное управление	Создание нормативной базы						

Примечания: I – технологическая; II – технологически-природная; III – техногено-природная; IV – техногенно-природно-техно-

логическая; *V* – техногенно-технологически-природно-экономическая; *VI* – техногенно-технологически-социально-экономическая; *VII–VIII* – техногенно-технологически-социально-экономически-управленческая.

Один из ключевых постулатов системного анализа о том, что поведение системы может отличаться от предполагаемого на основании анализа ее компонентов, позволяет объяснить ранее обнаруженные противоречия экспериментального материала с результатами математического или стендового моделирования, а также объяснить трудности с учетом реальной ситуации и принятием новых управленческих решений как в технологическом процессе, так и в наиболее сложной с точки зрения системного анализа управленческой системе.

Вывод: системный подход к анализу геодинамической ситуации в районе Жигулевской ГЭС позволяет сформулировать объективные критерии системы «приплотинная зона», предложить оптимальный мониторинг состояния системы, сформулировать предложения по регулированию ситуации в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Котляков А.В., Шумакова Е.М., Шумаков Г.В. Пространственно-временные геодинамические особенности попусков Жигулевской ГЭС // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2010. – № 3. – С. 14–19.
2. Разумовский Л.В., Шумакова Е.М. Метод графического анализа возможных трансформаций территориальных биофонических систем природного и антропогенного генезиса // ИСНЦ РАН. – 2014. – Т. 16. – № 5 (5). – С. 1561–1570.
3. Симак С.В., Шумакова Е.М. Гидрологические аспекты безопасности Жигулевской ГЭС и прилегающих к ней территорий // ИСНЦ РАН. – 2010. – Т. 12. – № 1 (9). – С. 2255–2260.
4. Шумакова Е.М. Информационная основа оценки и регулирования геоэкологического риска в районе гидротехнического

сооружения федерального значения в связи с динамическим воздействием // Мат-лы Международной научно-произв. конф. «Геориск–2012». – 2012. – Т. II. – С. 131–136.

5. Шумакова Е.М. Особые гидродинамические эффекты, возникающие при попусках через гидроузлы // ИСНЦ РАН. – Т. 12. – 2010. – № 1 (9). – С. 2277–2280.

6. Шумакова Е.М. Проблемы эксплуатации приплотинной зоны Жигулевской ГЭС в связи с динамическим воздействием на окружающие территории. ГУ в XXI веке // Традиции и инновации: мат-лы 8-й Международной конф. ФГУ МГУ. – Ч. 3. – М., 2010. – С. 201–208.

ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ ЧАСТИ ЗАПАДНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ ДЛЯ УСТАНОВКИ GPS-ПУНКТОВ

*И.М. Эргешов^{*}, Л.А. Хамидов^{**},
А.С. Хусомиддинов^{**}, Х.Л. Хамидов^{**}*

^{*}Центр Геодезии и картографии РУз, Ташкент, Узбекистан

^{**}Институт сейсмологии им. Г.А. Мавлянова АН РУз,

Ташкент, Узбекистан

E-mail: hamidov-l@mail.ru

MORPHOGENETIC FEATURES OF THE EASTERN PART OF THE WESTERN TIEN-SHAN FOR THE ORGANIZATION OF GPS TRACKING STATIONS

The article presents the results of the analysis of morphogenetic features of the Eastern part of the Western Tien-Shan, which is a very important basis for the organization of geodetic works by modern analytical methods. Obosnovanno that they

occupy an important place in the organization of GPS tracking stations for the study of modern movements of the earth's crust. It is shown that the investigated geodynamic district is located at the junction of Surrealismo and Currentusage blocks dominated by compression force.

Морфометрическая обработка топографической основы подчиняется определенному порядку. На первом этапе понимаются днища водотоков и гребни главных водоразделов. Гребни главных водоразделов совпадают с господствующими высотами, а днища водотоков – с наиболее пониженными участками рельефа. В исследуемом районе гребни главных водоразделов совпадают с простиранием осевой части хребтов Каржантау, Сюрень-Ата и Майгашкан. Абсолютные понижения в рельефе занимает долина р. Чирчик и ее притоки – Аксаката, Угам и др. Следующее действие сводится к оконтуриванию участков с критическим заложением изолиний ($i > 0$) причем прилегающих к главным водоразделам. В результате, выделяются обособленные структуры и определяются их геометрические параметры [1].

В пределах исследуемой территории выделяются: Сюреньятинская и Каржантауская морфоструктуры. Сюреньятинская морфоструктура имеет ассиметричное строение. С севера и запада она ограничена долиной р. Чирчик; на востоке – долиной р. Аксаката; на юге – короткими и крутыми южными склонами одноименного хребта. Общий уклон поверхности, рассматриваемой морфологической единицы – северо-западный (азимут – 300–305°).

Каржантауская флексурно-разрывная зона (ФРЗ) – одно из наиболее протяженных разрывных нарушений северо-восточного направления. По данным [1] она прослеживается от окрестностей с. Хандайлик, простираение ФРЗ субширотное, а в долине р. Кизилсу вновь сменяется на северо-восточное. Севернее с. Хумсан Каржантауская ФРЗ пересекается с зоной Угамских разломов. Северо-западнее она

прослеживается выше с. Сиджак, вдоль правого борта р. Пскем до одноименного селения. Поверхность его смесителя наклонена на северо-запад под углом от 40 до 70°. Максимальная вертикальная амплитуда перемещения по разлому за определенный период превышала 3000 м. Подвижки по нему продолжались и в четвертичное время, что фиксируется перемещением отложений Каржантауской террасы до 100 м [1; 2]. Это соответствует относительным деформациям до $2,2 \times 10^{-7}$ 1/год. Обвалы, оползни и землетрясения, приуроченные к зоне разлома, служат подтверждением его современной активности.

Каржантауский разлом простирается далее на юго-запад под покровом соответствующих геологических отложений Приташкентской депрессии и назван Ташкентской ФРЗ. Сейсмоактивность этой зоны отмечена еще до Ташкентского землетрясения 26 апреля 1966 г., эпицентр которого был приурочен к ней. Наличие ФРЗ подтверждено геологическими и геоморфологическими данными. Ее северо-западное крыло приподнято. Амплитуда перемещений за новейший этап достигает 3500 м. Общая суммарная величина вертикальных неотектонических движений Каржантауского сводово-блокового поднятия подчеркивается значениями средних градиентов скоростей 0,2–0,4 мм/год.

В пределах Сюреньятинской структуры выделены реликты средне-позднеплейстоценовых конусов выноса, которые плавно погружаются к северо-западу и подрезаются речными террасами р. Чирчик. Каржантауская структура мало чем отличается от Сюреньятинского блока. Ярким примером тому коленообразные изгибы русла р. Ташлаксай, истоки которой примыкают к вершине горы Актам (2303,5 м). В верховьях р. Ташлаксай ориентирована с юго-востока на северо-запад. В среднем течении русло приобретает широтное (с востока на запад) направление, которое вновь возвращается в первичное направление близ слияния с р. Чету.

В западной оконечности н.п. Чарвак I-надпойменная терраса занимает абсолютные отметки 720–760 м и возвышается над урезом воды на 40 м (фронтальная часть) – 80 м (тыловая часть). Вторая надпойменная терраса, там же, занимает абсолютные отметки 960–1000 м и возвышается над урезом воды на 300 м (фронтальная часть) – 340 м (тыловая часть). Третья надпойменная терраса занимает абсолютные отметки 1160–1200 м и возвышается над урезом воды на 500–550 м. Первая надпойменная терраса, по своему уровенному положению, соответствует Хумсанской террасе (Q₃), выделенной Н.И. Толстихиным, которая по ряду признаков, как отмечает Н.П. Васильковский, перекликается с Абайской террасой (Q₄), выделенной Ю.А. Скворцовым и Г.Ф. Тетюхиным в бассейне р. Келес [1–3].

Взгляды на новейшую тектонику Приташкентского района изложены в работах Ш.Д. Давлятова, В.А. Захаревича, В.И. Уломова, А.Р. Ярмухамедова, В.П. Полканова и др. [1; 4]. Согласно современным представлениям, эволюционное развитие Тянь-Шаня в кайнозое тесно связано с давлением Индостана и его столкновением с Азиатским материком.

Тянь-Шань, как самостоятельная тектоническая единица, ограничена с юга Таримской плитой, Памиром и Афгано-Таджикской депрессией, с севера – Казахской и Туранской плитами. По многочисленным данным процесс разрастания гор носит дифференцированный характер, на что указывают причудливые складки горных пород и геолого-геоморфологическое строение Тянь-Шаня. По данным Молнара скорость сжатия в Тянь-Шане составляет 10–20 мм/год [1; 4]. Разброс величины сжатия косвенно объясняет ступенчатое строение Тянь-Шаня. Отчетливо просматривается и наступление гор с востока на запад, что дает основание различать западный, центральный и восточный Тянь-Шань. Граница между вышеупомянутыми блоками проходит по Таласо-Ферганскому и Джунгарскому разломам. В иссле-

дуюмом районе формируется обширная Чирчикская депрессия, неотъемлемой частью которой являлась Нурекатинская впадина, служившая базисом эрозии для приподнятых восточных районов. На рубеже неогена и плейстоцена (N_2^3 - Q_1) давление усиливается; южная граница Нурекатинской впадины мигрирует к северу, за счет выдавливания Сюреньятинского и Каржантауского хребтов. Свидетельством тому является появление гальки палеозойских пород, которыми сложен Чаткальский массив, плейстоценовое заложение современных речных долин, укрупнение обломочного материала в разрезе четвертичных отложений и т.д. Тектоническое развитие исследуемого района в четвертичный период рассматривается сквозь призму врезания р. Чирчик и ее притоков в собственное ложе (табл. 1).

Таблица

Стадии и величины врезания, м

Стадии врезания	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4
Величина врезания	≈ 100	300–310	200–240	70–80

Современный структурно-тектонический план исследуемой территории повторяет морфоструктурные особенности территории, где выделяются те же Сюреньятинская и Каржантауская тектонические структуры. Северное крыло рассматриваемой структуры, протяженностью 35–40 км, вытянуто в северо-западном направлении; восточное, протяженностью 23–25 км, – вытянуто в северо-восточном направлении и контролируется долиной р. Аксаката; южное, протяженностью 40–45 км – повторяет северо-западные очертания северного крыла и западное протяженностью 30–35 км – вытянуто в северо-восточном направлении. Суммарная величина поднятия Сюреньятинского блока в плейстоцене составила 1700–1900 м. Средние скорости горизон-

тальных движений на Ташкентском полигоне достигают 0,5–3,0 мм/год, а градиенты – $1,0\text{--}2,0 \times 10^{-8}$ см/год. При этом минимальные скорости и градиенты отмечены в равнинной части полигона, а максимальные – в пределах крупных сейсмотектонических структур, расположенных в горной части полигона. По данным А.Р. Ярмухамедова и др. [1; 4] горизонтальные движения в виде левых и правых сдвигов достигают 1000–1200 м. Отсутствие надежных геолого-геоморфологических методов не позволило получить количественную оценку горизонтальных движений за новейший этап.

Предварительные оценки по изучаемому району свидетельствуют о различном характере проявления морфокинетических показателей и активности земной коры в этих районах. Результаты сравнения показали, что значения перемещений хорошо согласуются с данными инструментальных наблюдений [1; 3–5].

Таким образом, анализ морфогенетических особенностей геологического строения Восточной части западного Тянь-Шаня свидетельствует о том, что геодинамический район расположен в зоне сочленения Сюреньятинского и Каржантауского блоков, где доминируют усилия сжатия. Разрез плейстоценовых отложений указывает на активизацию тектонических движений и кардинальную реконструкцию рельефа в четвертичное время.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ярмухамедов А.Р., Эргешов И.М., Валиев И.С., Саттаров А.С. Исследование проявления современных тектонических движений земной коры геодезическим методом на Таваксайском геодинамическом полигоне в связи с сейсмичностью. – Ташкент: ИС, 2006 – 174 с.

2. Хамидов Л.А. Изучение полей напряжений Чаткальской горной зоны западного Тянь-Шаня // Журн. Геодинамика (J. Geodynamics). – Львов, Украина, 2010. – № 1. – Вып. IX. – С. 57–66.

3. Давлятов Ш.Д., Ахмеджанова М.А. и др. Региональная геология, тектоника и стратиграфия // Наука в Узбекистане. – Ташкент: Фан, 1974. – С. 400–406.

4. Уломов В.И. Методика поиска прогностических признаков землетрясений.// Сейсмологические исследования в Узбекистане. – Ташкент: Фан, 1979. – С. 30–42.

5. Далимов Т.Н., Абдуллабеков К.Н., Ярмухамедов А.Р., Тойчиев Х.А., Раджабов Ш.С., Эргешов И.М. К вопросу о постановке и некоторых результатах космогеодезических исследований (GPS) с целью изучения современных движений земной коры Тянь-Шаня // Тезисы докладов Второго международного симпозиума (29 октября – 3 ноября 200 г.). – Бишкек, 2002. – С. 33–34.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ГИДРОГЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Ш.С. Юсупов, У.А. Нурматов, Л.Ю. Шин

*Институт сейсмологии им. Г.А.Мавлянова АН РУз,
Ташкент, Узбекистан
E-mail: Shuhrat-1951@mail.ru,*

SOME FEATURES OF DISPLAY HYDROGEOSEISMOLOGIC PRECURSORS OF EARTHQUAKES

This work aims to address pressing issues of earthquake prediction – evaluating the geological-tectonic features of the earths crust in the formation and manifestation hydrogeoseismic earthquake precursors. Analyze the results of years of instrumental observation. Some features of seismic manifestations caused anomalistic changes in fault zones and between the areas and at large distances from the earthquake source.

Как показал опыт многолетних наблюдений, характер (интенсивность и длительность) аномальных проявлений предвестников гидрогеосейсмологических параметров в период подготовки и свершения землетрясений неоднозначен для разных землетрясений. Подготовка сильных сейсмических событий не всегда находит отклик гидрогеохимической среды, даже тогда когда очаг землетрясения расположен относительно недалеко от пункта наблюдения. Причины этого необходимо искать на пути учета неоднородности поля деформаций, обусловленного блоково-разломным строением литосферы которое, в свою очередь, является каркасообразующим элементом блоковой модели подземной гидросферы.

По особенностям глубинной структуры выделяются мегоблоки, внутри которых определяются относительно стабильные и активные мезоблоки, которые в свою очередь подразделены на более мелкие системы блоков с различным термодинамическим режимом и, как следствие этого, литологическим и гидрогеохимическим составом. Связующим или экранирующим звеном в пределах гидросферы являются субвертикальные или субгоризонтальные системы разрывных нарушений. Энергетика земных недр, с учетом этих геолого-структурных и сейсмотектонических особенностей, определяет геодинамическую обстановку как региона в целом, так и конкретной структурной единицы в частности. Гидрогеохимические и гидродинамические эффекты, связанные с процессами подготовки землетрясений, отражают характер влияния тектогенеза на изменение состояния подземной гидросферы, что выражается разнохарактерным поведением, как отдельных компонентов гидрохимической системы, так и степенью «чувствительности» отдельных пунктов наблюдения на процесс сейсмической активизации.

Как уже было отмечено, эпицентры землетрясений, накануне которых зафиксированы разные гидрогеосейсмо-

гические аномалии, приурочены, в основном, к флексурно-разрывным зонам и глубинным сейсмогенным разломам, особенно к местам их пересечения.

«Чувствительность» пунктов наблюдений, вскрывших Ташкентские минеральные воды, довольно высока. Информативными параметрами здесь являются гидродинамические и физико-химические показатели, газы и их изотопы, макро- и микрокомпоненты [1].

Подготовка сильных сейсмических событий нашла отражение в аномальном изменении ряда гидрогеологических параметров по некоторым опорным пунктам гидрогеосейсмологической сети наблюдения в Узбекистане. Ярким примером вышесказанного могут служить результаты режимных наблюдений гидрогеосейсмологических параметров подземных вод, проведенные на Ташкентском и Ферганском геодинамическом полигонах в период возникновения Туябугизского землетрясения 25.05.2013 г. с $M = 5,4$, $H = 15$ км.

На рисунке приведена схематическая карта, где показаны расположения водопунктов относительно эпицентров Туябугизского и Учкурганского землетрясений.

Инструментальный эпицентр Туябугизского землетрясения 25 мая 2013 г. приурочен к юго-западному окончанию Ангренской сейсмогенной зоны, а макросейсмический эпицентр больше тяготеет к юго-западному окончанию Нурекатинской сейсмогенной зоны. По всей видимости, землетрясение произошло в зоне сочленения двух сейсмогенных зон – Нурекатинской и Ангренской.

По пространственному расположению и приуроченности к тектоническим структурам эти водопункты разделены на три группы (рис. 1). Первая группа водопунктов (ст. «Озодбош», скв. Минора, ДАН, Чаткал и род. Озодбош) расположена в центральной части Ташкентско-Пскемской сейсмогенной зоны. На этом участке сейсмогенная зона сочленяется с Нурекатинской. Расстояние от водопунктов до эпицентра землетрясения $R \approx 70$ км.

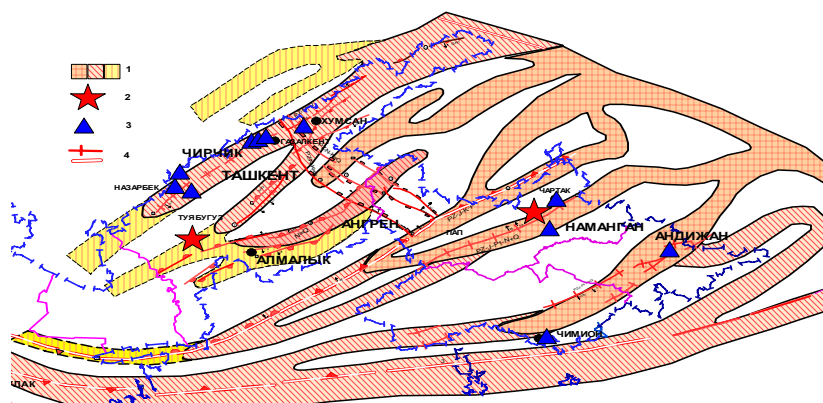


Рис. 1. Расположение и приуроченности
к тектоническим структурам водопунктов:

- 1 – сейсмогенные зоны; 2 – эпицентры землетрясений;
3 –прогностические станции; 4 – разломы земной коры

Вторая группа водопунктов расположена на юго-западной части Ташкентско-Пскемской сейсмогенной зоны (расстояние до эпицентра землетрясения $R \approx 30$ км). Это скв. Текстиль, Институт бахчевых культур (ИБК) и Назарбек. Хотя по расстоянию эти водопункты находятся в 2 раза ближе к эпицентру, чем водопункты 1-й группы, но между Нуратинской и Ташкентско-Пскемской сейсмогенными зонами, имеется асейсмичный блок, приуроченный к Чирчикской впадине с шириной $\approx 20\text{--}30$ км.

Третья группа водопунктов расположена в 225 км от эпицентра, на Наманганской сейсмогенной зоне (станция «Чартак»). Между Нурекатинской и Наманганской сейсмогенными зонами имеются еще три отдельные сейсмогенные зоны.

В табл. приведены все аномальные проявления предвестников всех водопунктов 3-х групп в период подготовки и свершения Туябугизского землетрясения (количество знаков означает количество водопунктов на каждой станции).

Таблица

**Аномальные проявления предвестников
всех водопунктов 3-х групп**

Параметры	ДО-сейсм аном.	КО-сейсм аном.	ПОСТ-сейсм. аном.	На одной сейс- смоген. зоне	На др. сейсмо- ген. зоне	На др. сейсмо- ген. зоне.
<i>Туябугизское землетрясение</i>						
CO ₂	■ ■ ■ ■	▲	▲ ● ●	■ ■ ■ ■	● ●	▲ ▲
He	■ ■ ■ ■	●	● ●	■ ■ ■ ■	● ● ●	
He (ингем)			●		●	
H ₂	■ ■ ■	▲	● ▲	■ ■ ■	●	▲ ▲
Cl ⁻	■	● ●	■	■ ■	● ●	
HCO ₃ ⁻	■ ■ ■ ▲	●	▲	■ ■ ■	●	▲ ▲
Rn		● ●			● ●	
N ₂	■ ■ ■ ■ ■	▲	▲	■ ■ ■ ■ ■		▲ ▲
O ₂	■ ■ ■ ■	▲ ▲		■ ■ ■ ■		▲ ▲
pH	■	■		■ ■		
Eh	■	■ ■ ▲		■ ■ ■		▲
CH ₄		▲				▲
<i>Учкурганское землетрясение</i>						
CO ₂	■ ■ ■ ▲			■ ■ ■	▲	
He	■			■		
H ₂	■		■	■ ■		
Cl ⁺		▲			▲	
HCO ₃ ⁻		■		■		
Rn	■ ■	■		■ ■ ■		

Примечание: ■ – аномальные проявления по 1-группе водопунктов (на одной сейсмоген. зоне); ●, ▲ – по 2 и 3 – группе (на другой сейсмоген. зоне).

Независимо от амплитуды и длительности аномалий они распределены по этапам проявления и зафиксированы

до землетрясений (второй столбец – ДО-сейсм. аном.), во время землетрясений (третий столбец – КО-сейсм. аном.) и после землетрясений (четвертый столбец – ПОСТ-сейсм. аном.). В остальных столбцах приведена вся информация о наблюдаемых предвестниках на трех группах водопунктов, расположенных на разных сейсмогенных зонах. Как видно из таблицы, на водопунктах 1-й группы аномалий, кроме единичных случаев, зафиксированы до землетрясения (квадратики, 2 столбец). Самые близкие и далекие водопункты (2 и 3 групп) откликнулись на подготовку землетрясения намного позже, т.е. около 50% во время землетрясения, а остальные после землетрясения (кружки и треугольники – 3 и 4 столбцы).

Такие же результаты были получены и для Учкурганского землетрясения (8.10.1995, $M = 5,3$). Аномальные проявления ряда параметров (Т, Р, рН, H_2 , He, CO_2 , HCO_3^-) наблюдались на скважинах ст. Чартак (Наманган), Чимион и Ходжаабат (Андижан).

В нижней части табл. представлены сведения об аномальных вариациях предвестников подземных вод Ферганского геодинамического полигона, связанные с Учкурганским (8.10.1995, $M = 5,3$) землетрясением.

Характер, интенсивность и время проявления предвестниковых аномалий обусловлены, в первую очередь, общностью или различием структурно-геологических и сейсмотектонических условий местоположения очагов землетрясений и пунктов наблюдений.

Для понимания природы процесса подготовки землетрясения и разработки универсальных методов прогноза необходим глубокий анализ особенностей проявления изучаемых полей и оценка роли геолого-тектонических особенностей пунктов наблюдений в проявлении и формировании предвестников землетрясений.

Характерной особенностью изменения гидрогеохимических параметров подземных вод в период подготовки

сейсмических событий является то, что продолжительность аномальных вариаций близких землетрясений намного больше, чем далеких. При этом в случаях, когда эпицентр землетрясения и пункт наблюдения находятся в одной сейсмогенной зоне, интенсивность аномалий и их контрастность гораздо больше, чем на других участках. Это объясняется преобладающей ролью разломной зоны в процессе перераспределения сейсмогенных напряжений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Султанходжаев А.Н., Азизов Г.Ю., Зиган Ф.Г., Юсупов Ш.С.. Выявление информативности гидрогеосейсмологических предвестников на прогностических полигонах Узбекистана // Прогноз сейсмической опасности. – Ташкент, 1996. – С. 24–26.

УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ

Абдрахманов Р.Ф.	т. 1	с. 27	Бакбергенов Н.Н.	т. 1	с. 80
Абдуллабеков К.Н.	т. 1	с. 433			с. 451
Абдыбачаев У.А.	т. 1	с. 481		т. 2	с. 32
Абрамов В.М.	т. 2	с. 443	Барабанов А.Т.	т. 2	с. 36
Абрамова Т.Т.	т. 1	с. 33	Барановский А.Г.	т. 1	с. 92
Авдоткин В.П.	т. 2	с. 5	Баринев А.Ю.	т. 2	с. 42
Азизов У.А.	т. 1	с. 40	Барская Т.В.	т. 1	с. 527
Акбиев Р.Т.	т. 2	с. 88	Барыкина О.С.	т. 1	с. 98
Алексаиян С.Н.	т. 1	с. 45	Барышников В.И.	т. 1	с. 103
Алексеев А.Ф.	т. 1	с. 125	Батрак Г.И.	т. 2	с. 77
Алешин Ю.Г.	т. 2	с. 111	Безуглова Е.В.	т. 2	с. 49
		с. 531	Бекбаев Р.К.	т. 1	с. 108
Алимбетов А.А.	т. 2	с. 17			с. 206
Алламуратов М.У.	т. 2	с. 17	Белоусова А.П.	т. 1	с. 113
Аметов Я.И.	т. 2	с. 17	Беляев А.Ю.	т. 2	с. 54
Андреев Ю.Б.	т. 1	с. 52	Бимурзаев Г.А.	т. 1	с. 506
Аникеев А.В.	т. 1	с. 58	Благовещенский В.П.	т. 1	с. 120
Аношкин А.В.	т. 1	с. 66	Боборыкина О.В.	т. 1	с. 495
Антипин А.Н.	т. 1	с. 469	Богомолов А.Н.	т. 1	с. 125
Анциферов А.В.	т. 2	с. 20	Бондаренко В.И.	т. 1	с. 132
Аракелян Ф.О.	т. 1	с. 513	Борняков С.А.	т. 2	с. 460
Аронов А.Г.	т. 1	с. 439	Бронников В.А.	т. 2	с. 464
Аронов В.А.	т. 1	с. 439	Бу лдакова Е.В.	т. 2	с. 130
Аронова Т.И.	т. 1	с. 439	Бурова В.Н.	т. 1	с. 137
Артиков Т.У.	т. 1	с. 71		т. 2	с. 60
	т. 2	с. 27			
Артиков Ф.Р.	т. 1	с. 534	Ваганова Н.В.	т. 2	с. 499
	т. 2	с. 385	Васютинская С.Д.	т. 1	с. 513
Архипова Е.В.	т. 1	с. 76	Вдовина О.К.	т. 1	с. 232
Ахметшин Р.З.	т. 2	с. 303	Верхозина В.А.	т. 1	с. 144
Ахметьева Н.П.	т. 2	с. 54	Верхозина Е.В.	т. 1	с. 144
			Войтенко Е.В.	т. 2	с. 435
Баджанов Б.М.	т. 1	с. 80	Волчек А.А.	т. 2	с. 66
	т. 2	с. 32			
Байда С.Е.	т. 1	с. 445	Габсатарова И.П.	т. 2	с. 391
Байрамова И.А.	т. 1	с. 85	Гаврильева Т.Н.	т. 2	с. 214

Гаибназаров С.Б.	т. 2	с. 72	Ёдгоров Ш.И.	т. 2	с. 385
Гакаев Р.А.	т. 1	с. 149	Ёлкин В.А.	т. 1	с. 188
		с. 154			
Галай Б.Ф.	т. 1	с. 125	Жапаркулова Е.Д.	т. 1	с. 108
Галицкая И.В.	т. 2	с. 77			с. 206
Гасанова Н.Ю.	т. 2	с. 82	Жигалин А.Д.	т. 1	с. 76
Гасиев А.А.	т. 2	с. 88			с. 513
Гаспарян Р.К.	т. 1	с. 159		т. 2	с. 123
Глаголев В. А.	т. 1	с. 261			
Гладков А.С.	т. 2	с. 460	Заиканов В.Г.	т. 2	с. 130
Гладышев Р.В.	т. 2	с. 228	Заиканова И.Н.	т. 1	с. 212
Голуб В.А.	т. 2	с. 94	Зайцев В.Н.	т. 1	с. 218
Голуб Г.Ф.	т. 2	с. 94	Закиров М.М.	т. 1	с. 354
Голуб С.Н.	т. 2	с. 94	Зверев А.В.	т. 1	с. 344
Горбова С.В.	т. 1	с. 200	Зверев В.П.	т. 2	с. 135
Горемыкина Г.И.	т. 2	с. 5	Зекцер И.С.	т. 2	с. 141
Грановский Г.С.	т. 2	с. 88	Зеркаль О.В.	т. 1	с. 225
Григорьева С.В.	т. 1	с. 165	Зияева М.А.	т. 2	с. 147
Григорян А.Г.	т. 1	с. 70	Зияудинов Ф.Ф.	т. 1	с. 534
Гяургиева М.М.	т. 2	с. 252			
Давыденко Е.В.	т. 1	с. 420	Ибрагимов А.Х.	т. 1	с. 71
Даниелов Э.Р.	т. 1	с. 405	Ибрагимов Р.С.	т. 1	с. 231
Даукаев А.А.	т. 1	с. 154		т. 2	с. 27
Джамалов Р.Г.	т. 1	с. 176	Ибрагимова Т.Л.	т. 1	с. 231
Джаппуев Д.Р.	т. 2	с. 252		т. 2	с. 27
Джураев Н.М.	т. 2	с. 385	Ибраев Т.Т.	т. 2	с. 152
Дзюба А.В.	т. 2	с. 448	Иванов П.В.	т. 2	с. 158
		с. 454	Имаев В.С.	т. 1	с. 236
Долганов А.И.	т. 2	с. 100	Имаева Л.П.	т. 1	с. 236
Дробинина Е.В.	т. 1	с. 182	Исмаилов В.А.	т. 1	с. 242
Дручина О.Е.	т. 2	с. 523		т. 2	с. 164
Дудлер И.В.	т. 2	с. 106	Истомин Е.П.	т. 2	с. 170
Дьяконов П.Ю.	т. 2	с. 112			
Дягилева А.Г.	т. 1	с. 137	Кабиров А.М.	т. 1	с. 292
Едигенов М.Б.	т. 2	с. 118	Казеев А.И.	т. 2	с. 176
Елохин В.А.	т. 1	с. 184	Капица В.В.	т. 1	с. 120
Елохина С.Н.	т. 1	с. 200	Капралова В.Н.	т. 2	с. 477
Еремина О.Н.	т. 1	с. 266	Каримов Ф.Х.	т. 1	с. 248
Ершов В.В.	т. 1	с. 458	Карфидова Е.А.	т. 1	с. 137
Есимбетов А.Т.	т. 2	с. 17		т. 2	с. 183
			Касаткин Н.Е.	т. 1	с. 120
			Керамова Р.А.	т. 1	с. 464

Керимов А.М.	т. 1	с. 255	Ли М.А.	т. 2	с. 152
Киренская Т.Л.	т. 2	с. 264	Липатов В.А.	т. 2	с. 471
Китаев А.Б.	т. 2	с. 274	Лурьева И.И.	т. 2	с. 240
Клячко М.А.	т. 1	с. 189	Лу Шенпин	т. 1	с. 292
Ковалева А.А.	т. 2	с. 448			
Коган Р.М.	т. 1	с. 261	М авлянова Н.Г.	т. 1	с. 242
Козлова И.А.	т. 1	с. 469			с. 266
Козьмин Б.М.	т. 1	с. 236		т. 2	с. 106
Козловский Д.С.	т. 1	с. 197	Магрицкий Д.В.	т. 1	с. 546
Козлякова И.В.	т. 1	с. 58	Мальковский В.И.	т. 2	с. 223
		с. 266	Мальнева И.В.	т. 1	с. 309
Козырев А.А.	т. 2	с. 203	Макаров О.А.	т. 2	с. 319
Козырева Е.А.	т. 2	с. 460	Макарычева Е.М.	т. 2	с. 477
Колковский В.М.	т. 1	с. 439	Макеев В.М.	т. 1	с. 165
Коломиец М.В.	т. 1	с. 527	Максудов С.Х.	т. 1	с. 433
Комарова Н.Г.	т. 2	с. 209	Мамонтов А.А.	т. 2	с. 246
Кондратьев В.Г.	т. 2	с. 464	Мамонтова Е.А.	т. 2	с. 246
Конечная Я.В.	т. 2	с. 499	Марченко П.Е.	т. 1	с. 315
Кононова Н.К.	т. 1	с. 309		т. 2	с. 252
Королев В.А.	т. 2	с. 270	Марчук А.Н.	т. 1	с. 475
Корчагина Е.А.	т. 1	с. 255	Марчук Н.А.	т. 1	с. 475
Костарев В.П.	т. 1	с. 274	Махнатова С.А.	т. 2	с. 258
Костенко И.С.	т. 1	с. 280	Маций С.И.	т. 2	с. 49
Костикова И.А.	т. 2	с. 135	Медведков А.А.	т. 2	с. 483
Костин А.В.	т. 2	с. 214	Медеу А.Р.	т. 2	с. 264
Кочкин Б.Т.	т. 2	с. 223	Медовар Ю.А.	т. 1	с. 176
Кошкарёв Д.А.	т. 2	с. 460	Мележ Т.А.	т. 1	с. 321
Крестин Б.М.	т. 1	с. 309	Меликулов А.Д.	т. 2	с. 82
Кричевец Г.Н.	т. 2	с. 54	Мельникова В.И.	т. 1	с. 236
Крымский В.В.	т. 2	с. 228	Меньшикова А.М.	т. 1	с. 469
Кудрик И.Д.	т. 1	с. 286	Мерзляков В.П.	т. 2	с. 486
Куранов П.Н.	т. 2	с. 235	Минакова Т.Б.	т. 2	с. 130
Куркин А.А.	т. 1	с. 280	Минина М.В.	т. 2	с. 270
			Мирзаев М.А.	т. 1	с. 71
Л аврусевич А.А.	т. 1	с. 292		т. 2	с. 27
Лаврусевич И.А.	т. 1	с. 292	Миронюк С. Г.	т. 2	с. 492
Лапочкин Б.К.	т. 2	с. 176	Михайлов А.В.	т. 2	с. 274
Ларионов В.И.	т. 2	с. 279	Михайлова А.В.	т. 2	с. 54
		с. 348	Михневич Э.И.	т. 1	с. 303
Ларионова Н.А.	т. 1	с. 297	Молдобеков Б.Д.	т. 1	с. 481
Левина Т.В.	т. 2	с. 158	Молотков Н.М.	т. 1	с. 52
Левкевич В.Е.	т. 1	с. 303	Молоткова Ж.Е.	т. 1	с. 52

Морозов А.Н.	т. 2	с. 499	Полшкова И.Н.	т. 2	с. 303
Муминов М.Ю.	т. 1	с. 437	Попов М.Г.	т. 1	с. 513
Мухамедгалиев Б.А.	т. 2	с. 399	Попова О.Г.	т. 1	с. 513
Назаревич А.В.	т. 1	с. 488	Постоев Г.П.	т. 2	с. 176
Назаревич Л.Е.	т. 1	с. 488			с. 511
Насонкин В.А.	т. 1	с. 495	Радецкий А.В.	т. 2	с. 5
Насрулин А.Б.	т. 1	с. 500	Разумов С.О.	т. 2	с. 517
Неведрова Н.Н.	т. 1	с. 540	Рафиков В.А.	т. 1	с. 521
Недядько В.В.	т. 1	с. 513	Рахматулаев Х.Л.	т. 1	с. 71
Никитина О.В.	т. 1	с. 327	Рашидов В.А.	т. 1	с. 132
Николаева С.К.	т. 2	с. 158	Ремнев В.В.	т. 2	с. 20
Никонов А.И.	т. 2	с. 505	Родкин М.В.	т. 2	с. 309
Никонорова И.В.	т. 1	с. 327	Руми Д.Ф.	т. 1	с. 359
Ниязов Д.Б.	т. 1	с. 333	Рыбников П.А.	т. 2	с. 313
Ниязов Р.А.	т. 1	с. 338	Рыбникова Л.С.	т. 2	с. 313
		с. 506	Рыбченко А.А.	т. 2	с. 460
Новиков П.А.	т. 2	с. 348	Саватеева О.А.	т. 2	с. 319
Нурматов У.А.	т. 1	с. 564	Садков С.А.	т. 1	с. 344
Нуртаев Б.С.	т. 1	с. 338	Садыков Ф.С.	т. 1	с. 354
Олянский Ю.И.	т. 1	с. 125	Салямова К.Д.	т. 1	с. 359
Орлов Т.В.	т. 1	с. 344		т. 2	с. 82
Осипов В.И.	т. 1	с. 7	Самсонова В.В.	т. 2	с. 523
	т. 2	с. 279	Самсонова М.А.	т. 2	с. 523
Ошкадер А.В.	т. 2	с. 286	Сафаров А.С.	т. 1	с. 144
Панин В.И.	т. 2	с. 203	Свалова В.Б.	т. 2	с. 326
Панков Ф.Н.	т. 1	с. 495	Семенова И.Э.	т. 2	с. 203
Панченко Е.Г.	т. 1	с. 344	Сенаторова Н.А.	т. 1	с. 363
Пелиновский Е.Н.	т. 1	с. 280		т. 2	с. 332
		с. 369	Сергеев Д.О.	т. 2	с. 477
Перетокин С.А.	т. 1	с. 349			с. 486
Петров Н.Ф.	т. 1	с. 327	Сергеева А.В.	т. 1	с. 369
Петрова Е.Г.	т. 2	с. 292	Сероглазов Р.Р.	т. 1	с. 439
Петухин А.Г.	т. 1	с. 132	Сизов А.П.	т. 2	с. 183
Писаренко В.Ф.	т. 3	с. 309	Слюняев А.В.	т. 1	с. 369
Подлипенская Л.Е.	т. 1	с. 286	Смирнов А.И.	т. 1	с. 374
	т. 2	с. 286			с. 380
Подтелков В.В.	т. 2	с. 49	Смирнов Ю.А.	т. 2	с. 435
Полканов В.Н.	т. 2	с. 297	Соколов А.Г.	т. 2	с. 170
Полканова А.В.	т. 2	с. 297	Стрижельчик Г.Г.	т. 2	с. 339
			Стром А.Л.	т. 1	с. 349

Сулайманов С.С.	т. 2	с. 343	Хабибуллаев С.Ш.	т. 2	с. 399
Сунгатуллин Р.Х.	т. 1	с. 386	Хамидов Л.А.	т. 1	с. 534
Суханов В.В.	т. 2	с. 112			с. 558
Сучкова К.В.	т. 2	с. 141	Хамидов Х.Л.	т. 1	с. 534
Сущев С.П.	т. 2	с. 279			с. 558
		с. 348	Хамрабаева Н.А.	т. 2	с. 343
Т арасова Е.Н.	т. 2	с. 246	Харькина М.А.	т. 2	с. 404
Тарбаева В.М.	т. 2	с. 353	Хасанов Р.Р.	т. 1	с. 386
Татаринов В.Н.	т. 2	с. 357	Хасанова О.Т.	т. 2	с. 409
Татаринова Т.А.	т. 2	с. 357	Хоситашвили Г.Р.	т. 1	с. 424
Ташлыкова Т.А.	т. 1	с. 392	Хребтова Т.В.	т. 1	с. 286
Твердохлебов Н.В.	т. 2	с. 362	Хусомиддинов А.С.	т. 1	с. 558
Тетельмин В.В.	т. 1	с. 400	Ц ымбалов А.А.	т. 2	с. 415
		с. 405			с. 420
Тешебаева К.	т. 1	с. 481	Ш аазизов Ф.Ш.	т. 1	с. 500
Тимофеева Е.А.	т. 1	с. 363	Шакуров Р.К.	т. 4	с. 426
		с. 370	Шалагинов А.Е.	т. 1	с. 540
Толмачев В.В.	т. 2	с. 377	Шведовский П.В.	т. 2	с. 66
Толстая Ю.П.	т. 2	с. 130	Шержуков Е.Л.	т. 1	с. 546
Торгоев И.А.	т. 2	с. 11	Шешеня Н. Л.	т. 2	с. 430
		с. 531	Шин Л.Ю.	т. 1	с. 564
Туйчиев А.И.	т. 1	с. 433	Ширинкин О.Ю.	т. 1	с. 194
Туйчиева М.А.	т. 2	с. 385	Шумакова Е.М.	т. 1	с. 552
Туманов В.В.	т. 2	с. 20	Щ евьев Ю.Л.	т. 2	с. 435
Тупысев М.К.	т. 2	с. 537	Щекочихина Е.В.	т. 1	с. 125
У гаров А.Н.	т. 1	с. 527	Шумкин Е.А.	т. 2	с. 158
	т. 2	с. 279	Щур С.А.	т. 2	с. 5
Усманова М.Т.	т. 1	с. 274	Э кзарьян В.Н.	т. 2	с. 197
		с. 410	Эргешов И.М.	т. 1	с. 558
Утемова С.А.	т. 1	с. 274	Эсенов Э.М.	т. 1	с. 45
Ф ефелова И.А.	т. 1	с. 414	Ю рков А.К.	т. 1	с. 469
Фокичева А.А.	т. 2	с. 170	Юсупов Ш.С.	т. 1	с. 354
Фоменко И.К.	т. 1	с. 225			с. 564
Фролова Н.И.	т. 1	с. 527	Юфа Я.М.	т. 2	с. 20
	т. 2	с. 279	Юшманов И.О.	т. 1	с. 176
		с. 391	Я лченир А.	т. 1	с. 180
Фрумин Г.Т.	т. 1	с. 420			

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
<i>Осипов В.И.</i> Природные катастрофы: анализ развития и пути минимизации последствий	7
ИЗУЧЕНИЕ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ И ИХ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ	
<i>Абдрахманов Р.Ф.</i> Оценка карстовой опасности при гидротехническом строительстве	27
<i>Абрамова Т.Т.</i> Риски при строительстве подземных сооружений	33
<i>Азизов У.А.</i> Современные гидрогеологические и инженерно-геологические процессы, проявляющиеся с возрастанием сложности техносферы городов и городских агломераций	40
<i>Алексаян С.Н., Эсенов Э.М.</i> Пыль как экологически значимый фактор в нефтегазодобывающих районах	45
<i>Андреев Ю.Б., Молоткова Ж.Е., Молотков Н.М.</i> Перспективы и принципы физико-статистического моделирования мокрых лавин	52
<i>Аникеев А.В., Козлякова И.В.</i> Оценка опасности и риска образования провальных воронок при реконструкции Русаковского моста в Москве	58
<i>Аношкин А.В.</i> Развитие пойменно-русловых комплексов рек среднего течения реки Амур в условиях экстремальных паводков и повышенной водности	66
<i>Артиков Т.У., Рахматулаев Х.Л., Ибрагимов А.Х., Ибрагимов Р.С., Мирзаев М.А.</i> Сейсмическая опасность трассы газопровода «Туркменистан–Китай», проходящей по территории республики Узбекистан	71
<i>Архипова Е.В., Жигалин А.Д.</i> Пространственно-временные особенности сейсмичности Олекмо-Становой зоны в районе трассы нефтепровода ВСТО	76
<i>Баджанов Б.М., Бакбергенов Н.Н.</i> Параметры волны прорыва на равнинных реках	80
<i>Байрамова И.А.</i> Влияние хозяйственной деятельности на подземные воды	85

<i>Барановский А.Г.</i> Изменение физико-механических свойств элювиальных глинистых грунтов под влиянием техногенных факторов	92
<i>Барыкина О.С.</i> Оценка возможных деформаций в зоне влияния регионального разлома	98
<i>Барышников В.И.</i> Геология города Уфы и проблемы градостроительства	103
<i>Бекбаев Р.К., Жапаркулова Е.Д.</i> Качество коллекторно-дренажных вод и их влияние на экологическое состояние водо-земельных ресурсов	108
<i>Белоусова А.П.</i> Роль подземных вод в формировании природных опасных явлений	113
<i>Благовещенский В.П., Капица В.В., Касаткин Н.Е.</i> Оценка опасности прорыва приледниковых озер в Иле Алатау (Казахстан) ...	120
<i>Богомолов А.Н., Олянский Ю.И., Щекочихина Е.В., Галай Б.Ф., Алексеев А.Ф.</i> Геоэкологическая оценка территорий, сложенных структурно-неустойчивыми просадочными и набухающими грунтами (на примере Волгоградской области)	125
<i>Бондаренко В.И., Петухин А.Г., Рашидов В.А.</i> Опасность цунами оползневого происхождения в районе Курильской островной дуги	132
<i>Бурова В.Н., Карфидова Е.А., Дягилева А.Г.</i> Информационное обеспечение оценки уязвимости урбанизированной территории на основе государственного кадастра недвижимости	137
<i>Верхозина Е.В., Верхозина В.А., Сафаров А.С.</i> Современный подход к изучению природных процессов, формирующих качество пресных вод крупнейших рифтовых озер мира	144
<i>Гакаев Р.А.</i> Оползни-потоки и их активность в горных районах Чеченской Республики	149
<i>Гакаев Р.А., Даукаев А.А.</i> Очаги селеобразования и селевая опасность в горной Чечне	154
<i>Гаспарян Р.К.</i> Проблема возникновения и активизации провалных явлений на территории г. Гюмри	159
<i>Григорьева С.В., Макеев В.М.</i> Оценка влияния геологических аномалий на геопатогенность территории (на примере центрального участка Москвы)	165
<i>Григорян А.Г.</i> Определение района возникновения будущего сильного землетрясения по геомагнитным вариациям внешнего происхождения	170
<i>Джамалов Р.Г., Медовар Ю.А., Юшманов И.О.</i> Негативное влияние разработок медно-никелевых месторождений на водные ресурсы Прихоперья	176

<i>Дробинина Е.В.</i> Анализ свойств перекрывающей дисперсной толщи при карстологических исследованиях	182
<i>Ёлкин В.А.</i> Оценка разжижаемости грунтов. Некоторые результаты по береговому участку (порт г. Темрюк)	188
<i>Елохин В.А., Ширинкин О.Ю.</i> Природные и техногенные факторы деформаций оснований и разрушений фундаментов зданий и сооружений на территории глиноземного и электролизного производства ...	194
<i>Елохина С.Н., Горбова С.В.</i> Новые карстологические опасности на восточном склоне Урала	200
<i>Жапаркулова Е.Д., Бекбаев Р.К.</i> Факторы, усиливающие процессы деградации орошаемых почв	206
<i>Заиканова И.Н.</i> Особенности развития опасных геологических процессов городов верхней Волги (на примере г. Плёса)	212
<i>Зайцев В.Н.</i> Визуализация геоморфодинамики рельефа для прогноза геоэкологических рисков в урбосфере	218
<i>Зеркаль О.В., Фоменко И.К.</i> Вероятностная оценка устойчивости склонов и ее использование для анализа оползневой опасности	225
<i>Ибрагимова Т.Л., Ибрагимов Р.С.</i> Оценка напряженного состояния сейсмоактивных зон Узбекистана по комплексу сейсмологических и гидрогеохимических параметров	231
<i>Имаева Л.П., Мельникова В.И., Имаев В.С., Козьмин Б.М.</i> Структурно-динамический анализ сейсмостектонической деструкции северо-восточного фланга Байкальской рифтовой зоны	236
<i>Исмаилов В.А., Мавлянова Н.Г.</i> Распределение сейсмического эффекта от сценарного землетрясения на территории г. Ташкента	242
<i>Каримов Ф.Х.</i> Методы прогнозирования динамики пульсирующих ледников	248
<i>Керимов А.М., Корчагина Е.А.</i> Исследование динамики метеорологических параметров и снежности в Приэльбрусье за последние 60 лет	255
<i>Коган Р.М., Глаголев В.А.</i> Прогноз возникновения пожаров растительности в условиях муссонного климата средних широт	261
<i>Козлякова И.В., Мавлянова Н.Г., Еремина О.Н.</i> Современные тенденции инженерно-геологических исследований в крупных городах	266
<i>Костарев В.П., Утемова С.А.</i> Карстопасность Пермского края ...	274
<i>Костенко И.С., Куркин А.А., Пелиновский Е.Н., Ялченир А.</i> Проникновение Японского цунами 2011 г. в Охотское море	280
<i>Кудрик И.Д., Хребтова Т.В., Подлипенская Л.Е.</i> Подходы к оценке опасности развития наводнений на территории г. Керчь	286
<i>Лаврусевич А.А., Кабиров А.М., Лаврусевич И.А., Лу Шенпин, Вдовина О.К.</i> Техногенез и оценка уязвимости адыров Юго-Западного Таджикистана	292

<i>Ларионова Н.А.</i> Оценка влияния золоотвалов на загрязнение окружающей среды	297
<i>Левкевич В.Е., Михневич Э.И.</i> Районирование Беларуси по абразивному риску на водохранилищах	303
<i>Мальнева И.В., Кононова Н.К., Крестин Б.М.</i> Особенности развития опасных природных процессов на территории России и тенденции их проявления в ближайшие годы	309
<i>Марченко П.Е.</i> Сезонно-дифференцированные численные оценки подверженности геосистем комплексу опасных экзогенных процессов	315
<i>Мележ Т.А.</i> Современные геологические процессы в бассейне реки Неман (в пределах Республики Беларусь)	321
<i>Никитина О.В., Никонорова И.В., Петров Н.Ф.</i> Анализ влияния опасных экзогенных процессов на функционирование автомобильных дорог Чувашской республике	327
<i>Ниязов Д.Б.</i> О совершенствовании экспериментальной модели сейсмического риска для г. Душанбе	333
<i>Ниязов Р.А., Нуртаев Б.С.</i> Глубокофокусные Гиндукушские землетрясения как спусковой крючок начала движения оползней разжижения в Центральной Азии	338
<i>Орлов Т.В., Садков С.А., Панченко Е.Г., Зверев А.В.</i> Первые результаты эмпирической проверки вероятностной модели антропогенно-инициированного термокаста в пределах линейных инженерных сооружений	344
<i>Перетокин С.А., Стром А.Л.</i> Дифференцированный подход к сейсмогеодинамической регионализации как базис общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР–2014	349
<i>Садыков Ф.С., Юсупов Ш.С., Закиров М.М.</i> Особенности концентрации гелия, растворенного в подземных водах, как предвестника подготовки предстоящего сильного землетрясения	354
<i>Салямова К.Д., Руми Д.Ф.</i> Влияние трещиноватого участка грунта основания на деформацию грунтовой плотины	359
<i>Сенаторова Н.А., Тимофеева Е.А.</i> Внутренние и внешние факторы, влияющие на развитие техногенной суффозии	363
<i>Слюняев А.В., Сергеева А.В., Пелиновский Е.Н.</i> Численное моделирование аномально высоких морских волн и возможности их прогноза	369
<i>Смирнов А.И.</i> Площадная эрозия рек – новый вид речной эрозии на Южном Урале и в Предуралье	374
<i>Смирнов А.И.</i> Опасные геологические процессы Южного Урала и Предуралья	380

<i>Сунгатуллин Р.Х., Хасанов Р.Р.</i> Перспективы получения газооб- разного сырья из угольных пластов в Республике Татарстан	386
<i>Таилыкова Т.А.</i> Точки зрения на причины возбужденных земле- трясений от создания водохранилищ: первые обнаруженные за- кономерности	392
<i>Тетельмин В.В.</i> Неучтенные геодинамические процессы в осно- вании плотины Саяно-Шушенской ГЭС	400
<i>Тетельмин В.В., Даниелов Э.Р.</i> Составляющие полной осадки земной поверхности от веса крупного водохранилища	405
<i>Усманова М.Т.</i> Недавние сильные землетрясения в сейсмичности и геодинамике западного Тянь-Шаня	410
<i>Фефелова И.А.</i> Явление тягуна в порту города Корсаков Сахалин- ской области	414
<i>Фруммин Г.Т., Давыденко Е.В.</i> Межгодовая динамика атмосферных осадков в Санкт-Петербурге	420
<i>Хоситашвили Г.Р.</i> К решению оползневой проблематики при проектировании линейных сооружений (на примере магистраль- ного газопровода «Голубой поток»)	424

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ И СОЗДАНИЕ СИСТЕМ РАННЕГО ОПОВЕЩЕНИЯ О ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

<i>Абдуллабеков К.Н., Максудов С.Х., Туйчиев А.И., Муминов М.Ю.</i> Результаты многолетних исследований сейсмомагнитного эффек- та в Узбекистане	433
<i>Аронов А.Г., Сероглазов Р.Р., Аронова Т.И., Колковский В.М., Аронов В.А.</i> Мониторинг сейсмических процессов в связи со строительством Белорусской АЭС	439
<i>Байда С.Е.</i> Требования к разработке систем мониторинга опасных природных процессов	445
<i>Бакбергенов Н.Н.</i> Автоматизированная система по предупрежде- нию ЧС на водных объектах	451
<i>Ершов В.В.</i> Проблемы и методы геомониторинга и оценки опас- ности грязевулканической деятельности	458
<i>Керамова Р.А.</i> Анализ экстремальной трансформации геодинами- ческой обстановки в экологическую трагедию (на примере нефте- газового месторождения в Азербайджане)	464
<i>Козлова И.А., Юрков А.К., Меньшикова А.М., Антипин А.Н.</i> Ва- риации объемной активности почвенного радона при подготовке тектонических событий	469

<i>Марчук А.Н., Марчук Н.А.</i> Прогноз землетрясений с помощью измерительных систем плотин	475
<i>Молдобеков Б.Д., Абдыбачаев У.А., Тешебаева К.</i> Оценка оползневой опасности с использованием методов дистанционного зондирования (ДЗЗ)	481
<i>Назаревич А.В., Назаревич Л.Е.</i> Сейсмотектонические исследования и сейсмопрогностический мониторинг в проблеме сейсмического риска	488
<i>Насонкин В.А., Боборыкина О.В., Панков Ф.Н.</i> Некоторые результаты исследований литосферных деформаций на Севастопольской интерферометрической станции в сезоне 2014 г.	495
<i>Насруллин А.Б., Шаазизов Ф.Ш.</i> Опыт разработки критериев системы гидроэкологического мониторинга на базе ГИС-технологий для изучения природных и техногенных процессов, влияющих на безопасную эксплуатацию гидротехнических сооружений Узбекистана	500
<i>Ниязов Р.А., Бимурзаев Г.А.</i> Виды и содержание предупредительной информации при мониторинге опасных геологических процессов в Узбекистане	506
<i>Попова О.Г., Жигалин А.Д., Васютинская С.Д., Попов М.Г., Аракелян Ф.О., Недядько В.В.</i> Сейсмический мониторинг для изучения сейсмоопасных и особо важных объектов	513
<i>Рафиков В.А.</i> Вопросы мониторинга опустынивания в Узбекистане	521
<i>Фролова Н.И., Коломиец М.В., Угаров А.Н., Барская Т.В.</i> Оценка погрешностей в определении параметров землетрясений ССД ГС РАН	527
<i>Хамидов Л.А., Зияудинов Ф.Ф., Хамидов Х.Л., Артиков Ф.Р.</i> Инженерные основы цифрового сейсмометрического наблюдения в зоне водохранилищ Узбекистана	534
<i>Шалагинов А.Е., Неведрова Н.Н.</i> Геоэлектрическое строение и мониторинг электромагнитных параметров в зоне сейсмической активизации горного Алтая	540
<i>Шержуков Е.Л., Магрицкий Д.В.</i> Стоковые наводнения на реках Черноморского побережья: комплексный анализ, мониторинг и раннее оповещение	546
<i>Шумакова Е.М.</i> Системный подход к организации геодинамического мониторинга в районе крупных гидроэлектростанций (на примере Жигулевской ГЭС)	552
<i>Эргешов И.М., Хамидов Л.А., Хусомиддинов А.С., Хамидов Х.Л.</i> Особенности морфологии части Западного Тянь-Шаня для установки GPS-пунктов	558

<i>Юсупов Ш.С., Нурматов У.А., Шин Л.Ю.</i> Некоторые особенности проявления гидрогеосейсмологических предвестников землетрясений	564
УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ	571

Научное издание

**АНАЛИЗ, ПРОГНОЗ И УПРАВЛЕНИЕ
ПРИРОДНЫМИ РИСКАМИ
В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ**

В двух томах

Том 1

Издание подготовлено в авторской редакции

Технический редактор *Н.А. Ясько*
Компьютерная верстка *Н.В. Малаховская*
Дизайн обложки *М.В. Рогова*

Подписано в печать 21.09.2015. Формат 60×84/16
Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура Таймс
Усл. печ. л. 33,95. Тираж 320 экз. Заказ 1147

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.: (495) 952-04-41