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 2

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 мире : 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. 2. – 550 с. : ил.
ISBN 978-5-209-06741-2 (т. 2)

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 УДК 504.06:502 (063)
ISBN 978-5-209-06741-2 (т. 2) ББК 20.1

© Коллектив авторов; отв. ред. В.И. Осипов, 2015
© Российский университет дружбы народов, Издательство, 2015

ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ ПРИРОДНЫМИ РИСКАМИ, ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ И РАЗРАБОТКА НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

ASSESSMENT AND MANAGEMENT OF NATURAL RISKS, ENGINEERING PROTECTION OF TERRITORIES AND THE DEVELOPMENT OF REGULATORY DOCUMENTS

К ВОПРОСУ ОБ УПРАВЛЕНИИ КАТАСТРОФИЧЕСКИМИ РИСКАМИ

В.П. Авдотьин, Г.И. Горемыкина, А.В. Радецкий, С.А. Щур

ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), Москва
E-mail: avdotinvp@mail.ru

TO THE PROBLEM OF CATASTROPHIC RISKS MANAGEMENT

The methodology of fuzzy modeling of assessment of catastrophic risks is suggested in this article.

В настоящее время наблюдается тенденция роста количества разрушительных природных бедствий. Наносимый ими ущерб приводит к тяжелым социально-экономическим и экологическим последствиям. Поэтому необходимо постоянное совершенствование технологий управления природными рисками. Особенно это касается управления рисками, имеющими катастрофические последствия (такие риски часто называют катастрофическими).

Основой управления рисками являются их количественные оценки. При достаточных объемах статистических данных (когда значения параметров законов распределения случайной величины известны) для оценок рисков используют вероятностные модели. При малых объемах статистических данных указанные модели имеют свою специфику. Они требуют определения законов распределения случайной величины. Однако вероятностный подход не всегда применим к оценкам катастрофических рисков как крайне

маловероятных с серьезными последствиями. Оценки указанных рисков приходится производить при полном отсутствии статистических данных; ограниченности информации, приводящей к неустойчивости получаемых распределений вероятностей; учете факторов неопределенности, имеющих отличную от статистической природу. Использование же в вероятностных моделях вместо неточно известных количественных данных их средних значений может привести при недостаточных объемах статистики к решению не существующей в действительности проблемы и получению недопустимого для реальной ситуации решения. Поэтому предлагается модель оценки катастрофических рисков, основанная на применении нечеткой технологии.

Проведем формализацию процесса определения величины катастрофического риска (без уточнения вида риска) с помощью лингвистической переменной. Для этого определим:

– имя лингвистической переменной: R – «*Катастрофический риск*»;

– терм-множество: T = {«низкий риск» –T_1, «средний риск» – T_2, «высокий риск» – T_3};

– универсальное множество: X = [0; 1], на котором задаются терм-множества с треугольными функциями принадлежности;

– синтаксические правила G, позволяющие образовывать новые термы;

– семантические правила M: процедура объединения термов T_1, T_2, T_3 терм-множества T, заданных на универсальном множестве X = [0; 1] с учетом G.

Заключение о риске эксперты делают на основании анализа ключевых показателях риска (КПР). Основной задачей при их разработке являются выявление и отбор ряда критериев, однозначно характеризующих динамику риска и позволяющих в полной мере описать эти изменения. Условием отбора является возможность фиксировать изменение

риска, делая это с помощью количественных показателей или качественных формулировок. Критерии, отвечающие условию отбора, включаются в перечень КПР.

Пусть эксперты выбрали систему из n показателей $x_1, \ldots, x_n$. Каждый ключевой показатель – лингвистическая переменная, принимающая свои значения на определенном числовом промежутке, за границы которого показатель не должен выходить. Лингвистические терм-множества каждой переменной задаются экспертами. Модель оценки риска R представляет собою функцию следующего вида:

$$X_1 \times \ldots \times X_n \to [0; 1],$$

где $X_1 \times \ldots \times X_n = \{(x_1, \ldots, x_n) | x_1 \in X_1, \ldots, x_n \in X_n\}$;

$(x_1, \ldots, x_n)$ – вектор КПР.

В качестве одного из катастрофических рисков рассмотрим астероидно-космический риск и проведем нечеткое моделирование системы его оценки, ограничившись рассмотрением двух ключевых показателей. Вводим лингвистическую переменную R = «*Астероидно-космический риск*». В качестве ее лингвистических терм-множеств эксперты указали {низкий, средний, высокий}, а значения параметров соответственно: (0; 0; 0,4), (0,1; 0,5; 0,9), (0,6; 1; 1).

Заключение об оценке риска было дано на основе следующих показателей (А.В. Зайцев, НПО им. Лавочкина): x_1 – количество лет до сближения астероида с Землей; x_2 – диаметр астероида. Для переменной x_1 был определен диапазон значений от 0 до 40. Для переменной диапазон значений составил отрезок от 0,1 до 200 (единица измерения – км). Терм-множества переменных x_1 и x_2 были выбраны с треугольными функциями принадлежности. Это обусловлено тем, что для их определения требуется наименьший по сравнению с другими (гауссовыми, сигмоидальными и пр.) функциями объем информации, что является определяющим фактором при моделировании в условиях ограничен-

ности исходной информации. В качестве нечеткой базы знаний, являющихся носителем экспертной информации, были сформулированы логические правила, которые выражаются в виде пар посылок и заключений типа «*Если…, то…*». Элементы антецедентов нечетких правил связаны логической операцией И. В предлагаемой модели применяется схема нечеткого вывода по Мамдани, в которой антецеденты и консеквентны правил являются нечеткими высказываниями.

В качестве практического инструмента для реализации нечеткой модели оценки астероидно-космического риска авторы выбрали среду *MatLab*, используя при этом пакет *Fuzzy Logic Toolbox* и интерактивный модуль *fuzzy*. На рис. 1 приведена карта поверхности вывода моделируемой системы.

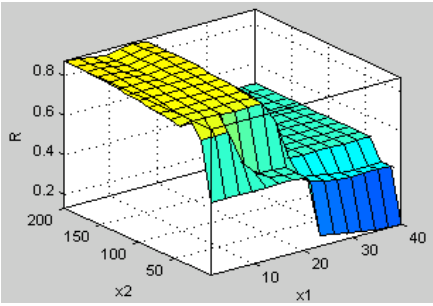


Рис. 1. **Карта поверхности решений системы оценки астероидно-космического риска (компьютерное отображение)**

Используя в качестве исходных данных количественные варианты реализации построенной нечеткой системы оценки астероидно-космического риска, была построена модель множественной регрессии. Расчет коэффициентов регрессии производился в вычислительной среде табличного процессора Microsoft Excel.

На рис. 2 представлены рассчитанные статистические показатели под заголовком «ВЫВОД ИТОГОВ».

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	ВЫВОД ИТОГОВ								
2									
3	*егрессионная статистика*								
4	Множественный	0,885052							
5	R-квадрат	0,783318							
6	Нормированный	0,757826							
7	Стандартная оши	0,121982							
8	Наблюдения	20							
9									
10	Дисперсионный анализ								
11		*df*	*SS*	*MS*	*F*	*Значимость F*			
12	Регрессия	2	0,914433	0,4572166	30,72792	2,26204E-06			
13	Остаток	17	0,252952	0,0148795					
14	Итого	19	1,167385						
15									
16		*Коэффициен*	*артная о*	*татистик*	*-Значени*	*Нижние 95%*	*ерхние 95%*	*ижние 95,0%*	*рхние 95,0*
17	Y-пересечение	0,691723	0,06448	10,72769	5,48E-09	0,555681599	0,827764	0,5556816	0,827764
18	Переменная X 1	-0,012	0,002294	-5,230986	6,78E-05	-0,016838619	-0,00716	-0,016839	-0,00716
19	Переменная X 2	0,001426	0,000404	3,5282255	0,002581	0,000573311	0,002279	0,0005733	0,002279

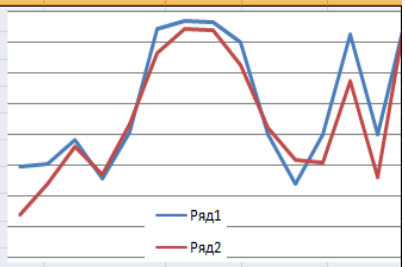


Рис. 2. **Лист Excel с результатами расчета коэффициентов регрессии**

Было получено следующее уравнение регрессии:

$$R = 0{,}692 - 0{,}012x_1 + 0{,}001x_2\,,$$

которое может быть использовано при оценке риска.

В верхнем правом углу рис. 2 представлена геометрическая интерпретация оценок риска, рассчитанных по нечеткой модели (ряд 1) и по модели множественной регрессии (ряд 2). Несмотря на существование некоторых ошибок, количественную оценку риска можно определить по модели многофакторной регрессии. Повышение точности нечеткой модели может быть осуществлено через настройку веса правил и функций принадлежности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Авдотьин В.П., Дзыбов М.М., Самсонов К.П.* Оценка ущерба от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного харак-

тера: монография / МЧС России, ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). – М., 2012.

2. *Акимов В.А., Болов В.Р., Дерюгин В.А., Зайцев А.В., Зецер Ю.И., Шувалов В.В., Козлов М.А., Котляревский В.А., Ларионов В.И., Сущев С.П., Угаров А.Н., Махутов Н.А., Пучков В.А., Таранов А.А., Шор В.А.* О возможности создания службы прогнозирования районов и последствий падения небесных тел // XIX Международная научно-практическая конференция по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций: Тезисы докладов. – М., 2014. – С. 127–128.

3. *Акимов В.А., Жаренов А.Б.* Неопределенность в прогнозировании и планировании. Общенаучный аспект // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – 2014. – Т. 4. – № 1. – С. 167–173.

4. *Бююль А., Цефель П.* SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей. – СПб: ООО «ДиаСофтЮП», 2005.

5. *Горемыкина Г.И, Дмитриевская Н.А., Мастяева И.Н.* Экономико-математическое моделирование систем управления на основе нечеткой технологии: монография. – М.: МЭСИ, 2014.

6. *Горемыкина Г.И., Мастяева И.Н., Федорчук А.А.* Моделирование системы риск-менеджмента в компаниях энергетического сектора // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2015. – № 5 (290). – С. 10–22.

7. *Зайцев А.В.* Астероидно-кометная опасность как фактор экологического риска // Актуальные проблемы экологии и природопользования. – М.: РУДН, 2003.

8. *Осипов В.И., Рагозин А.Л.* Идентификация и прогнозная оценка стратегических природных рисков России // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – 2013. – Т. 3. – № 2. – С. 163–178.

9. *Пучков В.А., Авдотьина Ю.С., Авдотьин В.П.* Административно-правовые режимы управления природными и техногенными рисками: монография / ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). – М., 2012.

ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ НА ВЫСОКОГОРНЫХ РУДНИКАХ ТЯНЬ-ШАНЯ

Ю.Г. Алешин, И.А. Торгоев

Научно-инженерный центр «Геоприбор» НАН КР,
Бишкек, Кыргызстан
E-mail: geopribor@mail.ru

NATURAL TECHNOLOGICAL HAZARDS ON MOUNTAIN MINES OF TIEN SHAN

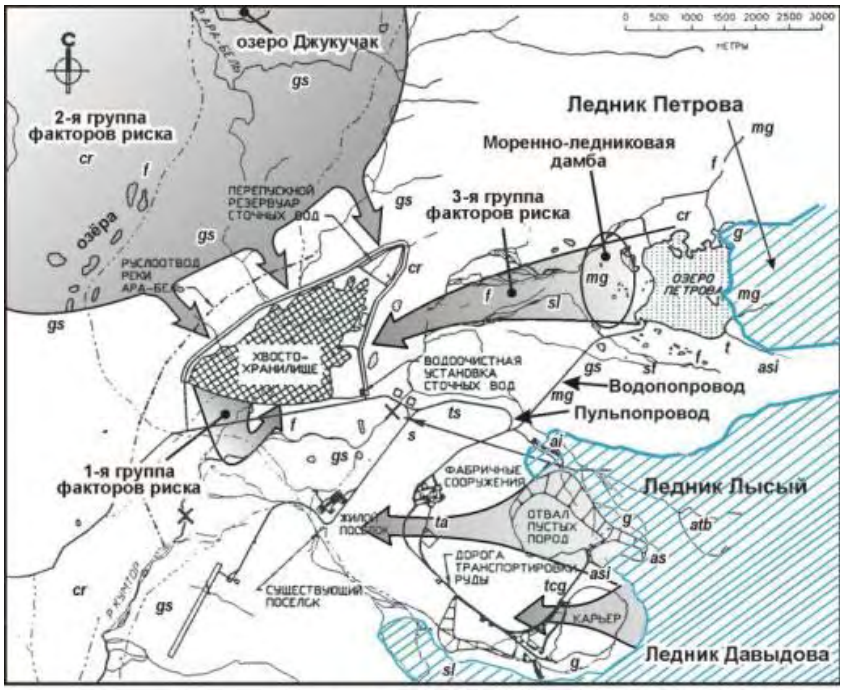
The complex of the dangerous geological processes defining development and transformation of geoecological risk in territories of high-mountainous mines of internal Tien-Shan is considered. On mine Kumtor example four groups of characteristic risk factor are allocated and the example of their estimation is set.

Новый этап горнопромышленного освоения недр Тянь-Шаня с начала нынешнего столетия связан с перемещением горных работ в высокогорные регионы. Можно указать на целый ряд крупных золоторудных месторождений внутреннего Тянь-Шаня, подготовленных к освоению или уже эксплуатируемых, расположенных на высотах выше 3600 м: Кумтор, Макмал, Джеруй, Солтон-Сары, Ат-Джайлоо. Районы разработки подобных месторождений полезных ископаемых характеризуется экстремальными природно-климатическими условиям: вечномерзлое состояние грунтов и скальных пород, наличие ледников, широкое развитие криогенных и гляциальных процессов и явлений при повышенной сейсмической активности территории, сложности геологического строения и сочетание тектонических структур различного масштаба. Эти особенности высокогорных районов предопределяют невысокую геотехническую и геоэко-

логическую устойчивость и повышенную уязвимость горных территорий по отношению к техногенным воздействиям.

К настоящему времени еще не накоплен и не обобщен опыт проектирования сооружения, длительной эксплуатации горнопромышленных объектов и, тем более, длительного их содержания в законсервированном состоянии. Поэтому анализ ряда специфических негативных событий, предаварийных и аварийных ситуаций, произошедших за 18 лет эксплуатации высокогорного рудника Кумтор (рис. 1), объекты которого расположены на высоте от 3600 до 4000 м над уровнем моря на участке, примыкающем к леднику и озеру Петрова (горный массив Ак-Шийрак), может явиться существенным вкладом в разработку стратегии освоения минерально-сырьевых ресурсов высокогорья на уровне недропользователей в части обеспечения безопасной и эффективной разработки месторождений и реализации природоохранных мероприятий [1], имея в виду также и те отдаленные экологические последствия техногенного нарушения природной среды, которые необходимо предвидеть уже сегодня. Спустя годы негативные последствия сложно будет устранить в условиях труднодоступной высокогорной местности и отсутствия мощной горно-строительной техники.

К настоящему времени проявились следующие геотехнические и геоэкологические проблемы, серьезно осложняющие и сдерживающие планомерное и безопасное освоение недр на руднике Кумтор [2]: массовые гравитационные обрушения высокого и крутого борта в северо-восточной части Центрального карьера (ЦК); оползание в ЦК первоначальных отвалов и глетчерного льда ледника Давыдова в юго-восточной части карьера; подвижки ледово-каменной массы отвалов вниз по долине р. Чон-Сарытор с реальной угрозой разрушения объектов производства и инфраструктуры рудника (актуальная группа факторов риска); потеря устойчивости удерживающей дамбы хвостохранилища циансодержащих отходов ЗИФ (первая группа факторов риска);



Условные обозначения ЭГП

cr	— криодиагенез;	*sl*	— грязевые и грязекаменные потока;
gs	— солифлюкция и склоновый смыв;	*sf*	— водоснежные и каменные потоки;
f	— флювиальные процессы;	*tcg*	— крипосыпи и солифлюкция;
mg	— моренно-ледниковые процессы;	*ts*	— осыпание и склоновый смыв;
t	—термокарст;	*atb*	— обрушение глыб льда и скальных блоков;
g	— гляциальные процессы;	*s*	— склоновый смыв;
as	— обвалы снега;	*ta*	— осыпание;
asi	— обвалы снега и льда;	*ai*	— обвалы льда.

Рис. 1. **Группы факторов риска на руднике Кумтор**

деградация вечной мерзлоты и активизация процесса фильтрации воды из отведенного русла р. Арабель в бьеф хвостохранилища (вторая группа факторов риска); активизация процессов термокарста на моренно-ледниковой дамбе озера Петрова с угрозой ее прорыва и затопления хвостохранилища (третья группа факторов риска).

Активное вовлечение моренно-ледниковых комплексов в горно-технологический процесс (складирование вскрышных и пустых пород на поверхности ледников с их общей массой 500 млн т, подсекающая выемка льда) существенно изменили режимы и параметры гляциологических и гидрологических процессов. Была нарушена естественная геодинамическая устойчивость геологических структур; масштаб и скорость смещения ледово-каменной массы ледниковых и породных отвалов (техногенного каменного глетчера) приняли угрожающий характер: за период с 2002 по 2010 г. язык ледника Давыдова продвинулся вниз по долине на 1,1–1,5 км при скорости, порой превышающей 30 м/месяц. При этом было разрушено ряд объектов инфраструктуры рудника, а другие нуждаются в передислокации на безопасные участки.

Хвостохранилище ЗИФ действующего рудника Кумтор является наиболее крупным гидротехническим сооружением зоны вечной мерзлоты внутреннего Тянь-Шаня: в настоящее время кумулятивный объем хранения твердых отходов достигает 65 млн м^3, высота удерживающей дамбы ~47 м при длине гребня более 4 км. Оно заложено в долине реки Арабель выше слияние ее с рекой Кумтор, являющейся источником р. Нарын (Сырдарьи), в непосредственной близости (~5 км) от приледникового озера Петрова, в зоне транзита флювиогляциальных и селевых масс в голоцене, которые прорезали среднечетвертичные морены.

Генезис опасностей первой группы определяется особенностями состава, строения, свойств и термического режима грунтов аллювиальной террасы на границе с озерными суглинисто-илистыми отложениями малой мощности (до 2 м) при слабом их уклоне (от 1 до 2°) в сторону нижнего бьефа, залегающие на глубине – 4 м. Эти отложения с тонкими линзами и прослоями льда, весьма низкими прочностными характеристиками (угол внутреннего трения φ составляет от 1,5 до 2,5°), в начале строительства мерзлые, но по

мере возведения объекта переходящие в талое состояние, стали причиной развития крупных деформаций и смещений на контакте дамбы с основанием со скоростью до 6 мм/мес. Положение усугубляется еще тем, что основание дамбы покоится на современных и древних меандрах русла р. Арабель. Несмотря на то, что воды реки отведены в искусственное русло за пределами хвостохранилища, здесь сохранился подрусловый сток обогащенный инфильтравтом хвостовых вод.

Активизация второй грунты факторов риска связана с изменением климата и техногенным влиянием на большой водосборной площади, которая превышает площадь бьефа хвостохранилища в 55 раз. Запасы влаги в грунтах этой площади, включая погребенные льды, могут превышать 1 млрд $м^3$. Деградация мерзлой толщи и развитие термокарте приводят к деформациям русел отводного канала р. Арабель и нагорной канавы, что создает условия для неконтролируемого стока поверхностных и подземных вод в бьеф хвостохранилища.

Факторы третьей группы формируют опасность прорыва дамбы озера Петрова с последующим формированием мощного селевого паводка, в составе твердой фазы которого будут содержаться крупные глыбы погребенного глетчерного льда с зоной транзита по поверхности и дамбе хвостохранилища и вовлечением в процесс цианосодержащих отходов.

Во временном разрезе эффективность действия указанных групп факторов риска распределяется следующим образом:

– актуальная группа факторов – с момента отработки карьерного поля, нарастанием риска с расширением фронта горных работ и его сохранение после завершения эксплуатации рудника;

– первая группа – с момента начала строительства и эксплуатации хвостохранилища с возрастанием риска раз-

рушения объекта при использовании первоначального проекта и постепенным снижением его по мере получения данных мониторинга, инженерно-геологической изученности, реабилитации и корректировки проекта;

– вторая группа – с момента завершения горных работ, консервации объекта и ликвидации рудника с нарастанием риска во времени, согласованно с изменением климатических условий;

– третья группа – с момента начала строительства и эксплуатации объекта с постоянным возрастанием риска разрушения объекта во времени, согласованно с изменением климатических условий.

Возведение крупномасштабных и экологически опасных объектов в малоизученных высокогорных районах должно опираться на детальный мониторинг самого объекта и окружающей среды, при необходимости – оперативной корректировки проектов, срочной реабилитации только что возведенного объекта. Необходимо быть готовым к преждевременной его консервации, поиску новых участков заложения и достаточно высокими дополнительными затратам, связанными со всеми указанными мероприятиями. Проектирование и поддержание объектов в безопасном состоянии в таких условиях носит, фактически, циклический или перманентный характер с опорой на вновь полученные данные инженерно-геологических и геоэкологических изысканий, а также и анализа проявившихся «дефектов», ослабленных зон, неустойчивых участков при взаимодействии техногенных объектов с геологической средой.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Айтматов И.Т., Алешин Ю.Г., Торгоев И.А.* Высокогорные хвостохранилища: концептуальные основы обеспечения безопасности // Известия Национальной академии наук КР. 2011. № 1. – С. 53–63.

6. *Торгоев И.А., Алешин Ю.Г.* Геоэкология и отходы горнопромышленного комплекса Кыргызстана. Бишкек: Илим. 2009. – 240 с.

РЕШЕНИЕ ЭКОПРОБЛЕМЫ АРАЛЬСКОГО МОРЯ ПОЛИМЕРНЫМИ РЕАГЕНТАМИ ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ПЕСКОВ

М.У. Алламуратов, Я.И. Аметов, А.Т. Есимбетов, А.А. Алимбетов

Каракалпакский государственный университет им. Бердака, Нукус, Республика Каракалпакистан
E-mail: n.amet@rambler.ru

SOLVING ECOLOGICAL PROBLEM OF ARAL SEA BY USING POLYMERIC REAGENTS FOR SAND STABILIZATION

The Aral Sea drying is a global modern problem. It is aggravated by the fact that moving sand of the dry bottom at the Aral Sea are strongly salinized containing huge amount of different hazardous chemical reagents, contained in mineral fertilizers and dust. Sand is one of the serious factors of the aggravating ecological situation in the Aral region.

Проблема высыхания Аральского моря является глобальной проблемой современности. Эта проблема усугубляется и тем, что подвижные пески осушенного дна Арала сильно засоленные, содержать огромное количество различных вредных химических реагентов, входящих в состав различных минеральных удобрений и пыли. Одним из серьезных факторов ухудшения экологической обстановки в регионе Аральского моря является вынос солей и пыли с территории этих районов.

В этом контексте проблема закрепления засоленных песков осушенного дна Арала, создание прочных поверхностных структур, не препятствующих росту растений и защищающих от выветривания вследствие сильного аэроди-

намического потока, является актуальнейшей проблемой современной полимерной химии и экологии в целом.

Известно, что осушенное дно Аральского моря покрыто слоем засоленных подвижных песков площадью в более 2400 тыс. га. Содержание в них водопрочных макроструктур больше 0,25 мм, имеющих важное значение для культивирования солестойких растений на этих песках, незначительное и зачастую не превышает 5–7% от общей массы песка, вследствие чего затруднено их рациональное использование в сельскохозяйственном секторе экономики. В связи с этим, важной является проблема защита песков от ветровой эрозии путем создания прочной поверхностной корки, обеспечивающей закрепление минеральных частиц и солей в местах их образования с целью предотвращения дефляции.

В этом аспекте, целью проводимых нами в последнее время научно-исследовательских работ является защита подвижных песков от ветровой эрозии путем химического закрепления с помощью высокомолекулярных композиционных добавок, полученных на основе промышленных отходов химических предприятий нашей республики.

Нами проведены исследования по синтезу и разработке технологии получения водорастворимых полимеров на основе эпихлоргидрина (ЭХГ) с фосфорсодержащими соединениями, полученными на основе отходов ОАО «Махам-Аммофос», так как из литературы известно, что ЭХГ легко вступает в реакцию электрофильного замещения с такими электроположительными центрами, как азот и фосфор. Последнее и предопределило возможность исследовать поведение ЭХГ в реакциях электрофильного замещения с вышеуказанными соединениями, с целью получения высокомолекулярных соединений и полиолов, и возможности применения их в качестве структуробразователя грунта и закрепителя песков.

Обнаружено, что при смешении ЭХГ с фосфористой кислотой, как в массе, так и в среде органических растворителей в широком интервале температуры, образуются высокомолеку-

лярные вещества, которые не содержат свободных молекул мономеров, т.е. протекает реакция необратимой поликонденсации.

Закономерности поликонденсации ЭХГ с фосфористой кислотой изучали при эквимолярных соотношениях исходных компонентов в интервале температур 333–373 К в течение 300 мин. Протекание процесса поликонденсации контролировали потенциометрическим титрованием кислотных групп. Поскольку изменение приведенной вязкости и выделение хлористого водорода являются прямым результатом описываемых процессов, то количественная оценка двух этих факторов и послужила методом определения скорости поликонденсации ЭХГ и ФК.

Для выяснения характера взаимодействия фосфористой кислоты с вышеуказанным мономером были исследованы УФ-, ИК-спектры исходных и конечных продуктов, а также ПМР-спектры исходных соединений.

ИК-спектроскопическим исследованием установлено наличие поглощения при частотах 760–730, 1100, 1400, 1500, 1965 $см^{-1}$ характерное для С-О-Р связей, а также валентное колебание гидроксильных групп при частотах 2500, 3020 $см^{-1}$. Выявлено также, что в ИК-спектре полимера, полученного на основе взаимодействия фосфористой кислоты с ЭХГ, полоса, отвечающая валентным колебаниям С-Cl связи, смещена в низкочастотную область до 1350 $см^{-1}$, по сравнению с таковой в спектре отхода. Валентное колебание С-СI – связи (850–800 $см^{-1}$), относящейся к группе ЭХГ, исчезает за счет образования новой химической ОН – связи в области 2500 и 3020 $см^{-1}$. При этом также образуются новые интенсивные полосы поглощения в области 1050–1100 $см^{-1}$, относящиеся к ассиметричным колебаниям эфирной связи (-С-О-Р-) за счет раскрытия эпоксигруппы (1250, 930 $см^{-1}$) ЭХГ в процессе взаимодействия с фосфористой кислотой. Результаты ИК-, ПМР- и УФ-спектроскопических исследований и элементного анализа, потенциометрического титрования свидетельствуют о том, что полученные продукты являются линейным полимером.

Продукты реакции представляют собой очень вязкие неокрашенные либо окрашенные в янтарный цвет жидкости, их физико-химические характеристики полностью идентифицированы.

Далее были исследованы прикладные свойства разработанных полимерных структурообразователей. В качестве объекта были использованы образцы засоленных подвижных песков осушенного дна Аральского моря. Исследование по закреплению засоленных подвижных песков осушенного дна Аральского моря высокомолекулярными добавками с помощью песок-связующих полимеров изучены при концентрации растворов 0,1, 0,3, 0,5 и 1,0%. Обработка поверхности песка осуществлялось путем ее опрыскивания растворами полимера. Результаты исследований влияния высокомолекулярных композиции на формирование ветро- и водопрочных агрегатов, а также на механическую прочность корки показали, что разработанные нами полимерные композиции в значительной мере создают благоприятные условия для культивирования солестойких растений на закрепленных песках осушенного дна Аральского моря.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ МЕТОДОВ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСЛОЖНЕННЫХ УСЛОВИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

А.В. Анциферов*[*], *В.В. Туманов*[*],
***Я.М. Юфа*[*], *В.В. Ремнев*[**]**

[*]*Украинский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики и маркшейдерского дела Национальной академии наук Украины (УкрНИМИ), Донецк, Украина*
E-mail: ukrnimi@ukrnimi.donetsk.ua

**АО «Мосинжпроект», Москва
E-mail: RemnevVV@mosinzhproekt.ru

ASSESS THE POSSIBILITY OF SEISMIC METHODS FOR THE CONTROL OF COMPLICATED MOSCOW METRO CONSTRUCTION

By the example construction of the Moscow metro line Kozhukhovskaya considered the possibility of forecasting methods of seismic refraction and reflection, as well as the method of seismic location, approach «quicksand» to the level of tunneling in dispersed rocks.

Большинство подземных сооружений требуют инженерно-геологических исследований на всех стадиях проектирования и строительства.

Особенное значение их всестороннее и тщательное проведение имеет при строительстве тоннелей, как сложных в строительстве и эксплуатации, дорогостоящих, часто уникальных сооружений. Относительно небольшие по протяженности тоннели, такие как коммунальные, метрополитена или другие транспортные (в том числе с технологическими трубопроводами), проектируются на относительно небольших глубинах, как в скальных, так и в дисперсных породах.

Сложность инженерно-геологических условий при строительстве тоннелей проявляется в виде разнообразных инженерно-геологических процессов и явлений, недостаточное и неполное изучение которых может привести к возникновению значительных трудностей при строительстве.

По Г.С. Золотареву [1], виды, интенсивность развития, масштабы и другие особенности инженерно-геологических явлений, помимо конструктивно-строительных параметров подземного сооружения, определяется главным образом факторами геологической среды (закарстованность и тре-

щиноватость вмещающих пород, их обводненность, тектоническая нарушенность, геоморфологические условия, развитие геологических процессов и т.п.)

Инженерно-геологическая съемка, предваряющая строительство тоннелей, помимо геологоразведочных работ, должна сопровождаться (особенно в сложных горно-геологических условиях) геофизическими исследованиями, с помощью которых может быть уточнен геологический разрез и выявлены неблагоприятные для строительства подземных сооружений явления (карст, зоны тектонических нарушений, другие ослабленные зоны и пр.).

Согласно [2], основными методами геофизического контроля в шахтах и тоннелях являются сейсмические и электрометрические.

Исследования с использованием некоторых модификаций этих методов были проведены при консультативном участии УкрНИМИ на участках строительства технологических тоннелей через горные хребты «Кобыла» и «Безымянный» в Краснодарском крае, а также дополнительного технологического тоннеля через Маркхотский хребет между нефтебазами «Грушовая» и «Шесхарис» в районе г. Новороссийска [3].

В качестве примера оценки перспективности методов сейсморазведки при изучении сложных инженерно-геологических условий строительства тоннелей в дисперсных породах рассмотрим строящуюся Кожуховскую линию Московского метрополитена.

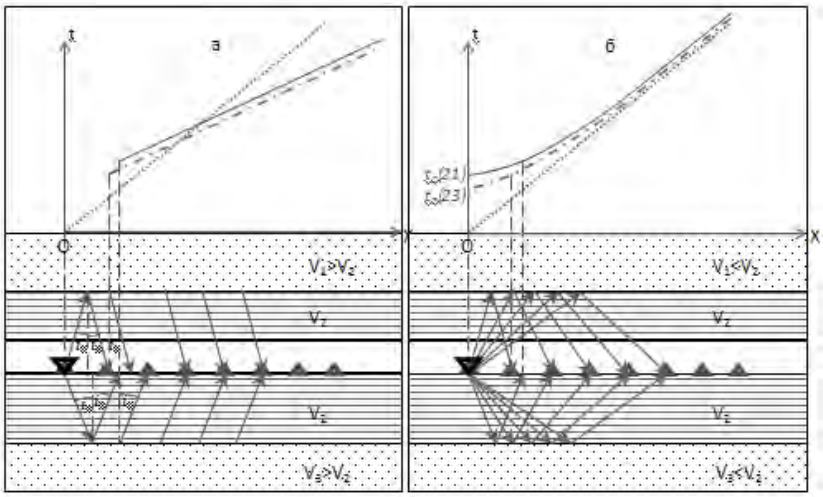
Проходка тоннелей планируется в четвертичных суглинках с единичными линзами песка различной крупности. Сверху суглинки перекрываются четвертичными песками мелкими и пылеватыми, водонасыщенными. Под четвертичными суглинками залегают верхнеюрские отложения титонского яруса (J3tt), представленные в основном, суглинками тяжелыми, песчанистыми, тугопластичными, но в верхней части верхнеюрских отложений возможно присут-

ствие плотных пылеватых водонасыщенных песков. На протяжении проектируемой Кожуховской линии наблюдается несколько размывов в породах юры и карбона, вероятно, связанных с тектоническими нарушениями, которые могут быть заполнены песками. Встреча проходкой обводненных песков («плывунов») чревата серьезными осложнениями технологии проходческих работ, вплоть до возникновения аварийных ситуаций.

С помощью геофизических наблюдений, сопутствующих проходке тоннелей, возможен своевременный прогноз приближения песков к уровню проходки.

Можно отслеживать приближение песков к уровню проходки тоннеля как сверху, так и снизу, профилированием вдоль стенки тоннеля вплоть до забоя с помощью КМПВ (корреляционный метод преломленных волн) (при Vсуглинков < Vпесков) или МОВ (метод отраженных волн) (при Vсуглинков > Vпесков). Принцип определения положения контакта песков с суглинками методом КМПВ основан на следующих предпосылках. Если скорости продольных волн в суглинках, по которым идет проходка тоннеля, меньше скорости продольных волн в песках (Vсуглинков < Vпесков), то на некотором расстоянии от пункта возбуждения волна, преломленная на контакте суглинков с наиболее близким к тоннелю пластом песков, выходит в первые вступления (рис. 1). Это дает возможность вычислить расстояние от линии профиля КМПВ, расположенного вдоль оси тоннеля, до рассматриваемого пласта песков, который может располагаться как выше, так и ниже уровня проходки тоннеля.

Допустим, ближайший к линии проходки пласт песков находится выше уровня проходки. В этом случае волна, преломленная на поверхности песков, залегающих ниже уровня проходки, не выйдет в первые вступления и будет интерферировать в последующих вступлениях с волной, преломленной на контакте суглинков с вышезалегающими песками (рис. 1, *а*).



Условные обозначения:

– пески; – суглинки; V_1, V_3 – скорости продольных волн в песках; V_2 – скорости продольных волн в суглинках; – тоннель; – пункт возбуждения колебаний; – сейсмоприемник; – лучи прямых, преломленных, отраженных волн; i_{21}, i_{23} – критические углы; – годограф прямой продольной волны; – годограф головной волны на контакте с вышележащими песками; – годограф головной волны на контакте с нижележащими песками; – годограф волны, отраженной от контакта с вышележащими песками; – годограф волны, отраженной от контакта с нижележащими песками

Рис 1. **К обоснованию использования КМПВ при Vсугл<Vпесков** (*а*) **и МОВ при Vсугл>Vпесков** (*б*)

При равных расстояниях до залегающих сверху и снизу песков волны, преломленные на контактах с вышележащими и нижележащими песками, будут взаимоподавляться. Если нижележащий пласт песка начнет приближаться к уровню проходки, и в некоторый момент расстояние до него станет меньше, чем расстояние до вышележащего пласта, волна, преломленная на его поверхности, выйдет в первые вступления, обогнав волну, преломленную на контакте су-

глинков с вышележащими песками. Определить, какая именно волна вышла в первые вступления, всегда можно путем сопоставления полярности данной волны с полярностью прямой волны. Таким образом, существует возможность однозначного определения расстояния до вышележащего и нижележащего пластов песка и своевременного прогноза приближения пласта песков к тоннелю.

В случае, если скорость продольных волн в суглинках, по которым идет проходка тоннеля, больше скорости продольных волн в песках (Vсугл > Vпесков), головная волна на контакте «суглинок–песок» не образуется, и наблюдается только отраженная от данного контакта волна, годограф которой с расстоянием асимптотически приближается к годографу прямой волны, не пересекая его (рис. 1, *б*). Все вышеприведенные соотношения между головными волнами, образующимися на контактах суглинков с вышележащими и нижележащими песками, справедливы и для отраженных волн.

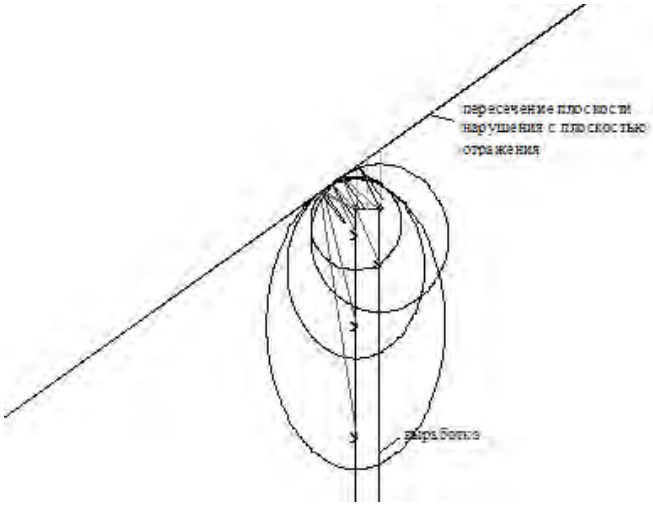


Рис. 2. **Схема сейсмолокации нарушения из выработки.**

Обработка способом эллипсов:
∨ – пункт возбуждения; Δ – пункт приема

Таким образом, прогноз приближения пласта песков к тоннелю возможен и по результатам интерпретации данных МОВ. Для наиболее точного построения отражающих границ (контактов суглинки – пески) предполагается использовать способ эллипсов или способ полей времен.

Вероятна возможность прослеживания преломленными и отраженными волнами поверхности пород карбона с целью выделения в них тектонических трещиноватых зон как потенциальных источников повышенной обводненности.

МОВ-МСЛ (метод сейсмолокации отраженными волнами) позволяет отслеживать приближение песков впереди забоя – чем больше угол приближения слоя, тем больше расстояние прогноза впереди забоя. Поскольку предполагается, что углы приближения границы песков к выработке не превышают 10–15°, локация границы суглинок – песок возможна на относительно небольших расстояниях – до первых десятков метров впереди забоя (см. рис. 2). Поэтому применение МОВ-МСЛ может быть наиболее эффективно в случаях, когда профилированием КМПВ (или МОВ) отмечено устойчивое приближение границы песков к выработке.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Золотарев Г.С.* Вопросы инженерно- геологических исследований для проектирования и строительства подземных сооружений в горно-складчатых областях // Труды Гидропроекта. – 1974. – Вып. 36.

2. *Глушко В.Т., Ямщиков В.С., Яланский А.А.* Геофизический контроль в шахтах и тоннелях. – М.: Недра, 1987. – 278 с.

3. *Туманов В.В., Компанец А.И., Архипенко А.И.* Оценка условий строительства подземных линейных сооружений в горной части Краснодарского края геофизическими методами // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: Изд-во МГГУ, 2005. – № 1,

СВЯЗЬ МЕЖДУ ПЕРИОДАМИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ В РАЗЛИЧНЫХ СЕЙСМОАКТИВНЫХ ЗОНАХ КАК ФАКТОР ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА

Т.У. Артиков, Р.С. Ибрагимов,
Т.Л. Ибрагимова, М.А. Мирзаев

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

THE CONNECTION BETWEEN THE PERIODS OF SEISMIC ACTIVITY IN DIFFERENT SEISMIC ZONES AS A GEOLOGICAL RISK FACTOR

The manifestation of seismic activity in difference seismic active zones in certain time interval and their connection is considered in this paper.

Связь между периодами сейсмической активизации в различных сейсмоактивных зонах может рассматриваться как один из факторов геологического риска, а потому выявление таких связей представляется актуальной задачей, имеющей очевидную практическую составляющую. Под понятием «связь» в данном исследовании мы понимаем не инициирование сильным землетрясением в одной из сейсмоактивных зон более слабых толчков в другой зоне, а проявление активизаций в двух сейсмоактивных зонах в компактных временных интервалах.

На территории Узбекистана выделено несколько сейсмоактивных зон [1], направление которых совпадает с направлением простирания крупных тектонических нарушений, способных генерировать землетрясения с магнитудой $M \geq 5$: Ташкентская, Южно-Ферганская, Северо-Ферган-

ская, Восточно-Ферганская, Нурекатино-Ангренская, Южно-Узбекистанская, Амударьинская, Северо-Тандымская, Газли-Каратагская. Последняя из перечисленных зон в сейсмотектоническом отношении является западным окончанием Южно-Тянь-Шаньской сейсмоактивной зоны, но характеризуется значительно меньшей сейсмической активностью. Назовем эти зоны внутренними.

В пределах же всего Центрально-Азиатского региона можно выделить еще более высокоэнергетичные сейсмоактивные районы, в которых достаточно часто происходят землетрясения с $M \geq 7$ и выше: зона Гиндукушских глубокофокусных землетрясений, зона Памира, Таласо-Ферганская сейсмоактивная зона, Северо-Тянь-Шаньская сейсмоактивная зона, Южно-Тянь-Шаньская сейсмоактивная зона, сейсмоактивный район Копетдага. По отношению к территории Узбекистана являются внешними.

На рис. 1 различными цветами показано местоположение внутренних и внешних сейсмоактивных зон и эпицентры землетрясений, происшедшие в их пределах.

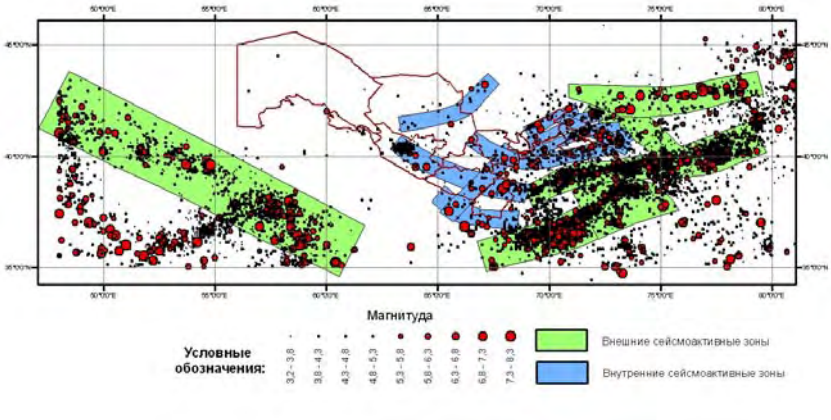


Рис. 1. **Схема района исследований с указанием местоположения внутренних и внешних сейсмоактивных зон**

Временные изменения сейсмичности в каждой из рассматриваемых зон представлялись величиной логарифма высвобожденной сейсмической энергии в течение годичного интервала. Для каждой зоны такие ряды характеризуются колебательной структурой и простая корреляция временных рядов для каждой пары сейсмоактивных зон мало эффективна. Поэтому мы определили верхние 2-х σ-е пороговые значения логарифма выделенной сейсмической энергии, превышение которых могут интерпретироваться как проявление сейсмической активизации, и в дальнейшем рассматривали не сами временные ряды сейсмической энергии, а функцию, рассчитанную следующим образом:

$$F(t) = \begin{cases} 1, \textit{если} \;\; \lg E(t) \;\; \textit{или} \;\; \lg E(t-1) \;\; \textit{или} \;\; \lg E(t+1) \geq \Pi \\ 0, \textit{если} \;\; \lg E(t) \;\; \textit{и} \;\; \lg E(t-1) \;\; \textit{и} \;\; \lg E(t+1) \leq \Pi \end{cases}$$

Активной фазой в каждой сейсмоактивной зоне считался год возникновения сильного землетрясения, год до него и год после него. Выбор годичного интервала за год до землетрясения и год после него определялся, исходя из прогнозной целесообразности выявляемых связей.

Для большинства сейсмоактивных зон территории Узбекистана величина порога П колеблется вокруг значения П = lgE = 13, т.е. возникновение землетрясений с $K \geq 13$ ($M \geq 5$) может считаться проявлением сейсмической активизации. Пороговые значения для крупных внешних (по отношению к территории Узбекистана) сейсмоактивных зон Центральной Азии оказались существенно различными. Так для зоны Гиндукуша значение порога было принято $\Pi = lgE = 17$, а для района Копетдага – $\Pi = 15$.

В процессе выполнения работы решались две различные, но взаимосвязанные задачи:

1) с какими из внешних сейсмоактивных зон в наибольшей степени связана активизация в каждой из сейсмоактивных зон на территории Узбекистана;

2) насколько активизация в одной из внешних зон может влиять на возможность активизации в каждой из внутренних зон на территории Узбекистана.

Для решения первой задачи мы построили графики времен сейсмической активизации в каждой из внешних сейсмоактивных зон в период с 1900 по 2005 г. и нанесли на них моменты сильных ($M \geq 5$) землетрясений для одной из внутренних сейсмоактивных зон за этот же период времени. Сопоставлялись два следующих параметра: m/n – отношение числа землетрясений, попадающих в интервалы тревог (m), к общему числу землетрясений (n) и τ/T – отношение времени тревог (τ) в каждой из внешних сейсмоактивных зон к общему периоду наблюдений (T). В случае, если доля времени тревог превышала долю землетрясений, попавших в интервалы тревог ($\tau/T > m/n$) считалось, что связи нет, в случае же, если доля числа землетрясений, попавших в интервалы тревог, превосходила долю времени тревог ($m/n > \tau/T$), оценивалась статистическая значимость $\Phi(\xi)$ различия этих чисел и степень информативности q выявленных связей.

На рис. 2, *а* на основе имеющихся статистических данных схематически показано, с какими внешними сейсмоактивными зонами в наибольшей степени связана активизация в каждой из внутренних зон на территории Узбекистана. На рис. 2, *б* схематически показано, в каких сейсмоактивных зонах территории Узбекистана наиболее вероятна сейсмическая активизация в случае, если произошло сильное землетрясение в одной из внешних сейсмоактивных зон. Красным цветом отмечены связи с высоким уровнем статистической значимости ($\Phi(\xi) > 0{,}9$) и розовым цветом – с меньшим ($0{,}7 < \Phi(\xi) < 0{,}9$).

Анализируя рис. 2 можно отметить, что синхронность проявления сейсмической активизации в различных сейсмоактивных зонах во многом определяется такими факторами, как сонаправленность осей их простирания, геометрическим сходством выпуклости дуг тектонических разломов,

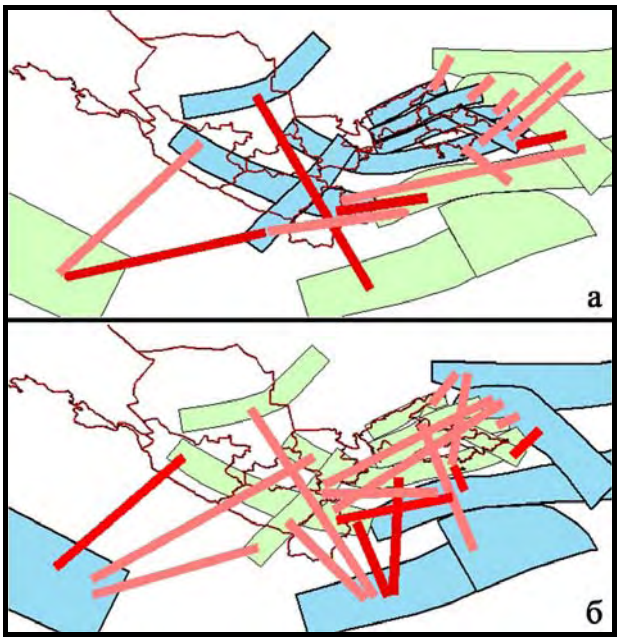


Рис. 2. **Схемы, показывающие значимость взаимосвязи между периодами сейсмической активизации в различных сейсмоактивных зонах**

с которыми ассоциированы данные сейсмоактивные зоны и географической близостью их расположения. Выявленные связи важны для понимания природы взаимодействия различных сейсмотектонических структур, но не могут быть использованы при прогнозе как решающий фактор, а лишь дополняют информацию в вопросе принятия решения о возможной сейсмической активизации в той или иной сейсмоактивной зоне.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Зияудинов Ф.Ф.* Сейсмическая опасность территории Узбекистана. – Ташкент, 2012. – 254 с.

2. Прогноз землетрясений / под ред. М.А.Садовского. – Душанбе–Москва: Дониш, 1983–1984. – № 3. – С. 216.

РИСКИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЯХ

Б.М. Баджанов, Н.Н. Бакбергенов

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

THE RISK OF EMERGENCIES ON HYDRAULIC ENGINEERING STRUCTURES

The article describes the method of estimating the risks of emergency situation in the waterworks.

Анализ риска аварий для гидротехнических сооружений является частью системного подхода к принятию организационно-технических решений, процедур и практических мер по предупреждению или уменьшению опасности аварий гидротехнических сооружений для жизни людей и их здоровья, ущерба имуществу и окружающей природной среде. Но необходимость учета разнообразной по характеру и полноте исходной информации о природно-климатических и социально-экономических условиях районов размещения ГТС, а также исключительное разнообразие условий их эксплуатации существенно затрудняют формализацию процедуры анализа и оценки риска аварий. При этом если отказы затворов водосбросных сооружений весьма схожи с отказами оборудования в промышленности, поскольку возникают, как правило, при отказах элементов механического или электрического оборудования, стандартизованного в достаточной мере, то практически все виды отказов плотин и дамб при сверхрасчетных воздействиях на ГТС, а также вследствие нарушений устойчивости и прочности сооруже-

ний совершенно непохожи на таковые в промышленности. Особую сложность представляет анализ риска аварий ГТС в результате человеческого фактора (ошибочные действия персонала, запаздывание, бездействие в аварийных ситуациях, ошибки изысканий, проектирования, строительства и т.д.), который не поддается сегодня аналитическому моделированию ни в одной отрасли техногенной деятельности, но остается одной из главных причин аварий и неполадок.

Основная задача анализа риска аварий гидротехнических сооружений заключается в использовании всей доступной информации о сооружениях для оценки вероятности (среднегодовой частоты) и последствий для отдельных людей, групп населения, имущества и окружающей природной среды от реализации опасностей, свойственных авариям ГТС.

Результаты анализа риска аварий гидротехнических сооружений позволяют получить объективную информацию о состоянии сооружений и уровне их безопасности, данные о наиболее опасных процессах и воздействиях на сооружение, способных привести к его аварии, обоснованные рекомендации по уменьшению риска аварий ГТС.

Все учитываемые факторы безопасности водных объектов можно разделить на 4 группы:

1) группа технических факторов;
2) группа гидрологических факторов;
3) группа факторов ущерба;
4) группа факторов тяжести ликвидации последствий.

Первые две группы характеризуют состояние природного или эксплуатируемого водного объекта, вторые две группы характеризуют значимость ущерба от возникновения возможной аварии.

Приведение факторов к единому масштабу (ранжирование) осуществляется на основе единой непрерывной шкалы, значения которой изменяются от 0 до 3. Итоговая оцен-

ка уровня безопасности представляется в том же масштабе – слабая, средняя, сильная.

В табл. 1 для примера приведены факторы и критерии оценки рисков возникновения ЧС на гидротехнических сооружениях.

Таблица 1

Факторы и критерии оценки риска возникновения чрезвычайных ситуаций на гидротехнических сооружениях

Группы факторов	Факторы оценки	Критерий оценки	Ранг фактора
Гидрологические	Преобладающий тип питания реки	Снеговой	3
		Ледниковый	2
		Грунтовый	1
	Среднегодовой расход воды в реке, $м^3$/сек	> 50	3
		5–50	2
		< 5	1
	Объем воды водохранилища, $млнм^3$	> 100	3
		1–100	2
		< 1	1
Технические	Год последнего обследования ГТС	> 10	3
		5–10 лет	2
		< 5 лет	1
	Тип ГТС	Земляные	3
		Грунтовые	2
		Бетонные	1
	Давность сооружения плотины	50–30 лет	3
		30–10 лет	2
		< 10 лет	1
Ущерба	Количество населения в зоне затопления, тыс. чел.	> 5000	3
		1000–5000	2
		< 1000	1
	Размер зоны затопления, $км^2$	> 1000	3
		100–1000	2
		< 100	1

Окончание табл. 1

Группы факторов	**Факторы оценки**	**Критерий оценки**	**Ранг фактора**
	Количество населенных пунктов в зоне затопления	> 5	3
		3–5	2
		< 3	1
Тяжести ликвидации	Среднее расстояние между населенными пунктами, км	> 75	3
		50–75	2
		< 50	1
	Расстояние от областного центра по автодорогам, км	> 250	3
		100–250	2
		< 100	1
	Абсолютная высота расположения ГТС, м	> 1000	3
		500–1000	2
		< 500	1

Исходя из перечисленных критериев, можно построить матрицу риска для гидротехнических сооружений (табл. 2) по следующей схеме.

Таблица 2

Фрагмент матрицы риска возникновения чрезвычайных ситуаций на гидротехнических сооружениях

Вероятность	Давность сооружения плотины	50–30 лет	3			
		30–10 лет	2			
		< 10 лет	1			
			Баллы	1	2	3
		Критерии		>1000	1000–5000	<5000
	Факторы			Количество населения в зоне затопления		
Параметры				Последствия		

Процедура проведения анализа риска должна стать составной частью декларации о безопасности гидротехнических сооружений, экспертизы деклараций безопасности ГТС, определения критериев безопасности ГТС, расчета вероятного вреда, который может быть причинен третьим лицам в результате аварий, возможных на ГТС, экономического анализа безопасности гидротехнических сооружений по критериям «стоимость – безопасность – выгода», обоснования страховых ставок и тарифов, выбора приоритетов при планировании ремонтно-восстановительных работ и других видов оценки состояния гидротехнических сооружений и уровня их безопасности с разработкой рекомендации по повышению уровня безопасности анализируемых гидротехнических сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Акимов В.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н.* Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах. – М.: Деловой экспресс, 2004. – 352 с.

2. *Беллендир Е.Н., Никитина Н.Я.* Управление риском аварий гидротехнических сооружений – проблемы, подходы, опыт, перспективы // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – 2003. – Вып. 3. – С. 124–135.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА ТАЛЫХ ВОД С ЦЕЛЬЮ УПРАВЛЕНИЯ ВЕСЕННИМ ПАВОДКОМ В ВОЛЖСКО-КАМСКОМ КАСКАДЕ ВОДОХРАНИЛИЩ

А.Т. Барабанов

Всероссийский научно-исследовательский агролесомелиоративный институт РАН, Волгоград
E-mail: a.barabanov2011@yandex.ru

SOLUTION OF PROBLEM OF MELTED WATER SURFACE RUNOFF PREDICTING AIMED AT SPRING RIVER FLOOD CONTROL IN THE VOLGA-KAMA BASIN

A role of natural factors in the forming of melted water surface runoff is analyzed in the paper, levels of factors for its formation have been determined, the law of hydrological process limiting factors is considered, a method of highly-precise (80–100%), done early (1–2 months) aimed at the optimization of spring river flood in the Volga-Kama cascade of water storage basins is given, an equation for the runoff calculation is presented.

При оптимизации режима весеннего паводка на каскаде водохранилищ необходимо решать следующие задачи: обводнить Волго-Ахтубинскую пойму с целью создания условий жизни людей, функционирования сельского, рыбного, коммунального хозяйства, улучшения природной среды для флоры и фауны и повышения биоразнообразия; обеспечить условия для нереста рыбы в соответствии с ее биологией; создать уровень воды в Волге ниже плотины ГЭС, обеспечивающий нормальное судоходство и забор воды для коммунального хозяйства; заполнить все водохранилища Волжско-Камского каскада до наименьшего подпорного уровня (НПУ); обеспечить водой потребности энергетиков. Для решения этих задач нужен высокоточный заблаговременный прогноз поверхностного стока талых вод с водосбора. Только в этом случае можно оптимизировать режим пропуска паводковых вод. Имея большой объем воды в водохранилищах и высокоточный прогноз стока можно идеально решить проблему регулирования пропуска весенних паводков, удовлетворив потребности всех водопользователей.

Управление режимом стока р. Волги осуществляется на основе прогнозов низкой точности. Поэтому управленче-

ские решения часто бывают ошибочными. Огромный ущерб наносится в том случае, когда прогнозируется незначительный сток, а он бывает большим или катастрофическим, приводящим к наводнениям, разрушениям и даже гибели людей и животных. Дорого обходятся грубые ошибки, когда прогнозируется большой сток, а на самом деле он отсутствует или бывает незначительным. Ошибочный прогноз приводит к нарушению режима стока р. Волги. Очень крупные ошибки могут привести к экологической катастрофе. Ущерб от таких управленческих решений составляет десятки миллиардов рублей. Такова цена ошибочных прогнозов.

Знание закономерностей формирования поверхностного стока позволит прогнозировать его с высокой точностью и планировать меры по его регулированию. Анализ существующих методов прогноза стока [1; 2; 5–10; 12; 13], изучение принципов, параметров и критериев, заложенных в их основу, показали, что при прогнозировании стока по существующим методикам либо используется один фактор (например, снегозапасы), либо десятки и даже сотни факторов. Ни то ни другое неприемлемо. Отсутствие надежного метода прогноза связано и с тем, что нет хорошей теоретической основы для него. Часто при прогнозировании применяется статистический подход, используется годы аналоги и не применяется генетический подход, который позволяет выявить закономерности процессов.

Во Всероссийском научно-исследовательском агролесомелиоративном институте имеется уникальный материал свыше 50-летних исследований закономерностей формирования поверхностного стока талых вод. В исследованиях применяли водно-балансовый метод, являющийся наиболее точным и репрезентативным, использовали системный, генетический и статистический подходы. В результате теоретических и экспериментальных исследований, а также на основе обобщения имеющихся материалов нами впервые был сформулирован и обоснован закон лимитирующих фак-

торов поверхностного стока талых вод [3; 4] и разработана методика высокоточного (80–90 и иногда 100%), заблаговременного (1,5–2 месяца) прогноза стока (имеется патент) [11]. Закон формулируется так: «При некотором минимальном значении одного из трех лимитирующих факторов (снегозапасы, глубина промерзания и влажность почвы) поверхностный сток не формируется независимо от уровня двух других».

Определены значения факторов, при которых сток не формируется. На юге Центрального района Нечерноземной зоны (ЦРНЗ), в Центрально Черноземных областях (ЦЧО) и Поволжье, если почва талая или промерзла до глубины не более 50 см, стока не бывает независимо от уровня ее увлажнения и снегозапасов. Дальнейшее увеличение глубины промерзания почвы выше лимитирующего уровня не влияет на величину стока, т.е. при любой глубине промерзания выше лимитирующей он формируется одинаковый при одинаковых уровнях других факторов. Решающее влияние на него в этом случае оказывают влагозапасы в почве и снеге. При увлажнении верхнего (0–50 см) слоя почвы до уровня менее 120–130 мм на юге ЦРНЗ и 70–95 мм в Нижнем Поволжье сток не формируется независимо от глубины промерзания почвы и снегозапасов, т.е. в данном случае лимитирующим фактором является увлажнение почвы. При запасах воды в снеге меньше объема микрорельефа пашни сток также не формируется. В результате были разработаны модели формирования стока при уровнях факторов выше лимитирующих на разных типах почв. Они опубликованы в работе [4]. Расчет стока по этим уравнениям дает довольно близкую сходимость.

На основе этого закона можно давать долгосрочный (1–2 месяца) прогноз поверхностного стока с довольно высокой точностью (80–100%). Отсутствие стока (когда уровни природных факторов ниже лимитирующих) предсказывается заблаговременно с 100%-ной точностью. Если уровни

природных факторов выше лимитирующих, то можно прогнозировать величину стока, используя выявленные нами закономерности и связи, с точностью 80–90%. Прогнозы, которые мы давали на основе этого закона, подтверждаются уже много лет.

Установлено также, что верхний слой почвы в гидрологическом отношении является саморегулирующейся системой. Он способен поглотить и удержать определенное количество воды, максимальная величина которого в мерзлом состоянии может достигать полной влагоемкости верхнего слоя. Дефицит влаги (разница между полной влагоемкостью $W_{пв}$ и фактическими влагозапасами $W_ф$) обусловливает величину водопоглощения. Слой стока Y зависит от дефицита влаги в почве ΔW и снегозапасов перед снеготаянием W_c. В общем виде уравнение можно записать так:

$$Y = Wc - (Wпв - Wф) = Wc - \Delta W . \qquad (1)$$

Опираясь на выявленные закономерности и связи, был разработан метод прогноза стока с сельскохозяйственной территории (водосборов). Для этого используется уравнение

$$Y = \frac{\sum_1^n [(Y]_i \times S_i)}{\sum_1^n S_i} - Y_{пэм}, \qquad (2)$$

где Y – слой стока с сельскохозяйственных угодий, мм;
Y_i – слой стока с i-того агрофона: рыхлая пашня (зябь), уплотненная пашня (многолетние травы, озимые и др., кормовые угодья гидрографической сети и т.д. (величина стока определяется по уравнениям связи его с природными факторами), мм;
S_i – соответственно площадь этих агрофонов;
Yпэм – стокорегулирующий эффект от применения системы противоэрозионных мероприятий: противоэрозионная организация территории, лесомелиоративные, агротехнические

и гидротехнические приемы, мм (этот параметр применяется только в том случае, если на водосборе осуществлена полная система мероприятий).

Метод расчета стока получил многолетнюю апробацию в разных природных зонах. Он позволяет с высокой точностью прогнозировать сток талых вод с сельскохозяйственных угодий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеевский Н.И., Фролова Н.П., Антонова М.М., Игонина М.И.* Оценка влияния изменений климата на водный режим и сток рек бассейна Волги // Вода: химия и экология. – 2013. – № 4. – С. 3–12.

2. *Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д.* Курс гидрологических прогнозов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – 420 с.

3. *Барабанов А.Т.* Закономерности формирования поверхностного стока талых вод, его прогноз и регулирование // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. – № 1 (33). – С. 65–68.

4. *Барабанов А.Т., Панов В.И.* К вопросу о прогнозе поверхностного стока талых вод в лесостепной и степной зонах // Аридные экосистемы. – 2012. – Т. 18. – № 4 (53). – С. 22–27.

5. *Водогрецкий В.Е., Зайцева Э.А., Елфимова Л.В.* Склоновый сток и его изменение под влиянием агротехнических и лесомелиоративных мероприятий // Вопросы влияния хозяйственной деятельности на водные ресурсы и водный режим, тр. ГГИ. – Л.: Гидрометеоиздат, 1973. – Вып. 206.

6. *Демидов В.В.* Закономерности эрозии почв лесостепной зоны при снеготаянии как научная основа системы почвозащитных и природоохранных мероприятий: автореф. дис. … д.б.н. – М., 2000. – 47 с.

7. *Калюжный И.Л., Павлова К.К., Лавров С. А.* Физическое моделирование процессов миграции влаги при промерзании почв // Метеорология и гидрология. – 1984. – № 1. – С. 71–85.

8. *Кучмент Л.С.* Модели процессов формирования речного стока. – Л.: Гидрометеоиздат, 1980. – 143 с.

9. *Мухин В.М.* Методы прогнозирования притока воды в водохранилища за период весеннего половодья // Труды Гидрометцентра России. Гидрометеорологические прогнозы. – 2014. – Вып. 351. – С. 108–140.

10. *Петелько А.И.* Агролесомелиорация в адаптивно-ландшафтном земледелии в лесостепи Центрального Нечерноземья: автореф. дис. … д.с.-х.н. – Волгоград, 2012. – 39 с.

11. Способ прогнозирования поверхностного стока талых вод (А.Т. Барабанов, Е.А. Гаршинев, К.Н. Кулик): пат. № 2347222 РФ МКИ, заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИАЛМИ. 2009126879/12; заявл. 24 июля 2006 г. // Бюл. – 20.02.2009. – № 5. – С. 3.

12. *Сурмач Г.П., Ломакин М.М., Шестакова Л.П.* Прогнозирование стока талых вод // Земледелие. – 1989. – № 4. – С. 29–31.

13. *Шеппель П.А.* Специальный весенний попуск паводковых вод Волги. – Волгоград: Нижне-Волжское изд-во, 1990. – 191 с.

ЗАЩИТА ОЛИМПИЙСКИХ ОБЪЕКТОВ В СОЧИ ОТ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ ГИБКИМИ БАРЬЕРАМИ

А.Ю. Баринов

Представительство компании Geobrugg AG (Геобругг АГ)
в России и СНГ, Москва
E-mail:info@geobrugg.ru

DEBRIS FLOW PROTECTION FOR SOCHY OLYMPIC OBJECTS WITH FLEXIBLE BARRIERS

The article describes the experience of debris flow hazard mitigation in Olympic Sochi area by means of flexible debris flow barriers based on high-tensile ROCCO ring net.

Строительство олимпийских объектов горного кластера велось в условиях территории, зажатой между хребтами

Кавказких гор. В процессе работ неизбежно возникали проблемы инженерной защиты от опасных процессов, вызванных, прежде всего, нарушением стабильности склонов: оползней, обвалов, селевых потоков и др.. Сжатые сроки строительства, вопросы экономической эффективности и ограниченное пространство дали мощный толчок внедрению инновационных технологий инженерной защиты, в частности, гибких барьеров на основе стальной сети и системы несущих канатов. Статья посвящена вопросам разработки, проектирования, монтажа и эксплуатации данных систем.

Несмотря на то, что идея создания гибких противоселевых барьеров появилась в СССР еще в 1970-х гг. [1], особого развития она не получила. В конце XX в. в Швейцарии компания Geobrugg AG – мировой лидер по производству гибких противокамнепадных барьеров – начала разработку барьеров для защиты от селей. Данная идея появилась в связи с многочисленными случаями воздействия на гибкие противокамнепадные барьеры селевых потоков.

Многочисленные полномасштабные испытания и полевые тесты проводились в сотрудничестве с известными международными институтами (например, Швейцарским государственным институтом леса, снега и ландшафтов (WSL)) [2]. Основной площадкой для полевых испытаний был выбран тестовый полигон в г. Иллграбене (кантон Вале, Швейцария). Иллграбен – одна из самых селеопасных рек Швейцарских Альп, по которой сходят 4–6 селей в год. Она находится под постоянным контролем исследователей из WSL с 2000 г.: все селевые потоки фиксируются установленными в русле геофонами. Для регистрации высоты потока установлены лазерные измерители. Специальное оборудование для измерения массы селя позволяет также определить его плотность. Видеокамеры с ночным освещением фиксируют прохождение волн селевых потоков через створ, где установлен барьер, а датчики на несущих тросах определяют приходящуюся на него нагрузку (рис. 1).

Рис. 1. **Селевой стационар WSL на р. Иллграбене**

В верхней части снимка – лазерный измеритель уровня.
На несущие канаты барьера установлены тензометры

В конце апреля 2006 г. всего за одну неделю (вместе с подготовкой склонов) в русле р. Иллграбена был установлен противоселевой барьер на основе сетки с кольцевыми ячейками ROCCO. Уже 18 мая 2006 г. этот барьер выдержал воздействие селевого потока с объемом наносов около 1000 м^3. После его заполнения селевой поток продолжил перетекать через него без какого-либо вреда для конструкции. К октябрю барьер подвергся воздействию уже пяти селей с общим объемом выносов около 10 000 м^3.

Тесты с перетеканием селевой массы через заполненный барьер доказали, что серии таких последовательно установленных конструкций способны сдерживать значительно бóльшие объемы материала при скорости течения потока до 6 м/с. Это подтвердилось полевыми испытаниями в русле

ручья Мерденсон (кантон Вале, Швейцария), где были установлены три барьера.

Противоселевые барьеры являются мощными конструкциями, способными противостоять огромному давлению селевых потоков. Правильно спроектированные барьеры образуют эффективную многофункциональную защитную систему.

Компанией Geobrugg совместно с институтом WSL разработаны две компьютерные программы – FARO и DEBFLOW, позволяющие рассчитать требуемые параметры барьеров в зависимости от характеристик селевого потока и рельефа.

Программа FARO основана на модели конечных элементов и предоставляет проектировщику надежный инструмент для моделирования. С ее помощью можно моделировать воздействие на барьер не только селей, но и камнепадов, лавин и снежных оползней [3].

Программа DEBFLOW позволяет проектировщикам выбрать подходящую конструкцию гибкого барьера для конкретного створа. Она основана на десятках полномасштабных испытаний и результатах лабораторных исследований и тщательно откалибрована для определения реакции и взаимодействия всех компонентов противоселевых барьеров Geobrugg. Надежность этой программы неоднократно апробирована на практике.

Более подробно с методикой DEBFLOW и основными принципами работы гибких противоселевых барьеров можно ознакомиться в трудах института WSL [4, 5].

Разработанные модели, заложенные в программные оболочки, позволяют проектировщикам выполнять расчеты параметров гибких противоселевых барьеров Geobrugg с учетом характеристик конструкции, воздействующих нагрузок и требуемых коэффициентов запаса прочности. Важно, что модели и конструкции этих барьеров испытаны и откалиброваны в полномасштабных тестах, что позволяет говорить о высокой точности производимых расчетов и высокой надежности конструкций [6].

В России гибкие противоселевые барьеры были впервые применены на объектах горного кластера олимпийской стройки. В общем случае, реализация каждого проекта подразделялась на описанные ниже этапы

Для проектирования барьеров использовались результаты инженерно-геологических и инженерно-гидрометеорологических изысканий, а также информация о селевых явлениях, полученная в дополнительных изысканиях, выполненных специалистами Лаборатории лавин и селей МГУ, СО ДВГИ ДВО РАН и др.

На стадии подготовки проекта инженеры-проектировщики произвели расчет требуемого количества и параметров противоселевых барьеров в бесплатной сертифицированной онлайн-программе DEBFLOW, доступной всем желающим и умеющим с ней работать на сайте http://applications.geobrugg.com. Результаты расчетов сверялись со специалистами Geobrugg AG и, при необходимости, корректировались.

Для прохождения Главгосэкспертизы (г. Москва) были предоставлены все необходимые сертификаты, а также результаты вычислений в сертифицированной программе DEBFLOW. Дополнительно предоставлялись отчеты об испытаниях барьеров независимыми организациями.

При подготовке рабочего проекта на место предполагаемого строительства барьеров выезжали инженеры компании Geobrugg AG, которые, совместно со специалистами проектной и подрядной организаций выбирали точное место установки барьеров и проводили разметку точек крепления несущих канатов (точек расположения анкеров)

Типовые чертежи противоселевых конструкций были предоставлены компанией-производителем и адаптированы к российским нормам проектирования проектной организацией.

Монтаж конструкций осуществлялся в два этапа. На первом этапе были выполнены бурение и установка анке-

ров, а также монтаж фундаментов. На втором этапе проводился собственно монтаж наземной части конструкции. Опыт показал, что бригада из 4–6 человек прошедшая инструктаж специалистов Geobrugg AG способна полностью смонтировать барьер за 1–3 дня в зависимости от сложности и местоположения конкретной конструкции.

Уже через несколько недель после монтажа, один из барьеров подвергся воздействию селевого потока объемом около 1000 м^3. Барьер сработал в штатном режиме, защитив нижележащую олимпийскую дорогу от повреждений (рис. 2).

Рис. 2. **Первый в современной истории России гибкий противоселевой барьер производства Geobrugg AG, удержавший селевую массу**

Гибкие барьеры для защиты от селевых потоков доказали свою эффективность в условиях олимпийской стройки. Быстрые и легкие в монтаже, надежные и экономически эф-

фективные, они открывают новые возможности инженерной защиты от селевых потоков в горах России. За простой на вид конструкцией стоят годы научно-исследовательских работ и десятки испытаний реальными селями в масштабе 1:1, что позволяет гарантировать не только бесперебойную работу самой конструкции, но и высокий уровень безопасности функционирования расположенных ниже объектов инфраструктуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гагошидзе М.С.* Селевые явления и борьба с ними. – Тбилиси: Сабчота Сакартвело, 1970. – С. 307–311.

2. *Wendeler C., McArdell B.W., Rickenmann D., Volkwein A., Roth A., Denk M.* Testing and numerical modeling of flexible debris flow barriers // Proceedings of the 6-th International Conference on Physical Modelling in Geotechnics. 6th ICPMG-06 (Hong Kong, 4–6 August 2006) / ed. by C.W.W. Ng, Y.H. Wang, L.M. Zhang. – Taylor & Francis, 2006.

3. *Volkwein A.* Numerical simulation of flexible rockfall protection systems // Proceedings of the ASCE International Conference on Computing in Civil Engineering, (Cancun, Mexico, 12–15 July 2005). – Cancun, Mexico: ASCE, 2005.

4. Full-scale testing and dimensioning of flexible debris flow barriers: summary report of the 2005–2008 CTI-Project «Numerical modeling and design of flexible debris flow barriers». – Birmensdorf: Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL), 2009.

5. *Wendeler C.* Murgangrückhalt in wildbächen – grundlagen zu planung und berechnung von flexiblen barrieren: dissertation ETH. – Zürich, 2008.

6. *Баринов А.Ю.* Гибкие барьеры для защиты от селей Geobrugg VX/UX: область применения, основы проектирования и эксплуатации // Геориск. – М.: Изд-во Геомаркетинг. – 2013. – № 2. – С. 8–13.

УПРАВЛЕНИЕ ОПОЛЗНЕВЫМ РИСКОМ НА ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

***Е.В. Безуглова*[*], *С.И. Маций*[*], *В.В. Подтелков*[**]**

[*]*ООО «НТЦ ГеоПроект», Краснодар*
E-mail: matsiy@mail.ru, nebo7@list.ru
[**]*ООО «Стройдизайн», Краснодар*
E-mail: vvp2000@mail.ru

LANDSLIDE RISK MANAGEMENT AT THE OPERATING LINEAR CONSTRUCTIONS

Offers a method rapid assessment of the economic risk landslide hazardous areas operated linear structures. Based on visual inspection, the technique allows you to quickly evaluate the condition of natural and anthropogenic components and substantiate economically feasible version of in the management of engineering protection of landslide risk.

Воздействию оползневых процессов ежегодно подвергаются многие участки автомобильных и железных дорог, трубопроводов, опоры линий электропередач. Несмотря на локальное распространение, оползни приводят к нарушению нормальной эксплуатации всего линейно-транспортного сооружения и значительным экономическим ущербам.

Так, по трассе М-27 «Джубга–Сочи» в 2011 г. на 214 км было выявлено более 300 оползневых участков, из которых 43 являлись аварийно-опасными. Существенно возросшая транспортная нагрузка при отсутствии организационно-технических мероприятий способствовала развитию оползневого процесса, срыву грунтов и разрушению участка дороги на км 56 + 860. В первые дни движение транспортных средств осуществлялось при сужении ширины проезжей

части. Однако последовавшие очередные смещения привели к полной остановке движения на несколько дней. Только косвенный ущерб составил порядка 300 млн руб.

Управление риском в условиях оползневой опасности, с одной стороны, предполагает стандартные действия по разработке мероприятий инженерной зашиты. С другой стороны, необходимо учитывать, что линейность сооружений подразумевает их многокилометровую протяженность в сложных, изменяющихся инженерно-геологических условиях, ограниченность финансирования, необходимость принятия решений в сжатые сроки. Поэтому разработка экспресс-методов оценки риска, позволяющих быстро расставить приоритеты, обосновать виды, состав и экономические затраты на мероприятия инженерной защиты представляется актуальной и важной задачей в составе управления оползневым риском.

Экономический риск является показателем ущерба в стоимостном выражении от реализации оползневого события [1]. Оползнеопасные склоны в совокупности с расположенными в их границах участками линейных сооружений и другими искусственными объектами (подпорными стенами, водоотводными лотками и т.д.) образуют локальные транспортные природно-технические системы (ТПТС). Математически величину экономического риска R при эксплуатации ТПТС можно представить произведением вероятности ее разрушения P и стоимости C:

$$R = P \cdot C. \qquad (1)$$

Вероятность разрушения системы зависит от состояния ее компонентов, т.е. интенсивности проявления воздействующих факторов на природных составляющих (верховом и низовом склонах) и технического состояния имеющихся техногенных объектов (сооружений инженерной защиты). Угрозу разрушения, рассматриваемую как опасность в отношении объектов транспорта [1], математически выразим через вероятность оползневого события на природных объектах и уязвимость техногенных объектов, с учетом их зна-

чимости в обеспечении устойчивости всей транспортной природно-технической системы:

$$\text{H} = \sum_{j=1}^{l} P_{Lj} \cdot K_{Пj} + \sum_{j=1}^{k} V_{Tj} \cdot K_{Tj}, \qquad (2)$$

где H – оползневая опасность на ТПТС;
l – количество природных объектов ТПТС;
P_{Lj} – вероятность оползневого события на j-м природном объекте;
$K_{Пj}$ – коэффициент значимости j-го природного объекта ТПТС;
k – количество техногенных объектов ТПТС;
V_{Tj} – уязвимость j-го техногенного объекта;
K_{Tj} – коэффициент значимости j-го техногенного объекта ТПТС.

Для экспресс-оценки состояния каждой ТПТС целесообразно использовать полуколичественные методы оценки риска, основанные на балльных системах и реализуемые при выполнении визуальных обследований [2]. Интегрированием баллов, выражающих состояние элементов природных объектов и повреждений элементов техногенных объектов, эксперты могут оценить вероятность оползневого события на соответствующем природном объекте и уязвимость техногенного объекта на момент выполнения визуального обследования.

Значимость объектов в составе ТПТС предварительно определяется на основе экспертных оценок, а далее уточняется эмпирически. Так, наиболее значимы удерживающие и защитные (подпорные, берегоукрепительные) сооружения, т.е. капитальные мероприятия [3]. Кроме них, комплекс инженерной защиты включает в себя благоустройство склона посредством упорядочения поверхностного стока, защиты обнаженных участков от выветривания и эрозии. Не являясь капитальными, такие мероприятия выполняют вспомога-

тельную функцию и имеют меньшую значимость. Конкретно оценить значимость объектов посредством коэффициентов можно решением систем линейных уравнений с использованием результатов вероятностных и «обратных» расчетов устойчивости участков, на которых ранее уже происходили оползневые события и выполнялись изыскания.

Для обоснования защитных мероприятий в составе управления риском целесообразно рассматривать различные варианты с расчетом вероятности разрушения ТПТС и экономического риска.

На рис. и в табл. представлен пример, обосновывающий вариант инженерной защиты, соответствующий наименьшей из полученных величин экономического риска: несмотря на высокий косвенный ущерб, вероятность разрушения ТПТС и, следовательно, экономический риск за счет строительства свайно-анкерного удерживающего сооружения будут наименьшими.

Рис. **Разрушенный оползнем участок автомобильной дороги М-27 Джубга – Сочи, км 56+860**

Таблица

Оценка экономического риска при различных вариантах инженерной защиты на ТПТС Джубга – Сочи, км 56 + 860

Вариант инженерной защиты	Стоимость, млн руб.				Вер-ть разрушения	Эк. риск, млн руб.
	Проектно-изыскательские работы	Строительно-монтажные работы	Косвенный ущерб	Итого		
Эксплуатируемая ТПТС	–	20,0	300,0	320,0	0,65	208,0
Отсыпка околом	5,6	30,7	400,0	436,3	0,20	87,26
Габионная подпорная стена	7,5	76,3	600,0	683,8	0,10	68,38
Свайно-анкерное сооружение	9,6	240,1	700,0	949,7	0,05	47,48

Таким образом, представленная методика экспресс-оценки экономического риска позволяет в сжатые сроки оценить состояние природных и техногенных компонентов различных локальных транспортных природно-технических систем и выполнить проработку основных управленческих решений. На этой основе оптимизируются сроки и трудозатраты на проведение проектно-изыскательских работ для осуществления инженерной защиты линейных сооружений, эксплуатируемых на оползнеопасных территориях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендации по оценке геологического риска на территории г. Москвы. – М.: ГУП НИАЦ Москомархитектуры, 2002. – 49 с.

2. *Любарский Н.Н., Маций С. И., Безуглова Е.В.* Полуколичественная оценка оползневого риска на автомобильных дорогах Краснодарского края // ГеоРиск. – 2013. – № 1. – С. 60–64.

3. *Клименко В.И., Дубровин Н.И.* Пути повышения эффективности противооползневых мероприятий на Черноморском побережье Кавказа // Проблемы инженерной геологии Северного Кавказа. – Вып. 5. – Сочи, 1973. – С. 91–101.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБВОДНЕНИЮ БОЛОТНЫХ МАССИВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

***А.Ю. Беляев*[*], *Н.П. Ахметьева*[*], *Г.Н. Кричевец*[*], *А.В. Михайлова*[**]**

[*]*Институт водных проблем РАН, Москва*
E-mail: nakhmeteva@rambler.ru
[**]*Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва*

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF INTERVENTIONS THE FLOODING OF THE MIRE USING A MATHEMATICAL MODEL

Two-dimensional numerical model was developed to simulate the migration of moisture in wetland arrays.

В настоящее время в мире активно возрос интерес к таким природным объектам как торфяные болота. Выявлена их новая роль как регуляторов углеродного баланса Земли, поставщиков кислорода и других, важных для жизни флоры, фауны и человека, функций, кроме известной ранее – топлива. Поэтому даже минимальное наблюдение за био-

геохимическим состоянием таких территорий, особенно заново обводняемых, на наш взгляд, – важная задача. Известно, что по многим факторам для целей исследования торфяных залежей РФ, тем более разных географических регионов, нельзя в полном объеме использовать зарубежный опыт и опыт других регионов. Влияет различие климата, площади и мощности болот, степень их заброшенности.

На выбранном объекте (наблюдения ведутся ≥ 10 лет) – верховом торфяном болоте-заказнике «Журавлиная Родина» (Московская область, Талдомский район) в 2011 г. начаты работы по обводнению. Предварительный анализ применяемых технологий обводнения с помощью простых оценок из теории грунтовых вод показывает, что на большей части болотного массива уровень грунтовых вод на протяжении всего летнего периода не будет зависеть от количества воды, накачиваемой в систему каналов [1]. Оценки для таких технологий основаны на упрощенных инженерных формулах, в которых использованы значения геологических и фильтрационных параметров, характерных для болотного массива. Поскольку указанные формулы выводятся для идеализированной ситуации, когда грунт предполагается однородным, нами разработана двумерная численная модель, позволяющая описывать нестационарные течения грунтовых вод со свободной поверхностью в неоднородных грунтах и учитывающая миграцию влаги в ненасыщенной зоне над свободной поверхностью. Последнее обстоятельство может иметь существенное значение при моделировании миграции влаги в болотных массивах, так как торфяные грунты обладают сильной водоудерживающей способностью. Численные расчеты по модели подтвердили предварительный вывод о слабой зависимости уровней грунтовых вод от количества воды, закачиваемой в каналы, за исключением зон, непосредственно к ним примыкающих.

Основной позитивный вывод из проделанной работы состоит в том, что при некоторых условиях процесс распре-

деления воды по площади болотного массива с помощью системы каналов может способствовать оперативному обводнению. Этого следует ожидать в тех случаях, когда подстилающей геологической породой под торфяной толщей является грунт с высокой проницаемостью, например, песок. На болоте «Журавлиная родина» это условие может не выполняться, так как на нем подстилающей породой является слабопроводящий воду суглинок, в то время как в целом ряде других пойменных болотных массивов торфяники располагаются на песках. Методами математического моделирования обнаружено, что для торфяников с такой геологией при некоторых значениях параметров уровень грунтовых вод на значительном расстоянии от каналов может оказаться даже более чувствительным к изменениям уровня воды в каналах, чем в идеализированной среде с фильтрационными свойствами песка. Этот эффект связан с нелинейностью задачи и в инженерно-строительной практике не был отмечен.

Система гидротехнических сооружений для обводнения болотного массива «Журавлиная родина» расположена выше р. Дубна и общий уклон местности к реке составляет $\leq 1\%$. В прежние годы болото осушалось для добычи торфа и нужд сельского хозяйства. Дренажные каналы частично восстановлены или построены вновь. Среднее расстояние между соседними параллельными каналами составляет ~500 м, а глубина каналов – ~3 м. Типичный геологический разрез по линии, направленной поперек каналов следующий: до глубины ~3 м грунт представлен торфами различной степени разложения, а ниже них располагаются суглинки. Водоупор, т.е. плотный грунт, который можно считать непроницаемым, на исследованных глубинах (до 3 м) явно не выражен и выбран условно на глубине 9 м.

Предполагается, что в засушливый период уровень воды в каналах может быть поднят на пару метров. Тогда уровень грунтовых (УГВ) вод между каналами начнет возрас-

тать, чтобы принять новое положение. Оценка эффективности такого способа регулирования УГВ связана в первую очередь с характерным временем, за которое уровень между каналами (например, ровно посередине) существенно отреагирует на изменение уровня в каналах. Математически задача описывается уравнениями Дарси в водонасыщенной зоне грунта [2]:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(K\frac{\partial}{\partial x}p\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(K\left(\frac{\partial}{\partial y}+1\right)\right)=0\,, \qquad (1)$$

где $p=p(x,y,t)$ – заранее неизвестное давление грунтовых вод;

m и K – эффективная пористость и коэффициент фильтрации среды. На искомой свободной поверхности задаются условия

$$p(x,y,t)\Big|_{y=h(x,t)}=p_{atm}\ \ и\ \ m\frac{\partial}{\partial t}h=-K\left(\frac{\partial}{\partial y}p+1\right)\Bigg|_{y=h(x,t)}.$$

которые связывают искомые функции $p(x,y,t)$ и $h(x,t)$, для нахождения которых еще требуется задать параметры среды m и K, начальное положение свободной границы $y=h(x,t)$, а также естественные граничные условия на дне области и на вертикальных осях каналов. В качестве начального положения поверхности грунтовых вод принимается положение равновесия $h(x,0)\equiv H_0$. Геологическая структура грунта и начальная влажность в ненасыщенной зоне на торфяниках сильно стратифицированы, поэтому фильтрационные параметры m и K существенно зависят от вертикальной координаты y.

Разработана численная программа для исследования этой и аналогичных задач. Использованный алгоритм является устойчивым независимо от соотношения геометриче-

ских размеров задачи и амплитуды изменения фильтрационных параметров. Численная модель описывает дополнительно движение влаги в ненасыщенной зоне и учитывает капиллярные силы, внешнее атмосферное питание и испарение с поверхности грунта.

При заданных параметрах среды горизонтальное перемещение грунтовых вод за те несколько недель, по истечении которых начнутся осенние дожди и обводнение перестанет быть актуальным, оказывается несущественным, а уровень грунтовых вод регулируется вертикальными естественными процессами, то есть инфильтрацией, испарением и транспирацией. Для активного управления уровнем с помощью системы каналов требуется либо грунт с коэффициентом фильтрации на три порядка больше, т.е. крупный песок, либо расстояние между каналами должно быть порядка 20 м, что недопустимо по экономическим и экологическим причинам.

Фильтрационные характеристики грунтов на болотных массивах сильно меняются по глубине. Высокие значения коэффициента фильтрации в торфах характерны только для самого верхнего слабо разложившегося слоя глубиной 20–50 см. В хорошо разложившихся глубоких слоях торфа коэффициент фильтрации составляет ≤ 5 см/сут. Если под торфяной толщей располагается песчаный горизонт, что довольно часто встречается на болотных массивах пойменного типа, то разница значений коэффициентов фильтрации в торфе и подстилающем грунте может достигать нескольких порядков. Численные расчеты показывают, что заметное повышение положения поверхности грунтовых вод на всем участке между каналами происходит за вполне приемлемое время. Это указывает на потенциальную возможность эффективно использовать систему каналов и открытых водоемов для активного управления уровнем грунтовых вод в случае, когда торфяник располагается на песчаной подложке.

На некотором начальном этапе процесса обводнения (для рассмотренных значений параметров – в первые 28 сут.)

величина повышения уровня оказывается даже больше, чем она была бы в однородном песчаном грунте. Это интересный и существенно нелинейный эффект, так для линеаризованной постановки задачи можно доказать, что решение $h(x,t)$ монотонно зависит от любого из значений коэффициента фильтрации в среде. При больших временах этот эффект пропадает, так как уровень приближается к равновесному значению $h(x,t) \equiv H$ и параметр $\left(H_0 - h(x,t)\right)/H$ становится достаточно малым для линеаризации.

Выводы:

– проанализированы гидрологические проблемы, возникающие при обводнении болотных массивов способами, предполагающими возможность активного регулирования уровня грунтовых вод;

– построена численная математическая модель, позволяющая оценивать эффективность указанных способов обводнения;

– методами моделирования подтверждена потенциальная возможность эффективно использовать систему каналов и открытых водоемов для активного управления уровнем грунтовых вод в случае, когда подстилающей породой торфяника является высокопроницаемый песчаный грунт.

Исследования проведены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант РФФИ № 14-05-00555).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зайдельман Ф.Р., Шваров А.П.* Пирогенная и гидротермическая деградация торфяных почв, их агроэкология, песчаные культуры земледелия, рекультивация. – М.: МГУ, 2002. – 165 с.

2. *Bear J.* Hydraulics of groundwater. McGraw series in water resources and environment engineering. – N. Y.: McGraw-Hill Inc., 1979. – 569 p.

КАРТЫ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО РИСКА – ОДИН ИЗ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ

В.Н. Бурова

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

THE INTEGRAL NATURAL RISK MAPS – ONE OF THE MANAGEMENT METHODS

Natural risk maps for the territory of country and the individual administrative units are designed to support management decisions to reduce losses from natural hazards. They can be used in the composition of the territorial planning schemes, the prevention of natural disasters and other government policy documents.

Управление природными рисками – это завершающий этап общей процедуры риск-анализа опасных природных процессов. Под управлением риском понимается комплекс взаимосвязанных, постоянно корректируемых и дополняемых, в зависимости от меняющейся ситуации и полученных результатов, нормативно-правовых, организационно-административных, экономических, инженерно-технических и других мероприятий и механизмов, направленных на уменьшение или предупреждение возможных или существующих потерь населения и окружающей природной среды от природных опасностей разного генезиса как в пределах локальных участков, так и на Земле в целом [1].

Совершенно очевидно, что характер и методы решения задач по управлению рисками существенно различаются от уровня управления, не смотря на то, что конечной целью управления на всех уровнях является уменьшение потерь от проявления опасных природных процессов.

В зависимости от задач, отвечающих каждому уровню управления, используются различные методы, которые могут быть объединены в 5 основных групп: методы, основанные на использовании карт риска, нормативно-правовые, организационно административные, экономические и инженерно-технические.

В настоящей работе рассматриваются методы, связанные с использованием карт риска. Эти методы в основном используются на федеральном уровне управления природными рисками. Очевидно, что эффективность такого управления полностью зависит от качества информации об основных источниках и реципиентах (объектах) негативных воздействий опасных природных процессов, существующих и возможных в будущем потерях от их проявления. Количественная оценка природных рисков, отраженная на соответствующих картах, позволяет оптимизировать процесс управления этими рисками на всех уровнях.

Федеральный уровень оценки возможных потерь от опасных природных процессов, составления соответствующих карт и управления природными рисками охватывают всю территорию России. В отдельных необходимых случаях рассматриваемые действия могут осуществляться для отдельных административных округов страны и других территориальных делений.

Имеющиеся в настоящее время карты риска от опасных процессов показывают, что их применение для нужд управления позволяют установить с использованием объективных количественных критериев рисков потерь в различных сферах наиболее опасные в природном отношении территории, где происходят или в ближайшее время возможны наиболее тяжкие по последствиям природные чрезвычайные ситуации.

Систематическая переоценка возможных негативных последствий от опасных природных процессов на территории России возможна на основании базы данных о послед-

ствиях проявления опасных природных процессов, создаваемой в институте геоэкологии РАН. Такая переоценка позволяет оперативно получать данные о возможных потерях на текущий период времени, что делает управление рисками наиболее рентабельным.

В настоящее время база данных включает порядка 3000 случаев проявления опасных природных процессов различного генезиса с последствиями, относящимися к различным категориям. Данные категории последствий отвечают классификации, разработанной с учетом критериев, по которым проведена классификация ЧС природного и техногенного характера, принятая в системе МЧС [«Положение о классификации ЧС природного и техногенного характера от 13.09.1996], а именно – число потерпевших, число пострадавших и единовременный экономический ущерб.

При переоценке возможных негативных последствий от опасных природных процессов в пределах определенных территорий (конечных таксонов районирования) следует исходить из положения, что категория опасности процесса соответствует категориям последствий от проявления опасностей различного генезиса в соответствии с имеющейся базой данных. Накопленный в базе данных материал позволяет корректировать имеющиеся карты рисков потерь от опасных природных процессов.

Примеры такой корректировки представлены на рис. 1 и 2, где показаны карты природного интегрального риска Краснодарского Края 2007 и 2012 гг.

В 2007 г. для Южного Федерального округа была составлена карта экономического риска потерь от развития опасных эндогенных геологических и гидрометеорологических процессов. Такая оценка проводилась на основе районирования территории по факторам, определяющим развитие опасных процессов и выделением конечных таксонов, в пределах которых интенсивность, а соответственно категория опасности процесса остается неизменной в течение, как

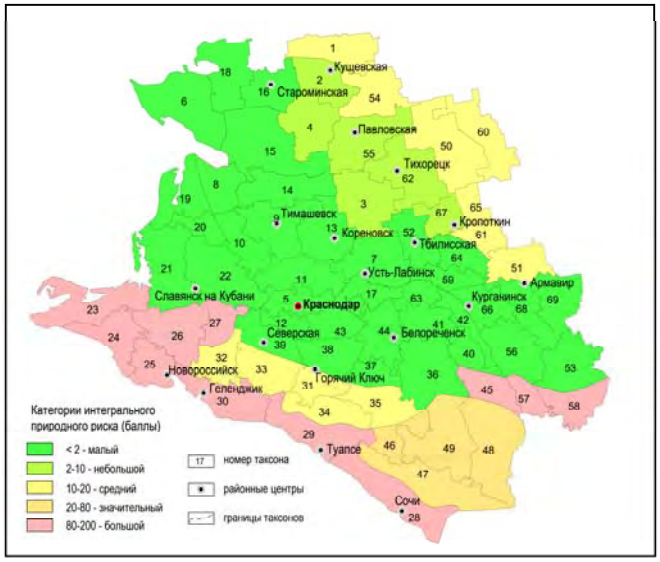


Рис. 1**. Карта интегрального природного риска Краснодарского Края (2007 г.)**

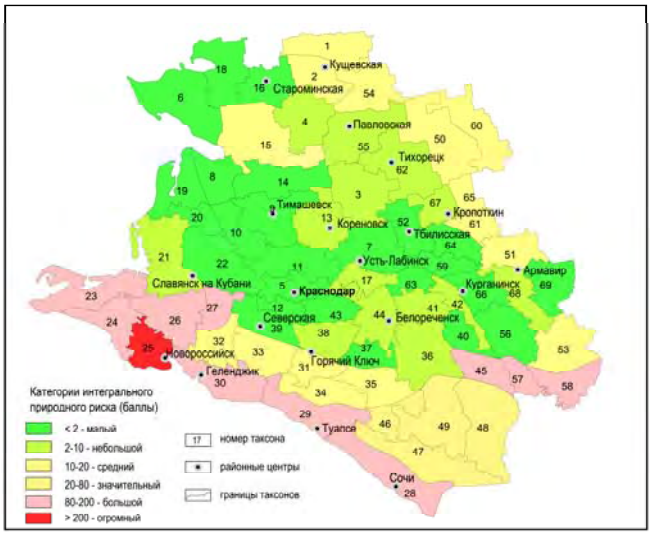


Рис. 2. **Карта интегрального природного риска Краснодарского Края (2012 г.)**

показывает статистика, очень непродолжительного времени, что еще раз подтверждает необходимость обновления данных об оценках риска. Все процессы были разделены на 4 категории опасности, каждой из которых был присвоен определенный балл, различающийся на порядок при переходе от одной категории к другой исходя из принятого при ранжировании опасных природных процессов правила о различающихся на порядок экономических потерях в пределах соседних категорий опасности процессов. При этом присвоенным каждой категории баллам соответствует стоимостной эквивалент потерь.

Суммарная балльная оценка опасности на территории таксона районирования устанавливается сложением баллов от развития опасностей различного генезиса и отражает риск возможных потерь в пределах наиболее освоенных территорий с большой плотностью населения и национального богатства.

Для выявления и отражения на картографической модели наиболее распространенных синергетических комплексов опасных процессов было проведено ранжирование интегральных значений опасности с выделением его основных категорий. В основу такого ранжирования положена система деления по возможности развития синергетических комплексов процессов, отвечающих за формирование рисков разных категорий, характеризующихся определенными баллами опасности.

В итоге вся рассматриваемая территория была охарактеризована совокупностями процессов различных категорий интегральной опасности: более 200 баллов – огромная интегральная опасность; 80–200 баллов – большая опасность; 20–80 баллов – значительная; 10–20 баллов – средняя; 2–10 баллов – небольшая; менее 2 баллов – маленькая.

Последующий анализ полученных результатов балльной оценки суммарной опасности позволил установить, что 1 балл примерно соответствует ежегодному экономическому ущербу от рассматриваемых опасностей на площади

300 км^2, исходя из общей суммы баллов опасности всех процессов на территории ЮФО и общей его площади. Указанное соотношение позволяет, в принципе, достаточно быстро пересчитать, в случае необходимости, полученные по охарактеризованной выше методике значения опасности для определения удельных и полных значений экономического риска, имеющих размерность руб./га·год и руб./год, в пределах любого участка территории ЮФО. Эта операция требует только предварительного определения площади конечного таксона, к которому он принадлежит и среднемноголетнего значения экономического ущерба в пределах рассматриваемой территории.

Использование базы данных позволяет корректировать данные оценок как дифференциальных, так и интегральных рисков потерь от развития опасных природных процессов. Такая работа была проведена в 2012 г. для той же территории (рис. 2). В пределах 69 выделенных конечных таксонов районирования были пересчитаны категории опасности всех возможных опасных процессов в их пределах, исходя из показателей создаваемой базы данных с учетом интенсивности и вероятности проявления рассматриваемых процессов. Изменение категории опасности процесса осуществляется на основе данных о погибших, пострадавших, потерпевших и экономическом ущербе.

Как видим (см. рис. 1 и 2), картина распределения природных интегральных рисков на территории Краснодарского Края весьма изменилась. Появились территории с огромным интегральным риском потерь. В центральной части территории широкая полоса, характеризуемая малыми значениями природного риска, превратилась в отдельные контуры, в пределах которых значения природного риска стали на одну, а в некоторых местах, и на две категории выше.

Создаваемая база данных позволяет оперативно оценивать последствия от проявления опасных природных процессов в пределах территорий с высокой степенью техногенной загрузки и плотностью населения и на этой основе со-

ставлять карты природного социального и экономического риска. Составленные карты могут использоваться для инвестирования средств в развитие региона, с учетом возможности принятия превентивных мер (определения их стоимостных показателей) по защите от развития природных процессов, т.е. достигать основной цели управления, а именно – снижение категорий риска опасных природных процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Природные опасности России. Оценка и управление природными рисками. Тематический том / под ред. А.Л. Рагозина. – М.: КРУК, 2003. – 320 с.

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ, ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНЫМИ РИСКАМИ

А.А. Волчек, П.В. Шведовский

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь
E-mail: Volchak@tut.by

THE ESTIMATION, PREDICTION AND CONTROL SPECIFICS OF THE NATURAL RISKS

This paper presents problems of natural risks estimation, prediction, and control at operation of the areal manufacturing units.

Высокая цена ошибочных решений при прогнозировании чрезвычайных ситуаций и экологических проблем от последствий природных и техногенных катастроф обуславливает необходимость обращения к методологии системно-информационного анализа сложных процессов и систем и

базирования исследований не на классических моделях, а на моделях, сформированных на рандомизации параметров закона Пуассона или использующих аппарат производящих функций, принцип максимума неопределенности и лагранжевые вероятностные распределения [1–3].

Поэтому системно-информационный анализ, особенно региональных экологических проблем, обуславливает необходимость учета фактора неопределенности и стохастичности, как объективных свойств условий, сопутствующих всему процессу развития экобиосистем, что четко прослеживается на предложенной нами концептуальной схеме прогнозных исследований экологических проблем [3; 4].

Эта неопределенность определяется как неопределенностью полноты, сложности и искаженности информации, т.е. внутренними и внешними факторами, так и неопределенностью разнообразия природоохранных технологий и условий существования экобиосистем.

Анализ имеющихся исследований [1–3] позволяет выделить возможные математические подходы – ситуационные, стахостико-иммитационные, системно-информационные и общесистемные с математическими моделями базирующимися на теории вероятности, математической логике, абстрактной алгебре, дифферинциально-интегральном исчислении и теориях ошибок, множеств и мер, нечетных множеств, мер и интегралов.

Анализ применяемости математических теорий для решения исследуемых проблем с точки зрения возможности учета основных факторов неопределенности – физической числовой и нечисловой неопределенности, противоречий между точностью неопределенностью, возможностью количественной оценки неопределенности, требований жесткого определения всех событий, факторов и характеристик, возможности эффективного учета взаимовлияния неопределенности, возможности получения оптимистических и пессимистических оценок и уровня доверия к ним, единства подхода к представ-

лению точных, неполных, неопределенных и нечетких знаний, возможности работы с неопределенной информацией на базе малых статистических выборок позволяет отметить, что одной из наиболее эффективных математических теорий при решении проблем с множественностью неопределенностей является теория нечетких интегралов, множеств и, особенно, нечетких мер, базирующиеся на нечетких процессах.

Отметим, что нечеткая мера является обобщенным понятием вероятностной меры, свободной от ряда ограничений. При этом сама мера – это функция множества *m*: $P(x) \to R$, где $P(x)$ – множество всех подмножеств *x*, и *R* – множество действительных чисел.

Состояние любой экобиосистемы может быть определено совокупностью динамических процессов, которые формируются действием совокупности внешних и внутренних факторов $x = \{x\}$, при этом для фактора $x_k \in x$ возможное состояние процесса ограничивается некоторым нечетким процессом, описываемым нечетко-интегральным уравнением вида:

$$\sigma_{x_k}\left(\omega / t_{np}\right) = \int_T h_{x_k}\left(\omega, t_{np}\right) \cdot \int_{\Psi_{T(\omega)}} f_{t_{np}}(\omega) \cdot g_{\omega}(\bullet), \qquad (1)$$

где $t_{np} \in T$; T – нечеткий временной интервал прогноза;

$\sigma_{x_k}\left(\omega / t_{np}\right)$ – функция распределения нечеткой меры (нечеткости) на T, связывающей пространства T и Ω, т.е. $\sigma_{x_k}\left(\omega / t_{np}\right) \to [01]$; $\int(\bullet)$ – нечеткий интеграл;

$g_{\omega}(\bullet)$ – расширенная нечеткая мера;

$h_{x_k}\left(\omega, t_{np}\right)$ – функция преобразования нечетной динамической системы, определяющей ее динамику и $h_{x_k}\left(\omega, t_{np}\right): (\Omega \times T) \times \Omega \to [01]$;

$f_{t_{np}}(\omega)$ – функция распределения плотности произвольного нечеткого множества.

Зная или задаваясь важностью влияния различных факторов $p(x): X \to [01]$, прогнозирование состояние системы (объекта) сводится к нахождению такого нечеткого процесса, который бы агрегировал исходный процесс с учетом функции $p(x)$, т.е.

$$\bar{S}_{t_{пр}}(\omega) = F\left(\sigma_{x_k}\left(\omega, t_{пр}\right), p(x)\right), \qquad (2)$$

где F – оператор оперирования функции.

Полагая, что эффективность управления нечетной динамической системой определяется множеством критериев $\theta(\nu)$ с нечеткой мерой их важности $q_\theta(\bullet): 2^\theta \to [01]$, в общем случае потери (ухудшение, изменение) $l(\nu, u)$ по каждому из показателей (факторов, условий) $\nu \in \Omega$ зависят от выбора управления $u(t, \omega) \in U$ в конкретный момент времени и для конкретного состояния системы, т.е.

$$l(\nu, u): \theta \times U \to [01].$$

При этом нечеткое отношение $l(\omega, u)$ характеризует распределение меры возможности потерь по $\nu \in \Omega$ при $u \in U$, а $l'(\nu, u)$ – меру выгодности и $l'(\nu, u) = 1 - l(\nu, u)$.

Отсюда соответственно максимально возможная выгодность по критерию $\nu \in \theta$ при выборе управления из подмножества $E \le U$ определится соотношением

$$j = \max_{u \in E}[1 - l(\nu, u)], \qquad (3)$$

а минимально возможные потери ν соотношением

$$\nu = 1 - \max_{u \in E}[\chi_E(\nu, u) \cdot (1 - l(\nu, u))], \qquad (4)$$

где $\chi_E(\bullet)$ – характеристическая функция множества $E \le U$.

Основу решения всех этих проблем методами теории нечетких интегралов, множеств и мер составляет формализация нечетких данных.

Рассмотрим формализацию нечетких данных для оценки уровня риска $d \in D$ формирования критического состояния водного баланса Белорусского Полесья (табл.).

Таблица

Формализация нечетких данных для оценки уровня риска

Описание данных	**Формализованное представление данных**
Полная уверенность, что риска нет	$\mu(d) = \begin{cases} 0, d \in D \mid \{6\} \\ 1, d = 6 \end{cases}$
Полная уверенность, что риск есть, но тяжело оценить его значение	$\mu(d) = \begin{cases} 1, & \mu(\cdot) = M_{вз}(\cdot), d \neq 6 \\ \lambda \in [0,1] & \mu(\cdot) = M_n(\cdot), M_D(\cdot), d \neq 6 \\ 0, & \mu(\cdot) = M_H(\cdot), d = 6 \end{cases}$
Полная уверенность, что риск есть однако известно, что его значение от минимального до допустимого	$\mu(d) = \begin{cases} 1, d \in [2,3] \\ 0, d \notin [2,3] \\ 0, d = 6 \end{cases}$
Полная уверенность, что риск есть, но значение его четко неизвестно	$\mu(d) = \begin{cases} \varphi(d), d \in D \mid \{6\} \\ 0, d = 6 \end{cases}$; $\varphi(d)$ – распределение нечеткости для риска низкого уровня
Полная уверенность, что риск допустимый	$\mu(d) = \begin{cases} 0, d \in D \mid \{3\} \\ 1, d = 3 \end{cases}$
Вполне правдоподобно, что есть риск достаточно высокого уровня, но имеется	$\mu(d) = \begin{cases} M_n, d \in D \mid \{6\} \\ \lambda, d = 6 \end{cases}$;

Окончание табл.

Описание данных	**Формализованное представление данных**
и ненулевая возможность λ что риска нет	M_n – распределение меры правдоподобия для риска высокого уровня
Неизвестно есть риск или нет, но если есть, то его величина вообще неизвестна	$\mu(d)=\begin{cases}1, & \mu(\cdot)=M_{вз}(\cdot)\\ \lambda\in[0,1] & \mu(\cdot)=M_n(\cdot), M_D(\cdot)\\ 0, & \mu(\cdot)=M_H(\cdot)\end{cases}$
Вполне возможно, что риска нет, но имеется и не нулевая возможность, что он есть и не выше критического	$\mu(d)=\begin{cases}\lambda, d<3\\ 0, d\geq 3\\ 1, d=6\end{cases}$

Примечание: 1 – событие возможно; 2 – событие невозможно; M_n – мера правдоподобия; $M_{вз}$ – мера возможности; M_H – мера необходимости; M_D – мера доверия; $M_{вр}$ – мера вероятности. Оценка риска: D = (l – отсутствует, 2 – минимальный, 3 – допустимый, 4 – критический, 5 – недопустимый, 6 –неизвестно, является ли это риском); μ – функция принадлежности; λ –параметр нормировки.

При формализации использованы q – нечеткие меры, следующим образом зависящие от параметра нормировки:

$$\left.\begin{array}{l} M_n\in -1<\lambda<0;\quad M_{вз}\in\lambda=-1;\quad M_H\in\lambda>0;\\ M_D\in\lambda>0;\quad M_{вр}\in\lambda=0.\end{array}\right\}\qquad(5)$$

Бесспорно, предложенная формализация нечетких данных не ограничивают всего спектра возможностей формализации. При необходимости, в каждой конкретной решаемой задаче, могут использоваться и другие варианты формализации, позволяющие более широко описать спектр разнородных и малодостоверных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ивченко Б.П., Мартыщенко Л.А.* Информационная экология. – СПб: Нордметиздат, 1998. – 201 с.

2. *Бочарников В.П.* Модель управляемого непрерывного нечеткого процесса на основе нечетко-интегрального уравнения // Проблемы управления и информатики – К.: КМУГА, 1998. – С. 72–77.

3. *Бурлибаев М.Ж., Волчек А.А., Шведовский П.В.* Проблемы оптимизации природопользования и природообустройства в математических моделях и методах. – Алматы: Каганат, 2003. – 532 с.

4. *Волчек А.А., Шведовский П.В.* К проблемам моделирования динамики развития и локализации экологических последствий // Вестник БГТУ. – 2002. – Сер. 2. – № 2 (14) – С. 45–46.

5. Прикладные нечеткие системы / пер. с яп.; под ред. Т. Терно. – М.: Мир, 1993. – 386 с.

6. *Чернышев М.К.* Математическое моделирование иерархических систем. – М.: Наука, 1998. – С. 44–49.

СНИЖЕНИЕ РИСКА АВАРИИ ПРИ БУРЕНИИ НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН

С.Б. Гаибназаров

Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, Узбекистан

THE REDUCTION OF THE RISK OF DAMAGES OF THE OIL AND GAZ BOREHOLES IN DRILLING PROCESSES

The article presented some way of the reduction of the damages in oil and gaze bore holes in drilling processes. The absorption of drilling mud fluid is a heavy complication of the process construction of bore holes, takes significant expenses of time and material resource.

В результате бурения скважины на нефтегазоносных площадях наблюдается загрязнение окружающей среды, что сильно сказывается на состоянии и качестве экосистемы. Поэтому при буровых работах должен быть создан долговечный, прочный изолированный канал, связывающий продуктивный горизонт с дневной поверхностью. Решающее значение при проводке скважины имеют буровые промывочные растворы. От их способности выполнять свои функции в различных геолого-технических условиях зависит не только эффективность буровых работ, но и состояние окружающей природной среды.

Тяжелые осложнения в процессе бурения, а в некоторых случаях и ликвидация скважин, нарушение режима эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, связанные со значительным ущербом окружающей среде, могут быть обусловлены низким качеством буровых растворов, отсутствием надежных методов и средств управления ими. Все это и обусловливает целесообразность затрат на повышение качества этих систем.

С увеличением глубины скважин повышаются температура и давление, скважина вскрывает горизонты с различными по химической природе флюидами (газ, нефть, пластовая вода), минералогический состав пород также разнообразен, поэтому бурение все больше становится физико-химическим процессом.

Разбуриваемые породы, пластовые воды, высокие температуры и давления отрицательно влияют на свойства буровых растворов. Аналогичное влияние оказывают и гидродинамические эффекты при закачивании и продавливании растворов в скважинах.

В зависимости от конкретных условий свойства этих систем направленно изменяют, вводя в них различные наполнители и обрабатывая химическими реагентами для предотвращения осложнений и оптимизации процесса бурения.

Наибольшее влияние на качество бурового раствора, а также технико-экономические показатели бурения оказывают породы, которые активно взаимодействуют с этими системами. Например, пластичные породы под влиянием фильтрата раствора набухают, теряют устойчивость и, переходя в буровой раствор, существенно ухудшают его качество. Смачивание этим раствором рыхлых пород вызывает их оползание или осыпание в ствол скважины.

Свойства буровых растворов в значительной мере зависят от минерального состава разбуриваемых пород. Солевые породы вследствие легкой растворимости вызывают коагуляцию буровых растворов. Чаще всего эти системы подвергаются натриевой, кальциевой и магниевой агрессии при разбуривании каменной соли, бишофита, гипса и других пород. Отрицательное влияние на свойства буровых растворов оказывают минерализованные пластовые воды и рапа. Под их воздействием буровые растворы коагулируют, их структурно-механические и фильтрационные свойства ухудшаются.

Поглощение в скважинах буровых растворов является одним из основных видов осложнений. Ежегодные затраты времени на их ликвидацию по предприятиям нефтегазовой промышленности составляют сотни тысяч часов. На строительство нефтяных и газовых скважин расходуются сотни тысяч тонн обсадных труб и цемента, миллионы кубометров бурового раствора, химических реагентов и др., потребность в которых остается высокой. Однако эти затраты существенно увеличиваются, если учесть, что из-за поглощений цементного раствора не обеспечивается проектная высота подъема цементного раствора, что приводит к необходимости проводить ремонтные работы; при освоении скважин (первичном и после капитального ремонта) происходит снижение проницаемости продуктивных пластов и т.д. Эта отрасль продолжает испытывать трудности, связанные со значительным удельным весом непроизводительных затрат

материально-технических ресурсов и времени. Поэтому одним из путей сокращения цикла строительства скважин является совершенствование способов и средств борьбы с поглощениями буровых растворов и иных жидкостей в скважинах.

Одним из эффективных методов ликвидации поглощений является закупорка поглощающих каналов с помощью наполнителей. В качестве наполнителей широко применяют резиновую крошку, хромовую стружку, отходы реактопластов, улюк (отходы хлопкового волокна), выбуренный шлам, кордное волокно, целлофановую стружку, ореховую скорлупу, древесные опилки и др.

Важнейшими свойствами наполнителей являются наличие оптимального распределения размеров частиц, формы, массы или плотности частиц, их жесткость и инертность. Также для изоляции зон поглощений буровых растворов получила применение так называемая «жидкая глина». Применение «жидкой глины» дает хорошие результаты в тех случаях, когда раствор заполняет трещины, образовавшиеся в процессе бурения, а также при изоляции трещин естественного происхождения. Действие «жидкой глины» основано на быстром оседании из раствора твердых частиц, способных закупоривать трещины.

Проведенные нами исследования эффективных способов изоляции поглощающих пластов в различных геолого-технических условиях проводки скважин привели к разработке новых тампонажных смесей на основе отхода АО «Махам-Аммофос», т.е. фосфогипса и отработанного полиэтилена. Установлено, что механоактивированные отходы обладают дополнительными сопротивлениями при движении в пористой среде и вязкость которых сильно увеличивается при высоких скоростях сдвига. При введении механоактивированных отходов в состав буровых растворов, с помощью которых бурят скважины, они быстро затвердевают в процессе промывки. Экспериментально установлено,

что тип и свойства применяемого бурового раствора должны соответствовать рабочему проекту и в комплексе с технологическими мероприятиями, регламентирующими процесс проходки ствола, обеспечивать безаварийные условия с высоким технико-экономическими показателями и минимальным ущербом окружающей среде. Плотность бурового раствора при вскрытии нефтегазовых скважин должна определяться для горизонта с максимальным градиентом пластового давления в интервале совместимых условий бурения.

Для успешной изоляции поглощающего пласта в каждом случае необходимо определить вероятный размер трещин, чтобы образовать перемычку и перейти к проведению следующих мероприятий. При необходимости повторения заливок, каждую последующую заливку следует производить с применением более крупных закупоривающих материалов. Оптимальный набор наполнителей должен включать частицы различных размеров для создания непроницаемых перемычек. Доставив порцию такого раствора в поглощающий интервал, закрывают плашки превентора и осторожно задавливают материал в пласт, после чего выдерживают скважину 4–8 ч или до установления постоянного давления. Это приводит к снижению рисков аварии и негативных последствий при проведении буровых работ в песчаных и лессовых грунтах в Центральной Азии.

Практическое применение разработанной нами технологии бурения и стабилизаторов буровых растворов на основе отходов и вторичных сырьевых ресурсов может привести к решению многих технологических, экономических и экологических проблем.

ОЦЕНКА РИСКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НЕФТЕПРОДУКТАМИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ АВТОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

И.В. Галицкая, Г.И. Батрак

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

RISK ASSESSMENT OF GROUNDWATER CONTAMINATION BY OIL PRODUCTS UNDER THE INFLUENCE OF MOTOR CAR CENTER

The probabilistic approach was used for risk assessment of groundwater contamination by oil products in the territory of the gas station. Stochastic modeling of clay boundary formed by erosion in preglacial period in the Jurassic rocks overlying the target aquifer was used for risk forecast.

В последние десятилетия проблеме техногенного загрязнения подземных вод и связанных с ним рисков уделяется все больше внимания во всем мире. Продолжают постоянно совершенствоваться подходы к вероятностной оценке формирования опасной гидрогеохимической ситуации, кроме того, возрастает потребность в оценке экономического риска, возникающего при загрязнении эксплуатируемых водоносных горизонтов.

В настоящей статье рассматривается подход к прогнозу вероятности загрязнения подземных вод при воздействии проектируемого автотранспортного комплекса, расположенного в одном из районов г. Москвы, и оценке экономического риска загрязнения водозаборной скважины. Использовано вероятностно-детерминированное моделирование, при котором вероятностный блок включен в модель, детерминированно описывающую процессы фильтрации и

миграции. Данная работа – логическое продолжение исследований, проводимых в лаборатории гидрогеоэкологии ИГЭ РАН [2; 3].

Исследуемый район расположен в пределах третьей (ходынской) надпойменной террасы р. Москвы. В геологическом строении исследуемой территории принимают участие два различных типа пород: докембрийские кристаллические породы фундаменты и палеозойские, мезозойские и кайнозойские породы осадочного чехла.

Исследуемая часть геологического разреза представлена красноцветными глинами и мергелями кревякинского горизонта (воскресенская подсвита) C_3vs, известняками ратмировской подсвиты (C_3rt), глинами с прослоями мергеля неверовской подсвиты (C_3nv), известняками перхуровской подсвиты (C_3pr), на которых с несогласием залегают келловей – оксфордские глины ($J_{2\text{-}3}$k-o), которые в свою очередь подстилают флювиогляциальные и аллювиальные пески и супеси, а также насыпные грунты.

На исследуемой территории развиты древние эрозионные врезы, в пределах которых в разрезе либо отсутствуют отложения юрского возраста, либо юрские глины размыты (рис. 1). Участки значительного сокращения мощности глин или их отсутствия получили название «гидрогеологических окон».

Основные водоносные горизонты – «надъюрский» водоносный горизонт в аллювиальных и флювиогляциальных песках и супесях и касимовский водоносный горизонт в верхнекаменноугольных известняках. Разделяющий слой представлен келловей – оксфордскими глинами.

На участке размещения автотранспортного комплекса в подземные воды могут поступать различные загрязняющие вещества, в том числе такие токсичные составляющие нефтепродуктов как бензол, толуол, этилбензол, ксилол. Было выполнено моделирование переноса бензола – одного из наиболее растворимых компонентов нефтепродуктов с низкой сорбционной способностью.

а) *б*)

Рис. 1. **Схемы:** *а* **– исследуемой территории;**
б **– распространения юрских отложений**

Основная задача исследований – оценка вероятности загрязнения бензолом водозаборной скважины и риска экономических потерь.

Общая концептуальная модель формирования гидрогеохимической опасности и возникновения риска включала следующие концепции: формирования гидрогеохимической опасности (модель I); реализации гидрогеохимической опасности (модель II); вида ущерба. Детальное изложение обобщенной концептуальной модели формирования техноприродной гидрогеохимической опасности и возникновения риска на урбанизированных территориях представлено в статье [1].

Концепция формирования загрязнения касимовского водоносного горизонта заключалась в том, что нефтепродукты с инфильтрующимися водами поступают в «надъюрский» водоносный горизонт, а из него при перетекании через слабопроницаемые юрские глины или через «гидрогеологические окна» – в касимовский водоносный горизонт. Реализация гидрогеохимической опасности в данном случае может произойти при использовании загрязненных подземных вод, результатом чего может явиться нанесение вреда

здоровью населению. Предполагалось, что основные затраты в случае загрязнения питьевых подземных вод будут определяться стоимостью очистных сооружений.

Результаты анализа ситуации позволили обосновать отнесение событий, определяющих формирование гидрогеохимической опасности и возникновение риска на исследуемой территории, к детерминированным (квазидетерминированным) и вероятностным. В качестве квазидетерминированных событий были приняты: воздействие источника загрязнения; расположение водозаборной скважины в зоне влияния источника, так как водозабор расположен по пути миграции загрязняющих веществ; проявление неустойчивости водоносного горизонта, поскольку физико-химическим взаимодействием бензола с водовмещающими породами (известняками) можно пренебречь и процесс дисперсии рассматривается как детерминированный. Вероятностным процессом является формирование результирующего воздействия, так как концентрация загрязняющего вещества, поступающего в касимовский водоносный горизонт, зависит от расположения границы юрских глин, которое точно не известно.

Построение геофильтрационной модели потребовало и исследования геолого-гидрогеологических условий на значительно большей территории. Гидрогеологическая модель включала следующие расчетные слои: «надъюрский» водоносный пласт, верхнекаменноугольный водоносный пласт и разделяющий пласт в келловей – оксфордских глинах.

При построении модели использованы данные более чем 400 скважинам и результаты мониторинга подземных вод на территории проектируемого комплекса. Моделируемая площадь – 42 км^2, мощность моделируемой толщи – около 100 м. Границы модели проходили по Москва-реке на западе, севере, востоке р. Сетунь на юго-востоке и местному гидравлическому водоразделу на юге. Размеры расчетных блоков – 50 × 50 м.

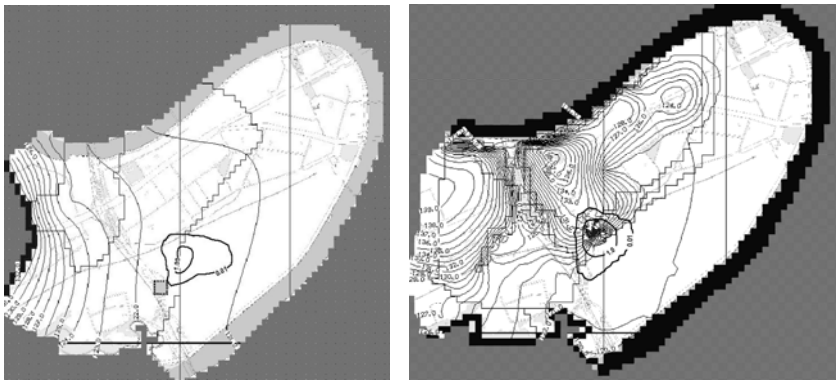
Численное моделирование выполнено с использованием пакета программ Processing Modflow Pro, v. 7.0.26, моделирование переноса бензола – с использованием программы MODFLOW/MT3DMS. Для оценки вероятности того, что через расчетное время загрязнение достигнет водозаборной скважины, был использован подход с использованием условного стохастического моделирования границы гидрогеологического окна в перекрывающих водоносный горизонт келловей-оксфордских глинах.

В предлагаемом подходе оценка вероятности поступления бензола в водозаборную скважину включала следующие шаги:

– оценка различных вариантов границы юрских глин с использованием генератора случайных чисел;

– численное моделирование переноса бензола с использованием MODFLOW/MT3DMS для каждого варианта границы юрских глин (рис. 2);

– расчет вероятности прихода к водозабору бензола с концентрацией выше ПДК.



а) *б*)

Рис. 2. **Распределение бензола:** *а* **– в «надъюрском»;** *б* **– касимовском водоносных горизонтах** (вариант 10)

Результаты анализа показали, что вероятность загрязнения водозабора – 0,3, или 30%. Величина ущерба принималась равной стоимости очистных сооружений, которая по предварительным расчетам составляла около 1,2 млн руб. Значение риска экономических потерь- 0,3 × 1 200 000 = 360 000 руб.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Галицкая И.В.* К проблеме оценки и прогноза техноприродного геохимического риска на урбанизированных территориях // Проблемы снижения природных опасностей и рисков: Мат-лы Междунар. научно-практ. конф. «ГЕОРИСК–2009». – Т. 2. – М.: РУДН, 2009. – С. 65–70.

2. *Galitskaya I., Pozdniakova I., Toms L.* Assessment of Hydrogeochemical Hazard and Risk in the Urbanized Territories // Global Groundwater Resources and Management. Selected Papers from The 33rd International Geological Congress, Scientific Publishers (India). – Jodhpur, 2010. – P. 477–496.

3. *Galitskaya I., Pozdniakova I., Toms L.* Simulation of contaminant transport for contamination risk assessment // Calibration and reliability in groundwater modelling: Managing groundwater and the environment / ed. by Yanxin Wang, Shemin Ge, Marry C. Hill // IAHS Publication. – 2011. – № 341. – P. 172–178.

ОБОСНОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ И ПРОЧНОСТИ МАССИВОВ СКАЛЬНЫХ ПОРОД КАК ФАКТОР УПРАВЛЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫМИ И ТЕХНОГЕННЫМИ РИСКАМИ

Н.Ю. Гасанова*, К.Д. Салямова**, А.Д. Меликулов*

**Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, Узбекистан*
E-mail: kaplan_77@mail.ru

**Институт сейсмостойкости сооружений АН РУз,
Ташкент, Узбекистан
E-mail: klara_5@.mail.ru
***ООО «Спецуправление № 75», Ташкент, Узбекистан
E-mail: konchilik@mail.ru

JUSTIFICATION OF STABILITY AND DURABILITY OF ROCK MASSIF AS FACTOR OF MANAGEMENT OF NATURAL AND TECHNOLOGICAL HAZARDS

The factors influencing ensuring stability and durability of rock massif are considered. Properties of rocks and massifs are shown in processes of their deformation and destruction when conducting mining operations.

Возрастающие объемы современного технологического воздействия на литосферу охватывают сферы горно-добычных работ открытым и подземным способами, гидротехнического строительства, строительства различных дорог, тоннелей, объектов промышленного строительства как наземного, так и подземного размещения и т.д.

Значительную долю из всего объема разрушаемых, перемещаемых и перерабатываемых горных пород, в том числе и полезных ископаемых, составляют скальные и полускальные породы, имеющие прочность 80–400 МПа и более.

По оценкам специалистов, в мире ежегодно в различных отраслях промышленности перемещается более 100 млрд т горной массы, что на порядок превышает объем веществ, перемещаемых самой природой, по другим меркам ежегодная деятельность человека оценивается величиной до 500 т перемещаемой горной породы и 2 м^2 нарушаемой земной поверхности на каждого жителя планеты. В гидроэнергетическом строительстве сохраняется тенденция сооружения гидроэлектростанций с высоконапорными плотинами на

скальных основаниях, при этом на каждый миллион кВт установленной мощности приходится по 3–6 млн $м^3$ скальной выемки [3].

Гигантским объектом по объемам и глубине выемки и последующей переработки горной массы, имеющим мировую известность, является золотодобывающий карьер Мурунтау с размерами в плане 3,3 × 2,5 км, глубиной более 600 м. За весь период разработки этого карьера с 1967 г. извлечено 1,5 млрд $м^3$ горной массы при максимально достигнутой (в 2012 г.) годовой производительности 53,6 млн $м^3$. Проектом V-очереди намечается довести глубину карьера до 900–950 м [6].

Массивы скальных горных пород обладают свойствами с весьма широким диапазоном количественных показателей, сочетающими в себе характеристики твердых как упругих, так и пластических тел, включая особенности поведения и хрупких, и вязко-текучих тел, а также ползучести. Эти массивы способны в своем объеме и во времени накапливать потенциальную энергию упругого деформирования (сжатия) с последующим высвобождением части этой энергии в виде хрупкого быстротекущего (динамического) разрушения, что проявляется в виде горных ударов и землетрясений. Одновременно массивы горных пород обладают способностью пластического формоизменения (текучести, ползучести), что в практике горно-добычных предприятий, при строительстве гидротехнических и различных подземных сооружений, т.е. во всех случаях техногенного воздействия на массив горных пород в значимых масштабах проявляется в виде смещений больших объемов пород, либо локальных вывалов, оседания кровли, смещения боков, пучения почвы горных выработок.

Свойства прочных скальных и полускальных пород и массивов проявляются в процессах их деформирования и разрушения при ведении взрывных работ, мощность которых в реальных условиях оценивается от десятков кило-

грамм до сотен тонн одновременно взрываемых зарядов, управления горным давлением и сдвижением пород, что, в свою очередь, предопределяет эффективность обеспечения безопасности и устойчивости породных обнажений в течение длительного времени эксплуатации возводимых объектов – подземных сооружений, горных выработок шахт и рудников, откосов бортов карьеров, оснований и упоров плотин гидротехнических сооружений и др.

В практике имеется еще один реальный аспект рассматриваемой проблемы: обычно, создавая при помощи взрыва какую-либо полость или выработку в массиве горных пород, ставится задача отделения от массива только определенной его части в пределах ограниченного проектного контура, причем отделяемая взрывом часть должна быть по возможности в равномерно измельченном состоянии, а массив за пределами контура в целях сохранения его дальнейшей устойчивости должен остаться максимально нетронутым. Степень сохранности или нарушенности законтурного массива будет в значительной мере предопределять затраты на укрепление или другие меры по поддержанию выработки в течение необходимого срока ее эксплуатации.

Массив скальных горных пород характеризуется как естественная геологическая среда с иерархически организованной структурой, которая унаследовала ряд своих особенных свойств от предыстории с момента образования и дальнейшего многовекового протекания множества сложных геологических процессов [1; 5; 7; 8].

В результате многолетних наблюдений за деформациями бортов карьера отмечено, наибольшее количество деформаций приходится на 1984 г. Приблизительный суммарный объем деформаций составил около 2×10^5 м^3. Указанный год является наиболее «урожайным» по числу происшедших природных землетрясений: произошло 54 слабых землетрясения со средней магнитудой M = 4,8 плюс одно

глобальное с магнитудой M = 7,2. Минимальное количество деформаций приходится на 1990 г. с объемом нарушений около 1,8 × 10^4 м^3. В этот год произошло всего 9 слабых землетрясений со средней магнитудой M = 4,2.

Кроме природных землетрясений, ежегодно на борта карьера воздействовали землетрясения, связанные с карьерными взрывами общей мощностью 15 000 т с суммарной локальной магнитудой $m(g)$ = 5,2 [2].

Распространенное выражение «разгрузка» в случаях выемки больших объемов породы при отработке карьера не соответствует основным геомеханическим процессам, которые происходят в массиве. При сравнении распределения напряжений в массивах горных пород до и после выемки оказывается, что уменьшаются в основном нормальные напряжения, остальные компоненты напряжения могут увеличиваться и привести к образованию зон концентрации напряжений и, как следствие, пластического деформирования пород (течения), т.е. фактически происходит заметный процесс дополнительного нагружения, а не разгрузки [6].

В зонах разуплотнения формируются поверхности ослабления большой протяженности, снижается сопротивляемость горных пород сдвигу в зонах разгрузки, смещаются борта и дно карьера. Значительную роль начинают играть процессы, связанные с дилатансией пород, особенно в зонах, прилегающих к поверхности откосов и уступов, расположенных на нижних горизонтах.

Методика определения состояния прибортового массива должна учитывать изменчивость состояния во времени с учетом возможных воздействий сейсмических нагрузок переменной величины и направления (знака). Коэффициент запаса, величина которого не всегда отражает возможные изменения физических явлений, является своего рода коэффициентом неизученности вопроса или «платой за риск» [4]. Современные методы оценки влияния стохастических событий позволяют численно определить расчетным путем возмож-

ный диапазон значений искомой величины с заранее заданной степенью надежности. Еще одна сложность (соответственно и неопределенность) заложена в природе самого массива горных пород: невозможно однозначно или хотя бы с малым разбросом значений определить физико-механические свойства пород, посредством которых впоследствии интерпретируются свойства массива. В любом случае, принятие инженерных решений должно опираться на надежную оценку стохастического процесса, и проектировщик должен знать, во сколько обходится в абсолютном выражении коэффициент запаса устойчивости объекта, в котором заложены, кроме объективного разброса значений параметров физических величин, также и степень риска, и степень нашего незнания. В условиях рыночных отношений становится актуальным рассчитывать плату за риск и во что обходится исследование того или иного процесса, чтобы количественно определить область экономической целесообразности дополнительных затрат на совершенствование технологии работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Айтматов И.Т.* Геомеханика рудных месторождений Средней Азии. – Фрунзе: Илим, 1987. – 246 с.

2. *Кольцов В.Н., Лукишов Б.Г., Коновалов Б.Д.* Сейсмический метод контроля устойчивости бортов карьера Мурунтау // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2002. – № 2. – С. 27–29.

3. *Комащенко В. И., Голик В. И., Дребенштедт К.* Влияние деятельности геологоразведочной и горнодобывающей промышленности на окружающую среду. – М., 2002. – 357 с.

4. Сейсмический риск и инженерные решения / пер с англ.; под ред. Ц. Ломнитца, Э. Розенблюта. – М.: Недра, 1981. – 375 с.

5. *Садовский М.А., Кахирян Г.Г., Родионов В.Н.* О механике блочного строения горного массива // ДАН СССР. – 1988. – Т. 302. – № 2. – С. 108–112.

6. *Силкин А.А., Кольцов В.Н., Шеметов П.А.* Управление долговременной устойчивостью откосов на карьерах Узбекистана. – Ташкент: Фан, 2005. –229 с.

7. *Jaeger C.* Rock mechanics and engineering. – Cambridge–London: Cambridge University Press, 2009. – 523 p.

8. *Wittke W.* Rock mechanics based on an anisotropic jointed rock model. – Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn, Verlag fur Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co, 2014. – 875 p.

СЕЙСМОУСИЛЕНИЕ СТЕН КИРПИЧНЫХ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ

А.А. Гасиев*, А.В. Грановский*, Р.Т. Акбиев*

**ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко*
АО «НИЦ «Строительство», Москва
E-mail: gasiev@bk.ru, arcgran@list.ru
***ЦНИИП Минстроя России, Москва*
E-mail: akbi.rust@gmail.com

SEISMIC STRENGTHENING OF THE WALLS IN THE BRICK BUILDINGS WITH THE APPLICATION OF MODERN CONSTRUCTION MATERIALS AND TECHNOLOGIES

The report shows summary results of complex experimental testing of seismic resistance of the brick buildings` walls, reinforced with the application of the different kinds of the modern materials, including those ones, prepared by the authors. There are thoroughly highlighted the results of static and dynamic testing of the fragments from the brick walls, reinforced by carbon-fibre fabric and structures based on steel permanent formwork.

За последнее десятилетие реализовано и реализуются различные федеральные и региональные программы, пред-

назначением которых является повышение сейсмостойкости существующих зданий и сооружений.

Тема доклада посвящена выполнению одной из главных таких Программ – ФЦП «Повышение устойчивости жилых домов, основных объектов и систем жизнеобеспечения в сейсмических районах Российской Федерации на 2009–2018 гг.».

Проведенный в рамках указанной ФЦП анализ структуры застройки сейсмоопасных регионов Российской Федерации, с ранжированием по основным типам несущих конструкций, выявил значительную долю строений из каменной кладки – в среднем не менее 30–40% от общего их числа. Здания с несущими стенами из каменной кладки, построенные в основном в прошлом столетии ручным способом, относятся к группе наиболее уязвимых с точки зрения сейсмического риска. Лабораторные и натурные испытания их элементов, узлов и конструкций показывают значительные отклонения от требований норм (в частности, СП 14.13330.2014), предъявляемым к кладкам I и II категории.

Учитывая, что в кирпичных домах живут, как правило, малообеспеченные слои населения, а также опыт происшедших землетрясений за последнее время и то, что возможные повреждения и даже разрушения таких зданий становятся причиной многочисленных людских и материальных потерь, необходимо принятие мер по их усилению и реконструкции.

Восстановить или повысить несущую способность каменных конструкций существующих объектов предлагается с использованием инновационных технологий, описанных в докладе.

Одна из таких технологий основана на применении стальной несъемной опалубки на основе вытяжной гофрированной сетки ПВГС (СНО), другая – углеволокна (см. рис. 1, 2).

Испытания с целью изучения особенностей и оптимальных свойств конструкций подробно описаны в научной литературе.

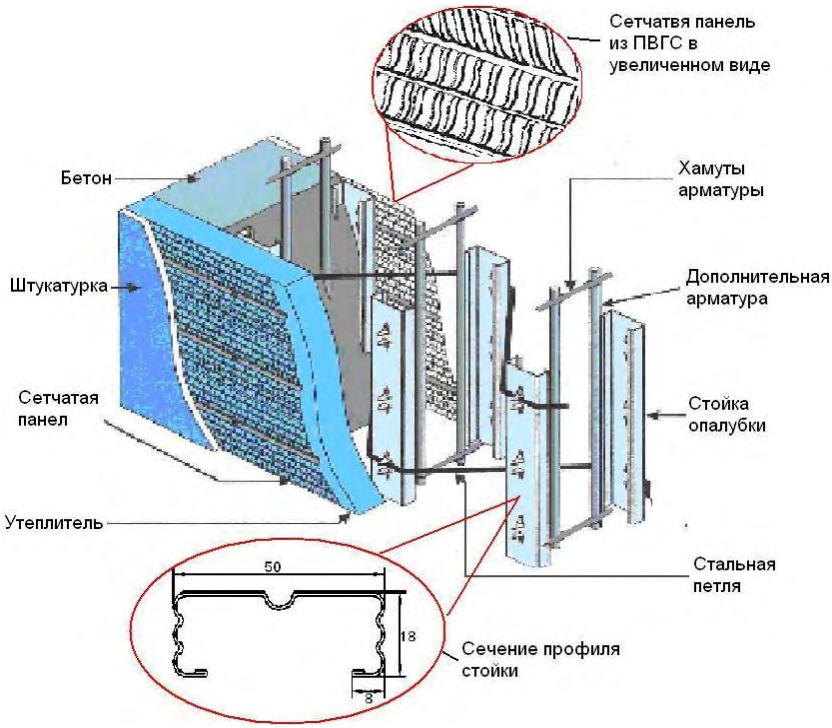


Рис. 1. **Общий вид конструкции СНО**

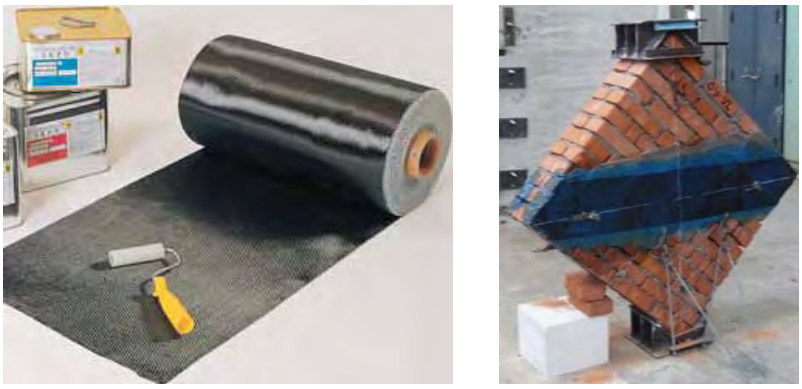


Рис. 2. **Общий вид усиления углеволокном**

Испытания усиленных конструкций также проводились по специально разработанной методике [1–4], для чего использовались 6 серий образцов:

– ОК-1 – эталонные образцы кладки для стен усиленных СНО. Образцы кирпичной кладки размерами 103 × 104 × 25 см, изготовленные из кирпича средней прочности, марки М125 на растворе М75;

– ОК-2 – образцы, изготовленные по аналогии с серией ОК-1, с односторонним усилением кладки слоем бетона класса В20. Роль арматурной сетки и щита опалубки в данной конструкции играет лист ПВГС, крепление которого к телу стены осуществляется при помощи 9 арматурных анкеров Ø8 мм А400, расположенных с шагом 400 мм в обоих направлениях;

– ОК-3 – образцы, изготовленные по аналогии с серией ОК-1 с двусторонним усилением кладки слоем бетона класса В20 и креплением арматурной сетки и щита опалубки по аналогии с образцами ОК-2;

– ОК-4 серия – эталонные образцы для стен усиленных углеволокнистой тканью. Образцы кирпичной кладки размерами 103 × 96,5 × 25 см, изготовленные из кирпича средней прочности, марки М125 на растворе М75;

– ОК-5 Прочностные характеристики материалов кладки и размеры образцов аналогичны характеристикам эталонных образцов серии ОК-4. При этом холст из углеволокна марки шириной 150 мм наклеивается с одной стороны образца вдоль его растянутой диагонали с заведением на вертикальные боковые грани образца;

– ОК-6 Прочностные характеристики материалов кладки и размеры образцов аналогичны характеристикам эталонных образцов серии ОК-4. При этом холст из углеволокна с двух сторон образца вдоль его растянутой диагонали с заведением на вертикальные боковые грани образца.

По результатам проведенных испытаний, сделаны предложения по проведению расчетов усиленных конструкций [5].

Результаты испытаний приведены в табл.

Таблица

Результаты проведенных испытаний

Условный номер серии	**Разрушающая нагрузки для испытанных образцов, P_P (кг)**	**Среднее значение разрушающей нагрузки внутри серий, $P_{P.\,ср}$ (кН)**	**Повышение несущей способности, %**
Результаты испытаний усиления с применением системы СНО			
ОК-1	186,80	203,54	–
	213,45		
	210,36		
ОК-2	334,02	319,80	**157**
	310,13		
	315,27		
ОК-3	813,74	770,59	**378**
	765,55		
	73277		
Результаты испытаний усиления с применением углеволокна			
ОК-4	185,71	170,7	–
	157,14		
	169,13		
ОК-5	257,14	252,9	**148**
	242,86		
ОК-6	314,29	327,9	**192**
	342,86		
	326,58		

Заключение. Результаты испытаний вариантов по усилению конструкций стен кирпичных зданий и сооружений с помощью железобетонной аппликации (рубашки), выполненной с применением СНО и углеволокнистой ткани дока-

зывают эффективность применения данных технологий вариантов для сейсмоусиления стен каменных зданий.

Практическое применение предложенных способов повышения сейсмостойкости каменных стен зданий дает реальные возможности снижения негативных последствий землетрясений в виде повреждений и разрушений конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Айзенберг Я.М., Акбиев Р.Т., Гасиев А.А., Першин А.Ю.* Сейсмостойкость конструкций с использованием системы стальной несъемной опалубки // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2008. – № 4. – С. 44–47.

2. *Гасиев А.А., Грановский А.В.* Применение внешнего армирования из углеволокна для сейсмоусиления кирпичных стен // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2011. – № 6. – С. 31–33.

3. *Акбиев Р.Т., Гасиев А.А.* Сейсмостойкость кирпичных стен зданий усиленных стальной несъемной опалубкой // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2012. – № 3. – С. 48–53.

4. *Гасиев А.А., Грановский А.В.* Динамические испытания образцов каменной кладки усиленных холстами из углеволокнистой ткани // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2015. – № 2. – С. 29–35.

5. *Гасиев А.А., Грановский А.В.* К вопросу об оценке несущей способности кирпичных простенков, усиленных холстами из углеволокнистой ткани, при действии сдвигающих усилий // Промышленное и гражданское строительство. – 2015. – № 6.

6. *Гасиев А.А., Грановский А.В.* Эффективность применения холстов из углеволокнистой ткани для кладки стен зданий из различных каменных материалов, возведенных в сейсмоопасных регионах // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2015. – № 3.

ВЛИЯНИЕ ВЕТРОВОЙ ЭРОЗИИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ УКРАИНЫ

В.А. Голуб, С.Н. Голуб, Г.С. Голуб

Восточноевропейский национальный университет
им. Леси Украинки, Луцк, Украина
E-mail: golub_2006@ukr/net

EFFECTS OF WIND EROSION ON THE ENVIRONMENT AND HUMAN IN THE RADIOACTIVE CONTAMINATION OF THE WESTERN POLESYE OF UKRAINE

The experiment showed that the best effect in the protection of soddy podsolic soil with contamination density of 1,5 Cu/cm^2 from wind erosion and in the reduction on accumulation raidionuclides in fields crops has chisel tillage.

Введение. За последние 25 лет площадь эродированной пашни в Полесье Волынской области увеличилась почти на 30% и составляет 425 тыс. га (треть земельного фонда области), из них 303 тыс. га подвергаются действию ветровой эрозии. При таком нерациональном использовании пашни на Полесье потери почвы превышают допустимые нормы дефляции, и как следствие – разрушение почвы эрозией превышает скорость почвообразования. Поэтому оценка интенсивности дефляции и разработка эффективных технологий почвозащитного возделывания приобретает особенную актуальность. Волынская область – одна из потерпевших от аварии на ЧАЭС. В контролируемой зоне почвы легкого гранулометрического состава, поэтому они активно дефилируют, а также отличаются достаточно вы-

сокими уровнями транслокации радионуклидов в растениеводческую продукцию [1; 4]. Эти факторы имеют большое влияние на развитие радиационной ситуации, и прежде всего на величину дозы внутреннего облучения человека не только за счет перорального поступления радиоизотопов в организм с продуктами питания, а также ингаляционным путем с пылью [3].

Цель исследований – изучение и экспериментальная оценка интенсивности ветроэрозионных процессов, их роли в миграции радионуклидов в естественных ландшафтах и при проведении почвозащитной обработки, а также влияние вторичного загрязнения радионуклидами на окружающую среду и человека.

Материалы и методы. Исследования проводились согласно Государственной программе по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС «Сельхозрадиобиология» в полевом стационарном опыте и в экспедиционных условиях.

Полевые исследования проводились на дерново-слабооподзолистой песчаной почве со средней плотностью загрязнения цезием – 137 – 1,5 Ки/км^2, стронцием – 90 – 0,02 Ки/км^2, гамма-фон – 12 мкР/ч Экспериментальный участок расположен на расстоянии 12 км от Ровенской АЭС. Одновременно исследования проводились на смежных целинных участках с плотностью загрязнения цезием – 137 – 8,3 Ки/км^2 в дерне и 7,3 Ки/км^2 в слое почвы 0–5 см.

Почвозащитный эффект различных методов обработки почвы изучался в таких вариантах:

1) разноглубинная отвальная вспашка;
2) поверхностная дисковая обработка;
3) чизельная обработка;
4) плоскорезная обработка.

В звено севооборота (овес–люпин–озимая рожь–картофель) выбраны культуры, контрастные по своим физиологическим особенностям и способностью к накоплению радионуклидов.

Результаты исследований. При изучении характера ветроэрозионных процессов было установлено, что главным агентом миграции радионуклидов в ландшафтах радиационно загрязненной зоны Полесья Волынской области является дефляция, которая проявляется в виде бурь и при повседневной ветровой эрозии. Показатель частоты пыльных бурь показывает их низкую повторяемость – среднегодовое число дней составляет 3,7, с продолжительностью – 8,2 ч. Их значение во вторичном загрязнении незначительно – радиус влияния 4–6 км. Больше вреда в формировании вторичного загрязнения территории, растительного покрова, животных, и также в повышении дозовой нагрузки на организм человека имеет повседневная ветровая эрозия. Нами было определено, что радиус ее действия составляет 500–800 м.

Вследствие сильных засух, которые имеют место в летний период, происходит самовосгорания лесов и торфяников. В 2010 г. выгорело 400 га леса и 63 га торфяников. Анализ отобранной золы показал, что концентрация радионуклидов в сухом веществе составляет от 7000 до 13 800 Бк/кг (30 и 65 Ки/кг соответственно). Именно аэральный путь стал одной из главных причин увеличения площадей лесов и сельскохозяйственных угодий, плотность загрязнения которых составила более 1 Ки/км^2 на площади 3400 га. Еще одним источником вторичного загрязнения территории, растительного покрова, человека – нелокализированные отходы торфо-брикетного производства, в частности, концерна «Сойнэ» в Маневичском районе. При радиологическом исследовании цепи «сырье (торф) – продукция (брикет) – отходы (зола)» были получены такие значения, расположенные в соответствующей последовательности: 50–255–1840 Бк/кг. Отрыв радиоактивного пепла происходит при скорости ветра 2,5 м/сек, который обуславливает аэральное загрязнение территории прилегающих населенных пунктов. В 2010 г. паспортная доза облучения населения в этих населенных

пунктах в сравнении с 2008–2009 гг. (годами простоя предприятия) увеличилась в 1,5–1,9 раза.

Изучение количественной оценки дефляционных процессов при различных системах почвозащитной обработки проводили непосредственно в аэродинамической установке. Эродированность почвы (модуль дефляции *E*, т/га в год) определяли расчетным методом по М. Долгилевичу [2]. Увеличение модуля дефляции в 1,5–2,0 раза на фоне вспашки и дискования в сравнении с чизельным и плоскорезным рыхлением приводит к повышенному выносу питательных элементов из почвы. При сравнении агрохимических свойств эрозионноопасной и неэрозионной фракции почвы, первая имеет более высокие показатели по всем вариантам исследования – гумуса в среднем на 0,3%, обменного фосфора и калия соответственно на 3,2 и 4,5 мг на 100 г почвы, кальция – 4мг/100г почвы больше.

Удельная активность образовавшейся пыли по цезию-137 существенно превышает активность почвы, с которой она поднимается. Гаммаспектрометрический анализ эрозионноопасной фракции показал, что ее плотность загрязнения на 13–19% выше, чем плотность загрязнения фракции больше 1 мм. Это означает, что при выполнении сельскохозяйственных работ ингаляционное поступление радиоизотопов с пылью является существенным фактором увеличения дозовой нагрузки на организм механизаторов. Согласно данных Маневичской ЦРБ за период 1.01.2007–31.12.2010 работники сельского хозяйства получили дозовую нагрузку в среднем 3700 Бк на организм, а механизаторы – 6100. Самый высокий процент превышения контрольных уровней (КУ) зафиксирован именно в этой категории работающих.

Нашими исследованиями установлено, что ветровой отрыв и локальный перенос радиоактивного мелкозема резко возрастает во время обработки почвы. Так, на фоне дисковой обработки выдувание каждый год наблюдалось при средней скорости ветра 3,5 м/сек, тогда как чизельная обра-

ботка повышала порог ветростойкости до 4,3 м/сек. Это обусловлено тем, что выполнение поверхностной дисковой обработки приводит к распылению верхнего слоя почвы, которая содержит около 7% ветростойких агрегатов, тогда как чизельная обработка обеспечивает более шероховатую поверхность (количество агрегатов d > 1 мм – 21%).

При изучении микроагрегованности почвы методом прямого подсчета в отраженном свете при 98-кратном увеличении на микроскопе МВС-9 было определено, что при чизельной обработке вследствии уменьшения механического действия на почву прослеживается снижение суммы элементарных почвенных частиц (ЭПЧ). Коэффициент агрегированности по Бейверу и Роадэсу в этом варианте самый высокий и составляет 0,1, тогда как дискование на микроагрегатном уровне несет потенциальную опасность в изменении физических параметров в сторону их ухудшения. Таким образом, этот агрометод ведет к сильному распылению почвы, а значит, существует вероятность переноса радионуклидов на большее расстояние.

Так как размер комковатости почвы чрезвычайно динамический в пространстве и времени и определяет только начальную стадию ветровой эрозии, в качестве диагностического показателя берут величину связности почвенных агрегатов. Мы применили метод механической стойкости блоков почвы – разрушение в ротационном сите (У. Чепилл, 1943, 1951; А.Б. Лавровский, 1973) в модификации лаборатории защиты почв против эрозии ИПА им. А.Н. Соколовского (г. Харьков). Результаты показывают, что, действительно, дерново-подзолистые почвы имеют среди других типов наименьшие показатели связности (2,8–3,8%) и, в результате, самый высокий коэффициент разрушения (Ks – 0,96–0,97). Именно поэтому полная насыщенность воздушного потока эоловым материалом при дефляции происходит уже в зоне 250 м.

Выводы. Результаты исследований и анализ полученных данных позволяют сделать заключение, что в условиях Поле-

сья Волынской области на дерново-подзолистых почвах со средней плотностью загрязнения цезием-137 1,5 Ки/км^2 с целью уменьшения интенсивности дефляционных процессов и миграционной способности радионуклидов в системе «почва–растение» основную обработку целесообразно проводить чизельными орудиями. Дисковая обработка, как менее эффективная в радиологическом отношении, а также в плане защиты почвы от дефляции, в контролируемой зоне по возможности должна быть исключена или уменьшена до необходимого минимума.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексахин Р.М., Васильев А.В. и др.* Сельскохозяйственная радиоэкология. – М.: Экология, 1992. – 400 с.

2. *Долгілевич М.Й., Васенков Г.І.* Моделі систем захисних лісових насаджень в поліській зоні радіоактивного забруднення // Проблеми радіоекології / за ред. Б.С. Прістера. – К.: УкрНТІ, 1994. – С. 14–16.

3. *Качанова О.В.* Імовірна оцінка вітростійкості грунту для проектування екологічно-збалансованих агроландшафтів // Агрохімія і грунтознавство: Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Спец. випуск до IX з»їзду УТГА (30 червня – 4 липня 2014 р., м. Миколаїв). – Кн. 3. – Харків, 2014. – С. 34–37.

4. *Коляда В.П.* До питання виникнення дефляції грунтів у різних грунтово-кліматичних зонах України // Агрохімія і грунтознавство: Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Спец. випуск до IX з»їзду УТГА (30 червня – 4 липня 2014 року, м. Миколаїв). – Кн. 3. – Харків, 2014. – С. 37–39.

ОБ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ЛЕДОВОЙ НАГРУЗКИ В ФИНСКОМ ЗАЛИВЕ

А.И. Долганов

ООО «ЭКСПЕРТ», Москва
E-mail: dolganov@pochta.ru

ON THE AVAILABILITY OF ICE LOAD IN THE GULF OF FINLAND

This work includes the reliability analysis of a hydraulic structures designed by SP 38.13330.2012.

С 1 июля 2015 г. обязательным при проектировании гидротехнических сооружений стал документ СП 38.13330.2012 «Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов) [8] – это актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82* [8]. Специальные расчеты показали, что проектирование по СП 38.13330.2012 дает заниженное значение ледовой нагрузки и, следовательно, низкую надежность сооружений. На примере определения ледовой нагрузки в Усть-Лужской губе Финского залива обоснуем данное утверждение.

Определение ледовой нагрузки по методике СП 38.13330. 2012 [8]. Согласно п. 7.1 [8], ледовые нагрузки на гидротехнические сооружения должны определяться на основе статистических данных о гидрометеорологических и ледовых условиях в районе расположения сооружения, исходя из их ежегодной вероятности превышения Q_q (обеспеченности). Для сооружений I класса согласно таблице 14 [8] Q_q = 0,001.

В том же документе [8] в п. 7.5 значение доверительной вероятности величин прочности льда при расчетах ледовых нагрузок принимается равным 0,99 (вероятность превыше-

ния – 0,01) для сооружений I класса и 0,95 (вероятность превышения – 0,05) – для сооружений II и III классов.

Толщина льда методикой СП 38.13330.2012 не определена, поэтому воспользуемся формулой (1), взятой из п. 5.6 [7]. Толщина льда с обеспеченностью 99,9%:

$$h_d = 0{,}034nR^{1/2} = 0{,}034 \times 0{,}8 \times (1358{,}2)^{0{,}5} = 1{,}002\ м, \quad (1)$$

где n – коэффициент местных условий, $0{,}6 \le n \le 0{,}8$, в запас принимаем большее значение: n = 0,8; 1358,2 – индекс замерзания согласно п. 7.1 [8] с обеспеченностью 99,9%, полученный обработкой данных [3] кривыми Пирсона [3]; при обеспеченностях 99 и 90% индексы замерзания соответственно равны 1274,2 и 983,9; толщины льда с обеспеченностью индекса замерзания 99 и 90% соответственно равны: $h_d = 0{,}034 \times 0{,}8 \times (1274{,}2)^{0{,}5} = 0{,}971$ *м* и $h_d = 0{,}034 \times 0{,}8 \times (983{,}9)^{0{,}5} = 0{,}853$ *м*.

Определим пределы прочности льда при сжатии, R_c, и изгибе, R_f по формулам (2)–(3). При этом значения C_i и Δ_i рекомендуется принимать из таблиц 15 или 16 [8] в зависимости температуры льда в i-м слое ледяного поля t_i (табл. 15 [8]) или количества жидкой фазы в i-м слое ледяного поля ξ_i, *г/кг* (табл. 16 [8]).

Определим R_c и R_f с использованием табл. 15 [8] по формулам (2) и (3).

$$R_c = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(C_i + \Delta_i\right)^2} = 3{,}286\ МПа, \quad (2)$$

$$R_f = 0{,}4(C_b + \Delta_b) = 0{,}72\ МПа. \quad (3)$$

При температурах слоев t_1 = -15 °С, t_2 = -5 °С, t_3 = -1 °С соответственно ξ_i имеет следующие значения: 4,86, 9,33 и

9,33 (табл. 16 [8]). При известных значениях ξ_i по формуле (2) определим сопротивление льда сжатию как средневзвешенное по четырем слоям:

$$\{[(6{,}18 + 0{,}7)^2 \times 1 + (5{,}1 + 0{,}66)^2 \times 3] / (1+3)\}^{1/2} = 6{,}08\ МПа.$$

Нагрузку от воздействия движущихся ледяных полей для отдельно стоящей опоры с передней гранью в виде цилиндрического очертания $F_{c,p}$, *МН*, определим по формуле (4) из [8] при индексе замерзания с обеспеченностью 99% и R_c = 6,08 *МПа*:

$$F_{c,p} = 1{,}26 \cdot 10^{-3}\, V\, h_d\, (m\, A\, k_b\, k_v\, R_c\, \rho \mathrm{tg}\gamma)^{1/2} = 2{,}185\ МН, \qquad (4)$$

где V – скорость движения ледяного поля, зависит от скорости ветра, скорость ветра принимаем с обеспеченностью 99%, аппроксимировав известные распределения скорости ветра для Санкт-Петербурга кривыми Пирсона [2, 3], $V = 0{,}03 \times V_w = 0{,}03 \times 29 = 0{,}87$ *м/с*; m – коэффициент формы опоры в плане, принимаем из таблицы 17 [8], $m = 0{,}83$;
A – максимальная площадь ледяного поля (или суммарная площадь нескольких ледяных полей, оказывающих давление друг на друга), $м^2$, которая может воздействовать на рассчитываемый элемент сооружения, определяемая по натурным наблюдениям или принимаемая в зависимости от поперечных размеров пролета сооружения как $A = 3l^2$ (где l – пролет сооружения, $l = 10{,}5$ *м*);
k_b и k_v – коэффициенты, принимаемые по таблицам соответственно 18 и 19 [8]: $k_b = 3{,}18$, $k_v = 0{,}3$;
ρ – плотность воды, $\rho = 1000$ *кг/м*^{3};
$\mathrm{tg}(\gamma) = 2{,}7475$, $\gamma = 70°$.

Согласно [8] нагрузка $F_{c,p}$, определенная по формуле (4), не может быть больше нагрузки $F_{b,p}$ *МН*, определяемой по формуле (5):

$$F_{b,p} = mk_bk_vR_cbh_d = 0{,}83 \times 3{,}18 \times 0{,}3 \times$$
$$\times 6{,}06 \times 1{,}22 \times 1{,}002 = 5{,}866\ МН, \qquad (5)$$

где b – ширина опоры на уровне действия льда: b = 1,22 *м*.

Согласно [8], в дальнейших расчетах значение ледовой нагрузки следует принимать 2,185 *МН*.

Расчет ледовой нагрузки по данным, опубликованным в [2, 3]. В табл. приведены результаты испытаний образцов льда на сжатие, взятые из ледяного поля в марте 2013 г. [2, 3]: R_i – сопротивление i-го образца льда; R_m – среднее сопротивление n образцов льда; σ_{ice} – среднее квадратическое отклонение результатов испытаний.

Таблица

Результаты испытаний образцов льда на сжатие

Номер образца	Уровень, см	R_i, *МПа*	R_m, *МПа*	σ_{ice}, *МПа*
1	12	4,74	5,74	0,98
2		6,70		
3		5,78		
7	39	4,39	3,97	0,94
8		4,62		
9		2,89		

Сопротивление льда при сжатии, R_c, и среднее квадратическое отклонение как средневзвешенное результатов испытаний соответственно: R_c = (12 × 5,74 + 39 × 3,97) / 51 = 4,384 *МПа* и σ_{ice} = (12 × 0,98 + 39 × 0,94) / 51 = 0,95 *МПа*.

Нагрузку от воздействия движущихся ледяных полей для отдельно стоящей опоры с передней гранью в виде цилиндрического очертания F_{bp}, *МН*, определим по формуле (6):

$$F_{bp} = R_c \times h_d \times b = 4{,}384 \times 0{,}50875 \times 1{,}22 = 2{,}72\ МН, \qquad (6)$$

где b – ширина опоры по типовому проекту (b = 1,22 *м*).

Среднее квадратическое отклонение ледовой нагрузки определим, при коэффициенте вариации 21,7% [2]:

$$\sigma_{ice} = 0{,}217 \times F_{b,p} = 0{,}217 \times 2{,}72 = 0{,}59\ \textit{МН}. \qquad (7)$$

Силы $F_{c,p}$, *МН*, с обеспеченностями 0,95 (ν = 1,64) и 0,99 (ν = 2,33) определим по формуле (8):

$$F_{0,95} = F_{bp} + \nu \times \sigma_{ice}, \qquad (8)$$

$$F_{0,95} = 2{,}72 + 1{,}64 \times 0{,}59 = 3{,}69;\ F_{0,99} = 2{,}72 + 2{,}33 \times 0{,}59 = 4{,}1.$$

Фактическая ледовая нагрузка с обеспеченностью 0,99 превышает расчетную ледовую нагрузку также с обеспеченностью, определенную по [8], в 1,87 раза: 4,1/2,185 = 1,87. Проектирование по [8] неизбежно приведет к аварии гидротехнических сооружений.

Выводы. С учетом данных из [2; 3] максимальная толщина льда в Финском заливе наблюдалась 76 *см*. Поэтому в расчетах определения толщины льда индекс замерзания целесообразно принимать с обеспеченностью 90%.

На наш взгляд, формулу (50) в [8] следует изменить:

$$F_{c,p} = 0{,}04\, R_c\, (m\, k_b\, k_v\, A\, V\, h_d\, \mathrm{tg}\gamma)^{1/2}. \qquad (9)$$

Тогда сила от ледовой нагрузки, $F_{c,p}$, будет больше соответствовать физическому смыслу, а размерность $F_{c,p}$ будет: $\textit{тс/м}^2 \times (\textit{м}^2 \times \textit{м/с} \times \textit{с} \times \textit{м})^{1/2} = \textit{тс/м}^2 \times \textit{м}^2 = \textit{тс}$. Сейчас «на выходе» по формуле (50) [8] мы получаем следующую размерность: $\textit{м/с} \times \textit{с} \times \textit{м} \times (\textit{м}^2 \times \textit{тс/м}^2 \times \textit{тс/м}^3)^{1/2} = \textit{тс} \times (\textit{м})^{1/2}$.

Новое значение ледовой нагрузки $F_{c,p}$, определенное по формуле (9) будет:

$$F_{c,p} = 0{,}04 \times 6{,}08 \times (0{,}83 \times 3{,}18 \times 0{,}3 \times 300 \times \\ \times 0{,}87 \times 1{,}02 \times 2{,}75)^{1/2} = 5{,}855\ \textit{МН}.$$

Значение $F_{b,p}$, определенное по формуле (5) равно 5,866 *МН*. Таким образом, мы получаем сопоставимые значения ледовой нагрузки.

Обеспеченность ледовой нагрузки будет:

$$P[(5{,}855–2{,}72)/0{,}59] = P[5{,}31] = 0{,}9^{7}45, \qquad (10)$$

где 2,72 – значение ледовой нагрузки, *МН*, определенное по данным испытаний ААНИИ [4] по формуле (6);
0,59 – среднее квадратическое отклонение, *МН*, определенное также по данным испытаний ААНИИ [4] по формуле (7).

Определим силу от ледовой нагрузки с обеспеченностью 3σ. Это будет сила 4,54 *МН*:

$$P[(4{,}54–2{,}72) / 0{,}59] = P[3{,}092] = 0{,}999.$$

Нормативное сопротивление бетона и стали имеет обеспеченность 0,95 (1,64σ), а расчетное – 0,99865 (3σ). Надежность сооружения при $P(A^{/}) = 1 – P(A) = 1 – 0{,}99865 = 0{,}00135$, $P(B^{/}) = 1 – P(B) = 1 – 0{,}9^{4}6 = 0{,}00004$ будет:

$$P(A{\cdot}B) = 1 – [P(A^{/}) + P(B^{/}) – P(A^{/})P(B^{/})] =$$
$$= 1 – (0{,}00135 + 0{,}00004 – 0{,}00135 \times 0{,}00004) = 0{,}998, \qquad (11)$$

или 2,83σ.

Надежность гидротехнического сооружения стала сопоставима с надежностью сооружений, принятой в промышленно-гражданском строительстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Митропольский А.К.* Техника статистических вычислений. – М.: Наука, 1971.– 576 с.

2. http://78.mchs.gov.ru/pressroom/news/item/1255734.

3. http://www.meteorf.ru/product/gidro-ice.

4. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения / Федеральное Агентство

по техническому регулированию и метрологии. – М.: Стандартинформ, 2014.– 18 с.

5. Р 31.3.07-01. Указания по расчету нагрузок и воздействий от воли. Судов и льда на морские гидротехнические сооружения / ГПИ и НИИ морского транспорта «СОЮЗМОРНИИПРОЕКТ». – М., 2001.– 54 с.

6. СНиП 2.06.04-82*. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов) / ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева Минэнерго СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.– 176 с.

7. СП 38.13330.2012. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82* / ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева». – М.: ФГУП ЦПП, 2012.– 116 с.

8. Федеральный закон № 384-ФЗ от 30.12.2009 г. «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

АКТУАЛЬНОСТЬ И НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ОЦЕНКИ ПРИРОДНЫХ И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

И.В. Дудлер, Н.Г. Мавлянова

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва, Россия

RELEVANCE AND DIRECTIONS OF IMPROVEMENT OF REGULATORY BASE OF THE ASSESSMENT NATURAL AND NATURAL TECHNOLOGICAL HAZARDS

The article presents some results of amines the advantages of quantitative probabilistic assessment of slope stability.

В рамках проведения восьмой Международной конференции «Проблемы снижения природных опасностей и рисков – ГЕОРИСК–2012» участникам секции 4 «Регулирование рисков в нормативных документах» было предложено ответить на девять вопросов по рассматриваемой тематике.

Все вопросы можно условно разделить на три группы, при этом участникам анкетного опроса предлагалось выбрать один из конкретных вариантов ответа, однако, как будет показано ниже, некоторые респонденты при заполнении анкеты отмечали два, а иногда и три варианта ответа, подчеркивая этим значимость каждого из них.

Первая группа вопросов касалась общей оценки состояния рассматриваемой проблемы:

– современного уровня методологии оценки рисков от проявления природных и природно-техногенных опасностей (удовлетворительный уровень, неудовлетворительный или необходима дальнейшая разработка критериев и методики);

– состояния действующей нормативной базы в области изучения, прогнозирования, оценки и регулирования рисков от проявления природных и природно-техногенных опасностей (удовлетворительное состояние или неудовлетворительное):

– необходимости нормативного регулирования требований к оценке и регулированию рисков от проявления природных и природно-техногенных опасностей (абсолютно необходимо, необходимо в отдельных аспектах или не требуется).

Вторая группа вопросов затрагивала нормативно-правовые аспекты нормирования в области оценки рисков:

– необходимые категории нормативных документов в области регулирования/предотвращения и минимизации рисков от проявления природных и природно-техногенных опасностей (международные, федеральные и региональные/территориальные);

– необходимость законодательного закрепления нормирования оценки рисков для всех объектов строительства в сложных природных, в том числе сложных инженерно-геологических условиях (актуальна или не актуальна);

– необходимые нормативные документы в области регулирования рассматриваемых рисков (нормативно-правовые и/или нормативно-технические).

Третья группа вопросов конкретизировала содержательную часть нормативной базы:

– необходимость нормирования оценки рисков разных видов (природных и природно-техногенных, экономических, социальных или всего комплекса рсков);

– необходимость нормирования оценки рисков только для приоритетно опасных природных процессов или то же, но применительно к разным группам объектов, прежде всего для особо опасных и технически сложных.

Дополнительным вопросом участников конференции просили высказать персональные предложения к решению конференции.

В розданных анкетах предлагалось на добровольной основе указать свою фамилию, представляемый регион и организацию, а также дать контактные телефоны и адреса.

Ответы на вопросы анкеты представили наши коллеги из России, Украины, Киргизстана и Узбекистана, Конкретно ответы получены от коллег из Москвы, Санкт-Петербурга, Мурманска, Краснодара, Тюмени, Пермского края, Нижегородской области, Днепропетровска, Ташкента и других городов.

Участники анкетного опроса представляли многочисленные организации, в том числе: ИГЭ РАН, ИВП РАН, ВНИИИ ГО ЧС (ФЦ) МЧС России, НОИЗ, МГСУ, ЦНИИИСК РАСН, Геологический факультет МГУ, филиал института «Гидропроект», ОАО «Проекттрансстрой», Горный институт Карельского научного центра РАН и ряд другие организации.

Столь широкий спектр респондентов позволяет считать проведенный опрос вполне репрезентативным.

Статистический анализ полученных ответов не только подтвердил актуальность рассматриваемой проблемы в целом, но и выявил приоритетные направления и пути дальнейшего совершенствования нормативной базы в области нормативного регулирования подходов к оценке рисков проявления природных и природно-техногенных опасностей.

Рассмотрим результаты проведенного опроса подробнее.

Участникам указанной секции было задано 8 вопросов с 22 вариантами ответов (от 2 до 4 на каждый вопрос). Суммарно получено 344 ответа на указанные ниже варианты ответов. Статистическая обработка выявила следующие мнения участников конференции по вопросам изучения и нормирования природных опасностей:

1) современный уровень методологии:

– удовлетворительный – 20%;

– не удовлетворительный – 10%;

– необходима дальнейшая разработка критериев и методики – 70%;

2) необходимость нормативного регулирования:

– абсолютно необходимо –62%;

– необходимо в отдельных аспектах – 38%;

– не требуется – 0%;

3) состояние действующей нормативной базы

– удовлетворительна – 35%;

– не удовлетворительна – 54%;

– фактически отсутствует – 11%;

4) необходимая категория нормативных документов

– международные – 27%;

– федеральные – 39%;

– региональные (территориальные) – 34%;

5) необходимый уровень нормативных документов:

– нормативно-правовые – 43%;

– нормативно-технические – 57%;

6) необходимость законодательного закрепления регламентов оценки рисков:

– актуальна – 97%;

– не актуальна – 3%;

7) необходимость нормирования для разных рисков

– природных и природно-техногенных – 24%;

– экономических – 2%;

– социальных – 5%;

– всего комплекса рисков – 69%;

8) необходимость нормирования оценки рисков:

– только для природных и природно-техногенных опасностей – 18%;

– то же применительно к разным группам, прежде всего для особо опасных и технически сложных – 82%.

Анализ полученных данных позволяет следующим образом обобщить и сформулировать позицию участников анкетного опроса:

1) существующая нормативная база оценки природных и природно-техногенных рисков во многом не удовлетворительна (54%), необходимы дальнейшее развитие методологии, в части разработки критериев и методов оценки рисков (70%) и ее нормативного регулирования (62%);

2) актуальным является законодательное закрепление оценки рисков (97%) при обязательности не только нормативно-технических, но и нормативно-правовых документов (57 и 47% соответственно). При этом нормирование оценки рисков необходимо по отношению к различным группам природных и природно-техногенных опасностей, прежде всего применительно к особо опасным и технически сложным объектам (82%);

3) практически в равной мере необходимы международные (37%), федеральные (39%) и региональные/территориальные (34%) нормативные документы по регламентации оценки рисков. Подчеркнем, что необходимость территори-

альных норм обусловлена не только особенностями природных условий разных регионов, но также спецификой техногенных нагрузок, различиями социально-экономических условий, а также разным опытом строительства, включая осуществление мероприятий инженерной защиты от опасных природных и природно-техногенных процессов. Не случайно, несмотря на отмену в начале двухтысячных годов территориальных норм, в ряде регионов страны (Москва, Санкт-Петербург, Нижний Новгород, Уфа и другие) продолжают активно использовать местные ТСН.

Заслуживают также внимания мнения участников секции, записанные в представленных анкетах в качестве предложений к решению конференции. Всего внесено более 20 предложений, которые сводятся, в основном, к следующему:

– разработать единую концепцию развития системы государственного управления природными и природно-техногенными рисками;

– привести в соответствие нормативные документы МЧС и Ростехнадзора в области регулирования отношений по недропользованию, а также обеспечить увязку всех нормативных документов по оценке рисков в строительстве;

– предусмотреть в нормативных документах реализацию мероприятий, предупреждающих и предотвращающих недопустимые риски;

– предусмотреть в нормативно-правовых документах обязательность оценки рисков и необходимость судебного возмещения ущербов в случаях их проявления;

– при разработке современных методов оценки рисков учитывать суммарное влияние возможных факторов рисков, как изученных, так и вновь выявляемых в конкретных природно-техногенных условиях;

– заказать Госстрою РФ разработку нормативного документа по общим принципам оценки рисков от опасных природных и природно-техногенных процессов для строительства и эксплуатации объектов;

– посвятить одну из ближайших конференций проблеме мониторинга в связи с природными и природно-техногенными опасностями и рисками.

Подводя итоги работы секции, академик В.И. Осипов особо подчеркнул необходимость развития нормативной базы и методологии оценки рисков, разработки важнейшего параметра «допустимый риск», реализации охранного мониторинга при угрозе прогнозируемого или актуального риска, а также необходимости налаживания эффективного взаимодействия изыскателей с проектировщиками и другими участниками строительного комплекса.

РАЗРАБОТКА НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ И УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В МЕТРОПОЛИТЕНЕ

П.Ю. Дьяконов, В.В. Суханов

АО МОСИНЖПРОЕКТ, Москва
E-mail: DyakonovPY@mosinzhproekt.ru,
SyhanovVV@mosinzhproekt.ru

REGULATION DOCUMENTS DEVELOPMENT FOR THE RISKS EVALUATION AND RISK MANAGEMENT IN SUBWAY SYSTEM

The hazardous nature and anthropogenic events in subway have been considered. For the risk management it is suggested to include the obligatory risk-analysis chapters to regulation documents.

Метрополитен является основной составляющей транспортной инфраструктуры современных мегаполисов. На-

пример, московское метро ежедневно перевозит до 10 млн пассажиров. Авария здесь может привести к коллапсу, так как в столице расположены важнейшие механизмы управления всей страной, проходят основные финансовые потоки. Создать абсолютно безаварийную структуру метро достаточно сложно. Поэтому целесообразно оценить вероятные риски, определить уровень приемлемого риска и разработать методику управления рисками на метрополитене. Это будет полезно и для привлечения инвесторов, позволит последним точнее оценить привлекательность объекта.

Сегодня широкую популярность получил анализ риска [1]. В нем важно определиться с источником опасности. Метрополитен сложная техническая система, расположенная под землей. Логично отнести его к опасным промышленным объектам. Расположенный под землей, он испытывает значительное воздействие окружающей среды, в том числе, опасных природных явлений. Поэтому его необходимо рассматривать не только как техническую, но и как природно-техническую систему, воспринимающую геологические и гидрогеологические опасности.

Московский метрополитен является одним из наиболее надежных в мире, но и здесь случаются задержки движения поездов, количество которых постепенно снижается. Так, в 2000 г. было 4928 случаев, а в 2013 г. количество сбоев сократилось до 2064 [2]. Наиболее резонансные чрезвычайные ситуации (ЧС), повлекшие человеческие жертвы, а также некоторые курьезные случаи, как падение дерева на пути приведены в [2].

Их анализ показывает, что основную опасность для жизни пассажиров представляют террористические акты (30,3%), пожары (21,2%) и столкновения поездов (12,1%). Сход поезда с рельсов, аварии эскалаторов и разрушение обделки тоннеля в результате забивки свай сторонними организациями составляют соответственно по 6,1%. Аварии энергосистемы, дефекты вагонов, переутомление ма-

шиниста, падение дерева на пути и другие неустановленные причины составили по 3%. Такое же незначительное количество ЧС (3%) возникло в результате нарушения строительных конструкций метрополитена. Однако они повлекли изменения в движении на значительные промежутки времени.

Так на перегоне между станциями «Царицыно» и «Кантемировская» Замоскворецкой линии открытом 30.12.1984 на следующий день после пуска произошло затопление пути в результате повреждения гидроизоляции обделки тоннеля. Работы по химическому закреплению сильно обводненных вмещающих тоннель грунтов продолжались более месяца. С января 2001 г. для предотвращения аварии проводятся работы в ночное время по усилению обделки и «заморозке» грунта. Скорость движения поездов на этом участке была ограничена. 01.04.2001 произошло поступление разжиженного грунта в тоннель. Движение было восстановлено к 15.30 с ограничением скорости до 25 км/ч. Аналогичная авария произошла ночью 15.11.2003 при проведении работ по закачке вяжущих материалов [2].

Схожая ситуация сложилась в Санкт-Петербургском метрополитене на перегоне между станциями «Лесная» и «Площадь Мужества». Здесь еще на стадии строительства в 1972 г. в тоннель поступило более 40 тыс. $м^3$ плывуна. На поверхности произошли сверхнормативные деформации, повреждения получили корпуса завода «Аврора». Приостановить процесс удалось замораживанием грунта. Перерыв в движении поездов на участке составил более 8 лет. Причиной аварии стал древний эрозионный врез заполненный мелким водонасыщенным песком.

В Москве в районе ул. Большая Дмитровка аналогичное геологическое строение. Строящийся тоннель, залегающий в юрских отложениях, пересекает слой четвертичных осадков заполняющих эрозионный врез. При проходке тоннеля образовались провалы на дневной поверхности.

Примеры приведенных аварий показывают, что во всех трех случаях был превышен предел приемлемого риска, который находится на уровне нарушений строительных конструкций позволяющих эксплуатировать сооружение без значимых ограничений.

Строящаяся Кожуховская линия запроектирована в сложных инженерно-геологических условиях. Ее трасса пересекает две палеодолины и проходит в водонасыщенных песках различного гранулометрического состава с включениями мелкодисперсных частиц. Такие грунты склонны к разжижению, что может создать трудности, как при строительстве, так и при эксплуатации.

Для этой станции целесообразно на стадии проектирования провести риск-анализ при котором: выявить опасные участки строящейся линии; определить уровни приемлемого риска, (т.е. определить допустимые отклонения строительных конструкций от оговариваемых проектом); организовать систему мониторинга гидродинамического и деформационного состояний вмещающего массива грунта, деформированного состояния строительных конструкций и прогноз этих параметров; разработать проект мероприятий по ликвидации возможных ЧС.

Наиболее ответственным строительным сооружением метрополитена является тоннель, рассчитанный на длительный срок эксплуатации (более 100–150 лет), в течение которого он должен отвечать требованиям эксплуатационной надежности, обеспечивая безотказность, долговечность, сохранность и ремонтопригодность. Причем основные повреждения проявляются через 50–70 лет, и являются следствием неудачного проектирования и строительства подземного сооружения [3]. При этом возможны опасные ситуации, связанные с проявлениями старения материалов конструкций и изменениями состояния вмещающего тоннель грунтового массива, вызванные различного рода геотехническими процессами. Отсюда вытекает необходимость созда-

ние систем мониторинга состояния вмещающего массива грунта и наиболее ответственных сооружений на основе методик проведения риск-анализа на этапах проектирования, строительства и эксплуатации метрополитена.

При всей важности строительных рисков необходимо уделять большее внимание техническим системам метрополитена. В основу построения современной высокоэффективной системы транспортной безопасности должны закладываться технологии, которые связывает единая концепция – основное внимание уделяется пассажиру.

В общем случае проектирование систем безопасности сводится к проектированию нескольких подсистем: охранно-тревожной сигнализации; контроля и управления доступом; пожарной сигнализации; автоматического пожаротушения; системы оповещения (СОУЭ); охранного видеонаблюдения; сбора информации о технологических параметрах; досмотрового оборудования; сбора, визуализации и управления событиями безопасности; комплекса проектов организационных мер. Особое внимание следует уделять угрозам террористической и экстремисткой направленности, которые должны учитываться при проведении риск-анализа, на основании аналитических данных и прогнозах компетентных органов.

В настоящее время имеется большой массив нормативной документации по вопросам безопасности, в том числе по безопасности метрополитена. Но эти нормативные документы направлены на описание мероприятий и обоснование проектных решений по обнаружению и предотвращению факторов угроз безопасности объекта. Эти нормативы целесообразно структурировать для формирования комплексной системы безопасности метрополитена (КСБМ). Методологической основой для системы нормативов по КСБМ может служить риск-анализ.

Необходимо разработать методики управления риском, рассматривая метрополитен как независимо природно-тех-

ническую и техническую системы. Методики должны учитывать все угрозы возникновения ЧС от природных, технических, террористических и других факторов, и быть узаконены в нормативных документах.

В связи с высокой актуальностью проблем безопасности на транспорте Правительство РФ непрестанно совершенствует нормативную документацию. Для оценки и управления рисками возникновения ЧС на каждой стадии создания и существования метрополитена, по мнению авторов, было бы целесообразно внести дополнения в виде соответствующих разделов анализа рисков:

– в Постановление Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 г. N 87 г. Москва «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию»;

– в СП 120.13330.2012 «Метрополитены» (актуализированная редакция СНиП 32-02-2003);

– в СП 48.13330.2011 «СНиП 12-01-2004. Организация строительства»;

– в Правила технической эксплуатации метрополитенов РФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Акимов В.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н.* Основы анализа и управления риском в природной техногенной сферах. – М.: Деловой экспресс, 2004.

2. История терактов в московском метро: Политика. – URL: Top.rbc.ru.

3. *Гарбер В.А.* Метрополитен, долговечность тоннельных конструкций в условиях эксплуатации и городского строительства. – М.: АО ЦНИИС, 1998.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ГОРНО-РУДНИЧНЫЕ ГЕОРИСКИ

М.Б. Едигенов

ТОО «НПФ Геоэкос», Костанай, Казахстан
E-mail: edigenov@mail.ru

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF UNDERGROUND WATER IN MINING AND MINING GEORISK

Development of mining industry and working off deposits in North Kazakhstan are always accompanied by correct attitude toward a fight against underground waters participating in their irrigation. In the article basic problems are shown in this question and classification on the degree of complication of hydrogeological terms of the largest objects is giv.

В недрах Торгая выявлены разнообразные виды твердых полезных ископаемых, образующих сырьевую базу металлургии, энергетики и строительства. Ее представляют Торгайский буроугольный бассейн, Главная железорудная полоса, Лисаковский и Аятский железорудные бассейны, Центрально- и Западно-Торгайский бокситорудные районы, Джетыгаринский золоторудный район, включающие десятки месторождений с крупными и уникальными запасами (рис. 1). Имеются перспективы создания сырьевой базы меди, полиметаллов, редких металлов и редкоземельных элементов. Большинство месторождений погребено под мощной толщей платформенных в разной степени водоносных отложений, содержащих минерализованные воды. Это серьезно осложняет горно-геологические условия разработки месторождений и решение проблем водоотведения. Затраты на водоотлив достигают 10% себестоимости добычи мине-

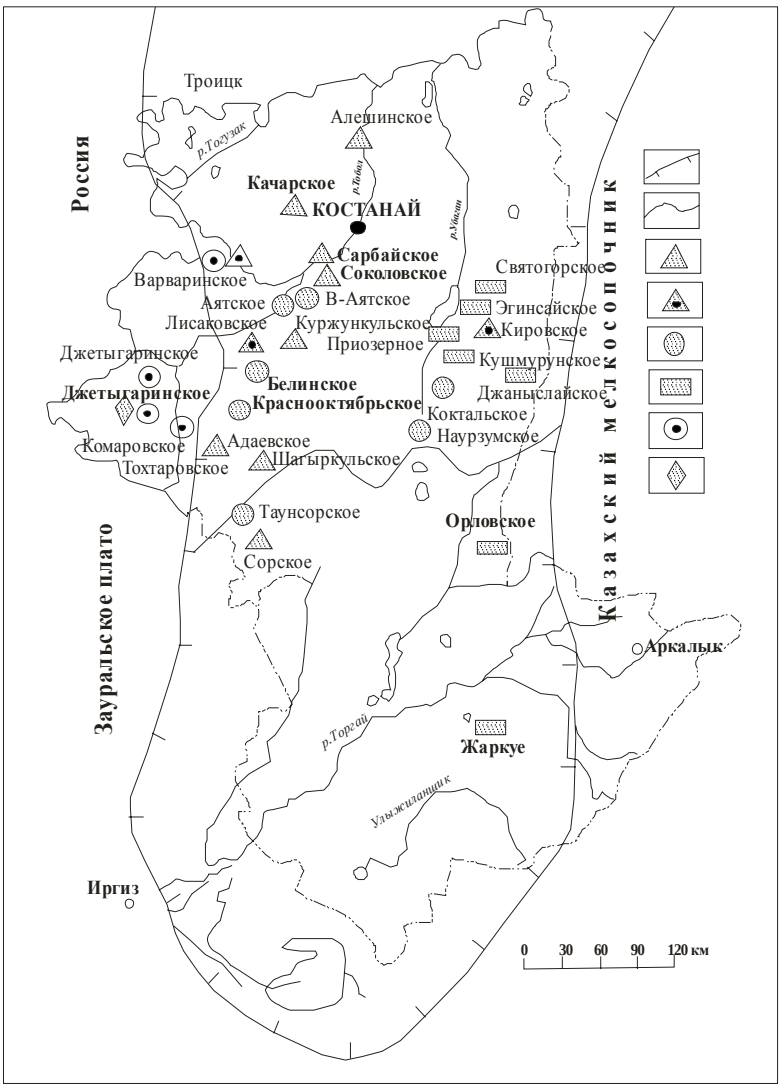


Рис. 1. **Схема размещения основных месторождений полезных ископаемых:**

1 – граница Торгайского прогиба; *2* – граница артезианских бассейнов, месторождения полезных ископаемых; *3* – магнетиты; *4* – оолитовые бурые железняки; *5* – бокситы; *6* – бурый уголь; *7* – золото; *8* – асбест

рального сырья. Достаточно капиталоемки сами дренажные комплексы и системы сброса дренажных вод.

Объективный анализ и полный учет гидрогеологических условий необходимы для обоснованного выбора оптимальных и рациональных схем осушения, обеспечивающих эффективную и безопасную разработку месторождений. Не менее важны и методические подходы к изучению природных и гидрогеологических условий месторождений, освоение которых всегда сопровождается серьезным воздействием на окружающую среду и требует надежного прогнозирования его последствий [1–4].

Крупные магнетитовые месторождения – Соколовское, Сарбайское и Качарское – характеризуются очень сложными гидрогеологическими условиями, которые предопределены наличием в надрудной покровной толще нескольких мощных водоносных горизонтов, обладающих напорным режимом. Дополнительные сложности для Соколовского и Сарбайского месторождений создает р. Тобол, протекающая вдоль их южных флангов. Она формирует часть постоянного притока, поступающего в карьеры через дренируемую призму водопроницаемых пород. Повышенная обводненность этих месторождений потребовала применения сложных комбинированных систем осушения, значительных затрат на их содержание. Извлечение из недр крупных объемов минерализованных вод на протяжении длительного времени вызвало существенное изменение природных гидрогеологических условий района и оказало заметное негативное воздействие на окружающую среду [1; 2; 4].

Соколовско-Сарбайский рудный район. Гидрогеологические условия района Соколовско-Сарбайской группы месторождений достаточно детально описаны в ряде работ [1–4] и характеризуются очень сложными гидрогеологическими условиями, которые предопределены наличием в надрудной покровной толще нескольких мощных водоносных горизонтов и комплексов, обладающих напорным режимом.

В составе подземных вод выделяются грунтовые поровые воды четвертичных отложений, пластово-поровые, слабо напорные в палеогеновых и меловых осадках, напорные трещинные и трещинно-карстовые воды, приуроченные к изверженным, метаморфическим и осадочным образованиям палеозоя.

Водоносные толщи, формирующие водопритоки к горным выработкам, и эксплуатационные запасы содержат различные типы подземных вод с довольно сложным режимом и движением. Они неоднородны по скорости водообмена, величине и составу минерализации.

Основные источники формирования эксплуатационных запасов дренажных вод учтены ввиду высокой изученности района достаточно полно, что подтверждает и баланс фактического водоотлива с приходными его частями.

Таблица

Классификация месторождений полезных ископаемых по сложности гидрогеологических условий их разработки открытым способом

Группа месторождений по сложности гидрогеологических условий их освоения	Характеристика гидрогеологических и инженерно-геологических условий эксплуатации месторождений	
	Тип 1. Карьером Вскрываются рыхлые песчаные и мягкие глинистые породы	Тип 2. Карьером вскрываются полускальные породы, не склонные к размоканию и набуханию
1	2	3
Простые	Горные работы могут проводиться с применением средств открытого водоотлива при притоках не более 200 м^3/час. На стадии	Горные работы проводятся с применением средств открытого водоотлива при протоках подземных вод до 500 м^3/час или при ис-

Окончание табл.

1	2	3
	строительства карьера возможно временное применение водопонижающих скважин с суммарным дебитом не более 400 м^3/ч. *Лисаковский карьер*	пользовании нескольких водопонижающих скважин с тем же суммарным дебитом. *Варваринский и Куржункульский карьеры*
Сложные	Нормальные условия производства горных работ обеспечиваются за счет эксплуатации средств глубинного дренажа с производительностью 200–1000 м^3/ч. *Качарский и Комаровский карьеры*	Нормальные условия производства горных работ обеспечиваются за счет эксплуатации средств глубинного дренажа с производительностью 500–3000 м^3/ч
Особо сложные	Притоки подземных вод в карьер превышают 1000 м^3/ч. Во вскрышной толще дренажу подлежат несколько водоносных горизонтов с применением водопонижающих скважин или подземного дренажного комплекса. *Соколовский, Сарбайский и Южно-Сарбайские карьеры*	Притоки подземных вод в карьер превышают 3000 м^3/ч. Для сокращения водопритоков требуется применение средств глубинного дренажа – водопонижающих скважин или подземного дренажного комплекса. В подошве карьера залегает напорный водоносный пласт, существенно влияющий на общую устойчивость бортов

ЛИТЕРАТУРА

1. *Веселов В.В., Махмутов Т.Т., Едигенов М.Б. и др.* Гидрогеология и охрана окружающей среды горнорудных районов Северного Казахстана. – М.: Недра, 1992. – 270 с.

2. *Дейнека В.К.* Гидрогеология Торгайского прогиба. – Костанай, 2005. – 218 с.

3. *Едигенов М.Б.* Гидрогеология рудных месторождений Северного Казахстана. – Костанай, 2013. – 308 с.

4. *Едигенов М.Б.* Горнорудничная гидрогеология и георискі на месторождениях Северного Казахстана. – Бишкек, 2014. – 378 с.

ПОВЫШЕНИЕ РИСКА ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДОВ

А.Д. Жигалин

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

INCREASE OF RISK AT EXPANSION OF HYDROCARBONS PRODUCTION

The intensification of hydrocarbons production involves increase of emergency situations risk. Accidents at production, transportation, processing and storage of fire-dangerous products can have serious negative ecological consequences. For ensuring ecological safety of objects of a fuel power complex it is necessary to create special control service of the enterprises of oil and gas production within the Ministry of Emergency Situations.

В обозримом будущем основным источником энергии для растущей промышленности и обеспечения благосостоя-

ния народонаселения будут топливные ресурсы – уголь, нефть и природный газ. С середины прошлого столетия уголь, доля которого в энергетике составляла в 1935 г. 55% (в 1910 г. на его долю приходилось 65%), постепенно уступал позиции вследствие увеличения доли сначала нефти, а потом и природному газу. В 2000 г. на долю угля в мировой энергетике приходилось всего 24%, тогда как доля нефти и природного газа составила 37 и 24% соответственно. Следует при этом иметь в виду, что нефть широко используется и как химическое сырье.

Начиная с 1980-х гг. в связи с распространением мнения о конечности запасов ископаемого топлива начались интенсивные поиски альтернативных источников энергии. К этому времени уже использовалась энергия падающей воды (гидравлические электростанции), атомная энергия, предпринимались попытки использовать некоторые иные альтернативные источники. Однако основу энергетики попрежнему составляла триада: нефть, уголь и природный газ.

Следует отметить, что в конце прошлого столетия существовала уже достаточно развитая атомная энергетика, доля которой в мировом балансе к 2000 г. составляла 12%. Если говорить о перспективе, относительно чего существуют разные точки зрения, то к 2030 г. основным источником энергии станет природный газ (31%), на несколько процентов опережающий нефть (25%) и уголь (21%). Нефть и уголь будут сохранять свои позиции в добывающей промышленности еще и потому, что нефть останется сырьем для химического производства, а уголь должен будет удовлетворять потребности растущей металлургии. Мировое производство атомной энергии в перспективе того же года может достичь 17%, тогда как доля гидроэнергетики сохранится на весьма низком уровне – всего 3% от общего количества. Складывающаяся сейчас ситуация свидетельствует о том, что рассчитывать на какие либо альтернативные источники энергии, которые могли бы заменить ископаемое

топливо, в обозримом будущем не приходится. Таким образом, прирастание мирового энергетического потенциала, в том числе и в нашей стране, в ближайшие 50 лет будет осуществляться, в первую очередь, за счет увеличения добычи углеводородного сырья.

Традиционно разрабатываемое углеводородное сырье представлено нефтью, природным газом и сланцевым природным газом, а также нефтесодержащими полезными ископаемыми. Растущие потребности в нефти и природном газе, стимулирующие расширение существующих и поиски новых месторождений, понуждают осваивать не только новые территории, но и осваивать акватории шельфовых зон. В последнее время месторождениям углеводородов в шельфовых зонах, как мирового океана, так и внутренних морей уделяется все больше внимания. Интересно заметить, что многие весьма перспективные месторождения газа, в первую очередь, и нефти сосредоточены в приполярной части Северного полушария Земли. Заметно расширение добычи сланцевого газа, которому отводится роль конкурента в борьбе на мировом рынке углеводородного топлива. Правда, пока сланцевый газ не сможет стать в ближайшее время серьезной альтернативой природному газу, так как не соответствует современным экологическим требованиям, предъявляемым к энергоресурсам. Еще не начали разрабатываться, но уже обратили на себя внимание, перспективно продуктивные большие по объему скопления газогидратов. Около 98% залежей газогидратов сосредоточены на шельфе и континентальном склоне Мирового океана у побережий Северной, Центральной и Южной Америки, Северной Азии, Норвегии, Японии и Африки, а также в Каспийском и Черном морях на глубинах воды более 200–700 м.

Разработка и эксплуатация месторождений углеводородного сырья по ряду критериев относятся к категории экологически опасного производства. И то обстоятельство,

что на карте мира появляется все больше перспективных площадей для нефте- и газодобычи и разрабатываемых месторождений, транспортных сетей, не может не вызывать тревогу, поскольку за «углеводородной экспансией» неизбежно следует повышение риска возникновения аварийных ситуаций на всем пути от добычи полезного ископаемого до места его длительного хранения или использования.

Многовековая история добычи нефти, которая как вещество, способное гореть, известна людям и используется ими уже не одну тысячу лет, изобилует сведениями об экологических катастрофах, связанных с добычей и транспортировкой этого горючего полезного ископаемого. До «выхода в море» такого рода события, хотя и могли нанести значительный ущерб и иногда сопровождались человеческими жертвами, как правило, редко выходили на уровень чрезвычайной ситуации или экологической катастрофы регионального масштаба. В то же время известны случаи, когда приходилось использовать и взрывы для борьбы с пожарами на промыслах и нефте- и газопроводах. При этом экологического ущерба следует принимать во внимание, что такие события могут локализоваться в пределах территории аварийного объекта или в его окрестностях, т.е. там, где экосистемы уже, практически, перестали существовать как природные и трансформировались в природно-технические экосистемы с доминированием технического компонента.

С начала добычи углеводородов на шельфе и материковом склоне тяжесть аварийных случаев существенно возросла. Причиной этого является подвижность среды, затрагиваемой аварийной ситуацией. Так, разливы нефти по поверхности акватории наносят непоправимый экологический ущерб, который ощущается в течение многих лет и который заставляет последствия таких разливов квалифицировать как экологические катастрофы. Добыча сланцевой нефти у геоэкологов также вызывает много серьезных вопросов. Ис-

пользование технологии гидроразрыва пластов чревато, по мнению экспертов, проникновением больших объемов высокотоксичных и загрязняющих веществ в эксплуатируемые водоносные горизонты. Возможен также выход газа, следов нефти и токсичных веществ непосредственно на дневную поверхность с трудно предсказуемыми негативными экологическими последствиями.

Отдельно стоит упомянуть о перспективах возникновения чрезвычайных ситуаций в связи с разработкой месторождений газогидратов. Исследователи, изучающие скопления газогидратов, подтверждают высачивание газа на поверхности и на акваториях, что может создавать пожаро- и взрывоопасные ситуации. Изучаемые в наши дни обнаруженные провалы на п-овах Ямал и Таймыр по одной из версий интерпретируются как следствие глубинных взрывов и выбросов метана, обусловленных присутствием газогидратов под слоем многолетнемерзлых пород. И хотя образование провалов не повлекло за собой какого-либо ущерба, этот феномен вызывает не только научный интерес, но также определенное беспокойство в связи с неясностью его природы.

Приходится констатировать, что добычу, транспортировку, переработку и хранение углеводородов следует относить к категории производств, характеризующихся высокой потенциальной экологической опасностью.

В табл. показан пример оценочной классификации аварийных ситуаций на нефтяных месторождениях.

Для сравнения: в результате аварии на нефтедобывающей платформе в Мексиканском заливе 20 апреля 2010 г. в океан попало примерно 0,8 млн тонн нефтепродуктов, площадь нефтяного пятна составила 75 тыс. км² (7,5 млн га). Эта авария со временем переросла в техногенную катастрофу сначала локального, затем регионального масштаба с негативными последствиями для экосистемы региона на многие десятилетия вперед.

Таблица

Критерии оценки экологического ущерба при авариях на материковых нефтепромыслах

Категория аварии	Критерии оценки потенциального экологического ущерба
Локальная	1. Масса нефти, попавшая в водные объекты, до 1,0 т. 2. Масса нефти, попавшая на рельеф местности, до 29,0 т. 3. Общая площадь загрязнения до 0,04 га, не выходит за территорию объекта
Местная	1. Масса нефти, попавшая в водные объекты, от 1,0 до 5,0 т. 2. Масса нефти, попавшая на рельеф местности, от 29,0 до 145,0 т. 3. Общая площадь загрязнения от 0,05 до 0,2 га, выходит за пределы отвода земель под объект
Территориальная	1. Масса нефти, попавшая в водные объекты, от 5,0 до 500,0 т. 2. Масса нефти, попавшая на рельеф местности, от 145,0 до 1450,0 т. 3. Общая площадь загрязнения от 0,2 до 20 га, не выходит за пределы территории административного округа
Региональная	1. Масса нефти, попавшая в водные объекты, от 500,0 т и выше. 2. Масса нефти, попавшая на рельеф местности, от 1450,0 т и выше. 3. Общая площадь загрязнения от 20,0 га и более, выходит за пределы территории административного округа

В нашей стране приняты федеральные законы, призванные обеспечивать безопасность объектов особой важности: Законы РФ «О промышленной безопасности опасных

производственных объектов«, «Об охране окружающей природной среды«, «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера« и др. Добывающие компании согласно этим законам должны придерживаться унифицированного подхода к оценке риска и понуждаются к осуществлению мер контроля с целью предотвращения происшествий и аварийных ситуаций на всех этапах освоения углеводородного сырья. Принимаемые меры направлены на снижение риска разливов нефти и выброса газа или уменьшение объемов разлива и выброса до целесообразного низкого уровня. Они также предусматривают организацию мониторинга состояния всего оборудования, и в первую очередь, эксплуатационных скважин, внутрипромысловых и магистральных трубопроводов, контроль состояния окружающей среды. При возникновении чрезвычайных ситуаций основные мероприятия направляются на обеспечение безопасности персонала и населения, защиту «экологически чувствительных» районов и видов фауны, защиту имущества и экономических ресурсов. Такие меры позволяют оперативно решать задачи в случае, если аварийные ситуации не выходят за рамки ординарных событий. Когда ситуация выходит из-под контроля, практикуется привлечение армейских подразделений и спасательных отрядов МЧС. В этой связи представляется целесообразным создать специальные подразделения для осуществления перманентного мониторинга, которые курировали бы разработку и эксплуатацию месторождений углеводородов на основе межотраслевых отношений с целью снижения общего потенциального экологического риска.

РОЛЬ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ ПРИРОДНЫМИ РИСКАМИ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

В.Г. Заиканов, Т.Б. Минакова, Е.В. Булдакова, Ю.П. Толстая

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

ROLE OF GEOENVIROMENTAL LIMITATIONS FOR MANAGEMENT OF NATURAL RISK IN URBAN AREAS

The lack of systematization and dispersal of legislative and regulatory documents necessary for consideration of potential risk in the design space, prevents the solution of the problem of balancing economic needs and natural features. The article discusses the main approaches to this task based on the creation of maps zoning in geoenvironmental liminations.

Наибольшие негативные последствия от природных катастроф приурочены к урбанизированным территориям, вследствие высокой концентрации населения и объектов недвижимости.

Зоны интенсивного хозяйственного освоения отличаются техногенной нарушенностью ландшафтов, активизацией и возникновением опасных природных и природно-техногенных процессов, геохимическим загрязнением, техногенной динамичностью и т.п. Это делает урбанизированные территории еще более уязвимыми к воздействию опасных природных процессов.

Уменьшить вероятность риска, сократить размеры потерь от негативного воздействия, возможно за счет превентивных мер, к числу которых относится исследование и

учет опасных природных и техногенных процессов еще на предпроектной стадии освоения городской территории.

Главной целью территориального планирования в городе является формирование пространственной среды, благоприятной для жизнедеятельности человека и устойчивого развития территории. Для ее достижения необходимо, наряду с учетом социально-экономических задач, решать вопросы предельно допустимых нагрузок на природные компоненты, а также предвидеть риски от возможного проявления природных и техногенных опасностей. Однако, многими проектировщиками недопонимается угрожающее влияние природных и природно-техногенных процессов, активизация которых на урбанизированных территориях приводит порой к неоправданным рискам.

Анализ пятидесяти федеральных законодательно-нормативных документов по геологическим, экологическим, градостроительным ограничениям, а также региональных и местных нормативов градостроительного проектирования показал, что геологическим и экологическим факторам уделяется недостаточное внимание (6% от общего объема документа). Отсутствие систематизации и рассредоточение законодательно-нормативных документов, необходимых для учета возможного риска при проектировании освоения территории, мешает решению задачи балансирования между народнохозяйственными потребностями и природными возможностями.

Таким образом, очевидна необходимость разработки самостоятельного нормативного документа или раздела, регламентирующего всю систему геоэкологических ограничений при планировании освоения территории и тем самым способствующего сохранению устойчивости городской территории и обеспечению безопасности населения.

Под **геоэкологическими ограничениями** понимается система регламентов, основанная на действующих законодательных и нормативных документах (актах) проектирова-

ния, градостроительства и природопользования, определяющих зоны ограничений, учет которых обеспечивает геоэкологическую обстановку, благоприятную для жизнедеятельности человека [1].

Геоэкологические ограничения включают два взаимосвязанных блока: природный и градоэкологический, в пределах которых выделяется 13 подгрупп, а в пределах подгрупп до 11 видов. Ведущими ограничивающими природными факторами являются опасные геологические процессы. Градоэкологическая группа (блок) включила такие ограничения освоения территории, как источники техногенного воздействия и его последствия – измененное состояния природных компонентов, так и законодательно установленные (по экологическим нормам) ограничения.

Для проектировщиков важна территориальная дифференциация ограничений, т.е. карта районирования урбанизированной территории по геоэкологическим ограничениям, отражающая их состав, свойства, распространение, приоритетность их устранения.

Последовательность составления такой карты представлена на рис.

Первоначально разрабатываются аналитические карты по отдельным группам и ограничений. Основанием для их составления являются данные по наличию природных и градоэкологических ограничений, их физическим параметрам и территориальной привязке. Совместный анализ этих карт позволяет выявить территориальную дифференциацию сочетаний геоэкологических ограничений. На следующем этапе для каждой операционной единицы в зависимости от вида и параметров ограничений, а также реципиентов, производится количественная оценка степени их опасности, на основании которой устанавливается и их приоритетность.

Сложность определения приоритетности того или иного ограничения заключается в том, что его важность среди ограничений данной группы может быть одной, в совокуп-

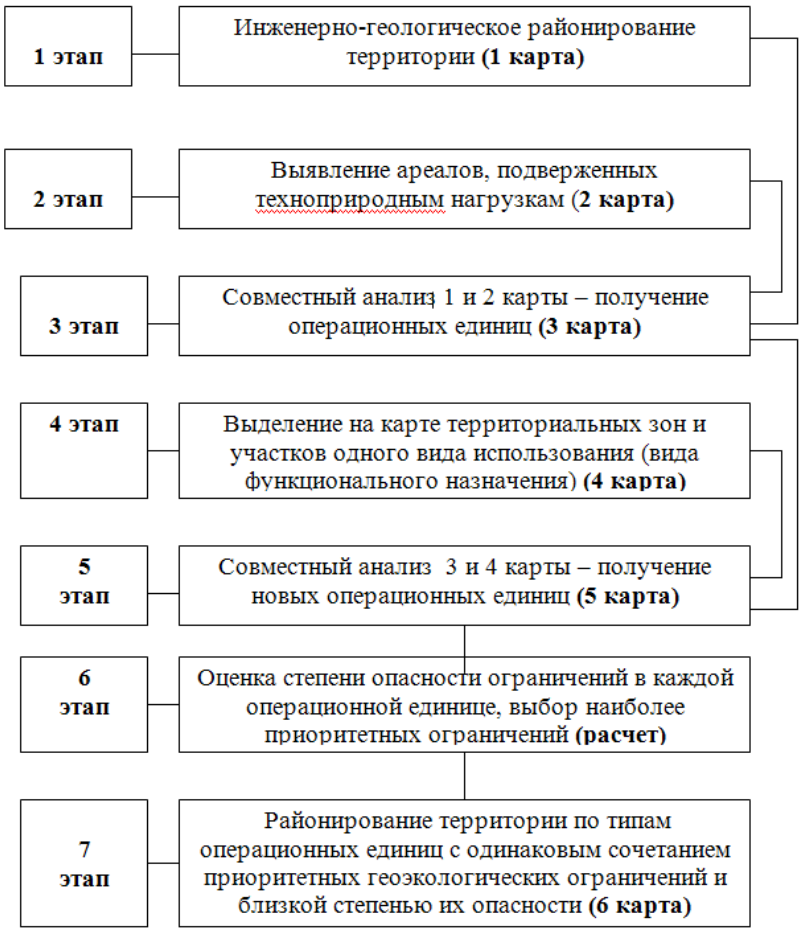


Рис. **Последовательность районирования урбанизированной территории по геоэкологическим ограничениям**

ности с ограничениями второй группы – другая, а с позиции архитектурно-планировочных потребностей и градостроительных особенностей конкретной территории – третья. Определение опасности каждого ограничения в отдельности сложная задача, так как физическая интенсивность его воз-

действия зависит не только от внутренних свойств, параметров, стадии развития и т.д., но и от взаимодействия с другими ограничениями, в результате которого опасность скорее всего возрастет, а не уменьшится. При оценке необходимо учитывать характер распространения и фактические площадные значения. Кроме того, приоритетность ограничений зависит от реципиента. Для ограничений природного блока это в основном здания и сооружения, транспортная инфраструктура и т.п., а градоэкологического – человек. Естественно, что одно и то же ограничение будет играть различную роль для жилой и рекреационной зоны. Поэтому реципиенты ранжируются с точки зрения их уязвимости к возможному негативному воздействию при условии неучета при проектировании того или иного ограничения. Таким образом, возможно множество вариантов оценки приоритетности геоэкологических ограничений. Результаты оценки – основание для районирования урбанизированной территории по геоэкологическим ограничениям.

При общей сути в подходе к районированию урбанизированной территории по геоэкологическим ограничениям все же будут иметь место различия применительно к застроенным городским территориям, подлежащим реорганизации, и к вновь осваиваемым площадям. Так, для вновь осваиваемых территорий ведущую роль будут играть ограничения природной группы, а для застроенной – градоэкологической и т.п..

Таким образом, районирование урбанизированной территории по геоэкологическим ограничениям позволит уже на стадии проектирования предвидеть возможные риски и заранее найти пути к их исключению (устранению). Мониторинговые наблюдения за участками потенциального проявления или активизации геоэкологических ограничений, выделенных на карте районирования, позволят прогнозировать и своевременно предотвратить рисковые ситуации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Заиканов В.Г., Минакова Т.Б.* Геоэкологические ограничения и районирование урбанизированной территории для градостроительного проектирования // Сергеевские чтения. – М.: РУДН, 2015. – Вып. 17. – С. 549–554.

ОПАСНОСТЬ, РИСК И ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ СООРУЖЕНИЙ НА ХОРОШО РАСТВОРИМЫХ ГОРНЫХ ПОРОДАХ

В.П. Зверев, И.А. Костикова

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

HAZARD, RISK AND THE POSSIBILITY OF THEIR PREVENTION IN THE CONSTRUCTION STRUCTURES ON SOLUBLE ROCKS

Placement of structures constructed in areas of distribution of soluble rocks, represents a significant hazard and some risk, because it can lead to negative and sometimes catastrophic consequences.

The safety of soluble rocks, located at the base of industrial and hydro-technical structures, and overlying mines in mining is useful minerals, possible, when lying down, in the first case below, and the second higher soluble rocks are in constantly in equilibrium with circulating on the contact groundwater. These principles to avoid the risk must be the basis for forecasting changes in hydrodynamic and hydrogeochemical conditions during construction and operation of such facilities.

Широко распространенные в природе растворимые горные породы (известняки, доломиты, гипсы, ангидриты, каменная соль) весьма часто находятся в пределах территорий городских агломераций, промышленных и энергетических объектов, гидротехнических сооружений, разработки месторождений полезных ископаемых [6]. Как показывает практика, во многих подобных случаях, развитие карстовых процессов в растворимых породах приводит к негативным, а порой и катастрофическим последствиям [5].

Проблема изучения карста в нашей стране наиболее остро возникла в конце 1930-х − начале 1950-х гг. в связи началом проектирования и строительства крупных гидроэлектростанций в бассейне р. Волги, где в их основании часто залегали растворимые горные породы: известняки и гипсы [7; 8]. Большую роль в изучении карста сыграло и освоение месторождений полезных ископаемых, расположенных в районах распространения растворимых горных пород, и активное строительство промышленных объектов.

Карст, как показали Ф.П. Саваренский [7] и Д.С. Соколов [8], − это геологический и физико-химический процесс взаимодействия природных вод с растворимыми горными породами, который неизбежно развивается там, где имеется одновременное сочетание растворимых и водопроницаемых горных пород и растворяющих их движущихся подземных вод.

В современную эпоху активизация карстового процесса связана в основном с антропогенно-техногенной деятельностью, приводящей к значительным изменениям естественной гидрогеологической и гидрогеохимической обстановки при гидротехническом, гражданском строительстве и особенно создании шахт для добычи калийных солей. Особенности взаимодействия процессов подземных вод с хорошо растворимыми горными породами рассмотрены на примере трех объектов, находящихся в долине р. Камы: створа про-

ектировавшейся Верхнекамской ГЭС в районе г. Соликамска, действующей Камская ГЭС, расположенная выше г. Перми, и территория г. Березники, находящаяся в зоне действующих шахт.

Створ проектировавшейся Верхнекамской (Соликамской) ГЭС в районе г. Соликамска, характеризует естественные природные условия [3], включая Соколовскую брахисинклиналь и Соликамскую брахиантиклиналь, в основании которых залегает слой покровной каменной соли мощной 300-метровой уфимской соленосной толщи верхней перми.

Поверхности раздела между зонами с разным составом минерального заполнителя трещин, секущие литолого-стратиграфические границы, расчленяют геологический разрез Верхнекамского района на ряд водоносных и водоупорных горизонтов. В пределах первого (сверху) водоносного горизонта химический состав подземных вод, дренируемых р. Камой, постепенно изменяется с глубиной от гидрокарбонатных смешанного катионного состава с минерализацией 0,2–0,5 г/л через сульфатно-хлоридные натриевые (M 1,0–0,0 г/л) до хлоридно-натриевых (M 30–300 г/л).

Результаты термодинамического моделирования [3], показали, что поверхностью, разграничивающей гидрогеохимическую среду на ненасыщенные и пересыщенные по отношению к нему подземные воды является верхняя граница развития по трещинам волокнистого гипса. Положение этой поверхности в антиклинальных поднятиях смещается вниз по разрезу, а в наиболее опущенных участках синклиналей – вверх. Подземные воды обоих водоносных горизонтов неравновесны с галитом. Установлено [3], что сохранение слоев каменной соли в верхних частях разреза, выше которых находятся в значительной степени неравновесные с ними подземные воды, возможно, если сверху и снизу их слои повсеместно фациально переходят в гипсы, находящиеся в состоянии постоянно поддерживаемого равновесия

с циркулирующими на контакте с ними подземными водами [3].

Примером удачного прогноза развития карстового процесса, могут служить исследования, выполненные в основании Камской ГЭС, где на глубине 45–50 м под плотиной залегает мощная толща ангидритов, переходящих в верхней части в гипсы, которые распространены преимущественно под руслом Камы, выклиниваясь по мере удаления от нее к бортам долины. При изысканиях и строительстве ГЭС было показано, что подземные воды, контактирующие с сульфатными породами, не агрессивны по отношению к сульфату кальция и поэтому был сделан вывод, что ожидать развития карста под плотиной не приходится. Однако достаточно активная фильтрация под плотиной подземных вод, приуроченных к переслаивающимся доломитам и разнообразным мергелям, питание которых существенно возросло в пределах водохранилища, привело к значительному снижению минерализации подземных вод под плотиной. В результате на отдельных участках, подземные воды верхнесоликамского водоносного горизонта контактирующие с гипсами, стали достаточно агрессивны по отношению к ним [1; 2].

Выполненные одним из авторов в 1968 г. по заданию «ГИДРОСПЕЦПРОЕКТА» специальные исследования, позволили установить, что сохранение гипсов в основании плотины возможно при контакте их с равновесными по отношению гипсу подземными водами, для чего необходимо изменить гидродинамические условия, существенно снизив скорости переноса подземных вод под плотиной и перенаправив их основную массу в обход плотины. На основании этого было принято решение о существенном укреплении находящейся под плотиной и зданием ГЭС мощной цементационной завесы, что со временем было успешно выполнено и Камская ГЭС благополучно работает до настоящего времени [4].

Негативным примером недостаточной оценки возможности растворения гипсов и каменной соли при эксплуата-

ции горнорудных предприятий может служить территория г. Березники, где на глубине 200–300 м залегает мощная (до 200 м) толща каменной соли, вмещающая пласты калийных солей. Основная масса залегающих выше горных пород, слагающих разрез территории г. Березняки содержит прослои хорошо растворимого гипса и даже галита, при чем первые выполняют защитную функцию, обусловливая длительное существование последних. Результаты термодинамического анализа однозначно показывают что в современных условиях гипс, галит и сильвин. повсеместно не равновесны с водами терригенно-карбонатной толщи, которые имеют открытый доступ к зоне повышенной проницаемости, возникающей в соляно-мергельной толще, способствуя ее дальнейшему разрушению и переносу подземных вод в более глубокие горизонты [5].

Если в естественных ненарушенных условиях равновесные состояния подземных вод с растворимыми породами могут при известных условиях, сохраняться очень длительное время, то резкое изменение гидрогеологического и геохимического режимов подземных вод в процессе эксплуатации рудника, приводит к переходу системы вода-порода из равновесного в неравновесное состояние, что в свою очередь, создает условия для разрушения водозащитных свойств соляно-мергельной толщи и растворению покровной каменной соли.

Несомненно, что в районе эксплуатации поземных рудников должен строго соблюдаться водоохранный режим и выполняться мероприятия, препятствующие неконтролируемому сбросу воды в не герметичные поверхностные водотоки.

Таким образом, сохранность хорошо растворимых горных пород, находящихся в основании промышленных и энергетических объектов, гидротехнических сооружений, а также перекрывающих шахты и рудники в районах разработки месторождений полезных ископаемых, возможна, ког-

да залегающие, в первом случае ниже, а во втором − выше, растворимые породы находятся в состоянии постоянно поддерживаемого равновесного состояния с циркулирующими на контакте с ними подземными водами.

Названные принципы во избежание риска обязательно должны быть положены в основу прогнозирования изменений гидродинамических и гидрогеохимических условий на этапах строительства и эксплуатации подобных сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зверев В.П.* Гидрогеохимические исследования системы гипсы– подземные воды. – М.: Наука, 1967. – 99 с.

2. *Зверев. В.П.* Подземные воды земной коры и геологические процессы. – 2-е изд. – М.: Научный мир, 2007. – 256 с.

3. *Зверев В.П., Мигунов Л.В.* Термодинамическое моделирование гидрогеохимических процессов в надсолевой толще Верхнекамского района // Литология и полезные ископаемые. – 1994. – № 2. – С. 78–85.

4. *Максимович Н.Г.* Безопасность плотин на растворимых породах (на примере Камской ГЭС). – Пермь: ООО ПС «Гармония», 2006. – 212 с.

5. *Осипов В.И., Зверев В.П., Костикова И.А., Мамаев Ю.А.* О гидрогеохимических особенностях взаимодействия воды и пород в Верхнекамском соленосном бассейне // Геоэкология. – 2014. – № 5. – С. 404–409.

6. *Родионов Н. В.* Инженерно-геологические исследования в карстовых районах. – М.: Госгеолтехиздат, 1958. – 183 с.

7. *Саваренский Ф.П.* Инженерная геология. – 2-е изд. – М.: ГОНТИ, 1939. – 489 с.

8. *Соколов Д.С.* Основные условия развития карста. – М.: Госгеолтехиздат, 1962. – 322 с.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ КРУПНОГО ОТБОРА ПОДЗЕМНЫХ ВОД

И.С. Зекцер, К.В. Сучкова

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

GEOECOLOGICAL RISKS OF GROUNDWATER EXTRACTION IN LARGE SCALE

Negative consequences of large water withdrawal on different components of the environment such as river runoff, vegetation, land subsidence and sea-water intrusion are considered. Modern state and foreign experience of the researches of the impact of groundwater withdrawal on the given components of the environment are analyzed.

Влияние крупного водоотбора на истощение водоносных горизонтов. Одним из наиболее известных проявлений влияния крупного отбора подземных вод на окружающую среду является развитие депрессионных воронок в эксплуатируемом водоносном горизонте.

Развитие этих воронок, обусловленных значительным снижением уровня подземных вод при откачках, иногда достигает сотни и даже тысяч квадратных километров. Так, например, депрессионная воронка в каменноугольном водоносном горизонте Московского артезианского бассейна достигает 39 тыс. км^2, а глубина воронки в центре (снижение уровня подземных вод за период эксплуатации) составляет 80–100 м.

При крупном отборе подземных вод для водоснабжения часто возникают опасения об истощении подземных вод из-за их «сверхэксплуатации» (понятие, используемое в США), когда отбор подземных вод превышает их восполнение.

Целесообразно внести ясность в понятия «истощение подземных вод» и «сверхэксплуатация подземных вод». Прежде всего, нужно отметить ошибочность представления о том, что любое снижение уровня подземных вод при их отборе свидетельствует об их истощении. Без понижения уровня (напора) практически невозможна эксплуатация подземных вод. России и ряде других европейских стран различают понятия «истощение подземных вод» (водоотбор превышает питание, и происходит сработка емкостных запасов подземных вод) и «истощение эксплуатационных запасов подземных вод», иными словами «сверхэксплуатация» (снижение уровня превышает предельно допустимое, установленное при оценке эксплуатационных запасов подземных вод).

В Западной Европе и США известны случаи сверхэксплуатации (переэксплуатации) подземных вод, когда отбор из водоносного горизонта превышает питание подземных вод за счет инфильтрации атмосферных осадков. Так, в Испании из 369 бассейнов подземных вод 92 считаются сверхэксплуатируемыми, где откачки подземных вод превышают их питание. Такая ситуация считается допустимой, но контролируется специальными наблюдениями и расчетами [2].

Влияние на речной сток. Наиболее значительными экологическими последствиями отбора подземных вод помимо истощения их запасов, снижения их уровня и образования депрессионных воронок является изменение взаимосвязи между подземными водами и поверхностным стоком. Возможное изменение речного стока, вызванное эксплуатацией подземных вод, определяется целым рядом естественных и антропогенных факторов. Среди этих факторов важнейшими являются: характер гидравлической связи оцениваемого водоносного горизонта с рекой в разные сезоны, определяющий режим и динамику подземного стока в реку; сезонная изменчивость речного стока в годовом и многолетнем разрезе; характер и величина питания и разгрузки

водоносного горизонта; дебит водозабора и расстояние водозаборных скважин от русла реки; продолжительность и режим эксплуатации водозаборов; фильтрационные свойства эксплуатируемого водоносного горизонта.

В большинстве случаев при эксплуатации подземных вод, гидравлически связанных с реками, происходят изменения речного стока. Характер, направленность и масштабы таких изменений могут варьировать в очень широких пределах на разных стадиях работы водозаборов. Значительные работы по прогнозу возможного изменения стока малых рек методами моделирования выполнены в Белоруссии [4; 5]. Эти работы позволили выделить наиболее опасные с точки зрения сокращения стока участки рек и обосновать мероприятия по предотвращению негативного влияния отбора подземных вод на речной сток.

Влияние на растительность. В районах, где взаимосвязь подземных вод эксплуатируемых водоносных горизонтов и вышележащих безнапорных грунтовых вод достаточно тесная, под влиянием водоотбора происходит снижение уровня безнапорных грунтовых вод. Влияние снижения уровня грунтовых вод на растительность определяется тем, какой режим водного питания растений преобладает – автоморфный и гидроморфный.

При автоморфном режиме питания корни растений не достигают уровня грунтовых вод или высоты капиллярной каймы, и растения получают воду только за счет инфильтрации атмосферной влаги в корнеобитаемый слой. Глубина проникновения корней растений, суммированная с высотой капиллярной каймы, часто называется критической глубиной. Если глубина залегания грунтовых вод меньше критической глубины, значительное участие в питании растений принимают грунтовые воды и такой режим питания растений называется гидроморфным.

В.С. Ковалевский [3] отмечает, что увеличение мощности зоны аэрации и глубины залегания уровня грунтовых

вод, вызванные эксплуатацией подземных вод в долине р. Северский Донец (Россия) привели к исчезновению и усыханию старичных и пойменных озер, иссушению лесов, особенно верхушек деревьев, изменению видового состава растительности.

Следует отметить, что в ряде случаев эксплуатация подземных вод приводит к дренированию переувлажненных земель и тем самым оказывает положительное влияние на урожайность трав на заливных приречных лугах и на их видовой состав.

Влияние на проседание земной поверхности. Одним из проявлений негативного влияния интенсивной эксплуатации подземных вод на окружающую среду является проседание земной поверхности, вызванное интенсивным отбором подземных вод. Понижение пьезометрических уровней подземных вод и изменения пластовых давлений вызывают изменения напряжений в горных породах, скоростей, а иногда и направлений движения подземных вод, что увеличивает интенсивность суффозионных и карстовых процессов. В одних условиях понижения уровней приводят к оседанию поверхности земли, а других – к образованию провалов. При откачке снижается напор подземных вод, что увеличивает эффективное давление на скелет грунта и приводит к уплотнению сжимаемых отложений, а как следствие – к оседанию земной поверхности.

Оседание земной поверхности широко развито в США. Так, в долине Сан-Хоакин (Калифорния) наблюдается одно из самых значительных проседаний земной поверхности: за период с 1925 до 1977 г. оседание поверхности, вызванное откачками подземных вод, достигло 9 м. Здесь имеется почти 1,5 млн га орошаемых земель, половина которых охвачена оседанием. В штате Калифорния общая площадь оседания земной поверхности достигает 18 тыс. км^2. По данным Технологического института Индонезии, начиная с 1994 г. в результате интенсивной эксплуатации подземных вод почва

в г. Джакарта просела местами до 0,5 м. Это привело к подтягиванию соленых морских вод, что вызывает подтопление, а местами и разрушение оснований зданий. Аналогичные проблемы характерны для многих крупных приморских городов, интенсивно эксплуатирующих подземные воды [1].

Проблема проседания земной поверхности под влиянием откачки подземных вод (аналогичные проседания развиваются и при откачке нефти и газа) привлекает внимание ученых многих стран. При этом главными задачами являются прогнозирование развития этого процесса в различных геолого-гидрогеологических условиях, обоснование рационального режима эксплуатации подземных вод, а также разработка рекомендаций по предотвращению или сокращению негативных последствий крупного отбора подземных вод в таких районах.

Внедрение морских вод в берега. Внедрение морских вод суши, вызванные откачками подземных вод в береговых зонах известно во многих странах. Откачка подземных вод снижает гидравлический напор (уровень воды) в прибрежных водоносных горизонтах и вызывает приток соленой морской воды, что неизбежно приводит к загрязнению пресных вод эксплуатируемых водоносных горизонтов. Наиболее известны случаи притока морских вод к водозаборам пресных подземных вод в Лос-Анджелесе, Монтереи (США), на островах Зеленого Мыса, на побережье Мексиканского залива, в ряде городов Италии, Англии и в других районах побережий морей и океана. Одним из последствий подъема уровня моря является увеличение интрузий морских вод в берега, увеличивающиеся также за счет проседания поверхности почвы и уменьшение отложений речных осадков в эстуариях морей.

Основным способом предотвращения или минимизации интрузий морских вод в берега, также как и рассмотренных выше проседаний земной поверхности, является управление откачкой подземных вод в береговой зоне суши. Важно от-

метить, что последствия интенсивной эксплуатации подземных вод – ее негативное влияние не только на окружающую среду, но также и на хозяйственную деятельность и экономику недропользования.

Существующее практически повсеместно объективное противоречие между желанием, а часто и необходимостью отобрать из недр побольше подземной воды, и возможным негативным влиянием такого водоотбора на различные компоненты окружающей среды должно рассматриваться на основании данных наблюдений комплексного экологического мониторинга, включая анализ многолетнего опыта эксплуатации подземных вод крупными водозаборами.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 13-05-00197)

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зекцер И.С.* Подземные воды как компонент окружающей среды. – М.: Науч. мир, 2001. – 328 с.

2. *Зекцер И.С.* Подземный сток и ресурсы пресных подземных вод. Современное состояние и перспективы использования в России. – М.: Науч. мир, 2012. – 428 с.

3. *Ковалевский В.С.* Влияние изменений геологических условий на окружающую среду. – М.: Наука, 1994. – 139 с.

4. *Черепанский М.М.* Региональная оценка влияния отбора подземных вод на речной сток // Природные ресурсы, – 1999. – № 2. – С. 30–39.

5. *Черепанский М.М.* Гидрогеологические прогнозы влияния отбора подземных вод на речной сток // Природные ресурсы. – 1999. – № 3. – С. 39–51.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА В УЗБЕКИСТАНЕ

М.А. Зияева

Ташкентский государственный технический университет, Узбекистан

THE ECOLOGICAL SITUATION IN UZBEKISTAN

Short feature of the modern ecological situation is given in article in republic Uzbekistan. Happen to some forecasts of the possible ecological catastrophes and negative phenomena's.

Согласно административно-территориальному делению, в Республику Узбекистан входят территории 12 областей, 163 районов и 119 городов, включая и автономную республику Каракалпакстан. В стране проживают представители более сотни национальностей, в том числе узбеки, русские, татары, таджики, каракалпаки, украинцы, киргизы, казахи, туркмены, корейцы, евреи, турки, немцы и др.

Административно-территориальное деление Республики Узбекистан (общая пл. 447,5 тыс. км^2). По оценкам международных экспертов, динамика воспроизводства населения в Узбекистане возрастает, тогда как в других центрально-азиатских странах – Казахстане, Кыргызстане, Таджикистане – наблюдается обратная тенденция.

Динамика воспроизводства населения Республики Узбекистан (тыс. чел.): за 100 лет население республики возросло в 8 раз, стабильно увеличиваясь каждые 10 лет в среднем на 3,6 млн человек. Если темпы роста населения останутся такими же, то к 2016 г. в Узбекистане будет проживать не менее 40 млн человек.

Анализ реальной экологической ситуации в Узбекистане показывает, что в среднесрочной перспективе – 10–15 лет – в

связи с таким увеличением населения может возникнуть комплекс новых экологических проблем, а уже имеющиеся, такие как: Аральский кризис, дефицит воды, деградация земель, дефляция и эрозии почв, последствия нерационального использования природных ресурсов и другие – будут усугубляться.

Миграция населения является, по определению российского эксперта Д. Никитина, объективным социально-экономическим индикатором, отражающим процесс перераспределения трудовых ресурсов. Обычно поток мигрантов направлен туда, где более благоприятны условия проживания. Например, по данным Статистического комитета СНГ, с 1991 по 2011 г. в Узбекистан ежегодно иммигрировало 140–330 тыс. чел., а эмигрировало 190–350 тыс чел.

На сегодняшний день наблюдается иная картина. Согласно данным узбекского исследователя Л. Максаковой, с 1990 г. увеличился внутренний миграционный поток из районов, где сложились тяжелые экологические условия. Это миграция населения из Каракалпакстана, Навоийской, Хорезмской областей в центральные районы республики.

В связи с тем, что последняя перепись населения проходила в 1989 г., реальную оценку демографической ситуации в республике дать трудно. Однако имеются факты, свидетельствующие об интенсивной миграции из зон экологических катастроф. Официальных публикаций, освещающих этот вопрос, недостаточно, и они крайне противоречивы. Так, например, согласно данным Минмакроэкономстата Узбекистана, в 2012 г. из республики выехало 96,0 тыс. чел., тогда как только миграционная служба МВД России зафиксировала 984 тыс. узбекских граждан, приехавших в страну на срок более трех месяцев.

Тревожит факт интенсивной миграции русскоязычного населения, а также представителей так называемого «среднего класса», т.е. преподавателей, инженеров, научных работников, специалистов высокой квалификации. «Утечка

мозгов» негативно сказывается на общей социально-экономической ситуации в республике.

В сложившихся сегодня экономических условиях в республике наметилась тенденция «антиэкологичного» характера развития народного хозяйства. Интенсивная разработка природных ресурсов, нефти, газа, цветных и редкоземельных металлов в регионах привела к деградации земельных и водных ресурсов, загрязнению воздушного бассейна.

Основным загрязнителем воздушного бассейна Ташкентской области выступает Алмалыкский горно-металлургический комбинат (АГМК). Не говоря уже о горах шлака, загрязняющих окрестности этого предприятия, – содержание селена, кадмия, фосфатов в подземных водах на расстоянии 5 км от дамбы хвостохранилища АГМК превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК) в 8,3 раза. В Алмалыке имеется крупный ореол свинца недалеко от Кальмакырского месторождения (600–800 мг/кг). В долине р. Ахангаран, в 3 км от Ангренского угольного месторождения, сформировался ореол почв, загрязненных тяжелыми металлами (Cu, Pb, Zn, Fe, Ni). В почвенном горизонте отмечены высокие концентрации свинца и кадмия. Так, например, в городах Ахангаране и Ангрене они составляют 350–500 мг/кг, что превышает ПДК в десятки раз.

Недалеко от г. Янгиабад площадь более 50 км^2 занимают радиоактивные отходы общим объемом 500 тыс. м^3. Интенсивность гамма-излучения составляет от 60 до 1500 мкР/час.

В районе г. Красногорска размещены отходы уранового производства общей площадью более 600 тыс. м^3. Интенсивность гамма-излучения превышает 600–1500 мкР/час.

Загрязнение радионуклидами установлено на участках добычи урана в Зафарабаде (Кызылкумы), где интенсивность гамма-излучения составляет от 200 до 1500 мкР/час, в некоторых местах достигая 2500–3000 мкР/час.

В Национальном докладе о состоянии окружающей среды территории Республики Узбекистан за 2010 г. отме-

чено, что применение подземного выщелачивания при добыче урана и золота ведет к локальному загрязнению подземных вод. Основными причинами загрязнения артезианских вод являются проливы технологических растворов, нарушение баланса закачки и откачки, приводящее к растеканию их в смежные горизонты. Низкая технологическая дисциплина привела к загрязнению подземных вод цианидами и рудным раствором. Так, например, в городах Гиждуване, Зафарабаде и на других прилегающих к ним территориях уровень минерализации питьевой воды достигает 10–11 г/л.

Источником радиационной опасности являются хвостохранилища Навоийского горно-металлургического комбината (ГМЗ-1), расположенного на левом берегу р. Зарафшан. Площадь хвостохранилища составляет 630 га, высота дамбы – 15 м. Радиоактивность хвостов достигает 90 кБк/кг, а уровень гамма-поля на дамбах хвостохранилища составляет от 300 до 500 мкР/час. Зафиксирован рост минерализации подземных вод с увеличением концентрации ионов SO_4, хлора, железа, селена и марганца.В районе г. Учкудук расположен склад забалансовых урановых руд объемом более 3 млн т. Мощность экспозиционной дозы составляет 10–400 мкР/час. Обобщая все сказанное, экологическую ситуацию в Навоийской области можно назвать критической.

Интенсивная разработка газовых и нефтяных месторождений привела к масштабной просадке земель, что может повлиять не только на изменение ландшафта, характер пластики рельефа местности, но и на динамику новейших и современных структур. Основная экологическая проблема района – это водоснабжение населения качественной питьевой водой. Имеются факты загрязнения грунтовых вод фенолами и нефтепродуктами. Река Кашкадарья загрязняется коммунальными хозяйствами городов Карши и Шахрисабз, минерализация воды составляет до 1220 мг/л, что превышает ПДК в 1,2 раза, а содержание в ней нефтепродуктов доходит до 0,41 мг/л. Отмечен рост заболеваемости населения

желчекаменной и мочекаменной болезнями. Бухарский нефтеперерабатывающий завод, – основной загрязнитель водных ресурсов района. Содержание фенолов и нефтепродуктов в воде превышает ПДК в 2–3 раза. Высокое содержание нефтепродуктов в почве наблюдается в районе поселка Мубарек и на территории станции Караулбазар. Запасы пресных подземных вод истощены, область испытывает дефицит питьевой воды. Минерализация воды составляет до 1,5 г/л, а ее жесткость – 11–12 мг-экв.

Источниками экологических угроз являются также и заброшенные сельскохозяйственные аэродромы, где до сих пор хранятся хлорорганические пестициды, в том числе и хлорат магния, который применялся в качестве дефолианта хлопчатника.

Водные ресурсы р. Заравшан загрязнены тяжелыми металлами – отходами урановой и золотодобывающей промышленности. Отмечено повышенное содержание в воде и почве стронция, свинца и цинка. В отдельных местах отмечается повышенное содержание в воде и почве нитратов и пестицидов, превышающее ПДК в 4–6 раз. Снабжение населения качественной питьевой водой неудовлетворительное.

Дефицит качественной питьевой воды, проблемы с водоснабжением населения сельских местностей. Население для бытовых нужд использует в основном поверхностные воды, что способствует распространению острых желудочно-кишечных заболеваний. Дефицит питьевой воды – острая проблема Бахмальского района Джизакской области

В окрестностях поселка Эгизбулок Фаришского района на площади в 5 га расположено хвостохранилище крайне токсичных пестицидов и ядохимикатов.

Ферганская долина (Андижанская, Наманганская и Ферганская области). Наиболее сложный с экологической точки зрения район, где сконцентрирован целый ряд проблем. «Лидер» по объему ущерба, нанесенного окружающей среде, – нефтегазодобывающая и горнодобывающая про-

мышленность. Утечки газа и нефти, происходящие по причине устаревшей инфраструктуры, приводят к загрязнению атмосферы метаном, которого в среднем сжигается и выбрасывается в атмосферу примерно 1 млн т в год. Горящие «факелы» над Ферганской долиной – наглядный символ бесхозяйственности и бездарного отношения к природе.

Загрязненные тяжелыми металлами водные и земельные ресурсы в Ташлакском районе, в районе Ферганского химического завода, Кокандского суперфосфатного завода, вблизи хвостохранилища предприятия «УзОлмосОлтин», в районе нефтяных скважин Мингбулакского месторождения нефти представляют собой источники повышенной опасности для окружающей среды и здоровья населения. В северо-западной части горного обрамления Ферганской долины в районе таких месторождений редких металлов, как Чадак, Черкисар, Пап, Уйгурсай, имеются локальные загрязнения почвы мышьяком.

ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ КАЗАХСТАНА

Т.Т. Ибраев, М.А. Ли

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

FORECASTING OF EMERGENCY SITUATIONS ON WATER MANAGEMENT OBJECTS OF KAZAKHSTAN

Article is devoted to problems of projection of emergency situations on water management objects of Kazakhstan: techni-

cal condition of hydraulic engineering constructions, application of geoinformation technologies, cartographical modeling, etc.

Государственная политика обеспечения безопасности населения и объектов хозяйства в районах развития опасных природных процессов должна базироваться прежде всего на профилактике возможных проявлений чрезвычайных ситуаций (ЧС), а не на ликвидации их последствий. На последнее, как правило, требуются усилия и средства, во много раз превышающие первоначально необходимые для предотвращения негативных последствий опасных процессов.

Осуществление комплекса превентивных мероприятий по прогнозированию и предупреждению ЧС природного и техногенного характера, обеспечивающих защиту населения и территории, базируется в первую очередь на достоверной оценке и районировании природной и техногенной опасности и риска ЧС для отдельных территорий.

Практика эксплуатации гидротехнических сооружений (ГТС) речных гидроузлов показала, что водоподпорные сооружения могут привести при авариях к возникновению чрезвычайных ситуаций на больших территориях с человеческими жертвами и огромными материальными ущербами.

Всего в Республике Казахстан (РК) насчитывается 653 ГТС, имеющих различную ведомственную принадлежность и форму собственности, в том числе 340 гидроузлов и ГТС водного хозяйства. Имеется 270 водохранилищ с комплексом гидротехнических сооружений, из которых 62 водохранилища республиканского значения и 208 местного значения.

По данным Министерства по чрезвычайным ситуациям в Казахстане из 653 имеющихся ГТС, 268, в том числе 28 крупных, нуждаются в срочном ремонте. При этом фактический износ водохозяйственных объектов составляет более 60%. Серьезной проблемой являются малые гидротехнические сооружения, часть которых заброшена, не имеет владельцев

или эксплуатационную службу. Техническое состояние их крайне неудовлетворительное.

По данным Комитета по водным ресурсам Министерства сельского хозяйства в Казахстане в неудовлетворительном техническом состоянии находятся 54 из 175 ГТС, находящихся в коммунальной собственности, 17 из 211, находящихся в частной собственности, 25 из 108 бесхозных ГТС и 17 из 66 ГТС, находящихся в республиканской собственности.

В связи с продолжительной эксплуатацией и недостаточными объемами производимых ремонтно-восстановительных работ происходит разрушение основных конструкций сооружений, заиление водохранилищ и создается высокая вероятность ЧС, особенно при прохождении весенних половодий и паводков.

Ухудшение технического состояния основных производственных фондов водного хозяйства и, в первую очередь, водоподпорных ГТС происходит в результате снижения инвестиционной активности и недостаточного финансирования планово–предупредительных работ.

Крупные ГТС, составляющие основу водохозяйственного комплекса РК, как правило, оказываются подготовленными к пропуску паводков и чрезвычайным ситуациям. Однако многочисленные перегораживающие сооружения на малых реках, эксплуатация которых, даже при наличии собственника, ведется неквалифицированно, и не всегда обеспечивается их безопасность в эксплуатационных условиях. Обследование ГТС показало, что:

– практически у всех обследованных ГТС качественная оценка уровня безопасности – пониженная;

– эксплуатация большинства ГТС превышает проектный срок службы;

– на многих объектах отмечается недостаточный запас строительных материалов, необходимо повышение квалификации эксплуатационного персонала;

– фактически на всех объектах отражен факт недостаточного и несвоевременного проведения ремонтно-восстановительных работ;

– требуется уточнение параметров водохранилищ (вследствие их заиления).

Поэтому основными направлениями предупреждения и уменьшения риска аварий ГТС и возникающих вследствие их ущербов должны быть:

– совершенствование систем прогнозирования и оповещения;

– выполнение фундаментальных научных исследований, направленных на решение прикладных задач предупреждения, предотвращения и ликвидации последствий аварий ГТС в результате техногенных и природных катастроф.

Применение географических информационных систем (ГИС) позволяет оперировать с наборами информации и базами данных, и, как основа интеграции разнородных данных и информации, на базе пространственной составляющей, являются ключевым элементом для мониторинга процессов и явлений во времени и пространстве, их систематизации, обработки, оценки, анализа и визуализации результатов.

Применение ГИС для мониторинга и прогнозирования риска катастрофических наводнений на реках Казахстана сводится к созданию среды визуализации текущего состояния местности, расположения основных объектов природной и техногенной опасности (риска возникновения ЧС), отображения в геоинтерфейсе космических снимков и результатов их дешифрирования, к отображению объектов социально-экономического значения подверженных риску затопления, к накоплению фактов и случаев ЧС в регионах и на объектах подверженных риску возникновения ЧС, а также, на этапе полноценного развития системы к моделированию и отображению результатов прогнозирования на

основе данных статистических и мониторинговых наблюдений.

На основании картирования территорий создана информационная основа для оценки опасности и ущерба от возможных ЧС природного и техногенного характера, тематические карты распространения источников возможных ЧС природного характера, созданы реальные возможности использования геоинформационных технологий при изучении и картографировании природных источников ЧС на бассейновом уровне.

Созданная база геоинформационных данных является исходной информационной платформой для обеспечения функционирования системы мониторинга, прогнозирования, реагирования и, в целом, системы управления рисками чрезвычайных ситуаций.

Создана картографическая модель рисков ЧС, базирующаяся на создании актуализированной пространственной основы со сбором водохозяйственных и др. объектов и их характеристик [1]. Целью создания картографической модели рисков ЧС является определение территории подверженной риску затопления и существующих на ней объектов. Эти объекты и вся территория вместе с источниками возникновения ЧС подлежат последующему мониторингу.

Моделирование обстановки во время наводнений и половодий позволяет принимать эффективные меры по уменьшению экономических последствий и повысить безопасность населения в кризисных ситуациях.

Основными задачами анализа результатов картографического моделирования рисков ЧС являются:

– выявление и идентификация возможных источников ЧС природного и техногенного характера на соответствующей территории;

– оценка вероятности или риска возникновения стихийных бедствий, аварий, природных и техногенных катастроф (источников ЧС);

– прогнозирование возможных последствий воздействия поражающих факторов, источников ЧС на население и инфраструктуру территории.

На следующем этапе проводится оценка риска возникновения ЧС. Прогноз рисков ЧС, вызываемых стихийными бедствиями, природными и техногенными катастрофами, возможными на территориях речных бассейнов РК должен осуществляться в процессе космического и гидрометеорологического мониторинга.

Таким образом, построение картографической модели и результаты анализа геоинформационного моделирования дают возможность определить наиболее проблемные территории и объекты для детального исследования и проведения предупреждающих мероприятий по устранению возможных угроз при возникновении ЧС.

В РК необходимо создание Единой информационной системы мониторинга и прогнозирования ЧС состоящей из следующих основных блоков:

– геоинформационная база данных, включающая в себя цифровые карты, атрибутивную информацию и интерфейс с национальной системой космического мониторинга;

– подсистема космического мониторинга;

– подсистема моделирования;

– подсистема обеспечения выработки управленческих решений.

Существующая система мониторинга и прогнозирования ЧС на водохозяйственных объектах в Казахстане основана главным образом на данных наземных стационарных пунктов наблюдений, сеть которых крайне недостаточна, кроме того претерпела значительное сокращение в последние годы. Приборное оборудование на станциях и постах устаревшее, квалификация наблюдателей не всегда достаточно высокая. Применяемые методики по оценке и прогнозированию наводнений несовременные и давно требуют усовершенствования.

Имеется настоятельная необходимость использования информации по космическому дистанционному зондированию поверхности Земли, качество и разрешающие способности которого в последнее десятилетие возросло, а стоимость снизилась. Поэтому актуальность использования космической информации для целей мониторинга ЧС гидрометеорологического характера, в том числе наводнений не вызывает сомнения. Более того, использование космической информации позволит перейти от точечных оценок риска наводнений к площадным, что существенно улучшит надежность планируемых мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного характера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Создание комплекса космического мониторинга и оценки рисков чрезвычайных ситуаций (паводки, наводнения, прорывы плотин, ледниковых озер и др.) в бассейнах трансграничных рек. Проект. – Алматы: КАПЭ, 2012.

СУКЦЕССИОННЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА СОСТАВ, СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА ГРУНТОВ И СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

П.В. Иванов, С.К. Николаева, Т.В. Левина, Е.А. Шумкин

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, геологический факультет
E-mail: pvivanov@yandex.ru

MICROBIAL SUCCESSION AS AN APPROACH TO THE ESTIMATION OF THE INFLUENCE OF MICROBIAL PROCESSES ON COMPOSITION, STRUCTURE AND PROPERTIES OF SOILS AND CONSTRUCTION MATERIALS

Time behavior of biomass, respiratory activity of microbial complex; chemical and mineral composition, microaggregate composition, strength of soils and mass of metallic pieces resulted from glucose moistening of soils is discussed.

Микроорганизмы в том или ином количестве присутствуют во всех типах грунтов и участвуют в формировании и изменении их состава, строения и свойств. При изменении условий среды (привнесение дополнительных питательных веществ, увлажнение грунта, изменение концентрации кислорода в порах, например, при вскрытии котлованов и т.п.) в грунтах инициируется микробная сукцессия. Сначала происходит активизация всего микробного комплекса грунтов или той его функциональной группы, для которой новые условия наиболее благоприятны. Затем, по мере потребления бактериями внесенного вещества и дальнейшего изменения условий, эти организмы сменяются другими. Процесс протекает до тех пор, пока система не приходит в некоторое устойчивое состояние. Сукцессия приводит к преобразованию состава, строения и свойств грунтов и контактирующих с ними строительных материалов – элементов конструкций сооружений. Поэтому в условиях антропогенной нагрузки при постоянном изменении условий среды микробиологические процессы являются важным фактором безопасности эксплуатации природно-технических систем. Известно, что активная микробная жизнедеятельность ведет к снижению показателей прочностных и деформационных свойств грунтов. Так, экспериментально показано, что загрязнение грунтов канализационными стоками ведет к

уменьшению показателей прочностных свойств на 25–30% и к увеличению набухаемости грунтов, а самоочищение грунтов от нефтепродуктов при возрастающей микробиологической активности ведет к снижению прочностных показателей глинистых грунтов (сцепления и угла внутреннего трения) на 50–70% [1]. К тому же биокоррозия строительных материалов (металлов и бетонов) ведет к снижению их эксплуатационных характеристик [3]. На сегодняшний день актуальными остаются не только вопросы изучения микробиологического воздействия на грунты и материалы, но и оценки ущерба от биоповреждений, разработки биозащитных методов и средств.

Существуют различные методы исследований влияния микроорганизмов на состояние и свойства грунтов, строительных материалов и конструкций [1; 2]. Из них крайне редко применяется сукцессионный подход и оценка изменения состава, строения и свойств грунтов во времени после однократного воздействия на грунты и их микробный комплекс.

В данной работе изучалось изменение состава, строения и свойств грунтов и элементов строительных конструкций в ходе сукцессии, инициированной увлажнением грунтов раствором глюкозы. Были изучены образцы аллювиального суглинка, отобранного с глубины 0,5 м с I террасы р. Москвы в районе г. Звенигорода; техногенных грунтов, отобранных с глубин 0,5–4,0 м в разных районах г. Москвы; а также юрской оксфордской глины, отобранной с глубины 35,0–37,0 м в г. Москве.

Для оценки влияния микробной жизнедеятельности на грунты готовились уплотненные образцы из образцов нарушенного сложения с добавлением раствора глюкозы. В качестве контрольных использовали аналогичные образцы, увлажненные дистиллированной водой. Далее по срокам проводили испытание образцов на одноосное сжатие с контролем влажности, плотности, пористости и других показателей состава и свойств.

Для оценки взаимодействия грунтов с активизированным микробным комплексом со строительными материалами в увлажненный грунт помещали медные, алюминиевые и свинцовые изделия.

Исследования показали, что увлажнение всех грунтов раствором глюкозы, вне зависимости от их исходного генезиса, условий залегания и состава, приводит к резкой активизации микробного комплекса и росту биомассы. Причем максимальная активность, определяемая по эмиссии углекислого газа из грунтов, достигается на 4–10 сутки после внесения глюкозы, а биомасса – на 7–10. В дальнейшем происходит резкий спад микробиологической активности, и к 30-м суткам опыта она достигает исходных значений.

В период максимальной активности микроорганизмов отмечено растворение карбонатов (увеличение содержания ионов Ca^{2+} и HCO_3^- в водных вытяжках и суспензиях). При снижении микробиологической активности происходит осаждение кальцита (и, возможно, других карбонатов) в виде некристаллической фазы.

В минеральном составе грунтов наибольшие изменения происходят в неупорядоченных смешанослойных минералах иллит-смектитового состава – увеличивается количество пакетов смектитового типа, вероятно, за счет потребления микроорганизмами ионов K^+ из межслоевых пространств иллитовых пакетов. Причем эти изменения являются необратимыми при снижении микробиологической активности.

Во всех изученных грунтах в аэробных условиях наблюдается агрегация частиц в крупные агрегаты (> 0,25 мм), причем содержание агрегатов фракции 0,25–0,5 мм напрямую коррелирует с биомассой микроорганизмов в грунте, возможно, частицы связываются за счет клеток микроорганизмов. Содержание более крупных (> 0,5 мм) агрегатов продолжает увеличиваться и после 7–10 суток опыта, то есть, скорее всего, они связаны за счет «неживых» агентов агрегации.

Прочность на одноосное сжатие искусственно уплотненных образцов на основе грунтов и воды (контроль) не изменяется в течение первых 7 дней опыта, затем постепенно увеличивается. Это связано с формированием новых структурных связей. Аналогичная тенденция наблюдается и в образцах, увлажненных глюкозой, однако, в период максимальной микробной активности (4–9 сутки) отмечается спад прочности по сравнению с контрольными на 25–30%. При снижении интенсивности микробиологических процессов рост прочности в опытных образцах происходит быстрее, чем в контрольных (рис.). На всем протяжении опыта прочность на одноосное сжатие образцов с глюкозой хорошо коррелирует с активностью дыхания микроорганизмов.

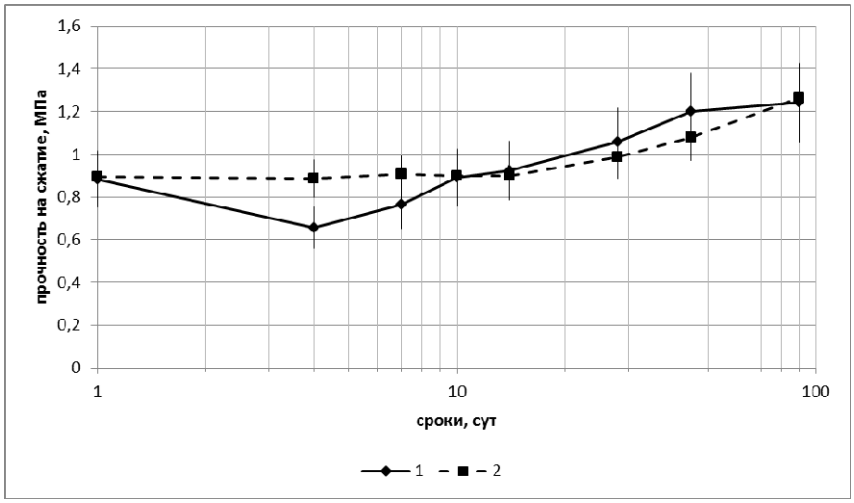


Рис. **Изменение прочности на одноосное сжатие образцов на основе юрской глины:**

1 – увлажненных глюкозой; *2* – увлажненных водой

Металлические изделия при хранении в грунте с активизированным микробным комплексом несколько увеличи-

вают свою массу. Относительное изменение массы свинцовой проволоки составляет 0,1%; алюминиевой – до 0,4%; медной – до 0,3%. Вероятно, это связано с образованием биопленок на поверхности металлов. В грунте, содержащем больше исходной органики, масса проволок увеличилась сильнее.

Таким образом, сукцессионный подход позволяет описать не только характер воздействия загрязнителя и вызванных им микробиологических процессов на грунты и строительные материалы, но и определить тенденции изменения состава, строения и свойств грунтов при возвращении системы к исходным условиям (например, в ходе самоочистки грунтов от загрязнений).

Экспериментальное применение метода инициированной микробной сукцессии при увлажнении грунтов раствором глюкозы позволило установить, что в момент наибольшей активности и биомассы (4–10 дней) наблюдается растворение карбонатов (и, возможно, других соединений), изменение минерального состава, агрегация частиц в крупные агрегаты, заметное снижение прочности образцов на одноосное сжатие. При уменьшении интенсивности микробиологических процессов растворенные карбонаты выпадают в виде аморфной фазы, часть агрегатов распадается, а прочность образцов увеличивается.

Тем не менее изменение минерального состава носит необратимый характер.

Также некоторые крупные агрегаты оказываются стойкими при уменьшении биомассы и активности организмов. На металлических конструкциях образуются биопленки, причем изделия из более химически активных меди и алюминия увеличивают массу значительнее, чем свинцовые. Бактерии, с одной стороны, могут разрушать металлы, а с другой, биопленки препятствуют взаимодействию металлов с агрессивными поровыми растворами.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Дашко Р.Э., Власов Д.Ю., Шидловская А.В.* Геотехника и подземная микробиота. – СПб: Институт «ПИ Георeконструкция», 2014. – 280 с.

2. *Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф., Морозов Е.А.* Микробиологическое разрушение материалов. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2008. – 128 с.

3. *Строганов В.Ф., Сагадеев Е.В., Бойчук В.А., Стоянов О.В., Мухаметова А.М.* Полимерные защитные покрытия от биокоррозии // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17. – № 18. – С. 149–154.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ ПРИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОМ ОСВОЕНИИ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА Г. ТАШКЕНТА

В.А. Исмаилов

Ташкентский государственный технический университет, Узбекистан

GEOLOGICAL RISKS IN TASHKENT WITH THE DEVELOPMENT OF UNDERGROUND SPACE

The article provides information on engineering-geological processes in the construction of underground structures on the territory of Tashkent. Also consider geological and technological risks in the operation of the subway.

Сравнительно небольшой опыт строительства и эксплуатации подземных сооружений в г. Ташкенте (метрополитен, транспортные и пешеходные тоннели, различные ин-

женерные коммуникации, подземные части высоких зданий и др.) свидетельствует о том, что при проходке подземных выработок в результате нарушения природно-геологических равновесия возникают неблагоприятные инженерно-геологические процессы, которые оказывают существенное влияние не только на строительство подземных сооружений, но и на устойчивость существующих наземных сооружений. Характер, интенсивность и масштаб проявления и развития этих процессов зависит от множества геологических и техногенных факторов, но в первую очередь от способа строительства.

В зависимости от способа строительства подземных сооружений, инженерно-геологические процессы и явления обобщены в двух группах [1]:

1) инженерно-геологические процессы и явления при разработке массивов грунтов открытым способом. В связи с тем, что средой для размещения подземных сооружений являлись лессовые породы и гравийно-галечниковые отложения развитие инженерно-геологических процессов и явлений связаны с потерей устойчивости массивов грунтов в откосах. Наблюдались развитие таких процессов, как размыв откоса котлована поверхностными водами, оползни с небольшими объемами, но с высокой интенсивностью, обвалы блоков пород, выпирание основания откоса под действием вышележащих толщ, затопление котлованов, траншей, шахт и др. в результате прорыва поверхностных, в некоторых местах подземными водами и др.;

2) инженерно-геологические процессы и явления при разработке массивов грунтов закрытым способом. Эти процессы и явления наблюдались при проходке подземных выработок в лессовых массивах при строительстве трех линии перегонных тоннелей Ташкентского метрополитена протяженности более 30 км. Проявились такие инженерно-геологические процессы и явления, как: тиксотропное разжижение лессовых грунтов, суффозия, вывалы обломков грунтов

со свода тоннеля, обрушение свода, сдвижение массива грунтов и образование на поверхности мульд оседание и др.

Формирование и развитие этих процессов и явлений обусловлено различными специфическими особенностями подземного строительства, которые не были предвидены и оценены при инженерно-геологических изысканиях. К этим особенностям относятся:

– изменение инженерно-геологических и гидрогеологических условий с глубиной, а для линейных сооружений и по площади;

– прорыва поверхностных и подземных вод в строительный котлован, траншеи и перегонные тоннели;

– изменение напряженного состояния грунтовых массивов как по глубине, так по площади;

– потери устойчивости грунтовых массивов, в результате снижении прочностных свойств грунтов под действием динамических нагрузок.

– разработка грунтовых массивов в стесненных условиях без возможности применение широкого комплекса механизации и крепления откосов, сводов и др.

Все наблюдаемые инженерно-геологические процессы и явления оказывали неблагоприятные воздействие на строительство подземных сооружений, удорожая стоимость и удлиняя время строительных работ [4]. Формирование и развитие их не были учтены также при проектировании подземных сооружений. По сути все эти процессы и явления представляли опасность для объектов инженерного хозяйства и окружающей природной среды. Освоение подземного пространства для градостроительных целей всегда сопровождается определенной долей риска как для наземных сооружений, так и для подземных сооружений. Учитывая то, что геологический риск является вероятностной мерой геологической опасности или совокупности геологических опасностей, установленных для определенного объекта в виде возможных потерь за заданное время [3], нами выде-

лены две категории риска для линейных подземных сооружений, с которыми связаны дальнейшие затраты на ликвидацию: геологические и природно-техногенные

Геологические риски, связанные с молодыми и современными тектоническими движениями. Это обусловлено тем, что в формировании современной морфоструктуры города основное значение принадлежит складчатым деформациям осадочного чехла и развитию линейных тектонических нарушений разрывного характера. Об этом свидетельствуют наличие на территории города (см. рис.) прямолиней-

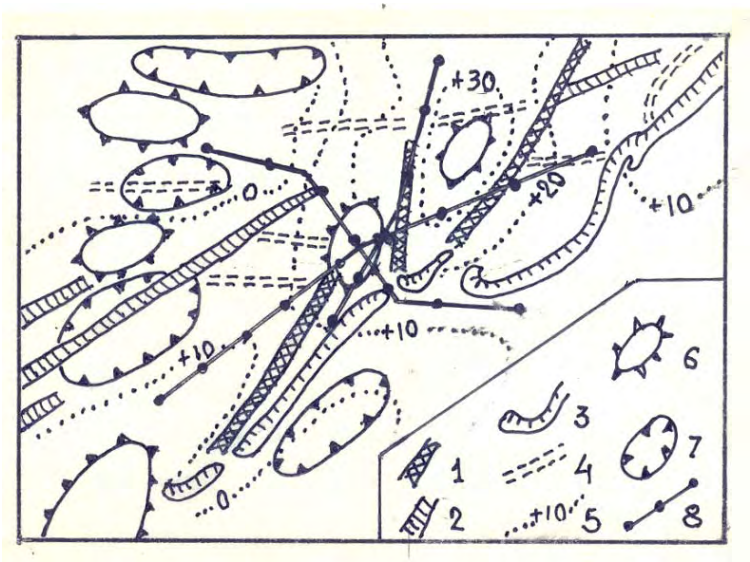


Рис. **Схема молодых и современных тектонических деформации территории Ташкента** (составлен по материалам К.О. Ланге, Н.А. Корешкова, А.П. Райзмана и др.):

1 – позднеплейстоценовые тектонические ослабленные зоны; *2* – зоны дизъюнктивных нарушений; *3* – позднеплейстоценовый склон; *4* – голоценовых зон трещиноватости; *5* – линии равных амплитуд современных деформации, в мм, за 5 лет; *6* – участки голоценовых поднятий; *7* – участки голоценовых опусканий; *8* – существующая линия метрополитена

нейность ряда долин (долины р. Н. Бозсу и р. С. Бозсу, а также мелкие долины р. Каракамыш и р. Джарарык) и крупных балок, относящихся к тектонически ослабленным зонам (долины рек Салара, Чаули и Бурджара, расчленяющих крупный водораздел), а также строго широтном направлении зон голоценовых трещиноватости.

Современные тектонические движения, характеризующие амплитудой относительной деформации, имеют на территории города разный характер и тенденции проявления. Так, по материалам повторных нивелирования максимум современного поднятия (40 мм) находится вблизи сейсмостанции Ташкент. Изолиния 30 мм амплитуды оконтуривает 40 мм точку (см. рис.). На территории выделены участки голоценовых поднятий и опусканий, которые по амплитуде от 10 до 45 м.

Все это показывает, что молодые и современные тектонические движения, несмотря на значительные искажения современного рельефа техногенными процессами, достаточно полно сохраняют активность унаследованной от ранних этапов неотектоники. В таких тектонических условиях эксплуатация линейных подземных сооружений неизбежно подвергаются определенной опасности и риску [2]. Опасность и риск от разно направленных вертикальных и горизонтальных тектонических деформацй может проявится в виде вторичных негативных процессов, таких как прорыв подземных вод в местах разрыва обделки тоннелей, продавливание и обрушения свода, суффозионные процессы и др. Учитывая это нами составлена схема опасности зон современных тектонических деформаций для линейных подземных сооружений, где выделены участки с различными амплитудами вертикальных деформаций и опасности.

Природно-техногенные риски от процесса техногенного подтопления. Освоение подземного пространства города сопровождается созданием преград для потока грунтовых вод. Обычно такие преграды возводятся на участках с

близкими залеганиями грунтовых вод для ограничения притока вод в строительные объекты. В результате чего возникает барражный эффект, т.е. подъем уровней грунтовых вод перед преградой по потоку и снижением за ней, вследствие перекрытия фильтрационного потока подземных вод. Кроме того сами подземные сооружение являются преградой для потока подземных вод. В пределах города барражный эффект наблюдается на участках пересечения линий метрополитена с долинно-балочной сетью и современными руслами каналов-арыков, где перегонные тоннели проложены на уровне грунтовых вод. Максимальный подъем уровня грунтовых вод в верхней части притока достигал 6 м, а в нижней части падение до 2 м. В последствии процесс подтопления представляет серьезную угрозу для наземных инженерных сооружений.

Негативные последствия процесса подтопления для инженерных объектов связаны с коррозионным разрушением фундаментов и нижних частей наземных конструкций зданий и сооружений, приводящим к их ускоренному износу и деформированию, с затоплением подвалов, шахт лифтов, подземных сооружений и коммуникаций неглубокого заложения, размножением кровососущих насекомых, появлением сырости и лишайниковых образований в жилых и рабочих помещениях, заболачиванием бессточных понижений рельефа, а также с деградацией и гибелью древесно-травяной растительности в результате отмирания их корневых систем в водонасыщенных и часто техногенно сильно загрязненных грунтах.

Таким образом, рассмотренные геологические и природно-техногенные риски при освоении подземного пространства города подтверждают необходимость научно обоснованной оценки и прогнозирования опасности и риска на стадии инженерно-геологических изысканий для обосновании проектов подземного строительства.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Исмаилов В.А.* Анализ и оценка инженерно-геологических условий для комплексного освоения подземного пространства: автореф. дис. … к.г.-м.н.: 04.00.07. – М., 1987. – 24 с.

2. *Исмаилов В.А.* Инженерно-геологическое районирование территории г. Ташкента для комплексного освоения подземного пространства // Вестник ТГТУ. – Ташкент, 2015. – № 2.– С. 32–38.

3. Рекомендации по оценке геологического риска на территории г. Москвы. – М., 2002. – 28 с.

4. *Семенов П.В.* Строительство метрополитена в условиях высокой сейсмичности // Мы строим метро: сб. статей. – М.: Московский рабочий, 1983. – С. 14–18.

О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМИ РИСКАМИ

Е.П. Истомин, А.Г. Соколов, А.А. Фокичева

Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург
E-mail: biom@nm.ru

ON SOME ISSUES OF MANAGEMENT OF HYDRO-METEOROLOGICAL RISKS

Influence of hydrometeorological conditions on economic activity presented in the form of a random process and highlighted various categories of risks caused by this influence. Considered by the economic and information aspects of the management of hydro-meteorological risks.

Современная экономическая деятельность ведется в условиях неопределенности, поэтому ожидаемые доходы и

расходы не могут быть определены однозначно. Поскольку отклонения плановых и фактических величин доходов и расходов имеет случайную природу, негативные последствия неопределенности результатов экономической деятельности принято характеризовать понятием риска. Риски экономической деятельности связаны, в том числе, с воздействием погоды и климата [1]. Гидрометеорологическая среда способна оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на экономические системы: погодо-климатические условия выступают в роли природных ресурсов в сельскохозяйственном производстве, энергетике; в то же время неблагоприятные и опасные гидрометеорологические условия и явления погоды являются причиной возникновения экономических и социальных потерь, которые можно исследовать в пространственно-временном аспекте.

Предлагаем выделить следующие группы рисков экономических систем, связанных с воздействием гидрометеорологической среды [2]:

– *риски от ежедневных колебаний погодных условий* – погодозависимость экономической деятельности находит отражение в модели дополнительных издержек, связанных с отклонением ожидаемых погодных условий от наиболее благоприятных для реализации данного вида экономической деятельности;

– *катастрофические риски от экстремальных проявлений погоды и климата* – обуславливают проблему устойчивости экономической системы к воздействию гидрометеорологической среды.

Управление гидрометеорологическими рисками является условием обеспечения гидрометеорологической безопасности и должно осуществляться как на микро-, так и на макроэкономическом уровне. Прежде всего, необходим анализ, направленный на выявление в экономической системе *субъектов риска* – погодозависимых элементов экономики и определение для них видов потенциального ущерба,

а также выявление *факторов риска* (определение пороговых значений метеорологических величин и условий погоды, реализация которых может привести к реализации риска для субъекта риска).

Исследуя зависимость результатов экономической деятельности от влияющего метеорологического фактора X, будем полагать, что ущерб U возможен, если реализованное значение X больше установленного порогового значения $X_{пор}$, определяемого спецификой экономической деятельности ($X > X_{пор} \rightarrow U > 0$), и ущерб является функцией значения метеорологического фактора $U = U(X)$. Реализация X в момент времени t является случайным событием, а изменение X во времени представляет собой случайный процесс $X(t)$ [3], как показано на рис.

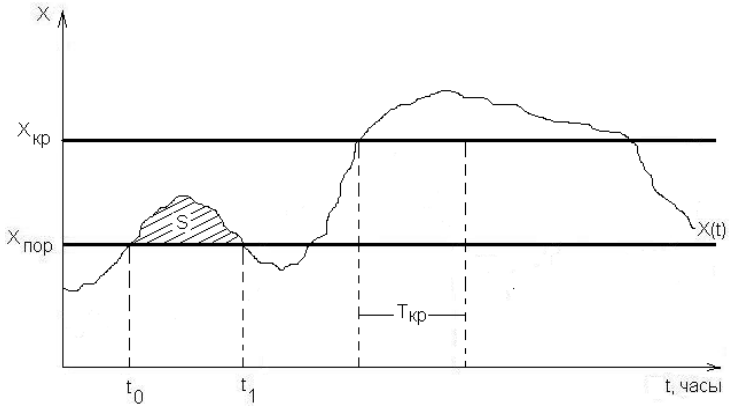


Рис. **Реализация метеорологического фактора во времени**

Очевидно, что ущерб может рассматриваться как случайный процесс, который будет зависеть от длительности периода времени $t_1 – t_0$, в течение которого выполняется условие $X > X_{пор}$ и суммарной величины положительного отклонения $\Delta X = X – X_{пор}$ воздействующего метеорологического фактора, т.е. площади S:

$$S = \int_{t_0}^{t_1} \left[X_{пор} - X(t) \right] dt . \qquad (1)$$

Тогда оценка ущерба описывается следующим выражением:

$$U(X) = K \cdot A \cdot S , \qquad (2)$$

где K – коэффициент пропорциональности, устанавливается эмпирическим путем;
A – параметр, определяемый адаптационной способностью экономической системы к воздействию неблагоприятного гидрометеорологического фактора, $A \in [0, 1]$.

Если экономическая система не предпринимает мер для снижения ущерба (A = 1), тогда наблюдается максимально возможный ущерб $U_{\max}(X)$:

$$U_{\max}(X) = K \cdot S \qquad (3)$$

Если экономическая система обладает кардинальными мерами защиты от неблагоприятных проявлений погоды, ущерб определяется только затратами на реализацию мер защиты ($A \to 0$).

Будем полагать, что экстремальные проявления погоды способны привести к нарушению устойчивости экономической системы, если ущерб от их проявлений $U(X)$ больше определенного уровня $U_{кр}(X)$.

Допускается, что при A = 1 катастрофический ущерб возможен, если метеорологический фактор X превышает установленное критическое значение $X_{кр}$ в течение периода времени t не менее $T_{кр.}$. Применение мер защиты (A < 1), позволяет допускать увеличение интервала $T_{кр.}$

Исследуя возможные реализации случайного процесса $X(t)$ на данной территории за достаточный период времени,

можно определить наиболее характерные сценарии процесса. Климатические изменения будут приводить к отклонениям от типовых сценариев и потребуют совершенствования мер защиты.

На основании накопленной информации о возможных реализациях случайного процесса и их экономических последствий можно дать климатическую оценку риска R [1]:

$$R = Q(X(t) > X_{пор})\cdot U(X), \qquad (4)$$

где $Q(X(t) > X_{пор})$ – вероятность превышения порогового значения метеорологического фактора $X_{пор}$ случайной функцией $X(t)$, описывающей поведение этого фактора во времени.

При условии стационарности исследуемого процесса на временном интервале τ в качестве оценки $Q(X(t)>X_{пор})$ может быть использована прогнозная оценка вида [3]:

$$Q(X(t) > X_{пор}) = \left(1 - \Phi\left\{\frac{X_{пор} - m_X - r_X(\tau)\left[X_0 - m_X\right]}{\sigma_X\sqrt{1 - r_X^2(\tau)}}\right\}\right), \qquad (5)$$

где $\Phi(\ldots)$ – функция Лапласа;
m_x – математическое ожидание случайного процесса $X(t)$;
$r_x(\tau)$ – автокорреляционная функция;
σ_x – среднеквадратическое отклонение;
X_0 – текущее значение метеорологического фактора;
τ – заблаговременность прогноза.

В общем случае гидрометеорологические риски связаны не только с наступлением неблагоприятных условий погоды, но и с их ожиданием. Использование прогнозов погоды позволяет снизить риск появления ущерба по гидрометеорологическим причинам относительно климатических оценок, но не избежать его полностью – возникают *риски менеджмента*, которые обусловлены проблемой выбора оптимального управленческого решения в соответствии с принципом максимизации ожидаемой полезности, учиты-

вающим неопределенность реализации прогноза состояния гидрометеорологической среды.

Управление гидрометеорологическими рисками осуществляется в системе «территория – экономика – природная среда», при этом важную роль играет процесс адаптации (приспособления) экономической деятельности к возможным неблагоприятным проявлениям гидрометеорологической среды.

В процессе адаптации выделяют следующие этапы [4]:

– *этап разработки защитных мероприятий*, дифференцированных в зависимости от интенсивности I ($I \sim \Delta X$) и продолжительности T воздействующего метеорологического фактора;

– *этап реализации защитных мероприятий* при ожидании неблагоприятной погоды.

Таким образом, для эффективного управления гидрометеорологическими рисками необходимо создание информационных систем поддержки принимаемых решений [5], включающих:

– базы данных корреляции прогнозируемой и фактической погоды по времени и пространству;

– информацию о возможных экономических последствиях управленческих решений, обусловленных влиянием погоды на соответствующей территории.

Такой подход к управлению рисками позволит оптимизировать процесс выбора решения, удовлетворяющего целевой функции – снижению экономического ущерба, наносимого неблагоприятными гидрометеорологическими условиями на исследуемой территории, и будет способствовать достижению устойчивых результатов финансово-хозяйственной деятельности.

Развитие предложенной модели оценки влияния отдельного метеорологического фактора на экономическую систему предполагается проводить в направлении учета рисков при воздействии вектора погодных факторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Карлин Л.Н., Абрамов В.М.* Управление энвироментальными и экологическими рисками. – СПб: Изд-во РГГМУ, 2006. – 332 с.

2. *Истомин Е.П., Фокичева А.А.* О некоторых вопросах управления территорией с учетом нестабильности климатической системы // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. – 2014. – № 3 (14). – С. 62–66.

3. *Истомин Е.П., Слесарева Л.С.* Применение стохастических моделей для прогнозирования рисков в геосистемах // Ученые записки РГГМУ. – 2011. – № 17. – С. 145–149.

4. *Фокичева А.А., Рыбанова А.Ю, Коршунов А.А.* Обеспечение гидрометеорологической безопасности в нестабильных климатических условиях на примере адаптации автотранспортной системы к неблагоприятной погоде // Метеорология и гидрология. – 2014. – № 11. – С. 36–44.

5. *Истомин Е.П., Кирсанов – С. А., Колбина О.Н., Соколов А.Г.* Феномен геоинформационного управления и принципы его реализации // Вестник СПбГУ. Сер. 7. – 2014. – Вып. 4. – С. 180–188.

ОЦЕНКА МАСШТАБОВ ОПОЛЗНЕВОЙ УГРОЗЫ ПУТЕМ ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ АКТИВИЗАЦИИ ОПОЛЗНЯ

А.И. Казеев, Г.П. Постоев, Б.К. Лапочкин

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва
E-mail: opolzen@geoenv.ru, www.opolzni.ru

THE ASSESSMENT OF THE SCALE OF A LANDSLIDE HAZARD USING AN ARTIFICIAL ACTIVATION OF A LANDSLIDE

In the process of building of a new bridge across the river Sura it was found out, that part of the road was situated on a

landslide slope. But landslide hazard was not detected during engineering geological investigations. The road was designed on a high embankment, which activated landslide deformations that lead to a break in works. The article contains the results of operative monitoring of landside deformations, carried out in the moment of continuing building the road embankment.

Нередко в процессе инженерно-геологических изысканий не удается в полной мере оценить опасность возможного возникновения оползня на участке проектируемого строительства. Это может быть связано как с недостаточной глубиной проведенных исследований, так и с отсутствием явных признаков (специфических морфоэлементов, трещин, характерной растительности и т.п.) активного развития оползневых деформаций. Вместе с тем недостаток знаний о возможной оползневой угрозе на участке строительства объекта без выявления возможного механизма оползневых деформаций, особенностей проявления оползней в исследуемом районе, характера формирования поверхности скольжения и ее возможного очертания – не позволяет в полной мере оценить реальную оползневую опасность, угрожающую проектируемым сооружениям, и получить необходимую информацию для создания защитных мероприятий, обеспечивающих безопасность строящегося объекта. Одним из методов решения указанной проблемы является искусственная активизация оползневого процесса на участке строительства с целью выявления основных закономерностей развития оползневых деформаций и масштаба активизируемого оползня по данным специально организованного мониторинга [1].

В связи со строительством нового автодорожного моста через р. Суру в 2012 г. производилась отсыпка земляного полотна подходной насыпи. Но в мае 2012 г. начались деформации насыпи, еще не достигшей проектного очертания. На верхней площадке насыпи, ее откосах, и прилегающей территории (с захватом покрытия действующей автодороги)

образовались протяженные оползневые трещины с амплитудой оседания низового плеча до 1 м. В результате работы по сооружению нового участка автодороги были прекращены (частично произведено удаление насыпного грунта) и не возобновлялись до 2014 г. На многочисленных совещаниях поднимались вопросы о причинах и механизме деформаций, проявившихся при строительстве автодороги 1-й очереди и необходимых защитных мероприятиях, но окончательного решения не было найдено. В качестве причин произошедших деформаций рядом специалистов рассматривались не столько оползневые процессы сколько: слабые грунты в основании насыпи, возможные просадочные свойства грунтов, избыточное обводнение грунтов основания. Соответственно предлагались в качестве защитных мероприятий: замена слабых грунтов, дренирование насыпи и грунтов основания, подпорное удерживающее сооружение у подошвы насыпи и т.д. Оставались невыясненными причина и механизм разрушения насыпи автодороги, объемы пришедших в движение массивов насыпных грунтов и основания.

В июле 2014 г. по предложению ИГЭ РАН было принято решение провести работы по активизации оползневого процесса на участке (ПК 36 – ПК 40), с организацией мониторинга в виде инклинометрических скважин (6 штук). В соответствии с разработанной программой исследований была вновь начата отсыпка земляного полотна новой автодороги (искусственная нагрузка) с одновременным контролем деформаций по инклинометрическим измерениям итальянским прибором SisGeo, с точностью измерений 4 мм смещения скважины на длине 30 м. 6 скважин глубиной 19–22 м пройдены до пермских отложений. Скважины были расположены между строящейся и действующей дорогами и у обочины действующей трассы.

В процессе исследований было установлено, что береговые склоны в долине р. Сура в пределах Республики Чувашия имеют сходное геологическое строение, в котором

принимают участие отложения четвертичной, юрской и пермской систем. Пермские отложения представлены красноцветными глинами с прослоями мергеля, алевритов и песка. Кровля этих отложений в коренном залегании находится выше уреза реки. Пермские отложения перекрыты отложениями юрской системы, представленными серо-черными глинами, алевролитами и песками келловейского и батского ярусов. Выше по разрезу залегают делювиально-оползневые песчано-глинистые отложения четвертичной системы.

Подземные воды, как правило, формируются в элювии юрских отложений. Разгрузка подземных вод на береговом склоне происходит на более высоких отметках, чем уровень р. Суры.

Для долины р. Суры характерно образование на склонах оползневых цирков (очагов) с узкой горловиной, сформированных эрозионно-оползневыми процессами, связанными с разгрузкой подземных вод и образование оползней разжижения-течения, с последующим формированием оползневых блоков в верхней части склона, перемещение которых происходит по подготовленной поверхности скольжения разжиженных масс при первичном формировании цирка. В результате проявляется на склоне очаг в виде чаши с суженной горловиной, выход из которой (базис оползня) находится выше уровня реки и не связан с ее деятельностью.

С началом этапа строительства (1.08.2014) насыпи на участке работ пошли деформации, отмечаемые по данным инклинометрических измерений. Через неделю, к 8 августа, величины деформаций достигли 8 мм (измерения производились ежедневно с шагом 0,5 м по глубине скважины). По данным инклинометрии построены эпюры глубинных деформаций (табл.) и по каждой скважине определено положение поверхности скольжения (ПС) и уровень грунтовых вод (УГВ).

Таким образом, установлено, что основная поверхность скольжения оползневых масс находится на отметках 110–112 м (рис. и табл.).

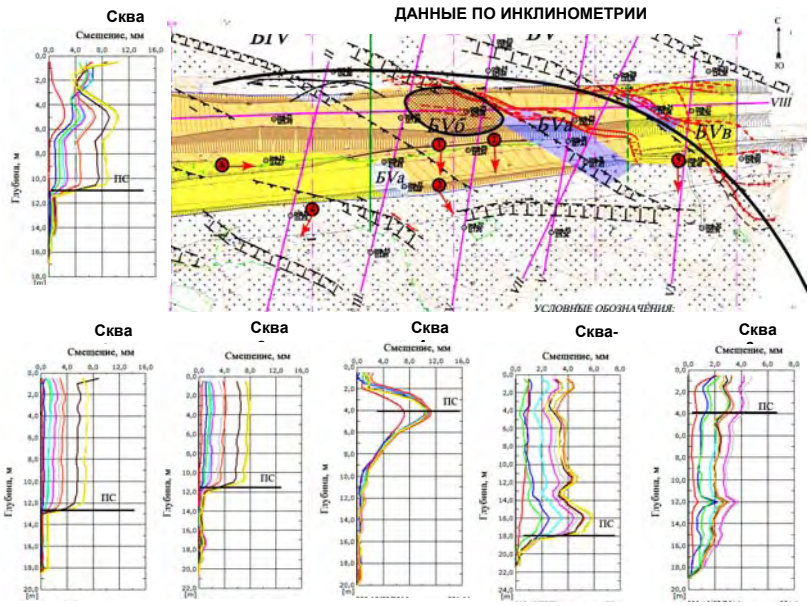


Рис. **План расположения точек контроля и эпюры измерения глубинных деформаций с выделением поверхности скольжения (ПС)**

Таблица

Информация о поверхности скольжения (ПС) по данным инклинометрических измерений

№ инкл. скв.	Отметка устья, м	Глубина до забоя, м	Глубина до ПС, м	Отметка ПС, м	Глубина УГВ, м (6.08.2014)
1	122,23	18,8	11 и 5	111	2,5
2	124,29	21,5	12,5	111	1,5
3	121,55	22,0	11,5	110	2,5
4	113,98	21,0	4	110	2
5	130,19	22,0	18	112	5
6	114,54	21,0	4	110	3,5

При возобновлении отсыпки земляного полотна на ПК 34+00 – ПК 40+00 путем инклинометрических измерений в 6 скважинах зафиксирована, на этапе малых значений деформаций, активизация смещений оползневого массива в старом оползневом цирке на протяжении 400 м (ПК 36 – ПК 40). Основное перемещение происходит единым оползневым массивом по единой (унаследованной от многочисленных оползневых подвижек при формировании оползневого очага) поверхности скольжения, которая на выположенной части является полого наклонной на абсолютных отметках 110,0–112,0 м.

Результаты исследований показали, что границы очага активизации оползневых деформаций и единая поверхность скольжения, базис которой выходит на среднюю часть склона, соответствуют выявленной ранее закономерности формирования оползневых цирков в долине р. Суры со сходным геологическим строением склонов.

Выполнено 42 варианта расчетов устойчивости склона на участке активизации оползневых деформаций с учетом: выявленной поверхности скольжения, техногенных нагрузок (существующих и возможных), различных значений факторов (по свойствам грунтов, обводненности, размерам участка возможного оползания, нагрузке от верхних блоков, защитным мероприятиям).

Заказчику и проектным организациям были переданы выводы, что устойчивость насыпи в габаритах существующих проектных очертаний практически не может быть обеспечена путем создания контрбанкета, в связи с необходимостью свайных подпорных стен для обеспечения локальной устойчивости с требуемым запасом ниже и выше контрбанкета, а также у подножья откосов насыпи.

Необходимо рассмотрение вариантов проектных решений с существенным снижением высоты насыпи, либо с эстакадным решением расположения проезжей части дороги. При этом необходимо учесть результаты проведенных ис-

следований, определяющих условия и возможные силовые воздействия на дорожные сооружения.

Ответственные дорожные сооружения оказались расположены на оползневом участке с активным развитием оползневого процесса. В соответствии с нормативными документами необходим мониторинг за состоянием оползневого склона и расположенными на нем сооружениями в целях обеспечения безопасного функционирования магистрали М-7 «Волга». Для контроля развития оползневых деформаций на участке и соответственно для оценки эффективности предлагаемых противооползневых мероприятий целесообразно организовать автоматизированный мониторинг в виде экстензометрических створов и инклинометрических скважин. Такая система мониторинга, разработанная в ИГЭ РАН, позволит измерять в автоматическом режиме с чувствительностью 0,2 мм (в плане) и в режиме посещения определять глубинные деформации в массиве.

На основании полученных данных дальнейшее проведение строительных работ потребует корректировки проекта в пределах оползневого участка и разработки защитных мероприятий с учетом новых данных о строении и динамике оползня.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Постоев Г.П., Ерыш И.Ф., Саломатин В.Н. и др.* Искусственная активизация оползней. – М.: Недра, 1989. – 134 с.

2. *Постоев Г.П.* Основные характеристики и признаки проявления оползней // Геоэкология. – 2010. – № 2. – С. 140–148.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ РИСКА НЕГАТИВНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЗЕМЕЛЬНО-ИМУЩЕСТВЕННЫХ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

***Е.А. Карфидова*[*], *А.П. Сизов*[**]**

[*]*Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва*
E-mail: direct@geoenv.ru
[**]*Московский государственный университет геодезии и картографии*
E-mail: cadastre@miigaik.ru

METHODOLOGICAL APPROACHES TO AN ESTIMATION THE NEGATIVE GEOLOGIC RISK ON THE BASIS OF THE INTERACTION OF LAND AND URBAN INFORMATION SYSTEMS

The paper deals the land and urban information systems from the standpoint the information about negative geologic risk. The land and cadastre information system have information fund, that collects data about lands with negative geologic processes and work programme on the elimination of damage. The urban information system have project documents with the assessment the location and degree of danger of negative geological processes. The development of the territory is necessary to implement on the interaction of two information systems. Authors offered to supplement the system of classification of objects in spatial planning.

Исходной информационной основой задач анализа риска негативных геологических процессов являются сведения о реципиентах риска и их повреждениях, или понесенном

физическом, экономическом и экологическом ущербах. Реципиентами риска негативных геологических процессов выступают 2 основных блока:

1) природный блок: земельные участки/земли, почвы, леса, насаждения, с/х культуры, водоемы, население и др. «биота»;

2) техногенный блок: здания, сооружения, дороги.

Понятия природного риска негативных геологических процессов введены в земельное законодательство (Земельный кодекс, федеральные законы «О землеустройстве», «О государственном мониторинге земель» и др.), предусматривающее необходимость решения задач сохранения земель как природного ресурса на основе землеустройства и научно обоснованного землепользования:

– в выявлении земель, подверженных водной и ветровой эрозии, селям, подтоплению, заболачиванию, вторичному засолению, иссушению, уплотнению [5, ст. 11], в той или иной степени связанных по своей природе с инженерно-геологическими условиями и геологическими процессами;

– выявлении нарушенных земель как результата нерационального недропользования с последующим планированием их реабилитации/рекультивации;

– разработки мероприятий по ликвидации негативных явлений или процессов;

– разработки предупредительных и защитных мероприятий.

В системе Минэкономразвития России осуществляется ведение государственного фонда данных, полученных в результате землеустройства, и разработка землеустроительной документации на всех уровнях управления (схемы землеустройства и схемы использования и охраны земель), в которых находят картографическое отображение негативные геологические процессы на землях-реципиентах негативного геологического риска и землях, на которых ведутся работы по ликвидации последствий проявления указанных про-

цессов. Для информационного обеспечения оценок опасностей физического риска используются следующие источники: данные геологической съемки, результаты инженерно-геодезических, инженерно-геологических, инженерно-экологических и **инженерно-гидрометеорологических изысканий.** В программах работ определяются затраты на ликвидацию последствий негативных геологических явлений и процессов, которые могут выступать как оценки экономического ущерба от негативного геологического риска. В экономической части оценок ущерба целесообразно использовать сведения об объектах недвижимости государственного кадастра недвижимости [3].

В Градостроительном кодексе понятия природного риска введены для учета и предупреждения опасностей возможных чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и природно-техногенного характера в планировании и проектировании градостроительства, для разработки систем инженерной защиты объектов и территории в целях обеспечения безопасной жизнедеятельности [1]. На уровне субъекта федерации и региональном уровне эти задачи реализуются на основе строительных норм и Сводов правил, в первую очередь, СП 116.13330.2012 (Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов) в задачах проектирования в составе информационных систем обеспечения градостроительной деятельности (ИСОГД).

Развитие системы территориального планирования выделяет задачи оценки инженерно-геологических условий, распространения вида и степени опасности негативных геологических процессов и на основании этих сведений задачи инженерно-геологического районирования в блок разработки материалов обоснования схем территориального планирования; на следующих горизонтах планирования эти задачи уточняются (от Генплана до правил землепользования и застройки и документов планировки территории). Еще во времена Госстроя разработаны нормативно-методические

документы, позволяющие определять, в зависимости от параметров опасности (вида, степени), оценки уязвимости для типовых реципиентов риска зданий и сооружений по их параметрам (конструктивным материалам, этажности, износу) и на основе этого определять оценку риска. На основе расчетов уязвимости экономический ущерб риска основывается на оценках стоимости зданий и сооружений. Необходимые расчеты целесообразно строить на использовании сведений государственного кадастра недвижимости с привязкой к кадастровому делению территории.

Федеральный закон «О стратегическом планировании» определяет систему территориального планирования как инструментарий реализации стратегических целей развития территорий на основе обеспечения безопасной жизнедеятельности. В соответствии с этими нововведениями были обновлены редакции основных право-нормативных документов земельно-имущественного блока [1; 2].

В связи с этим особое значение приобретает федеральная государственная информационная система территориального планирования (ФГИС ТП), которая должна обеспечить информационное взаимодействие между земельно-имущественными и градостроительными информационными системами. Создание ФГИС ТП опирается на инфраструктуру пространственных данных, позволяющую на основе метаданных и каталогов геоданных строить межведомственные информационные связи с использованием новых информационно-коммуникационных технологий в среде Интернет и развивать электронные сервисы геопорталов. Связующим звеном между рассматриваемыми комплексами выступают факторы создания единой государственной картографической основы и использование кадастрового деления.

Наиболее актуальным вопросом, от которого зависит успех/эффективность территориального планирования, является качественная система классификации объектов, пока

еще далекая от совершенства. Анализ основного нормативно-методического документа – Требований [2] позволяет заметить отсутствие объектов землеустройства, которые необходимо включить в систему классификации:

– земли с негативными геологическими процессами;

– нарушенные земли;

– земли, на которых запланированы работы по ликвидации и предупреждению негативных геологических процессов;

– земли, на которых запланированы работы с нарушенными землями.

К тому же в классификации отсутствуют описание и отображение зон экологического бедствия или зон чрезвычайных ситуаций экологического характера. Эти объекты присутствуют в классификации ЧС большинства стран СНГ: Республик Беларусь и Казахстан, Украины; данные по классификации ЧС экологического характера имеются в материалах международного совета по чрезвычайным ситуациям природного и техногенного характера государств – участников СНГ [4]. Предлагается включить объекты описания и отображение зон экологического бедствия или зон чрезвычайных ситуации экологического характера:

– ЧС, связанные с изменением состояния суши (почвы, недр, ландшафта);

– ЧС, связанные с изменением состава и свойств атмосферы (воздушной среды);

– ЧС, связанные с изменением состояния гидросферы (водной среды);

– ЧС, связанные с изменением состояния биосферы;

– зоны распространения особо опасных инфекционных заболеваний людей, эпидемий;

– зоны распространения эпидемий животных, зоны эпизоотии;

– леса, зараженные вредителями и болезнями, зоны панфитотии.

Выводы:

1. Формирование информационного обеспечения оценки риска необходимо строить на основе взаимодействия информационных систем земельно-имущественного и градостроительного комплексов.

2. В оценках риска негативных природных процессов необходимо использовать сведения об объектах недвижимости государственного кадастра недвижимости.

3. Развитие системы классификации объектов существенно повысит качество территориального планирования, в котором найдут действенное воплощение работы по оценке и предотвращению/предупреждению риска негативных геологических процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Градостроительный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 01.04.2015) // Информационно-правовой портал «КонсультантПлюс». Режим доступа: http:// base.consultant.ru.

2. «Об утверждении требований к описанию и отображению в документах территориального планирования объектов федерального значения, объектов регионального значения, объектов местного значения» Приказ Минрегиона РФ от 30.01.2012 № 19 // Информационно-правовой портал «КонсультантПлюс». Режим доступа: http:// base.consultant.ru.

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

4. Сведения о чрезвычайных ситуациях в государствах – участниках СНГ в 2011 г. Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций МЧС Республики Беларусь // Международный совет по чрезвычайным ситуациям природного и природно-техногенного характера. – М., 2012.

5. Федеральный закон «О землеустройстве» от 18.06.2001 № 78-ФЗ (ред. от 22.10.2014) .. Информационно-правовой портал «КонсультантПлюс». Режим доступа: http:// base.consultant.ru

ГЛОБАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ И МЕТОДИКА АНАЛИЗА И УПРАВЛЕНИЯ БЕДСТВЕННЫМ РИСКОМ НА ПРАКТИКЕ

М.А. Клячко

Научно-технический центр по сейсмостойкому строительству и инженерной защите от стихийных бедствий, Санкт-Петербург
E-mail: office@cendr.org

GLOBAL MODEL AND TOOL-BOX FOR DISASTER RISK ANALYSIS AND MANAGEMENT IN THE PRACTICE

Practical usage of developed and well-tested during 90th in framework of International Decade IDNDR a comprehensive tool-box for urban disaster risk analysis & management is under consideration. A global model is suitable for any kind of disaster and for various urban areas, but in given article the seismic safety and the programs of EQ-disaster reduction are at the discussion.

30 лет развития риск-анализа в сейсмических районах. Идея и реализация сценарного подхода, как простого, удобного инструмента для понимания, анализа и управления риском на урбанизированных территориях, возникли в конце 70-х гг. прошлого столетия. Этому предшествовали попытки автора внедрить в инженерный лексикон новый, ключевой в области безопасности термин «уязвимость» и ее определение для жителей, конструктивного типа здания и планировки относящейся к сейсмоактивной урбанизированной территории (SPUR). Только с помощью термина «уязвимость» можно сформулировать ставшее базовым в риск-анализе простое и четкое понимание того, что риск *R* представляет собой про-

изведение опасности H на уязвимость V [1]. Это формула риск-анализа (FORA) в 1988 г. привела к подписанию Токийской декларации и решению ООН объявить 1990-е гг. международным Десятилетием по уменьшению стихийных бедствий (IDNDR). Реализация сценарного подхода для обеспечения безопасного развития SPUR потребовала применения нового математического аппарата – метода экспертно-логических оценок и системного анализа (МЭЛОСА) и началась с 1985 г. в графоаналитической форме. Мощный толчок внедрению нового подхода дало распоряжение Совета Министров СССР № 2359-р от 21.11.1986 «О сейсмической безопасности объектов народного хозяйства Камчатской области». Важным шагом в анализе риска стала выполненная впервые в мире по единой методике [10] паспортизация жилой застройки Петропавловска-Камчатского.

К концу 1987 г. разработана компьютерная информационно-поисковая система для анализа и управления сейсмическим риском КИПСУР на городских планшетах (ячейка ГИС 200 × 200 м в М 1:500). При этом на каждом планшете приводились вероятные размеры безвозвратных и санитарных потерь, и указывался соответствующим цветом один из шести уровней сейсмического риска. Сейсмоопасные жилые дома, получавшие с высокой вероятностью повреждения, степени $d \geq 3$ были выделены в специальный список для первоочередного усиления. Перечень жилых домов, непригодных для дальнейшего использования после землетрясения был отдельно представлен в сопровождении автоматического расчета числа бездомных.

В 1988–1990 гг. несколько сценариев бедствия (DISC) типа «Онега», учитывающие такие вторичные последствия землетрясений как пожары, взрывы и химическое заражение выполнены для SPUR вокруг Авачинской бухты [2]. Дальнейшее развитие сценарный подход получил после разрушительных землетрясений в Спитаке (Армения, 1988) и в Манжил (Иран, 1990), когда была разработана шкала

бедствий [3; 4] и полностью сформировался МЭЛОСА [3; 5]. Все эти достижения сделали урбанизированную территорию вокруг Авачинской бухты одной из образцовых с точки зрения подготовки к прогнозируемому землетрясению.

Для того, чтобы специалисты по предупреждению и смягчению бедствий правильно и однозначно понимали друг друга, в 1993 г. профессиональный глоссарий «Безопасность урбанизированных территорий» был разработан по заданию Госстроя России. В проекте ЮНЕСКО «RADIUS» по диагностике устойчивости городов против землетрясений, который явился практической кульминацией IDNDR и охватил свыше 70 городов мира, Петропавловск-Камчатский стал городом-донором, что позволило хорошо проверить разработанные инструменты риск-анализа. Также эти методы распространялись и внедрялись для анализа-риска в рамках межправительственной программы «СейсмоПолис» по обеспечению сейсмической безопасности столиц и больших городов стран СНГ и при инженерном обследовании последствий повреждающих и разрушительных землетрясений, произошедших в мире за последние 25 лет. В результате сотрудничества с Д.В. Ассоциации «Надежность и безопасность» с Центром исследования экстремальных ситуаций (ЦИЭКС) к концу 1997 г. был создан передовой тип ГИС «ЭКСТРЕМУМ», который стал не только пионером, но и на много лет лидером среди аналогичных DISC мира, включая HAZUS, США. В ГИС «ЭКСТРЕМУМ» для Петропавловска-Камчатского (1997) использовалось 6 сценариев сейсмического события, а для Краснодарского края (2004) 17 разных сейсмических сценариев с последующими цифровыми оценками индивидуального комплексного сейсмического риска и картами риска разного масштаба. Предложение перевести сейсмические нормы на основу четкого понятия «допустимого уровня риска» (PEPIL) было обосновано и представлено автором на НТС в Госстрое России «Концепция сейсми-

ческих норм нового поколения» весной 1998 г., а затем в Лондоне [6]. Специальная сессия по обсуждению DISC была впервые организована по инициативе автора на 12WCEE (Н. Зеландия, 2000), где было предложено разрабатывать каталоги конструктивной уязвимости различных жилых домов, превратившееся в проект EERI по Всемирной энциклопедии жилища (WHE). К 2004 г. было подготовлено руководство по разработке DISC [7], с 2005 г. начался переход с «ощущения риска разного уровня» (AURA) на цифровые значения совокупного риска (AGRA) и, наконец, были разработаны критерии устойчивой безопасности для стран с различным уровнем социально-экономического развития [8].

Приоритеты, рекомендации и критические замечания. Структурно-процедурная схема риск-анализа (рис. 1) не раз публиковалась. Некоторые важные выводы из 30-летнего опыта рассматриваются ниже.

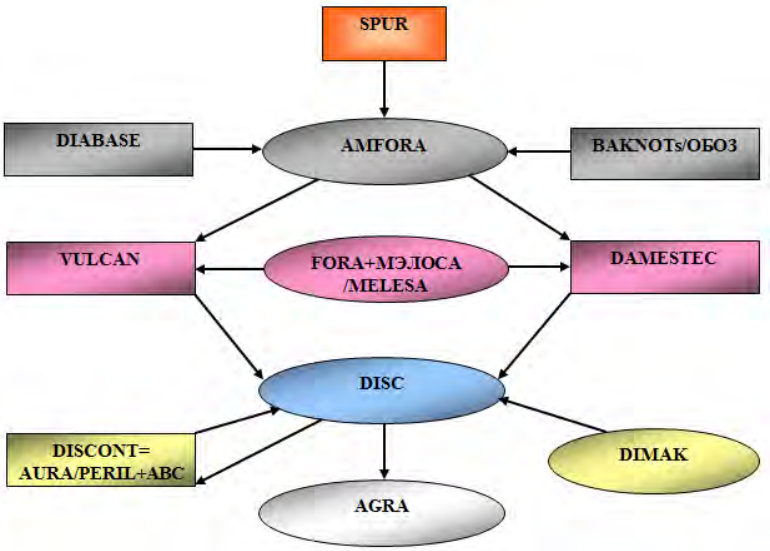


Рис. **Процедура совокупного риск-анализа (AGRA) в SPUR**

1. Без начального этапа – паспортизации застройки рассматриваемой SPUR качественный риск-анализ невозможен, чего часто не понимают и не выполняют муниципальные заказчики в РФ. По объектное инженерно-сейсмическое обследование (ИСО), выполняемое разными исполнителями, должно дополняться работой ревизоров-коллекторов и экспертов в соответствии с [10] и использоваться в проектах градостроительного развития.

2. Опыт паспортизации и обследования последствий землетрясений показывают практическую невозможность сбора прикладных материалов для риск-анализа (AMFORA), анализа уязвимых городов (VULCAN) и достоверного полного риск-анализа (AURA и AGRA) с использованием детерминистических зависимостей и, в большинстве случаев, вероятностного подхода. Даже для России, где типовое проектирование жилища и существующая ранее служба инженерно-сейсмометрических наблюдений давали большое преимущество при создании национальных и локальных баз данных, необходимых для риск-анализа, местная детальная информационная аналитическая база данных (DIABAS) всегда недостаточна (особенно для районов, не имеющих опыта землетрясений) и требует дополнительной обобщенной базы опыта и знаний (ОБОЗ). ОБОЗ пополняется уроками землетрясений, проектом WHE и другими каталогами уязвимости зданий, предлагающими объекты-аналоги, и наконец, всесторонне изученными базовыми объектами анализа безопасности (БАОБАБы), назначаемыми при местном ИСО [10]. Вот почему в большинстве инструментов риск-анализа применяется МЭЛОСА основанный на теории неопределенных множеств и методов анализа «размытых образов», копирующий человеческое мышление [5; 7].

3. Объекты-аналоги, кроме анализа конструктивной уязвимости должны сопровождаться информацией об уязвимости жильцов этих зданий, что улучшает методику оценки вероятных человеческих потерь – часть техники оценка ущерба (DAMESTEC). При этом критерием возможных санитар-

ных потерь является предельное состояние перекрытий зданий. Кроме того смертельные исходы (остановка сердца, результаты панической эвакуации, случаи «сейсмофобии» и т.п.) не всегда обусловлены тяжелыми повреждениями здания. Заметим, что уязвимость населения очень зависит от менталитета людей, их образования и религии, практических знаний и тренинга по поведению и семейному взаимодействию в чрезвычайных ситуациях. Эту зависимость необходимо учитывать в макросейсмической шкале, оценивая сейсмические эффекты при интенсивности до 5 баллов.

4. Очень важно на каждой SPUR накапливать БАОБАБы и объекты-аналоги. При этом нужно производить расчет сейсмостойкости БАОБАБов как на ПЗ, так и на МРЗ и производить анализ его «связности» и «эластичности» для оценки сопротивляемости прогрессирующему обрушению от землетрясений в случае проектно-строительных ошибок. При назначении БАОБАБов важно учитывать, что они не только представляют тот или иной конструктивный тип здания, но и содержат информацию о сейсмической реакции этого типа зданий при расположении в разных грунтовых условиях, имея различные фундаментные конструкции. Поэтому расчеты сейсмостойкости БАОБАБов следует выполнять с учетом их взаимодействия в системе «сооружение–фундамент–грунт».

5. При разработке DISC надо стремиться использовать для определения сейсмической реакции зданий имеющиеся на той или иной конкретной SPUR реальные для этой территории расчетные смещения, скорости и ускорения. Использование воздействий-аналогов, взятых, например, из калифорнийской базы данных «COSMOS», требует специального обоснования и трудоемко. Для SPUR, где записи сильных движений отсутствуют или явно недостаточны, оценки степени повреждений зданий определенного класса уязвимости можно производить исходя из ожидаемой интенсивности расчетного землетрясения, пользуясь макросейсмической шкалой EMS-98 или лучше ModEMS-10 [9].

При этом надо понимать, что используется искусственное определение термина «интенсивность». Такое допущение оправдывается тем, что проектирование сейсмостойких зданий в России и в некоторых других странах производится по СНиП, использующих карты ОСР, где сейсмическая опасность задается баллами интенсивности.

6. На любой SPUR нужен мониторинг риска и контроль эффективности средств его снижения до допустимого уровня – PERIL, для чего используется специфичный для каждой SPUR контрольный DISC (DISCONT). При этом определяется с помощью анализа выгод и затрат (ABC) целесообразный уровень капвложений.

7. Для сейсмонормирования рекомендуется вводить в каждый национальный сейсмокод минимум расчетной сейсмической нагрузки, соответствующей принятому PERIL, и разделить эти нормы для нового строительства и для эксплуатируемых зданий и городов. Основой (входными и выходными параметрами) этих норм должны быть критерии безопасного развития [8], разные для новых и давно эксплуатируемых зданий и меняемые в процессе социально-экономического развития и улучшения этих норм.

В заключении еще раз подчеркнем базовый принцип IDNDR и «культуры предупреждения» в целом: главным причинным фактором сейсмических бедствий является сейсмоуязвимость, снижение которой единственный путь к устойчивой безопасности SPUR. Это означает, что в первую очередь специалисты строительного профиля могут и должны управлять сейсмическим риском и именно их усилия должны быть максимально эффективными и в первую очередь финансироваться. К сожалению, нельзя не признать, что политические передряги, социально-экономическая неустойчивость препятствуют внедрению эффективных методов анализа и управления риском бедствий. В государственной политике и стратегии многих стран наблюдается замена «заблаговременного смягчения бедствия» на «опера-

тивное реагирование и ликвидацию ЧС», что противоречит «культуре предупреждения».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Клячко М.А.* О некоторых экономических и социальных аспектах проблемы «сейсмического риска» // VI сессии МСССС. – Петропавловск-Камчатский, 1986.

2. *Klyachko M., Gromov A., I. Polovinchik, Y. Shevchenko* Computer information retrieval system for seismic risk and EQ-emergency situation management. – Yerevan, Armenia, 1993.

3. *Klyachko M., Koff G., Polovinchik J.* Development of Earthquake Disaster Scenarios (EQ DISC) for Analysis and Management of Seismic Risk for Urbanized Areas // 1st Egyptian Conf. on EQE. – Cairo, 1993. – P. 505–514.

4. *Клячко М.А.* Развитие экспертных методов для анализа и прогноза надежности и безопасности конструктивно-градостроительных систем // ЭИ Сейсмостойкое строительство. – М., ВНИИТПИ, 1993. – Вып. 5. – С. 5–10.

5. *Клячко М.А.* Основные положения и практика использования шкалы бедствий // Специальное и подземное строительство. – М.: ЦНИИ промзд-й, 1994. – С. 56–64.

6. *Klyachko M., Polovinchik J., Koff G.* Development of GIS for analysis and management of the seismic risk on the urban areas // Proc. of 10ECEE, Balkema. – Rotterdam, 1995. – Vol. 2. – P. 1141–1146.

7. *Klyachko M.* Risk acceptability conception and seismic code of new generation // Proc. of 13ECEE. – London, U.K, 2002.

8. *Klyachko M.* Guidelines on Urban Disaster Scenarios Development and their Application for Risk Control // Proc. of 13WCEE. – Vancouver, Canada, 1–6.08.2004.

9. *Klyachko M., Puterman L.* Multifactorial risk analysis and sustainable urban safety// Proc. of 13ECEE. – Geneva, Switzerland, 3–8.09.2006. – P. 343–348.

10. *Клячко М.А., Шестоперов Г.С., Стром А.Л.* Межгосударственный стандарт «Шкала макросейсмическая» // Материалы Междунар. научн. конф. «Георискъ–2012». – М.: РУДН, 2012. – Т. II. – С. 98–103.

11. Методическое пособие по паспортизации и обследованию зданий в сейсмических районах / НТЦСС, Госстрой России. – 2-я ред. – Петропавловск-Камчатский: К.Ф. ДальНИИС, 1996.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОСОБО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Д.С. Козловский, В.Н. Экзарьян

Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, Москва
E-mail: deniskozlovskiy@gmail.com

THEORETICAL ASPECTS OF DEFINITION OF ECOLOGICAL RISK FOR PLANNING ESPECIALLY DANGEROUS OBJECTS

The article contains an assessment of existing aspects of the definition of ecological risk, offers an innovative model that was tested in planning for the Baltic NPP.

Экологический риск включает в себя общие, специальные и частные методы исследования, объединенные в единую систему, подчиненную решению поставленных задач. В таком качестве он обеспечивает информационное пространство экологической геологии. Наряду со специальными частными методами познания научный метод экологического риска включает в себя специальные приемы, присущие только методам экологического риска. Под экологическим риском следуют понимать риски, связанные с изменениями окружающей среды в процессе изысканий, строительства и дальнейшей эксплуатации проектируемых объектов [1]. В большинстве случаев экологический риск следует определять как «вероятностные потери», которые могут быть установлены путем умножения вероятности (частоты) негативного события на величину возможного ущерба от него. В результате такой операции возможный едино-

временный ущерб трансформируется в условный средний ущерб за единицу времени, что можно считать оправданным для событий с относительно большой повторяемостью.

Для редко повторяющихся процессов использование условных средневременных характеристик экологического риска может привести к ошибочным выводам о его уровне. Поэтому риск таких событий целесообразно оценивать одновременно двумя показателями: величиной возможного одномоментного ущерба и вероятностью (частотой) его реализации. При совмещении нормативно-правовых и природоохранных экологических критериев получена оценка экологического риска при проектировании, в данном случае, особо опасного объекта.

Выделяют 9 основных групп опасностей и рисков, различающихся по происхождения [1]. За уровень и признак выделения принимают следующие критерии: генезис, среда развития, механизм, источник возникновения, характер воздействия, уровень оценки и управления, полнота учета, форма проявления, сфера фиксации. В особую форму следует выделять формы выражения, степень предотвращения и индивидуальный риск.

Изложенные аспекты экологического риска были применены на первом этапе исследований по выбору мест размещения Балтийской АЭС.

Для выполнения поставленной задачи использовались методы совмещения основополагающих критериев экологического риска, существенно влияющих на строительство и дальнейшую эксплуатацию объекта. К этим критериям были отнесены нормативно-правовые и природоохранные аспекты. Была использована картографическая основа, отражающая административное деление, схему расположения особо-охраняемых природных территорий, гидрологические и гидрогеологические условия, растительные, ландшафтные и биологические условия. В результате интегрирования названных критериев и на основании разработанного алго-

ритма зонирования территории размещения объектов атомной энергетики (табл.) были созданы 2 базовые интегрированные карты, отражающие совокупное влияние на негативные последствия размещения объекта (рис. 1, 2).

Таблица

Алгоритм зонирования (отбраковки) территории размещения объекта атомной энергетики по природоохранным и нормативно-правовым экологическим критериям.

Источник информации	**Интегративная карта по нормативно-правовым экологическим критериям** (11)	**Интегративная карта по природоохранным критериям** (12)
Административная карта (1)	Контура границ крупных городов и населенных пунктов	Контура границ крупных городов и населенных пунктов
Схема особо охраняемых природных территорий (2)	Контура особо охраняемых территорий	Контура особо охраняемых территорий
Схема предлагаемых особо охраняемых территорий (3)	–	Контура предлагаемых особо охраняемых территорий
Схема гидрографической сети (4)	Контур водоохранной зоны в 2 км по побережью Балтийского мо-ря и заливов (Куршского и Калининградского). Показать только гидрографическую сеть. Размеры установленных водоохранных зон должны учитываться	Контур рекреационной зоны в 5 км по побережью Балтийского моря и заливов (Куршского и Калининградского)

Окончание табл.

Источник информации	**Интегративная карта по нормативно-правовым экологическим критериям (11)**	**Интегративная карта по природоохранным критериям (12)**
	при выборе участка размещения объекта (2 или 3 этап работ)	
Схема водозаборов подземных вод (5)	Значки водозаборов. Местоположение водозаборов должно учитываться при выборе участка размещения объекта (2 или 3 этап работ)	Значки водозаборов и контура депрессионных воронок. Местоположение водозаборов должно учитываться при выборе участка размещения объекта (2 или 3 этап работ)
Схематическая карта растительности (6)	Контура лесных массивов повышенного бонитета	Контура всех лесных массивов
Схематическая карта ландшафтов (7)	–	Контура речных долин (водосборные площади)
Схема местообитания особо охраняемых видов наземных позвоночных (8)	Контура мест обитания	Контура мест обитания
Схема территорий важных для сохранения биологического разнообразия (9)	Рамсарские территории	Контура всех выделенных территорий
Схематическая карта защищенности подземных вод (10)	Контур незащищенных подземных вод	Контура незащищенных и условно-защищенных подземных вод

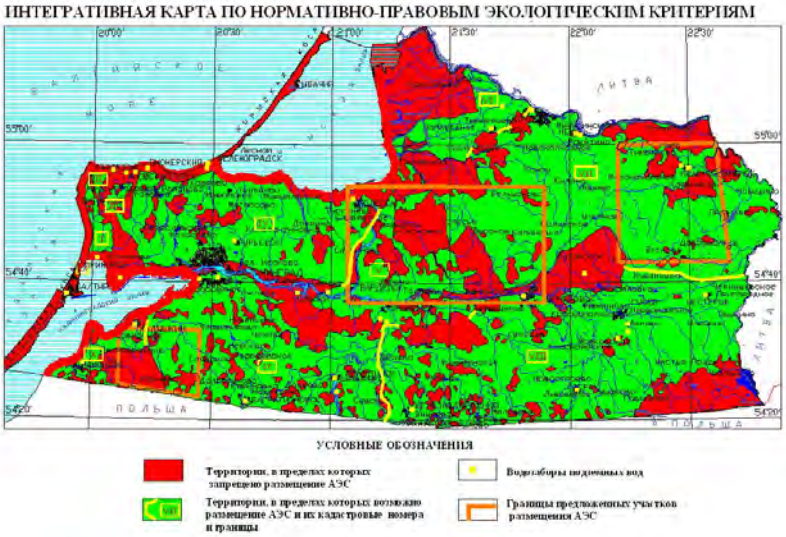


Рис. 1. **Интегративная карта по нормативно-правовым экологическим критериям**

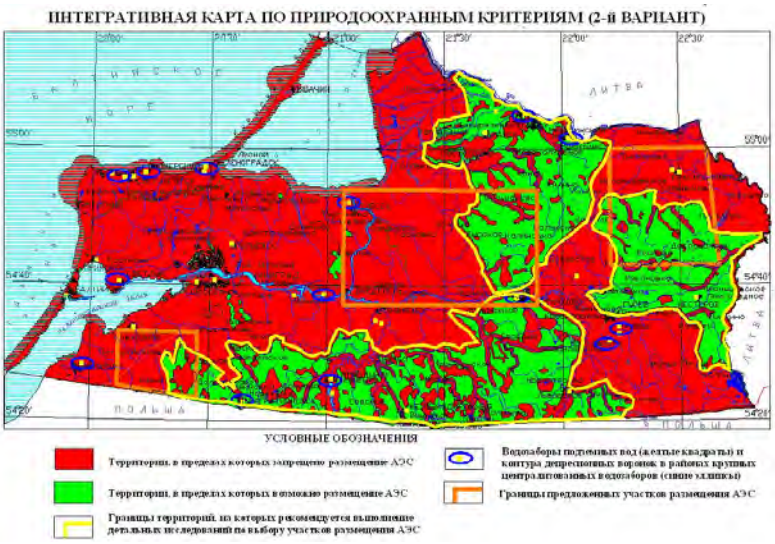


Рис. 2. **Интегративная карта по природоохранным критериям**

На базе созданных интегративных карт, а также, исходя из обозначенных в данной статье критериев, была создана интегративная карта оценки экологического риска (рис. 3). На данной карте предоставлено деление Калининградской области на 3 зоны: зона экологической нормы (15% территории), экологического риска (40% территории) и экологического кризиса (45% территории). По результатам исследования были выявлены участки, пригодные для более детальных исследований на последующих этапах по выбору места размещения объекта атомной энергетики.

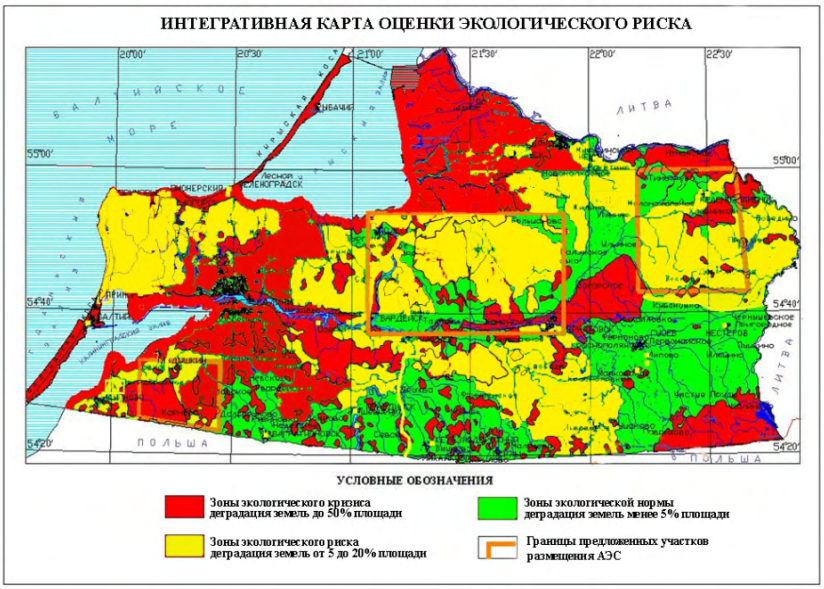


Рис. 3. **Интегративная карта оценки экологического риска**

ЛИТЕРАТУРА

1. *Рагозин А.Л. и др.* Природные опасности России. – Т. 6: Оценка и Управление природными рисками. – М.: КРУК, 2003.

2. Географический Атлас Калининградской области. – Калининград: КГУ, 2002

ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ И УПРАВЛЕНИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИМИ РИСКАМИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ УДАРООПАСНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

А.А. Козырев, В.И. Панин, И.Э. Семенова

Учреждение Российской академии наук
Горный институт Кольского научного центра РАН, Апатиты
E-mail: kozar@goi.kolasc.net.ru

GEOMECHANICAL MODELING FOR THE ASSESSMENT AND MANAGEMENT OF GEODYNAMIC DEVELOPMENT RISKS ROCKBURST-HAZARDOUS FIELDS

The article deals with the modern approaches to the assessment of geodynamic risks during mining of rockburst hazardous deposits. The role of geomechanical self-organization processes determined the evolution of the stress-strain state under the various factors influence is presented. Examples of geodynamic risk assessment based on the forecast distribution of stress field in the vicinity of the actual and project mining are given.

Одной из актуальных проблем современной горнодобывающей промышленности, гидротехнического и крупномасштабного подземного строительства является техногенная сейсмичность. Материалы всех последних международных симпозиумов и всероссийских совещаний по горным ударам и шахтной сейсмичности свидетельствуют о том, что эта проблема остается актуальной для всех стран с развитой горнодобывающей промышленностью.

На современном этапе развития сейсмического прогноза предпочтение должно быть отдано определению участ-

ков, где наиболее вероятно проявление сильных сейсмических событий, хотя задача пространственно-временного прогноза этих событий также должна оставаться в числе приоритетных направлений соответствующих исследований [1].

Одним из основных геомеханических процессов в геологической среде природно-техногенных систем является самоорганизация, представляющая собой чередование стадий концентрации и релаксации напряжений с образованием новых «диссипативных» структур, конечной целью которой является достижение динамического равновесия. Поскольку в крепких скальных породах релаксация напряжений происходит или проскальзыванием по границам блоков либо в виде хрупкого разрушения, энергия которого определяется размерами вовлекаемыми в этот процесс блоков, то в этом случае в геологической среде природно-техногенных систем всегда имеют место динамические явления различного энергетического уровня от акустического шума (микросейсмики) до горных ударов и техногенных землетрясений, т.е. в геологической среде природно-техногенных, особенно горнотехнических систем всегда присутствует геодинамический риск.

Результаты многолетнего геомеханического мониторинга, главным образом методами традиционной и спутниковой геодезии и регистрации параметров сейсмической эмиссии, показали, что в геологической среде горнотехнических систем АО «Апатит» и АО «Ковдорский ГОК» идут активные процессы геомеханической самоорганизации, определяемые эволюцией ее напряженно-деформированного состояния (НДС) под влиянием техногенных (крупномасштабные горные работы), эндогенных (неотектонические процессы) и экзогенных (метеорологические явления) факторов.

Наблюдаемыми отражениями самоорганизации являются техногенные деформации и достаточно мощные пото-

ки сейсмической эмиссии, на фоне которой периодически происходят сильные динамические явления типа горных ударов и техногенных землетрясений.

У авторов имеется некоторый собственный опыт по оценке и управлению геодинамическими рисками [2–7 и др.]. При этом во всех случаях базовой концепцией является допущение о невозможности полного предотвращения аварий и катастроф, которые оказались неустранимыми в прошлом и не могут быть исключены в будущем (концепция не нулевого риска аварий и катастроф) [8].

На современном этапе для оценки и прогноза геодинамических рисков при отработке удароопасных месторождений оптимальным представляется подход, основанный на комплексировании данных геомеханического мониторинга с данными численного моделирования НДС в едином информационном пространстве [9]. Таким пространством могут быть применяющиеся на горных предприятиях геоинформационные системы, используемые в основном как средство технологического проектирования горных работ без учета текущей геомеханической обстановки и прогнозной трансформации полей напряжений по мере выемки полезного ископаемого.

Горные программные системы стандартно включают в себя такие разделы, как геологическое моделирование, оценка запасов, проектирование и планирование горных работ, календарное планирование и маркшейдерия. Подобные системы на мировом рынке предлагают несколько лидирующих компаний: Gemcom, Maptek, Mintec, Surpac и Datamine.

В Горном институте Кольского научного цента РАН разработана система MINEFRAME, включающая широкий спектр инструментов инженерного обеспечения процесса планирования и проектирования горных работ [10]. Параллельно создан программный комплекс SIGMA GT, ориентированный на решение трехмерных задач по расчету НДС

в упругой постановке и реализована возможность регионального и локального прогноза формирования зон концентрации напряжений [11]. Эти программные продукты, являясь независимыми, имеют возможность обмена данными.

Так, при разработке геомеханических моделей используются экспортированные из среды MINEFRAME геологические и технологические данные, а результаты многовариантного моделирования НДС, фактические и прогнозные категории состояния выработок экспортируются в MINEFRAME, где происходит их визуализация и возможность интерпретации результатов геомеханического мониторинга с привязкой к объектам горной технологии. Совместная установка представленных систем непосредственно на горном предприятии при соответствующем обучении персонала обеспечивает геомеханическую обоснованность технологических решений и минимизирует геодинамические риски. Опытно-промышленная проверка системы осуществляется на рудниках ПАО «ППГХО», разрабатывающих месторождения Стрельцовского рудного поля. Программный комплекс SIGMA GT установлен в службах прогноза и предупреждения горных ударов на подземных рудниках АО «Апатит», где в дальнейшем планируется интерпретация геомеханических данных в используемой здесь системе MineScape.

Все разработанные численные модели месторождений проходят проверку адекватности реальным геомеханическим условиям.

В качестве примера приведены карты изолиний максимальной компоненты сжимающих напряжений для участка массива месторождения Антей ПАО «ППГХО», совмещенные с данными сейсмоакустического мониторинга (рис.), указывающие на совпадение местоположения зон прогнозных концентраций напряжений с эпицентрами мощных сейсмоакустических событий.

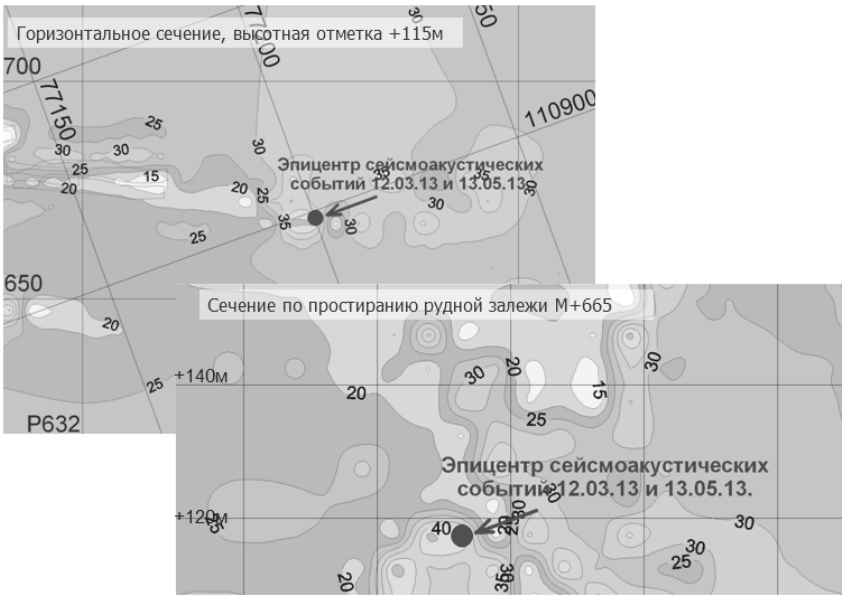


Рис. **Карты распределения σ_{max} в окрестности эпицентра сейсмоакустических событий 12.03.2013 и 13.05.2013**

Исследования выполнены в рамках гранта по приоритетному направлению деятельности РНФ «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований отдельными научными группами» № 14-17-00751.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Шуман В.Н.* О прогнозе и прогнозируемости сейсмического процесса // Геофизический журнал. – 2014. – № 3. – Т. 36. – С. 48–68.

2. *Козырев А.А., Панин В.И., Мальцев В.А.* Об эволюции геологической среды в природно-технических системах и прогнозе техногенных катастроф в горнопромышленных районах // Сергеевские чтения.– М.: ГЕОС, 2002. – Вып. 4. – С. 529–536.

3. *Козырев А.А., Панин В.И., Савченко С.Н., Каспарьян Э.В., Федотова Ю.В.* Методологические основы мониторинга геоло-

гической среды и управление геодинамическими рисками на рудниках Кольского полуострова // Методы и системы сейсмодеформационного мониторинга техногенных землетрясений и горных ударов. – Новосибирск: СО РАН, 2009. – Вып. 24. – Т. 1. – С. 234–290.

4. *Мельников Н.Н., Козырев А.А., Панин В.И., Федотова Ю.В., Семенова И.Э., Каспарьян Э.В., Смагина Ю.Г.* Разработка научных основ оценки геодинамических явлений при крупномасштабной отработке месторождений полезных ископаемых на больших глебинах // Комплексное освоение недр: перспективы расширения минерально-сырьевой базы России (программа ОНЗ-3) – М.: ИПКОН РАН, 2009. – С. 156–184.

5. *Козырев А.А., Панин В.И., Мальцев В.А.* Управление техногенными рисками при ведении горных работ в энергонасыщенной геологической среде // Оценка и управление природными рисками (Риск–2003). – М.: РУДН, 2003. – Т. 2. – С. 349–354.

6. *Козырев А.А., Панин В.И., Семенова И.Э.* Практика управления геодинамическими рисками на Хибинских рудниках Кольского полуострова // Проблемы снижения природных опасностей и рисков «Георик–2009». – М.: РУДН, 2009. – С. 161–166.

7. *Козырев А.А., Панин В.И., Федотова Ю.В., Семенова И.Э. Журавлева О.Г.* Управление геодинамическими рисками в горнотехнических системах // Проблемы снижения природных опасностей и рисков «Георик–2012». – М.: РУДН, 2012. – Т. 2. – С. 161–166.

8. *Шокин Ю.И. Махутов Н.А., Москвичев В.В., Шабалов В.Ф.* Проблемы природно-техногенной безопасности регионов Сибири // Всероссийский экономический журнал (ЭКО). – 2003. – № 8. – С. 31–48.

9. *Козырев А.А., Лукичев С.В., Наговицын О.В., Семенова И.Э.* Геомеханическое и горнотехнологическое моделирование как средство повышения безопасности отработки месторождений твердых полезных ископаемых // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – № 4. – С. 73–82.

10. *Лукичев С.В., Наговицын О.В.* Автоматизированные инструменты инженерного обеспечения горных работ в системе MINEFRAME // ГИАБ. – 2013. – № 7. – С. 184–192.

11. *Козырев А.А., Панин В.И., Семенова И.Э.* Опыт применения экспертных систем оценки напряженно-деформированного

состояния массива горных пород для выбора безопасных способов отработки рудных месторождений // Записки Горного института. – 2012. – Т. 198. – С. 16–23.

К НОВОЙ ИДЕОЛОГИИ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ПРИРОДНЫМ РИСКАМ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

Н.Г. Комарова

Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова
E-mail: nkomarova37@mail.ru

A NEW IDEOLOGY RESILIENCE TO NATURAL RISKS IN THE MODERN WORLD

Life support in difficult situations associated with natural hazards and disasters, and must be no less than the issues of civil defense in the event of hostilities. Natural hazards should be considered as presence and occurrence of such conditions that may lead to accidents, loss of life, economic loss. As the degree of risk estimated natural hazard, usually in quantitative terms, which must be taken into account in the design of various structures and determining the risk for insurance against accidents and natural disasters. The basis of the new concept of resilience to natural disasters – forecasting and timely warning of the coming disaster, identification and assessment of the risk of emergencies based on the analysis of information systems monitor the harbingers of disaster.

Противостояние человека и природы длится всю историю человечества. Одной из важнейших земных проблем в будущем, от решения которой зависит безопасность общества

и его устойчивое развитие, будет борьба за снижение риска природных и техногенных катастроф. Социальные и экономические потери общества от них растут стремительными темпами. Если человечество не примет самых решительных мер, то уже к середине нынешнего столетия можно ожидать, что величина ущербов от катастрофических явлений на Земле превысит прирост глобального валового продукта, а это означает, что мировая экономика будет работать «вхолостую».

Сегодня мы не можем предотвратить катастрофы, ибо те явления, которые наполняют нашу жизнь опасностями и приводят к гибели людей и огромным материальным потерям, для природы естественны. Но мы можем научиться противостоять природным катастрофам, если сумеем их предвидеть. Тем самым мы можем снизить ущербы и связанные с ними риски. Борьба со стихийными катастрофами должна стать одной из стратегических задач государства и общества в целом. В основе государственной стратегии по снижению природных рисков должно быть всестороннее, междисциплинарное изучение физической природы опасных процессов и явлений, их физическое и математическое моделирование и на этой основе – научно обоснованный прогноз предстоящих катастроф.

Важнейшими причинами роста количества жертв и материальных потерь от природных катастроф является неудержимый рост численности людей на Земле и быстрая деградация окружающей среды. Гигантское скопление людей (по прогнозам к 2029 г. на планете будет жить 7,5 млрд человек) вынуждает их осваивать малопригодные для проживания и подверженные опасным природным процессам территории – полярные районы, пустыни, высокогорья, поймы рек, заболоченные и прибрежные территории. Ситуация часто усугубляется отсутствием заблаговременной инженерной подготовки вновь осваиваемых земель. Это приводит к тому, что места проживания людей все чаще оказы-

ваются в центре разрушительных стихийных бедствий, где страдания и гибель людей приобретают все более массовый характер.

Общее количество людей, пострадавших от наиболее распространенных видов природных катастроф за последние 35 лет, составило 4,4 млрд человек, т.е. более 3/4 населения Земли. Особенно быстро растет количество пострадавших от наводнений. Если в 1965–1969 гг. эта категория людей составляла 22% от общего числа пострадавших, то в 1994–1999 гг. – 81%.

В России, по имеющимся данным, за 35 лет (1965–1999) от различных видов опасных природных явлений погибло более 4,5 тыс. и пострадало около 540 тыс. человек. Наибольшую потенциальную опасность для жизни россиян представляли землетрясения, приведшие только в результате двух катастрофических событий – на Шикотане (1994 г.) и в Нефтегорске (1995 г.) – к гибели около 2 тыс. человек. Значительные потери населения наблюдались при наводнениях, развитии оползней, обвалов, лавин, селей, ураганов и смерчей.

Самые большие социальные и материальные потери приходятся на территории городов, где отмечается максимальная концентрация людей и техногенной инфраструктуры. Из 1092 городов России подвержены процессам подтопления 88% городов, наводнениям – 68%, оползням – 66%, карстовым явлениям – 28%, землетрясениям – 10%.

Если учесть, что наряду с природными бедствиями наблюдается рост техногенных катастроф, то в перспективе экономика многих стран будет не в состоянии восполнять потери от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Всемирная конференция по природным катастрофам, состоявшаяся в мае 1994 г. в Иокогаме (Япония) приняла Декларацию, в которой сказано, что борьба за уменьшение ущербов от природных катастроф должна быть важным элементом государственной стратегии всех стран в достижении устойчивого развития.

Пришло время создать новую идеологию противодействия катастрофам, которая должна найти отражение в государственной стратегии уменьшения рисков и смягчения последствий катастроф.

До недавнего времени усилия многих стран по уменьшению опасности стихийных бедствий были направлены на ликвидацию последствий природных катастроф, оказание помощи пострадавшим, организацию спасательных работ, предоставление материальных, технических и медицинских услуг, поставку продуктов питания и т.д. Однако необратимый рост числа опасных природных явлений и процессов и связанного с ними ущерба делает эти усилия все менее эффективными и выдвигает в качестве приоритетной новую задачу: **прогнозирование и предупреждение природных катастроф**. В основу новой концепции необходимо взять научное прогнозирование грядущих катастроф. «Лучше предупредить стихийное бедствие, чем устранять его последствие», – так записано в итоговом документе Иокогамской конференции.

Понятно, что абсолютной безопасности не бывает. Многие катастрофы оказываются для нас таковыми вследствие нашего незнания. По мере развития мировой науки будут познаваться все более глубокие корни процессов и явлений, законы возникновения и развития катастроф, а значит, разрабатываться и внедряться более эффективные методы предупреждения чрезвычайных ситуаций. Все это позволит усовершенствовать систему защиты населения, обеспечить ее достаточность в условиях катастроф любого рода.

Новую стратегию необходимо осуществлять во всех проектах и программах, связанных с урбанизацией, строительством, образованием, социальным обеспечением, здравоохранением, страхованием. Принимая решения об инвестициях в районы, подверженные природным опасностям, необходимо учитывать риск, а расходы на его предотвра-

щение или снижение включать в экономические расчеты. Следуя таким путем можно осуществлять дополнительное инвестирование в создание защитных сооружений, инженерную подготовку территорий, разработку социальных программ. Только такой подход может обеспечить управление и регулирование природными катастрофами и тем самым отвечать требованиям устойчивого развития.

Работа по формированию новой стратегии безопасной жизнедеятельности должна включать в себя такие проблемы, как выявление опасностей и оценка риска чрезвычайных ситуаций на основе анализа информации систем наблюдения за предвестниками катастроф; разработку новых уникальных технологий и технических средств инженерной защиты территорий и населения; повышение уровня осведомленности населения о риске катастроф, обучение его правилам поведения в чрезвычайных ситуациях.

Внимание общества и государства к обсуждаемой проблеме во многом определяется государственными программами, которые существуют и разрабатываются в стране.

Введение в образовательных учреждениях (школах, техникумах, вузах) дисциплины «Основы безопасной жизнедеятельности» предусматривало подготовку учащихся к поведению в опасных и чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера во всех сферах жизни. Реализация программы была направлена на выработку у детей и подростков навыков сознательного и ответственного отношения к вопросам личной безопасности и безопасности окружающих, умений распознавать и оценивать опасные факторы среды обитания человека и определять способы защиты от них, оказывать первую медицинскую помощь пострадавшим.

К сожалению, программа не получила должного распространения.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ НАВОДНЕНИЙ

***А.В. Костин*[*], *Т.Н. Гаврильева*[**]**

[*]*Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, Якутск*
E-mail: geo@yakutia.ru.
[**]*Инженерно-технический институт СВФУ, отдел региональных экономических и социальных исследований ЯНЦ СО РАН, Якутск*

APPLICATION OF GIS TO MEASURE THE ECONOMIC DAMADGE FROM FLOODS

Yakutia is regularly exposed to floods. The damages are significant. At the same time there are no established rules for determining of compensation. It is proposed to use GIS to create digital maps of relief of flooded areas. On the basis of these data we can measure the damage, depending on the level of water rise.

В Республике Саха (Якутия) из 409 поселений 222 населенных пункта с общей численностью 630 тыс. человек расположены на берегах рек, из них регулярно затапливается 95 поселения или 43%. На основе мониторинга был составлен перечень из 64 населенных пунктов, где требуется строительство объектов инженерной защиты и берегоукрепления, в том числе районные центры Нижний Бестях, Среднеколымск, Хандыга, Верхневилюйск, п. Витим, а также ряд поселений, в которых проживает население численностью более 148,9 тыс. человек [1].

С 1970 по 1997 гг. на реках Якутии не отмечалось наводнений. Это привело к тому, что власти и местные жители стали беспечно относиться к проблеме наблюдений за

реками. Если еще в 1980 г. в республике действовало около 300 гидрометеорологических станций и постов, то к моменту катастроф 1998-2001 гг. их число сократилось на 40%. Одной из причин наводнений на реках Якутии является отсутствие работ по очистке речных русел и дноуглублению. В течение около 10 лет (1990 г. – начало 2000-х гг.) на реках Лена, Алдан, Колыма, Индигирка не проводились мероприятия по очистке. Это 22 тыс. км водных путей. Если до начала проведения землечерпательных работ на Лене периодичность наступления уровней выше критических по г. Якутску отмечалось раз в 7–12 лет (1917, 1924, 1933, 1946, 1958, 1966 гг.), то с началом проведения глобальных дноуглубительных работ (1970–1990 гг.) и достижением в районе г. Якутска и ниже гарантированных глубин (3 метра) заторные явления уже не вызывали значительных подъемов воды. С прекращением транзитных дноуглубительных работ и постепенным переходом русла в естественное состояние выявилась серия максимальных уровней весеннего паводка (1998, 1999, 2001 гг.) [2].

Как показывает рисунок, общий ущерб от наводнений в Республике Саха (Якутия) в 1998–2013 гг. составил около 17,6 млрд руб. Относительно спокойные периоды, когда паводок не сопровождается сильным наводнением, длятся 3–4 года. При этом сохраняется периодичность наступления больших наводнений, она составляет 10–12 лет.

При наводнениях различают прямой и косвенный ущербы. Виды прямого ущерба: гибель людей; повреждения и разрушения жилых и производственных зданий, дорог, линий электропередачи и связи; затраты на эвакуацию населения и др.

Косвенный ущерб включает сокращение выработки продукции; временное прекращение работы транспортных коммуникаций; ухудшение условий жизни населения; увеличение расходов на содержание зданий и др.

Прямой и косвенный ущербы обычно находятся в соотношении 70 и 30% соответственно. Размер ущерба от на-

воднений определяется высотой и продолжительностью стояния опасных уровней воды, площадью затопления, временем года, в которое происходит наводнение.

Суммарный ущерб определяется также степенью экономического развития территории, плотностью и ценностью застройки. Чем плотнее застройка, тем больше ущерб в пересчете на 1 га затопленной площади [2].

Россия – социальное государство, поэтому в сфере возмещения ущерба от природных бедствий до сих пор преобладает патерналистская модель. Она отличается от американской и европейской моделей, которые предполагают личную ответственность за свое имущество, что позволяет прибегать к системе страхования.

Патернализм приводит к тому, что система имущественного страхования в России не охватывает значительную часть рынка – имущество физических лиц.

В отношении оценки ущерба от стихийных бедствий не учитываются также и градостроительные требования.

Так, в г. Якутске есть ряд районов города, которые ежегодно в период паводка уходят под воду. Страховые компании их не страхуют, поскольку дома расположены за красной линией. Вместе с тем вопрос ответственности местных органов власти, включая компенсацию ущерба, проистекает из того, что часть данных построек была построена еще до внесения изменений в генеральный план города.

Ущерб от паводков в республике Саха (Якутия) в 1998–2013 гг. представлен на рис. 1.

Из-за того, что механизмы страхования не работают, а ущерб в основном компенсируется за счет бюджетных средств, т.е. много различных подходов в его оценке. Суммы компенсаций определяются зачастую, исходя из масштаба стихийного бедствия, наличия человеческих жертв, активности освещения события в СМИ, а также текущей ситуации с наличием средств.

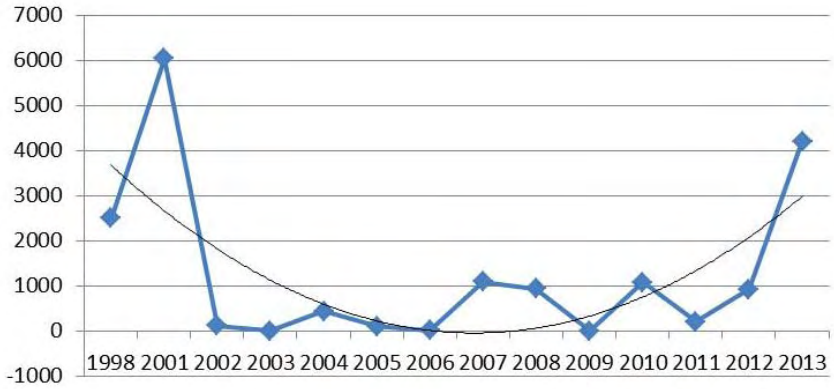


Рис. 1. **Ущерб от паводков в республике Саха (Якутия) в 1998–2013 гг., млн руб.**

Источник: рассчитано по данным ГКУ «Исполнительная дирекция по ликвидации последствий весеннего паводка и организации восстановительных работ в РС (Я)», СМИ.

Таким образом, прогнозирование возможного экономического, а также определение технических требований к защитным сооружениям поселений, находящихся в зонах с высоким риском затопления, являются актуальной прикладной задачей. Для этого можно использовать моделирование площади затопляемых территорий на основе построения цифрового рельефа.

В последние годы данные цифрового рельефа становятся все более открытыми. Их использование связано с современными компьютерными технологиями создания ГИС и дает совершенно уникальный инструмент для анализа самых разных природных явлений. Современные геологические исследования предъявляют высокие требования к точности привязки данных и их размещению на разноцелевых картах. Основой всех построений является максимально де-

тальные топографические карты, но, к сожалению, они менее доступны, чем материалы космической съемки или данные цифрового рельефа.

Радарная топографическая съемка (Shuttle radar topographic mission – общепринятое сокращение SRTM) большей части территории земного шара, за исключением самых северных (> 60°), самых южных широт (> 54°), а также океанов, произведенная NASA за 11 дней в феврале 2000 г. с помощью специальной радарной системы. Объем собранной информации составил более 12 терабайт данных, а их обработка продолжается до сих пор. Часть этой информации находится в свободном доступе.

Сегодня наиболее популярны данные SRTM-4: исходные данные распространяются квадратами размером 1 × 1°, при максимальном доступном разрешении 3 арксекунды (90 м). Один дополнительный ряд (нижний) и одна колонка (правая) являются дублирующими и повторябтся на соседней матрице, что позволяет при объединении квадратов избежать пикселей без данных.

Данные являются простым 16 битным растром (без заголовка), значение пиксела соответствует высоте над уровнем моря в данной точке, а значение -32768 соответствует «no data» (нет данных). Данные на территорию севернее 60 широты были подготовлены в 2009 г. [4]. Название квадрата данных соответствует координатам его левого нижнего угла. Например, квадрат, в котором расположен г. Якутск выглядит так: N62E129 и соответствует 62° с.ш., 129°.в.д.

Цифровой рельеф, построенный на основе DEM. Из первичных файлов формата *.HGT размером 1 × 1° с помощью программы Microdem собирается необходимая площадь, которая объединяется командой «Open and Merge DEMs». На рис. 2. из первичных файлов DEM, преобразованных в систему координат UTM, собран цифровой рельеф Якутии, переданный далее в проект ArcGIS.

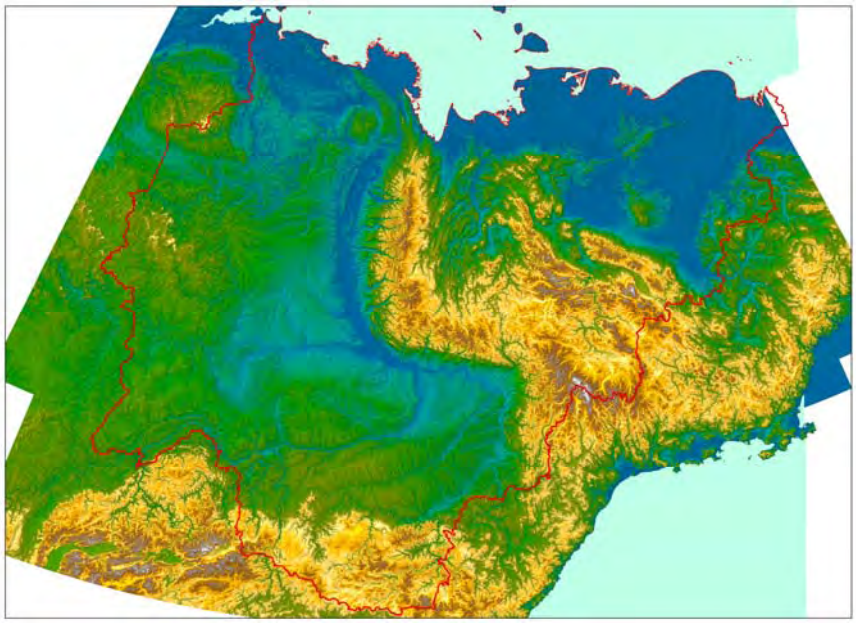


Рис. 2. **Цифровой рельеф Якутии**

На рис. 3 из первичных файлов DEM, преобразованных в систему координат UTM, собрана часть долины р. Лена. Программа позволяет без существенных искажений переинтерполировать DEM до размеров пикселя 10 и менее метров и на этой основе строить изолинии рельефа любой детальности.

Определить границы затопляемых в период паводка территорий можно путем вычисления контуров границ равных высот, которые будут отвечать уровням подъема воды с шагом 1 м (или более детально) и нанесения их на космоснимок с точностью не хуже 1 м/пиксель. Обычно на таких снимках детально прорисованы все крупные города и поселки вдоль главных рек РС (Я). Нижняя граница паводкоопасной территории совпадает с урезом воды при нормальном подпорном уровне.

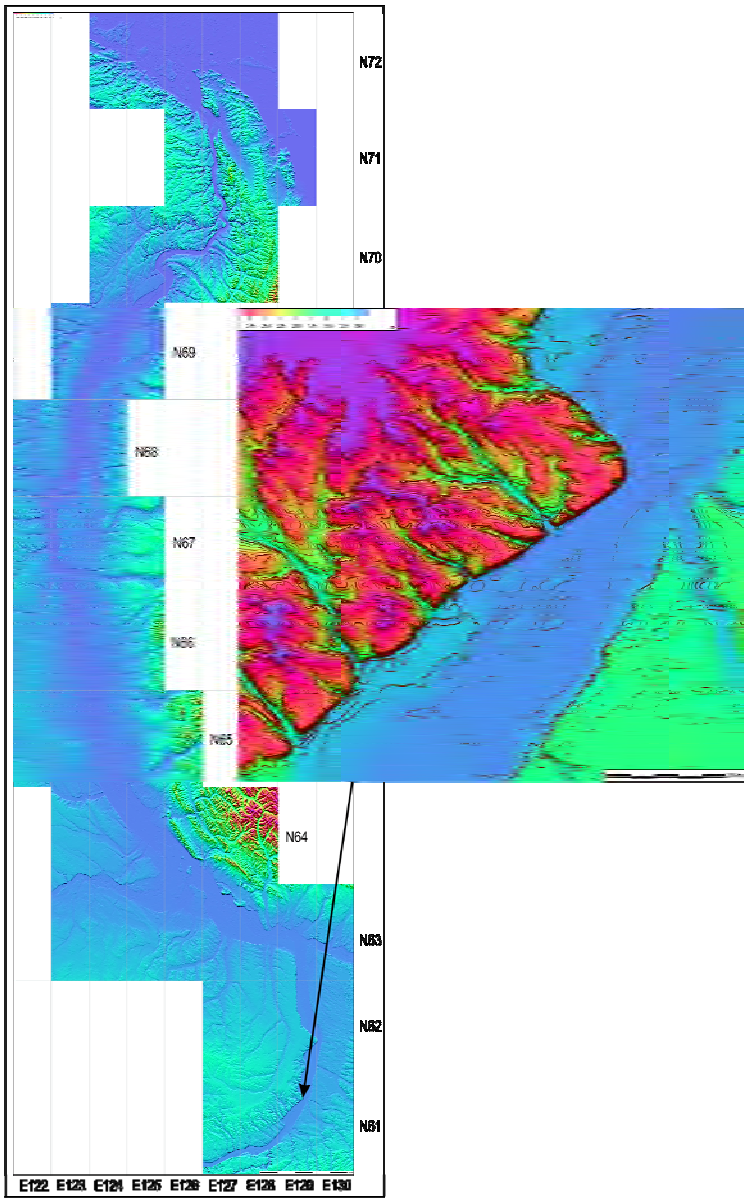


Рис. 3. **Цифровой рельеф долины р. Лена**
(Exxx и Nxx – номенклатура файлов DEM)

Необходимой составляющей исследования является создание банка данных максимальных уровней подъема паводковых вод вблизи населенных пунктов, что можно сделать на основе базы данных гидрометеорологических наблюдений, а также замеров.

Если на эту модель наложить данные по кадастру недвижимости и земельному кадастру, то можно получить оценки ущерба от наводнений в зависимости от масштаба и силы наводнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лепчиков Д.Н.* О мероприятиях по защите населенных пунктов и объектов экономики от негативного воздействия вод в Республике Саха (Якутия) // Сборник докладов Общероссийской научно-практической конференции «Защита населения и объектов экономики от водной стихии северных рек» (Якутск, 28–29 июня 2013 г.). – Якутск, 2013.

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

3. *Костин А.В.* Моделирование карты теневого рельефа Якутии средствами ГИС для прогнозирования потенциальных рудно-магматических систем // Наука и образование. – 2010. – № 1. – С. 63–70.

4. *Jonathan de Ferranti B.A.* Digital elevation of North Eurasia: Viewfinderpanoramas: Last upload 21 August 2009.

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПРОГНОЗЫ МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДОЛГОСРОЧНОГО ИЗМЕНЕНИЯ ВНЕШНИХ УСЛОВИЙ (МОГИЛЬНИК ВАО НА УЧАСТКЕ ЕНИСЕЙСКИЙ, КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ)

Б.Т. Кочкин, В.И. Мальковский

Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук, Москва
E-mail: btk@igem.ru

QUANTITATIVE FORECASTS OF THE RADIO-NUCLIDES MIGRATION DEPENDING ON LONG-TERM CHANGES IN THE EXTERNAL ENVIRONMENT (HLW REPOSITORY AT YENISEYSKY SITE, KRASNOYARSK REGION)

The article characterizes the procedure of identification and evaluation of the features, events and processes (FEPs) that may be relevant to the long-term safety of geological repositories for high-level radioactive wastes. The article proposes preliminary forecasts concerning climate evolution for the disposal facility to be constructed at Yeniseysky site.

Геологическая изоляция высокорадиоактивных отходов (ВАО) и других типов отходов, содержащих долгоживущие радионуклиды, должна обеспечить надежную защиту населения и окружающей среды на исключительно продолжительный период времени, исчисляемый сотнями тысяч и миллионами лет. Доказать безопасность хранилища на такой период времени путем натурных экспериментов невозможно. Единственный способ – математическое моделирование и прогноз поступления радионуклидов в биосферу [2].

Для того, чтобы уменьшить или ограничить пределы неопределенностей, связанных с прогнозом отдаленного будущего, используется метод разработки ансамбля сценариев, которые охватывают максимально широкий круг возможных путей эволюции системы изоляции. В основу сценариев кладутся, в частности, результаты анализа факторов, событий и процессов (ФСПов), которые повлияют на безопасность могильника.

Идентификация геологических ФСПов, действительных для площадки на участке Енисейский, выполнялась методом экспертной оценки. ФСПы оценивались по нескольким направлениям: значимость ФСПа в отношении инженерного проекта хранилища, например, возможные изменения вмещающих пород под влиянием размещения в них тепловыделяющих ВАО; значимость ФСПа в отношении геологической среды и ее вероятного будущего в зависимости от изменения климата и других внешних факторов, например, образование слоя вечномерзлых пород; значимость ФСПа, закрепленная в национальных и международных нормативных требованиях и руководствах; уровень понимания процессов; доступные знания и информационные пробелы в отношении ФСПа, например, для участка Енисейский полностью отсутствуют данные по микробиологии среды размещения отходов; опыт экспертных заключений от выполнения зарубежных программ по отбору ФСПов.

В результате остались ФСПы, которые имеют не только существенное значение в долгосрочной безопасности, но и обоснованы в настоящий момент достаточным количеством информации (табл.).

Далее была выполнена количественная оценка влияния сценарных ФСПов. В качестве иллюстрации приведен пример количественной оценки влияния долговременного изменения климатических условий на миграцию радионуклидов в геосфере.

Таблица

Геологические ФСПы, которые в наибольшей степени определяют сценарии развития могильника на участке Енисейский

№	ФСПы
1	Долгосрочные изменения глобального климата (увлажнение/иссушение и похолодание/потепление), ведущие к изменениям в гидродинамике подземных вод
2	Долгосрочный подъем участка размещения могильника, ведущий к вертикальной дифференциации уровня подземных вод по району и ускорению водообмена
3	Сейсмогеодинамические процессы и их последствия в проницаемости пород в отдаленном будущем
4	Будущая деятельность человека
5	ФСПы, имеющие значение на начальных периодах изоляции (первые тысячи лет), включая период эксплуатации

Оценки проводились для предельно консервативных условий, типа «что, если», которые призваны иллюстрировать крайние сценарии поведения системы изоляции.

Климатические условия в долгосрочной перспективе будут меняться в соответствии с предстоящими изменениями глобального климата. В частности, предварительный прогноз климата для региона будущего могильника приведен в работе [1].

Предстоящие климатические условия в регионе участка Енисейский, сначала будут более теплыми, чем в настоящее время, за счет парникового эффекта, а затем, после окончания воздействия антропогенных выбросов CO_2, условия вернутся к естественному чередованию сравнительно теплых коротких межледниковий и длительных ледниковых периодов с общей периодичностью около 120 тыс. лет.

В случае глобального потепления наибольшее повышение приземной температуры в Сибири (на 2–10 °С) будет

наблюдаться в зимнее время. Климат принципиально не изменится и останется в пределах умеренно холодной зоны, при этом количество осадков увеличится, особенно, в зимнее время.

Климат ледниковых эпох будет очень суровым, среднегодовая температура будет ниже современной на 7–8 °С. По данным палеоклиматических реконструкций мощность слоя вечномерзлых пород в районе могильника может достигнуть 600 м [4]. Это ниже, чем уровень размещения хранилища и существенно замедлит проникновение метеорных вод в подземную гидросферу.

Увеличение количества осадков в более теплые периоды, чем настоящее, усилит водообмен в подземной гидросфере и ускорит миграцию радионуклидов. Напротив, промерзание верхней части геосферы окажет противоположное влияние на гидродинамику подземного потока. Он, очевидно, сильно ослабнет, что будет способствовать лучшему удержанию радионуклидов в геосфере.

Таким образом, консервативные прогнозы по миграции радионуклидов целесообразно делать, удлиняя в базовом сценарии продолжительность и величину предстоящего потепления климата, который будет характеризоваться большим количеством атмосферных осадков.

Были выполнены расчеты продвижения урана в геосфере для сценария с повышенным количеством атмосферных осадков на периоды 1000, 10 тыс. и 50 тыс. лет в будущее. Основные подходы к разработке миграционной модели были изложены в работе [3]. Потепление и увеличение количества осадков в математической модели задается повышением уровня подземных вод. Взят самый неблагоприятный случай – этот уровень просто совпадает с рельефом дневной поверхности.

В базовом (наиболее реалистическом) сценарии уран и другие актиноиды будут удерживаться глинистым буфером в пределах могильника в течение всего срока изоляции.

В геологическую среду они могут попасть только в аварийных сценариях, в которых предусматриваются некие нарушения целостности буфера. В нашем прогнозе «что, если» глинистый буфер отсутствует, и выщелачивание урана начинается сразу после размещения ВАО. Это чрезвычайно консервативное допущение.

Результаты прогноза продвижения фронта загрязнения ураном в подземных водах в плановом сечении на уровне могильника представлены на рис. Показаны границы фронта распространения урана в плановом сечении, проходящем на уровне загруженной части хранилища на разные периоды будущего.

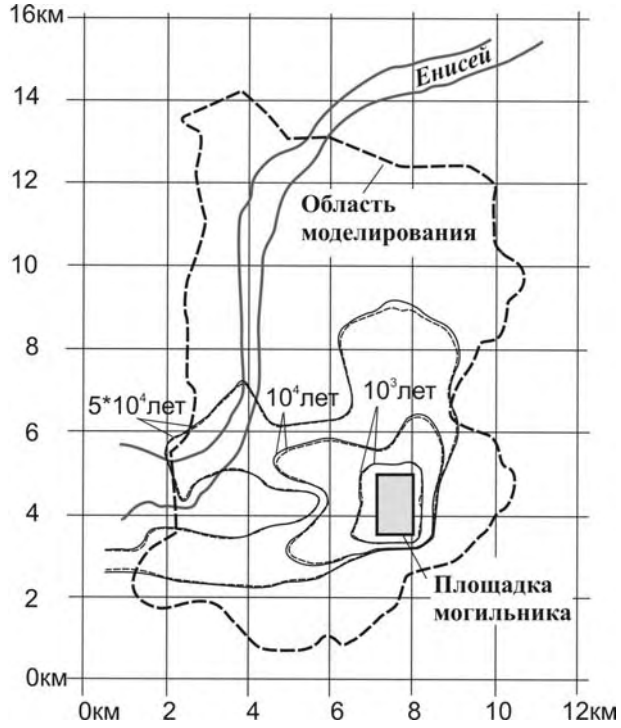


Рис. **Результаты прогноза продвижения фронта загрязнения ураном в подземных водах в плановом сечении на уровне могильника**

Для сравнения показаны прогнозы для обоих условий – современных и более теплых и влажных. Протяженность ореола загрязнения в условиях максимальной обводненности по сравнению с современными условиями увеличится по латерали не более, чем на 2–5% даже через 50 тыс. лет.

Таким образом, количественная оценка влияния предстоящего более теплого и влажного климата на интенсивность миграции радионуклидов в геосфере показала, что геосферная система сравнительно мало чувствительна к фактору возможного повышения обводненности среды. Главным фактором, определяющим миграцию радионуклидов в геосфере участка Енисейский, являются фильтрационные свойства среды, сложенной слабо трещиноватыми гнейсами.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кочкин Б.Т.* Долгосрочный прогноз климатических изменений в районе размещения хранилища высокорадиоактивных отходов (участок Енисейский, Красноярский край) // Геоэкология. – 2015. – № 1. – С. 52–65.

2. *Лаверов Н.П., Величкин В.И., Кочкин Б.Т. и др.* Концепция оценки безопасности хранилищ отработавших ядерных материалов, размещаемых в кристаллических породах // Геоэкология. – 2010. – № 3. – С. 195–206.

3. *Мальковский В.И., Пэк А.А., Кочкин Б.Т., Озерский А.Ю.* Оценка потенциального загрязнения геологической среды при подземном захоронении радиоактивных отходов на участке «Енисейский» нижнеканского массива (Красноярский край) // Геоэкология. – 2013. – № 6. – С. 485–492.

4. Палеоклимат и палеоландшафты внетропического пространства Северного полушария. Поздний плейстоцен – голоцен. – М.: ГЕОС, 2009. – 120 с.

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ И ЗАТРАТЫ, СВЯЗАННЫЕ С ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕМ И ЛИКВИДАЦИЕЙ

***В.В. Крымский*[*], *Р.В. Гладышев*[**]**

[*]*Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*
E-mail: www.igps.ru
[**]*Главное управление МЧС России по Санкт-Петербургу*

CLASSIFICATION OF MEASURES ON PREVENTION OF EMERGENCY SITUATIONS AND THE COSTS ASSOCIATED WITH THE PREVENTION AND ELIMINATION

The article presents the analysis of the main problems that give rise to technogenic crevicing situations (fires, accidents, direct and indirect damages from them, etc.).

В результате антропогенного воздействия на окружающую среду, глобальных изменений климата на планете, ухудшения экологической обстановки и недостаточных темпов внедрения безопасных технологий возрастают масштабы последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Возникают новые виды эпидемий и болезней. Только на возмещение материального ущерба и выплаты компенсаций семьям погибших и пострадавшим от пожаров ежегодно расходуется свыше 100 млрд руб. Серьезную демографическую проблему создает уровень гибели людей в различных деструктивных событиях (чрезвычайных ситуациях, пожарах, происшествиях на водных объектах и др.). Количество пострадавших в них ежегодно исчисляется десятками тысяч человек.

Прогноз возможных военных угроз, последствий применения современных средств поражения по объектам эко-

номики, а также риски возникновения и последствия чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и пожаров показывают, что они могут представлять существенную угрозу населению, обществу и государству, его обороноспособности и национальной безопасности, могут приносить огромный материальный ущерб (прямой и косвенный), имеют долговременные экологические и социальные последствия.

Вместе с тем риски природных и техногенных чрезвычайных ситуаций, возникающие в процессе глобального изменения климата, хозяйственной деятельности или в результате крупных техногенных аварий и катастроф, несут значительную угрозу для населения и объектов экономики страны. Особенно актуален вопрос обеспечения безопасности жизнедеятельности населения от угроз природного и техногенного характера при реализации новых крупных экономических и инфраструктурных проектов.

Основными проблемами, порождающими возникновение техногенных ЧС, являются:

– высокий уровень износа основных и производственных фондов и систем защиты;

– нарушение правил и требований при эксплуатации железнодорожного, морского и авиационного транспорта;

– низкий уровень подготовленности и практических навыков обслуживающего персонала;

– отсутствие на объектах промышленности и транспорта резервных источников электроснабжения;

– слабое взаимодействие заинтересованных органов государственной власти и организаций;

– недостаточный уровень надзора за состоянием технических средств, не совершенность методов контрольно-надзорной деятельности;

– ухудшение материально-технического обеспечения, снижение качества регламентных работ, повышенный износ и разрушение оборудования;

– нарушение правил и техники безопасности, неосторожное обращение с огнем и умышленные поджоги;

– высокий уровень выработки ресурса основного технологического оборудования и неудовлетворительное состояние основных фондов в целом;

– нарушение правил дорожного движения, а также правил и требований при эксплуатации всех видов транспорта;

– нерешенность вопроса утилизации токсичных отходов I и II классов опасности, нехватка организаций, предприятий, допущенных к проведению подобных работ.

В промышленности наибольшие проблемы для государства, экономики и населения создают ЧС в нефтяной и нефтеперерабатывающей, газовой и угольной промышленности, что связано с тяжелыми последствиями этих ЧС.

В нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности основными причинами ЧС являлись разгерметизация технологического оборудования, разрушение резервуаров, разливы нефти и ее продуктов с возгоранием в результате значительного износа оборудования, нарушения норм и правил его эксплуатации.

В газовой промышленности технологические процессы, используемые на промышленных объектах, связаны с добычей, подготовкой, транспортировкой и переработкой взрывопожароопасного углеводородного сырья.

Несмотря на большой объем работ по поддержанию в технически исправном состоянии газопроводов и оборудования, аварии на них происходят.

Как показывает проведенный анализ, их основные причины – строительный брак и дефекты металла труб. В организациях нефтедобывающего комплекса основную техногенную опасность представляли аварии на промысловых трубопроводах.

Существенную проблему в сфере защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций создают изношенные и бесхозные гидротехнические сооружения (далее – ГТС),

уровень безопасности которых на объектах промышленности и энергетики оценивается следующим образом:

– нормальный уровень безопасности, при котором ГТС не имеют дефектов и повреждений, дальнейшее развитие которых может привести к аварии, а эксплуатация ГТС осуществляется с выполнением норм и правил безопасности, имеет 39,4% комплексов ГТС от общего количества;

– пониженный уровень безопасности, при котором сооружения находятся в нормальном техническом состоянии, но имеются нарушения правил эксплуатации, имеет 43,4% комплексов ГТС;

– неудовлетворительный уровень безопасности, характеризуемый превышением первого (предупреждающего) уровня значений критериев безопасности и ограниченной работоспособностью сооружений, – имеет 12,5% комплексов ГТС;

– опасный уровень безопасности, характеризуемый превышением предельно допустимых значений критериев безопасности, потерей работоспособности (не подлежат эксплуатации), имеет 4,7% комплексов ГТС.

В последнее время социально-экономические условия жизнедеятельности населения кардинально изменились. Активная его часть стала чрезвычайно мобильной, возникли напряженные грузопотоки и пассажиропотоки, сформировалась высокая плотность населения в городах, образовалось большое количество мест массового пребывания людей, значительно повысился уровень террористической угрозы и т.д. Все это поставило государству и его экстренным оперативным службам новые, более высокие, требования к оперативности и эффективности реагирования на поступающие от населения вызовы.

Опыт работы экстренных оперативных служб показывает, что для эффективного оказания помощи при происшествиях или чрезвычайных ситуациях в 10% случаев

требуется привлечение более чем одной экстренной службы.

Чтобы разобраться с таким количеством проблемных вопросов, государству необходимо оценивать и затраты на мероприятия по системе защиты от ЧС. Затраты, связанные с предупреждением и ликвидацией ЧС, по своему экономическому содержанию так же могут быть отнесены к составляющим экономического ущерба от ЧС.

Как правило, это документируемые фактически осуществляемые затраты, относимые к специфическому разделу косвенного ущерба от ЧС. В соответствии со временем реализации могут быть выделены следующие три группы затрат, связанных с предупреждением и ликвидацией ЧС: затраты, осуществляемые до наступления ЧС, в процессе ЧС, после ЧС. Затраты, осуществляемые до наступления ЧС, – в основном это затраты на проведение превентивных мероприятий по предупреждению ЧС.

Связь этого вида затрат с ущербом от ЧС (тем более конкретных ЧС) условна и носит исключительно расчетный характер, хотя сами затраты документально подтверждаемы.

Учет влияния этого вида затрат аналогичен принятому в экономике учету амортизации в стоимости выпускаемой продукции.

Затраты, осуществляемые в процессе ЧС, – в основном это затраты на проведение аварийно-восстановительных и спасательных работ, связанных с ликвидацией и локализацией ЧС. Этот вид затрат непосредственно связан с каждой конкретной ЧС и может быть достаточно строго документирован.

Затраты, осуществляемые после ЧС, – в основном это затраты на ликвидацию последствий ЧС, и полное или частичное возмещение ущерба от ЧС. Этот вид затрат также непосредственно связан с каждой конкретной ЧС и может быть документирован.

Учет этого вида затрат в качестве элемента экономического ущерба от ЧС может привести к эффекту двойного счета, поскольку в составе этих затрат частично повторяются элементы прямого ущерба от ЧС.

В соответствии с действующей практикой на содержательном уровне затраты, связанные с предупреждением и ликвидацией ЧС, могут быть подразделены (конкретизированы) на следующие виды затрат:

– затраты на проведение поисковых работ в зонах ЧС;

– затраты на проведение аварийно-спасательных работ в зонах ЧС;

– затраты на проведение неотложных аварийно-восстановительных работ на объектах, пострадавших в результате ЧС;

– затраты на закупку, доставку и кратковременное хранение материальных ресурсов для первоочередного жизнеобеспечения пострадавшего населения;

– затраты на развертывание и содержание временных пунктов проживания и питания для эвакуируемых пострадавших граждан в течение необходимого срока, но не более месяца;

– возмещение расходов, связанных с привлечением в установленном порядке сил и средств МЧС России, других федеральных органов исполнительной власти, а также организаций для проведения экстренных мероприятий по ликвидации ЧС;

– затраты на погашение государственных жилищных сертификатов, выдаваемых гражданам Российской Федерации, лишившимся жилья в результате ЧС (на общую сумму не более 25% средств резервного фонда);

– затраты на оказание единовременной материальной помощи пострадавшим гражданам;

– расходы на социальные выплаты лицам, пострадавшим в результате ЧС, другие виды текущих затрат (расходов) на предотвращение и ликвидацию последствий ЧС;

– капитальные вложения, направляемые на предотвращение и ликвидацию последствий ЧС.

Затраты, связанные с предупреждением и ликвидацией ЧС, осуществляются за счет средств, получаемых из разных источников финансирования:

– федерального бюджета;
– бюджетов субъектов федерации;
– местных бюджетов;
– предприятия (организации);
– других источников.

ЛИТЕРАТУРА

1. Распоряжение Правительства РФ от 17.11.2008 № 1662-р «О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г.».

2. Единая межведомственная методика оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного, природного и террористического характера, а также классификации и учета чрезвычайных ситуаций – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2004.

3. *Пучков В.А.* Доклад Министра Российской Федерации Владимира Андреевича Пучкова // О долгосрочный перспективах развития системы МЧС России. г. Москва. 2012.

4. *Акимов В.А., Богачев В.Я., Владимирский В.К. и др.* Экономические механизмы упраления рисками чрезвычайных ситуаций. – М.: ООО «ИПП Куна», 2004.

5. *Контузоров Ф.Ф., Петров Д.В.* Классификация и краткая характеристика чрезвычайных ситуаций. Основы защиты населения и территорий от ЧС техногенного, природного и экологического характера. – СПб: Редакционно-издательский отдел СПб ГУИТМО, 2009.

ПРОБЛЕМЫ РИСКА В ГРАДОПРОМЫШЛЕННОЙ ГИДРОГЕОЭКОЛОГИИ

П.Н. Куранов

ЗАО «ДАР/ВОДГЕО», Москва
E-mail: pnkur@darvodgeo.ru

PROBLEMS OF RISK ASSESSMENT IN URBAN HYDROGEOECOLOGY

The article includes the results of a complex research of problems related to issues of safety and risk and the concept of best available technologies in urban hydrogeoecology is proposed.

В статье представлены результаты разработки методов оценки уровней безопасности и риска на градопромышленных территориях при их подтоплении и загрязнении нефтепродуктами., а так же управлении этими опасными процессами с использованием принципов наилучших доступных технологий [1].

Исследования базируются на методологических подходах, основанных на представлении геологической среды градопромышленной территории и сооружений инженерной защиты на этих территориях как природно-техногенной системы, при изучении которой исследуются негативные процессы, воздействующие на тот или иной участок территории. В основе этого подхода лежат расчеты риска, который имеет место при негативных процессах на объекты и окружающую среду при подтоплении и загрязнении нефтепродуктами градопромышленных территорий.

Наилучшие доступные технологии для защиты градопромышленных территорий разрабатываются на основе методологии допустимых рисков в отличие от методологии

абсолютной безопасности. При этом если разработанная наилучшая доступная технология позволяет снизить риск до допустимых значений, то дальнейшее проведение мероприятий по снижению риска принимается не целесообразным. В противном случае разработанная технология рассматривается как I очередь или неотложные мероприятия в зависимости от уровня риска вредного воздействия на градопромышленную территорию, который установился после проведения защитных мероприятий.

Методология обоснования наилучшей доступной технологии в градопромышленной гидрогеоэкологии включает в себя:

– оценку опасности негативных процессов, происходящих на градопромышленной территории и оценку уязвимости этой территории;

– определение уровня безопасности на основе количественной оценки вредного воздействия опасных процессов на данную территорию и объекты;

– расчеты риска от опасных процессов и районирование градопромышленной территории по уровню риска от опасных процессов;

– оценку допустимых рисков вредного воздействия на градопромышленные территории разного уровня ответственности;

– определение доступных технологий, позволяющих достигнуть требуемое снижение риска опасных воздействий;

– расчеты предотвращенных ущербов в результате использования доступных технологий инженерной защиты;

– расчеты критериев комплексного обоснования наилучших доступных технологий на основе достижения допустимых рисков;

– принятие управленческих решений на основе критериального обоснования наилучших доступных технологий инженерной защиты.

Изложенная методология реализована для двух наиболее распространенных опасных процессов на градопромышленных территориях: подтопления и нефтяного загрязнения.

Разработана методика оценки вредного воздействия подземных вод при подтоплении градопромышленных территорий. Она включает в себя:

– обоснование показателей опасности подтопления и уязвимости территории, а также критериев оценки степени опасности и уязвимости отдельно по каждому показателю;

– методику количественной оценки критериев уровня опасности подтопления и критериев уровня уязвимости территории на основе учета совокупного воздействия всех показателей опасности и уязвимости;

– методику количественной оценки дозы вредного воздействия подтопления на градопромышленную территорию на основе данных по уровням опасности подтопления и уязвимости территории.

Величина дозы вредного воздействия подтопления рассматривается как мера, по которой оценивается безопасность подтопленной территории. На основе данной методики разработан и утвержден национальный стандарт Российской федерации по расчету уровней безопасности от подтопления градопромышленных территорий [2].

Риски и ущербы от подтопления градопромышленных территорий зависят от дозы вредного воздействия подтопления. Разработана математическая модель для оценки риска от подтопления с использованием метода «пробит-анализа», который нашел широкое распространение при оценках риска опасных производственных объектов [3].

Аналогичным образом разработана методика оценки вредного воздействия нефтяного загрязнения на градопромышленную территорию, учитывающая специфику данного вида негативного воздействия.

Рассмотрены доступные гидротехнические мероприятия по инженерной защите от подтопления градопромышленных территорий с оценкой влияния их на показатели опасности подтопления и уязвимость территорий при подтоплении. Гидрогеоэкологическое обоснование эффективности этих мероприятий основывается на требовании действующих нормативных документов [4].

Разработаны методы расчета норм осушения в соответствии с указанными требованиями. Доказано, что в каждом конкретном случае нормы осушения необходимо рассчитывать, а не устанавливать декларативно. Эти нормы существенно зависят от доз вредного воздействия подтопления, которые, в свою очередь, зависят от показателей опасности подтопления и уязвимости территорий.

Установление нормы осушения и/или допустимых глубин залегания подземных вод в каждом конкретном случае является одной из важных составляющих принципа наилучших доступных технологий в градопромышленной гидрогеоэкологии.

Рассмотрены доступные технологии реабилитации территорий, загрязненных нефтепродуктами, с оценкой затрат на проведение реабилитационных мероприятий. Разработана методика оценки риска и ущерба, наносимого нефтяными загрязнениями градопромышленным территориям, основанная на оценках доз вредного воздействия нефтяных загрязнений данной территории и стоимости реабилитационных мероприятий.

Разработана методика комплексного обоснования наилучших доступных технологий в градопромышленной гидрогеоэкологии на основе оценки ряда критериев. Критериями наилучших доступных технологий инженерной защиты территорий являются:

– экологический критерий: снижение дозы вредного воздействия на ГПТ опасных процессов до нормативных или допустимых значений;

– экономический критерий: величина предотвращенного ущерба в результате строительства и эксплуатации защитных сооружений;

– комплексные критерии:

а) природоохранная окупаемость защитных мероприятий, обеспечивающих выполнение экологического критерия;

б) чистый экономический природоохранный эффект при обеспечении экологического критерия.

Методика критериального обоснования наилучших доступных технологий при инженерной защите территорий от подтопления и защите территорий при нефтяных загрязнений иллюстрируется на конкретных примерах расчета.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Куранов П.Н.* Обоснование принципа наилучших доступных технологий в градопромышленной гидрогеоэкологии // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2014. – № 5. – С. 65–70.

2. *Куранов Н.П., Куранов П.Н., Ткаченко А.Е., Олтян И.Ю. и др.* Методика по оценке безопасности, риска и ущерба при подтоплении градопромышленных территорий // Сборник материалов XII Научно-практической конференции «Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций». – М.: ФКУ Центр «Антистихия» МЧС России, 2012.

3. *Коростилев А.Д., Куранов П.Н., Тимофеева Е.А. и др.* Пробит-анализ и его приложение к оценкам риска опасных процессов в инженерной гидрогеоэкологии и гидротехнике // Водоснабжение, водоотведение гидротехника и инженерная гидрогеоэкология. – Вып. 13. – М., 2012. – С. 66–80.

4. СП 116.1330.2012. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов.

СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ РАЗРАБОТКИ ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

И.И. Лурьева

Институт нефти и газа государственного концерна «Туркменгаз», Ашхабад, Туркменистан
E-mail: lurjevy@yandex.ru

METHODS FOR REDUCING TECHNOGENICALLY IMPACTING OF THE DEVELOPMENT OF GAS FIELDS ON THE ENVIRONMENTAL

The article analyzes the factors that on the environment and recommended methods to develop gas fields, which exclude the burning of carbon dioxide and the mining to the surface of reservoir water and hydrogen sulfide.

Интенсивное развитие газодобывающей промышленности Туркменистана началось в конце 60-х гг. XX в. с ввода в эксплуатацию месторождения Оджак. Сегодня в разработке находится более 30 газовых и газоконденсатных месторождений, в том числе уникальное месторождение Галкыныш, занимающее четвертое место в мире по запасам газа.

Разработка газовых месторождений неизбежно оказывает техногенное воздействие на окружающую среду. Это обусловлено рядом факторов: антропогенным, геологическим, технологическим и др.

Антропогенный фактор проявляется в строительстве скважин, объектов наземной очистки и подготовки природного газа к транспорту, трубопроводов, автомобильных дорог, жилья для обслуживающего персонала.

Геологический фактор обусловлен условиями формирования месторождений. Особенностями многих месторож-

дений Туркменистана является наличие в составе природного газа сероводорода малой (менее 1% об.) и промышленной (до 5% об.) концентраций; высокое содержание конденсата; обводнение продукции скважин пластовыми водами; наличие в продуктивной толще десятков карбонатных коллекторов.

Наибольшее влияние на окружающую среду оказывает технологический фактор. Специфические особенности негативных последствий разведки и разработки месторождений природного газа обусловлены нарушением равновесия в недрах, приводящим к изменению гидрогеологических условий, что сказывается на поверхностных и грунтовых водах, почвах, растительности, создает непосредственную опасность для людей.

Чтобы снизить техногенное воздействие, мы предлагаем способы разработки газовых месторождений, ограничивающие добычу на поверхность пластовых вод. Одни из них основаны на перепуске пластовой воды, избирательно поступающей в залежь, в другой пласт, другие – на предотвращении поступления в залежь пластовой воды за счет создания непроницаемых для нее участков пласта.

В соответствии с первой группой, имеющийся фонд скважин необходимо разделить на перепускные и газодобывающие [1]. В перепускные переводят скважины, ближайшие к начальному газоводяному контакту (ГВК) и с их помощью природный газ с пластовой водой, добываемые из обводненного пласта, не поднимают на поверхность, а перепускают в другой выше- или нижележащий пласт-коллектор. Количество перепускных скважин зависит от объемов перепускаемой воды и темпов отбора газа из залежи. Наличие перепада давления между обводнившейся газовой залежью и пластом-коллектором обеспечивает перепуск воды. По мере образования «сухих» зон за счет удаления подвижной части внедрившейся воды из основного продуктивного обводненного пласта, скважины, расположенные в

этих зонах, начинают эксплуатировать как чисто газодобывающие. Оптимальный вариант достигается регулированием баланса перепускаемой воды и добываемого из «сухой» зоны газа. Свободный газ пласта-коллектора отбирается имеющейся системой газодобывающих скважин после выработки основной газовой залежи.

В случае, если невозможно найти выше– или нижележащий пласт-коллектор, удовлетворяющий условиям перепуска пластовой воды, можно предложить способ разработки [3] из второй группы технологий, также исключающий нарушение экологического баланса окружающей среды и позволяющий увеличить коэффициент конечной газоотдачи за счет предотвращения избирательного обводнения дренируемой части газовой залежи. При этом часть добывающих скважин временно переводят в нагнетательные для закачки химического реагента (например, 10%-ный раствор гипана – гидролизованного полиакрилонитрата), который, оставаясь неподвижным на расстоянии 100 м от скважин, при контакте с пластовой водой образует нерастворимый осадок, препятствующий дальнейшему продвижению пластовой воды по высокопроницаемым пропласткам.

Для увеличения коэффициента приемистости и выравнивания профиля охвата пласта рекомендуем циклическую закачку раствора гипана и проталкивание его по пласту порциями газа. При этом давление нагнетания не должно превышать пластовое давление больше, чем на 10–15%. Для образования непрерывной зоны, насыщенной до 30% объема порового пространства (чтобы обеспечить неподвижность) химическим реагентом, необходимо попеременно скважины ряда, наиболее подверженного обводнению, переводить в нагнетательные или форсировать отбор газа. Очевидно, максимальный эффект при создании непрерывного барьера для пластовой воды, можно достичь с помощью горизонтальных скважин, так как они позволяют регулировать как процесс нагнетания раствора в пласт, так и до-

бычи «сухого» газа. Таким способом разработки достигается управление процессами, происходящими в газовом пласте при активном водонапорном режиме, и, фактически появляется возможность создания нового комбинированного режима, позволяющего использовать преимущества газового и водонапорного режимов. Кроме того, исключаются их недостатки: быстрый темп падения пластового давления при газовом режиме, потеря фонда эксплуатационных скважин и защемление целиков газа за счет избирательного обводнения пласта по наиболее проницаемым пропласткам при водонапорном режиме. Предлагаемый способ технически доступно реализовать имеющимся фондом скважин, не требуется специального оборудования и полностью исключается подъем на поверхность непригодной для использования и вредной для окружающей среды высокоминерализованной пластовой воды.

Обе описанных технологии связаны с активным воздействием человека на газовые и водоносные пласты. Это воздействие на недра основано на глобальном, «пластовом» решении проблемы и не приносит ущерба окружающей среде, так как приводит только к добыче и использованию газа, исключая сброс высокоминерализованной пластовой воды.

В случае, когда невозможно полностью исключить вторичное использование сточных вод, мы рекомендуем их закачку в поглощающий пористый горизонт, залегающий ниже грунтовых и пресных подземных вод, или в отработанный пласт-коллектор.

Основные источники нарушения равновесия в окружающей среде при газодобыче связаны не только с поступающими на поверхность и в верхнюю часть разреза пластовыми водами, содержащими вредные примеси, но и с наличием в газе высокотоксичного сероводорода.

При малом содержании сероводорода в составе природного газа производится его отделение на поверхности на установках аминовой сероочистки, а затем сжигание.

Известные способы разработки газовых месторождений предусматривают очистку природного газа от сероводорода в пластовых условиях. С экологической точки зрения – так обеспечивается максимальная безопасность для человека и окружающей среды. С экономической точки зрения эти способы могут быть применены только при непромышленном содержании сероводорода в составе газа, а также при наличии целого ряда природных факторов (наличие в продуктивном пласте окисей и закисей железа, карбонатов кальция и др.). В любом случае управлять таким процессом крайне сложно, так как при пластовой очистке природного газа от сероводорода в результате химической реакции на поверхности породы образуется сульфидная пленка, препятствующая дальнейшей нейтрализации сероводорода.

Нами предложен способ разработки газовых месторождений с малым содержанием сероводорода, позволяющий регулировать процесс пластовой очистки природного с помощью физико-химических поглотителей [2]. Для этого разработка сероводородсодержащего газового месторождения должна сопровождаться перепуском газа из продуктивной залежи в пласт-коллектор, который предварительно насыщен достаточным количеством поглотителя. Малосернистый природный газ проходит через неподвижную химически активную зону, где сероводород реагирует с поглотителем, а очищенный газ добывается системой эксплуатационных скважин.

Одной из особенностей разработки газовых месторождений является тот факт, что углекислый газ является компонентом природного газа и всегда, также, как вода, присутствует в нем. Однако применяемые технологии подготовки природного газа к транспорту предусматривают сжигание углекислого газа на факельных установках.

Туркменистан не превышает квоты, выделенные международными организациями на сжигание углекислого газа. Однако в дальнейшем в связи с возрастанием объемов добычи газа мы предлагаем применять способы утилизации

углекислого газа путем закачки его в подземные пласты. В этом случае, кроме уменьшения отрицательного воздействия на окружающую среду, будут решены и технологические задачи: поддержание пластового давления, компенсация горного давления, ускоренное освоение скважин месторождений, находящихся на поздней стадии эксплуатации.

Таким образом, предлагаемые современные способы разработки газовых месторождений уменьшают техногенное воздействие на окружающую среду и имеют следующие преимущества:

– исключается добыча на поверхность земли высокоминерализованных пластовых вод;

– закачка промышленных сточных вод в подземные горизонты приводит к уменьшению просадочности почвы и безопасной эксплуатации наземных зданий и сооружений;

– компенсируется падение пластового и горного давлений и исключается образование наведенной сейсмичности на месторождениях, длительное время находящихся в разработке;

– за счет пластовой очистки природного газа от сероводорода исключается вредное воздействие на растительность, людей и другие живые организмы;

– закачка углекислого газа в пласт не приводит к усилению парникового эффекта.

Следует подчеркнуть, что, выдвигая инициативы в области охраны природы, наша страна предпринимает конкретные шаги по их практической реализации. Туркменистан планомерно переходит к использованию современных экологически чистых и ресурсосберегающих технологий в промышленном секторе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ № 1734429, кл. Е 21 В 43/29, 1989.
2. Патент 2028448, РФ, Е 21 В 43/00, 1995.
3. Патент РФ № 2070281, кл. Е 21 В 43/22, 1996.

ОЦЕНКА РИСКОВ ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ СТОЙКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.А. Мамонтова, Е.Н. Тарасова, А.А. Мамонтов

Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск
E-mail: elenam@igc.irk.ru, tarasova@igc.irk.ru

HUMAN HEALTH RISK ASSESSMENT OF PERSISTEN ORGANIC POLLUTANTS IN THE IRKUTSK REGION

The aim of the study was to assess the human health risk due to influence of persistent organic pollutants from food, soil and air in the Irkutsk Region. The PCDD/F, PCBs, DDTs, HCHs, and HCB levels were under Russian sanitary standards in most cases of environmental media and food item samples. Food items contribute the main part in daily intake of POPs. Air and soil part comes to 1–2,5 percent. Mean regional hazard index was higher one for development and endocrine system. Individual carcinogenic risk comes to 2,1 × 10^{-4} that is higher than acceptable level (1 × 10^{-6}). The value requires planned measures to reduce it. The importance of individual POP groups in risk indexes is following: PCB > PCDF > PCDD > organochlorine pesticides in industrial settlements and PCB > HCH > PCDF > PCDD > HCB > DDTs in rural areas.

Экономическое развитие последних десятилетий привело к появлению новых химических соединений, представляющих угрозу, как для окружающей среды, так и для здоровья людей. Среди них особо опасна группа веществ, известных как стойкие органические загрязнители (СОЗ), к которым относятся хлорорганические пестициды (ДДТ,

ГХЦГ, ГХБ), промышленные химические соединения (полихлорированные бифенилы (ПХБ), гексахлорбензол (ГХБ)) и побочные продукты производства (полихлорированные дибензо-р-диоксины (ПХДД), дибензофураны (ПХДФ)). СОЗ обладают схожими физико-химическими свойствами и способны длительно сохраняться в окружающей среде и переноситься на значительные расстояния, накапливаться по пищевой цепи и оказывать неблагоприятные воздействие на живые организмы [2].

Иркутская область характеризуется насыщенностью предприятиями-источниками СОЗ [3–5]. Кроме того, на территории Иркутской области в течении длительного периода широко использовались ХОП [8].

Группа ИГХ СО РАН проводит исследования СОЗ в биотических и абиотических объектах окружающей среды Байкальского региона с 1989 г. при поддержки академиков РАН Г.И. Галазия и М.И. Кузьмина сначала в Байкальском экологическом музее, затем в Отделе экологических исследований ИНЦ и в составе ИГХ СО РАН совместно с НПО «Тайфун», а с 1995 г. с зарубежными учеными [3–7; 11; 15].

Цель представляемой работы – дать оценку степени опасности здоровью человека от воздействия комплекса СОЗ при потреблении продуктов питания, произведенных на территории Иркутской области, и поступлении с атмосферным воздухом и частицами почвы.

Были исследованы продукты питания, являющиеся наиболее вероятными поставщиками СОЗ в организм человека: рыба, мясо домашних животных (говядина, свинина, мясо птиц), коровье молоко, яйца птиц, а также картофель, овощи, растительное масло. Большинство этих продуктов питания были произведены на территории Иркутской области. Пробы атмосферного воздуха, отобранные методом пассивного пробоотбора, и почв исследовали в рекреационных и селитебных зонах населенных пунктов [7]. Анализ проб вы-

полнен в лаборатории Университета г. Байройта (Германия), в Башкирском региональном экологическом центре в г. Уфе и в лаборатории ИГХ СО РАН, созданной в рамках международного проекта INTAS. В исследовании использовались аналитические методики, успешно прошедшие международную интеркаллибрацию [8], с использованием газовой хроматографии и масс-спектрометрии высокого разрешения (ГХВР/МСВР) (HP 5890 + VG AutoSpec Ultima) и газовой хроматографии с электронно-захватным детектированием (HP 5890 + ECD).

В большинстве исследованных проб превышения принятых в России ПДК (СанПиН 2.3.2.10781; ГН № 1.2.3111-13; ГН 6229-91) не было обнаружено. Исключение составляют коммерческое молоко в бумажной упаковке по TEQ ПХДД/Ф/Б (2 ПДК), отдельные пробы свинины по ГХЦГ (до 40 ПДК), отдельные пробы рыб из Ангары и Малого моря по ДДТ и ПХБ (до 2,5–8 ПДК для сырья для детского питания и продуктов прикорма на рыбной основе).

Концентрации ПХБ, ДДТ, ГХЦГ и ГХБ в атмосферном воздухе на территории Иркутской области соответствуют величинам, полученным в рамках глобального исследования атмосферного воздуха методом пассивного пробоотбора (GAPS-study) [12].

Расчеты неканцерогенных и канцерогенных рисков для здоровья человека проводились в соответствии с «Руководством по оценке риска…» (Р 2.3.10.1920-04), с использованием полученных нами данных по содержанию СОЗ в продуктах питания и данных Территориального органа федеральной службы государственной статистики по Иркутской области по потреблению основных продуктов питания населением Иркутской области.

В среднем по Иркутской области поступление суммы ПХБ составляет 1,16 мкг/день, суммы ДДТ и его метаболитов – 290 нг/день, суммы α- и γ-изомеров ГХЦГ – 470 нг/день,

ГХБ – 300 нг/день и TEQ ПХДД/Ф/Б – 130 пг/день, что соответственно составляет 0,83; 0,008; 0,002; 1,9 референтных доз этих соединений.

Так как загрязнение почв, атмосферного воздуха и продуктов питания, произведенных в разных районах области, различается, то и суточное поступление токсикантов будет различаться. При этом вклад отдельных сред и продуктов питания и токсикантов также различается по территории области. Наибольшие величины поступления ПХБ и ГХБ обнаружены для жителей города Усолье-Сибирское, наименьшие – поселка Качуг (250 км севернее от Усолья-Сибирского). Разница между суточным поступлением ПХБ в организм жителей г. Усолья-Сибирского и поселка Качуг составляет почти 7 раз, с поселком Листвянка (в истоке реки Ангары на берегу Байкала) – 5 раз. Жители г. Усть-Илимска подвергаются большему воздействию ПХДД, чем ПХДФ, тогда как в Усолье-Сибирском большее значение имеют ПХДФ, чем ПХДД (12 и 35 пг TEQ/день в Усолье и 18 и 14 пг TEQ/день в Усть-Илимске, соответственно).

В среднем по области индекс опасности развития заболеваний ЦНС, печени, иммунной системы от воздействия СОЗ меньше единицы, что говорит о низкой вероятности появления неканцерогенных заболеваний этих органов и систем. Однако возможны нарушения в развитии человека и в эндокринной системе. Поступление СОЗ в организм жителей пос. Качуг не превышает референтную дозу. Тогда как для жителей города Усолье-Сибирское, воздействие СОЗ может приводить к возникновению нарушений в работе ЦНС, печени, иммунитете, гормональном статусе и развитии. Наибольший вклад в суммарную экспозицию вносят no-ПХБ с диоксиноподобным механизмом действия (35%), затем ПХБ с недиоксиноподобным механизмом (30%). За ними в порядке убывания идут ПХДФ > ПХДД > ГХБ > ДДТ > ГХЦГ. Большая часть СОЗ поступает в организм жителей с коровьим молоком и рыбой, а с атмосферным воздухом и частицами почвы только 1–2,5%.

Канцерогенный риск от воздействия индивидуальных соединений не превышает предельно допустимого уровня практически по всей территории области, за исключением ПХБ в городе Усолье-Сибирское. Риск возникновения канцерогенных заболеваний от воздействия комплекса изученных СОЗ в среднем по области составляет уже $2{,}1 \times 10^{-4}$. Данная величина соответствует диапазону неприемлемого риска в целом для населения и требует проведения плановых мероприятий по его снижению.

В этом же диапазоне лежат величины риска в промышленных городах области.

В сельской местности канцерогенный риск находится в пределах предельно допустимого риска, требующего постоянного контроля и проведения дополнительных мероприятий по его снижению. Данные мероприятия следует направлять на прекращение использования технического ПХБ (так как основной вклад в риск здоровью населения вносят ПХБ и сопутствующие им ПХДФ), ликвидацию последствий использования ПХБ и хлорорганических пестицидов в прошлом, а также прекращения использования в частных хозяйствах хлорорганических пестицидов (особенно ГХЦГ).

Основной вклад в канцерогенный риск в промышленных городах вносят ПХБ > ПХДФ > ПХДД > пестициды. На остальных территориях – ПХБ > ГХЦГ > ПХДФ > ПХДД > ГХБ > ДДТ.

Таким образом, проведенные исследования риска здоровью населения от воздействия комплекса ХОС показали, что, несмотря на отсутствие превышения ПДК, существует возможность возникновения как канцерогенных, так и неканцерогенных заболеваний у жителей области.

Работа выполнения при поддержке гранта РФФИ № 15-05-0896 и проекта НИР VIII.69.1.1.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Майстренко В.Н., Хамитов Р.З., Будников Г.К.* Эколого-аналитический мониторинг супертоксикантов. – М.: Химия, 1996. – 319 с.

2. *Мамонтова Е.А.* Гигиеническая оценка загрязнения диоксинами и родственными соединениями окружающей среды Иркутской области. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2001. – 141 с.

3. *Мамонтова Е.А., Мамонтов А.А., Тарасова Е.Н.* Загрязнение диоксинами и родственными соединениями окружающей среды Иркутской области (гигиенические аспекты проблемы): методич. пособие. – Иркутск: Типография издательства института географии СО РАН, 2000. – 48 с.

4. *Мамонтова Е.А., Тарасова Е.Н., Кузьмин М.И., Борисов Б.З., Бульбан А.П., Левшина С. И., Лепская Е.В., Трегубов О.Д., Юрченко С. Г., Мамонтов А.А.* Распределение стойких органических загрязнителей в системе почва – атмосферный воздух в Сибири и на Дальнем Востоке // Геоэкология. – 2014. – № 5. – С. 418–428.

5. Полихлорированные бифенилы (ПХБ) в Байкальском регионе: источники, дальний перенос и оценка риска (результаты гранта INTAS 2000-00140) / отв. ред. М.И. Кузьмин. – Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2005. – 52 с.

6. *Савченков М.Ф., Игнатьева Л.П.* Гигиена применения пестицидов в Сибири. – Иркутск: Изд-во Иркутского ун-та, 1994. – 184 с.

7. *Pozo K., Harner T., Lee S., Wania F., Muir D.C.G., Jones K.C.* Seasonally resolved concentrations of persistent organic pollutants in the global atmosphere from the first year of the GAPS Study // Environ. Sci. Technol. – 2009. – Vol. 43. – P. 796–803.

8. *Tarasova E.N., Mamontov A.A., Mamontova E.A., Klasmeier J., McLachlan M.S.* Polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs) and dibenzofurans (PCDFs) in Baikal seal // Chemosphere. – 1997. – Vol. 34. – P. 2419–2427.

ДЕТАЛИЗИРОВАННЫЕ ЧИСЛЕННЫЕ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ПОДВЕРЖЕННОСТИ СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТИ ГОРНЫХ ГЕОСИСТЕМ

П.Е. Марченко, Д.Р. Джаппуев, М.М. Гяургиева

Кабардино-Балкарский научный центр РАН,
Центр географических исследований, Нальчик
E-mail: cgrkbncran@bk.ru

THE DETAILED NUMERICAL ESTIMATES OF DEGREE OF SUSCEPTIBILITY OF MOUNTAIN GEOSYSTEMS TO TORRENTIAL DANGER

In this work, relying on the geoinformation methodology of a numerical integrated assessment of degree of susceptibility of geosystems to natural hazards being developed in the Center of geographical researches of KBSC of the Russian Academy of Sciences, unique in their detailing for today results of a numerical assessment of degree of torrential danger to some most characteristic from the point of view of susceptibility to sill (torrential mudflows) mountainous areas of KBR are presented.

Необходимость проведения работ в части анализа имевших место фактических проявлений селевой деятельности в наиболее характерных с точки зрения селевой опасности районах и на их основе численной оценки фактической селевой опасности обуславливается фактом подверженности значительной территории горных районов КБР и других республик Северного Кавказа селевой опасности.

В работе представлены результаты реализации развиваемой в Центре географических исследований КБНЦ РАН геоинформационной методологии численной интегральной оценки подверженности геосистем опасным природным

процессам (ОПП) [1; 2] для получения уникальных по степени детализации численных оценок фактической селевой опасности для конкретных территориальных систем Кабардино-Балкарской Республики С. Верхний Баксан, Эльбрусского района и С. Булунгу, Чегемского района.

Положения методологии численной интегральной оценки степени подверженности геосистем ОПП, опирающейся на геоинформационные модели и методы, представлены, например, в [1]. Основным элементом структурирования (модельного структурирования) геосистем, представления и анализа геоинформации о подверженности геосистем совокупности ОПП является геотаксон [1]. Настоящие исследования проводилось, в определяющей степени, опираясь на материалы, полученные в результате комплексных полевых исследований, проведенных сотрудниками ЦГИ КБНЦ РАН (напр., [3]).

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. Балльная шкала опасности представлена, например, в [2].

Ниже на рис. 1 представлены результаты численной оценки степени фактической подверженности отдельных участков С. Верхний Баксан КБР селевым потокам, полученные на основе анализа фактических данных за последние 150 лет.

Особенностью рассматриваемой территории является то, что на данном участке существует два селевых бассейна, несущие прямую угрозу населенному пункту – Сылтран-Су и Кыртык, на конусе выноса которых и расположилось С. Верхний Баксан.

Практически аналогичная ситуация селевой опасности, правда с другими объемами селевых масс, сложилась в райо-

не села Булунгу КБР которое также расположено в зоне непосредственного воздействия двух селеопасных рек – Сылык-Су и Булунгу-Су.

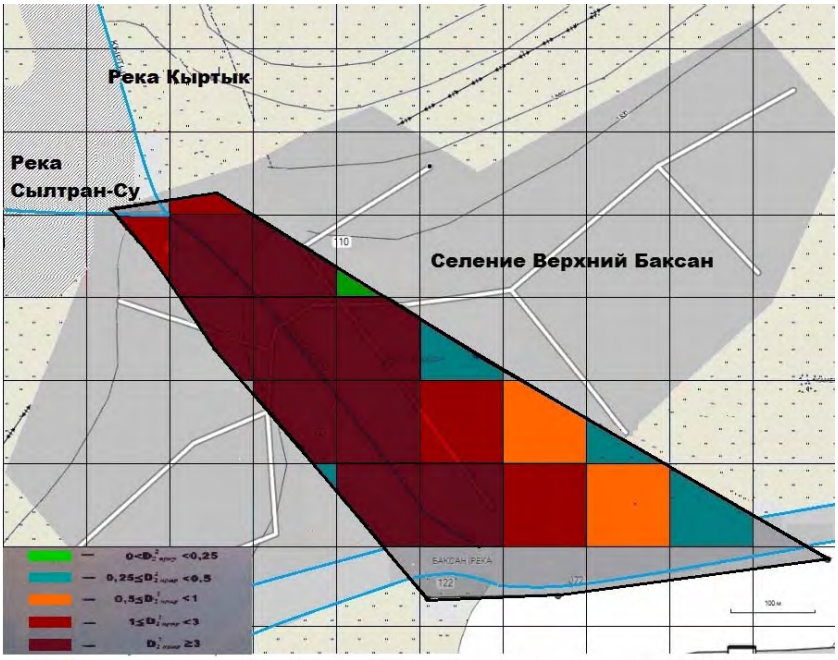


Рис. 1. **Результаты численной оценки фактической природной опасности геотаксонов, составляющих часть территории С. Верхний Баксан КБР, находящихся непосредственно в зоне конуса выноса селевых потоков**

Площадь конуса выноса оконтурена черной линией.
Размеры геотаксонов 100 × 100 м

На рис. 2 в картографической форме с разделением на пять градаций опасности представлены результаты численной оценки степени фактической подверженности различных участков С. Булунгу Кабардино-Балкарской Республики селевым потокам, полученные на основе анализа фактических данных.

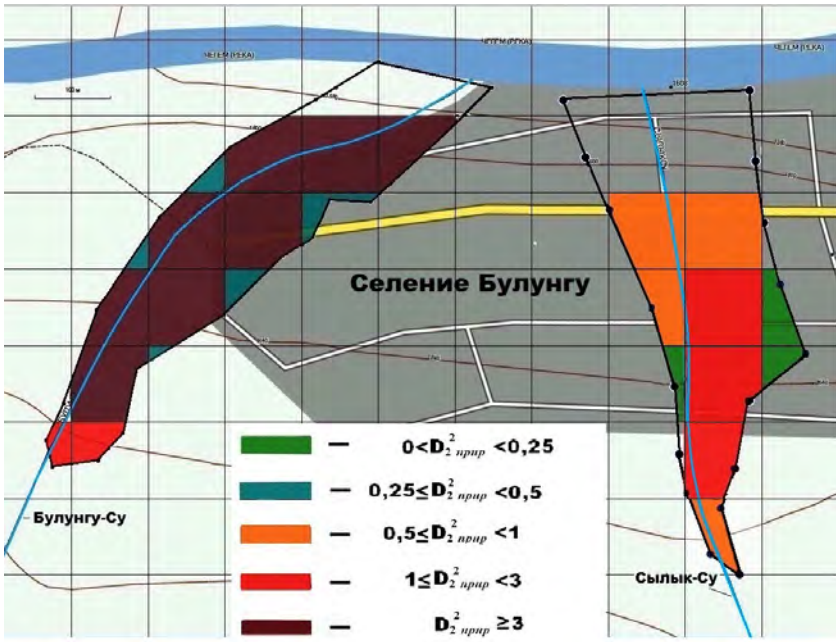


Рис. 2. **Результаты численной оценки степени фактической подверженности различных участков С. Булунгу Кабардино-Балкарской Республики селевым потокам**

Площади конусов выноса оконтурены черной линией.
Размеры геотаксонов 100 × 100 м

Для примера приведем сжатую интерпретацию результатов на рис. 2.

По результатам исследований, представленных в картографической форме на рис. 2, общее число геотаксонов, подверженных воздействию селей, равно 25 для обеих селеопасных рек (15 – для р. Булунгу и 10 – для р. Сылык-су).

1. Градация $0 < D^2_{2прир.} < 0,25$.

Данная градация соответствует случаям минимальных балльных оценок опасности конкретных ОПП, в данном случае селей, равных 1 для конкретного узла, при этом мак-

симально возможное количество узлов геотаксона, подверженных воздействию опасных процессов равно 3.

2. Градация $0,25 \le D^2_{2_{прир.}} < 0,5$.

Всего таких геотаксонов в данном исследовании 5 (все в бассейне р. Булунгу). Для данной градации в общем случае интерпретация уже не представляется однозначной. В данном конкретном случае ситуация следующая: в одном случае соответствие значений $D^2_{2_{прир.}}$ данной градации обусловлено минимальным воздействием в один балл на 5 узлов соответствующего геотаксона, в оставшихся случаях имеет место либо воздействие с оценкой опасности 2 балла на один узел, либо воздействие для соответствующего геотаксона с оценкой опасности 1 балл на 2 узла и с оценкой опасности в 2 балла на один узел.

3. Градация $0,5 \le D^2_{2_{прир.}} < 1$.

Геотаксонов с оценками опасности, лежащими в указанном интервале, 4 (все в бассейне р. Сылык-Су). Максимальное значение $D^2_{2_{прир.}}$ из данной градации обусловлено сочетанием воздействий с оценками опасности в один балл на 7 узлов и с оценками опасности в 2 балла на 2 узла одного и того же геотаксона.

4. Градация $1 \le D^2_{2_{прир.}} < 3$.

Геотаксонов с оценками опасности, лежащими в указанном интервале 5 (2 – бассейн р. Булунгу, 3 – бассейн р. Сылык-Су). В двух случаях (для геотаксонов, расположенных в бассейне р. Булунгу) значения $D^2_{2_{прир.}}$ из этой градации обусловлены появлением узлов, подверженных воздействию селей с оценками опасности в 3 балла, при этом имеет место либо воздействие на 2 узла с оценками опасности в 3 балла, либо на 3 узла с оценками опасности в 3 балла в сочетании с воздействием в 2 балла на 2 узла.

5. Градация $D^2_{2_{прир.}} \geq 3$.

Геотаксонов с оценками опасности, лежащими в указанном интервале всего 8 – все в бассейне р. Булунгу. В данном случае значения $D^2_{2_{прир.}}$ из данной градации обусловлены максимальным, по сравнению с предыдущими градациями, разнообразием сочетаний балльных оценок опасности в узлах; при этом воздействию подвержены более 80% узлов (при усреднении по всем 8 геотаксонам из данной градации), из них в среднем 7 узлов имеют оценку опасности в 3 балла.

Таким образом, впервые в практике подобных работ получены уникальные по своей детализации численные интегральные оценки фактической селевой опасности районов сел Верхний Баксан и Булунгу, которые могут служить основой для разработки всего комплекса мероприятий, связанных с обеспечением безопасности людей и хозяйственных объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Марченко П.Е.* Геоинформационные модели и методы интегральной оценки природно-техногенной опасности территориальных систем: автореф. дис. … д.т.н. – СПб, 2010. – 44 с.

2. *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.

3. *Джаппуев Д.Р., Гяургиева М.М.* Характеристика селевой деятельности в бассейнах рек Кыртык, Сылтран-Су и Адыр-Су за последние 150 лет (район села Верхний Баксан) // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2015. – № 1. – С. 91–96.

ИЗУЧЕНИЕ ОЦЕНКИ КАРСТОВОГО РИСКА ДЛЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

С.А. Махнатов

ОАО «НИИ «Проектная территориальная Мастерская № 17», Нижний Новгород
Московский государственный строительный университет
E-mail: geolog305@yandex.ru

STUDY OF KARST RISK ASSESSMENT FOR LAND USE PLANNING

The article includes the analysis of karst risk assessment for land use planning. Study shows necessity for using in assess of constructional parameters and parameters of karst forms. Reasonable if these parameters will be joined for solving problems of karst risk assessment.

В ходе карстологических исследований устанавливается карстовая опасность территории, характеризующаяся категориями и соответствующими параметрами (интенсивность провалообразования и средний диаметр карстового провала). Но как установить критерии риска для оценивания целесообразности хозяйственного освоения этих самых территорий?

Приобретенный опыт по различным подходам требует дополнительного анализа и обобщения.

Сторонниками теоретической основы д.г-м.н. А.Л. Рагозина отмечается, что оценка карстового риска возможна лишь в крупном масштабе (на региональном уровне), а попытки построения карт риска более мелкого масштаба возможна лишь при детальном изучении карстового процесса [2]. Именно географического подхода, по мнению к.т.н. В.В. Толмачева, необходимо избегать при оценке риска для принятия

проектных решений. Исследования прошлых лет [3] подсказывают, что для оценки риска опасных геологических процессов необходимо знать целевое назначение этой процедуры.

В качестве примера приводится использование параметров карстовой опасности территории, где возможно образование карстовых провалов [3–6]:

– (λ) интенсивность провалообразования вместо (провалов/1 год × км^2) применено (провалов/100 лет × 1 га) для соотношения с размерами строительной площадки;

– совместно со средним диаметром ($d_{ср}$) используется максимальный диаметр (d_{max}) для применения стохастических закономерностей образования карстовых провалов.

– допустимый карстовый риск (R_n) применяется добровольно для сопоставления с вероятностью образования карстового провала для цели принятия проектных решений [5].

Чтобы представить риск, который может существовать для планируемых территорий на закарстованных территориях целесообразно рассмотреть примеры инцидентов (происшествий, вызванных карстовыми проявлениями и т.п.), возникающих в пределах тех или иных зон (см. табл.).

Подтипы карстовой опасности, использованные в табл.: B_1 (провалы); B_2 (локальные оседания); B_3 (старые карстовые воронки); B_4 (неравномерные осадки); B_5 (общие оседания); B_6 (карстовые или карстово-суффозионные просадки); C_1 (водоприток трещинно-карстовых вод в подземные сооружения); C_2 (аномалии в карстующихся породах); C_3 (аномалии в покровных отложениях).

Виды зон по «Градостроительному кодексу РФ» (ФЗ-190):

– Ж1 – зоны застройки индивидуальными жилыми домами;

– Ж2 – зоны застройки малоэтажными жилыми домами;

– Ж3 – зоны застройки среднеэтажными жилыми домами;

Таблица

Соответствие аварийных случаев типам карстовой опасности [4; 6] **и видам зон территориального планирования**

ВИДЫ ЗОН ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ		типы (В и С) карстовой опасности по В.В. ТОЛМАЧЁВУ								
		ТИП В						ТИП С		
		ПОДТИПЫ								
		В1	В2	В3	В4	В5	В6	С1	С2	С3
Ж	Ж1									
	Ж2									
	Ж3									
	Ж4									
	Ж5									
ОиК	ОиК1									
	ОиК2									
	ОиК3									
	ОиК4									
ПиИТИ	ПиИТИ1									
	ПиИТИ2									
	ПиИТИ3									
СХ	СХ1									
	СХ2									
Р										
ОО										
СН										
ВО										

большое число случаев (20 и выше)	значительное число случаев (до 20)	незначительное число случаев (до 5)	малое число случаев (до 2)	отсутствие наблюдаемых случаев	

– Ж4 – зоны застройки многоэтажными жилыми домами;

– Ж5 – зоны жилой застройки иных видов;

– ОиК1 – деловые, общественные и коммерческие зоны;

– ОиК2 – зоны социального и коммунально-бытового назначения;

– ОиК3 – зоны обслуживания объектов;

– ОиК4 – общественно-деловые зоны иных видов;

– иИТИ1 – коммунальные зоны;

– ПиИТИ2 – производственные зоны;

– ПиИТИ3 – иные виды производственной, инженерной и транспортной инфраструктур;

– СХ1 – зоны сельскохозяйственных угодий;

– СХ2 – зоны объектов сельскохозяйственного назначения;

– Р – зоны рекреационного назначения;

– ОО – зоны особо охраняемых территорий;

– СН – зоны специального назначения;

– ВО – зоны военных объектов и иные специальные зоны.

Известно [4], что многие инциденты общественностью приняты в разряд прецедентов и всегда приводятся в пример, когда речь идет о карстовой опасности.

В территориальном планировании для оценки карстового риска правомерно пользоваться категориями, позволяющими соизмерить опасность тех или иных процессов и характеристики выделяемых территорий. Целесообразность этого задана в «Градостроительном кодексе РФ» (190-ФЗ). Согласно принципу устойчивого развития, рассматриваемый вид природного ресурса – это территория, используемая для хозяйственной деятельности человека. Поэтому разумно предложить не абстрагироваться от инженерных особенностей объектов, размещаемых на ней, а стремиться к использованию параметров их возможного взаимодействия с карстоопасным основанием при оценивании риска.

Каждому виду зон территориального планирования соответствуют характерные наборы конструктивных особенностей тех или иных зданий и сооружений. Среди проявлений карста при взаимодействии с инженерными системами возможно выделить их свойства, влияющие на степень оказываемого воздействия:

– размер (диаметр, глубина, форма в плане и в разрезе, объем);

– скорость (интенсивность формирования);

– сопутствующие процессы (повторное проявление, последующее увеличение в размерах и т.д.).

Степень воздействия определяется исходя из возможности инженерной системы (здания или сооружения), располагаемой на территории не суметь сохранить свое изначальное состояние, а также перейти в такое состояние, при котором для ее восстановления понадобится дополнительная затрата ресурсов.

Если риск возможного события можно представлять, как вероятность наступления последствий, вызванных тем или иным воздействием, влияющим на возможность системы не остаться в своем исходном состоянии. Тогда, подытожив исследования В.В. Толмачева и А.Л. Рагозина, карстовый риск следует понимать, как вероятность наступления негативных последствий (перемещение фундаментной части и т.д.), вызванных тем или иным посткарстовым проявлением, влияющим на возможность рассматриваемых объектов (технических или биоты) не остаться в своем изначальном состоянии. При чем для возврата в исходное состояние необходима затрата дополнительных ресурсов.

Пример (аналог аварии «Дзержинск-Химмаш», 1992 г.): при проектировании на карстоопасной территории (с возможностью образования карстового провала) каркасного здания существует вероятность образования провала под опорой с последующим перемещением опоры (мгновенным при отдельно стоящей опоре или постепенной в случае наличия противокарстового фундамента), вызывающим цепочку последствий:

– прогрессирующее обрушение;

– деформации (затухающие или растущие во времени) и т.д.

Выводы. При оценке карстового риска объектом исследования являются биота и технические объекты в зоне их взаимодействия с литосферой, где происходят карстовые

процессы. В задачи оценки карстового риска входит оценка возможных последствий вследствие изменений жизнеобеспечивающего ресурса (в данном случае территории) под влиянием карстового процесса [1; 7].

Параметры карстоопасности и параметры территорий возможно использовать для оценки риска и перехода к объектному проектированию. Следующим этапом предполагается использование механизма провалообразования в качестве параметра для оценки карстового риска.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геоэкология // Экологическая энциклопедия: в 6 т. – Т. 2: Г–И / гл. ред. В.И. Данилов-Данильян. – М.: Энциклопедия 2010.

2. *Рагозин А.Л., Елкин В.А.* Количественная оценка карстового риска на локальном и региональном уровнях // Карстоведение – XXI век: теоретическое и практическое значение: материалы Международного симпозиума. – Пермь: Изд-во Пермского университета, 2004. – С. 36–44.

3. *Толмачев В.В., Давыдько Р.Б., Махнатов С.А., Уткин М.М.* Анализ причин аварий и ущербов зданий и сооружений в карстовых районах // Материалы Международной научно-практической конференции «ГЕОРИСК–2012». – М., 2012, – С. 330–335.

4. *Толмачев В.В., Махнатов С.А., Уткин М.М., Давыдько Р.Б.* Основные результаты исследований по оценке карстового риска при строительстве // Проектирование и инженерные изыскания. – 2013. – № 2. – С. 40–47.

5. *Толмачев В.В.* О допустимых рисках строительства в карстовых районах// Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2007. – № 5. – С. 19–21.

6. *Толмачев В.В.* Проблемы инженерно-строительного освоения закарстованных территорий в свете требований Федеральных законов России // Проектирование и инженерные изыскания. – 2011. – № 1. – С. 36–39.

7. *Трофимов В.Т, Зилинг Д. Г.* Экологическая геология: учебник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2002. – 415 с.

ОЦЕНКА И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ СЕЛЕОПАСНОСТИ И СЕЛЕВОГО РИСКА

А.Р. Медеу, Т.Л. Киренская

ТОО «Институт географии» МОН РК, Алматы
E-mail: ingeo_2009@mail.ru

ASSESSMENT AND MAPPING OF THE RISK OF DEBRIS AND SELEOPASNOSTI

To the technique of the medium-sized assessment seleopasnosti and debris risk mapping.

Одним из основных направлений современного селеведения является исследование возможностей обеспечения селебезопасности посредством управления селевым риском. Базовой составляющей системы риск-менеджмента является оценка селевого риска и ее визуализация в виде тематических карт. Особенно важными являются средне- и крупномасштабные оценки и их картографическое представление.

С конца XIX в. до настоящего времени в картографировании селевых явлений преобладающим является разработка методик, реализация которых представляется классификациями территорий распространения селей по какому-либо одному или нескольким критериям и объединяемыми под общим названием картами «селеопасности». Фактически существующие карты по использованному главному классификационному критерию предствляют собой карты «селеносности», «селеактивности» территорий, а также «угрожаемости селей».

Согласно исследованиям Института географии МОН РК, селевой риск следует определять как функцию риска возникновения и риска воздействия селей. В аспекте этой концепции для оценки селевого риска разработана мето-

дика, содержащая блоки оценки риска возникновения селей, риска воздействия селей и интеграционной оценки селевого риска и включающая следующие основные процедуры.

При оценке риска возникновения создается общая модель (образ) селевого явления, отражающие его физическую сущность; выявляются факторы, обуславливающие опасность возникновения селей; разрабатываются сценарии реализации рисковых ситуаций, описывающие процессы возникновения и развития селей различной мощности; определяется вероятность возникновения и развития селей при реализации тех или иных сценариев их возникновения. При качественном оценивании риска возникновения используются лингвистические определения категорий, выделяемых с различной степенью детализации (высокая, средняя, низкая и т.д.). Процедуры качественного оценивания осуществляются с применением методов качественного анализа – квалиметрии.

При оценке риска воздействия определяются зоны негативного воздействия; выявляются реципиенты прямого и косвенного воздействия селей из социо-, техно- и экосфер; определяются характеристики реципиентов, в том числе их значимость (социальная, гуманитарная, экономическая и др.), а также уязвимость, обусловленная внутренними свойствами реципиентов (стационарность или периодичность местона-хождения, адаптированность к восприятию негативного воздействия и т.д.) и защищенность, зависящая от внешних условий (наличие защитных сооружений, систем обеспечения безопасности и т.д.). Последние отражают вероятность объектов социо-, техно- и экосфер действительно стать реципиентами негативного воздействия селей; оценивается степень негативного воздействия на реципиентов по степени нарушения их устойчивости и соответствующих последствий. Комплексация оценок осуществляется с применением квалиметрии. В блоке интегральной оценки селе-

вого риска осуществляется агрегирование оценок его рисков возникновения и воздействия.

Результаты оценки представляются в виде классификации риска возникновения (селеопасности), риска воздействия и селевого риска и их картографических отображений.

В связи с тем, что при выполнении процедур оценивания собирается большое количество информации, которая в силу своей мозаичности трудно поддается интерпретации, предлагается методика структуризации и выделения главных переменных, которые и должны отражаться на картах, на основе использования инструментария синергетической методологии – понятий аттракторов и параметров порядка. Аттрактор – структура, отличающаяся особой устойчивостью ко всякого рода несущественным влияниям, на которые неизбежно выходят процессы в связи с притягиванием к себе в фазовом пространстве. Формально они описывают поведение исследуемого объекта в пространстве и во времени. Конечный набор параметров порядка определяет поведение изучаемых объектов в целом, подчиняя себе поведение отдельных частей системы.

При картографировании селеопасности, исходя из результатов исследований в качестве аттрактора принимаются селевые очаги и селевые русла, определяющие векторальность процессов. Главным параметром порядка, генерируемым системой факторов и описывающим поведение системы формирования селей, принимаются значения их расходов и повторяемости. Степень селеопасности определяется непосредственно для водотока, а также для его бассейна и конуса выноса. В последних двух случаях она оценивается по доли территории, участвующей в процессах селеформирования, от общей ее площади (в %).

При картографировании риска воздействия в качестве аттрактора принимается зона распространения селевого потока при движении максимально крупного из возможных. Именно здесь концентрированно проявляется свойства сис-

темы, определяющие разрушительную силу прямого воздействия селей. Параметрами порядка воздействия принимаются степени нарушения устойчивости реципиентов из социо-, техно- и экосфер. Рассматриваются также зоны бассейна, прилегающие к аттрактору, как территории косвенного негативного влияния селей с соответствующей оценкой нарушения устойчивости реципиентов в силу их функциональной зависимости от объектов, подвергшихся прямому негативному воздействию.

Картографирование селевого риска осуществляется путем наложения карт селеопасности и риска воздействия при использовании ГИС технологий (рис. 1, 2).

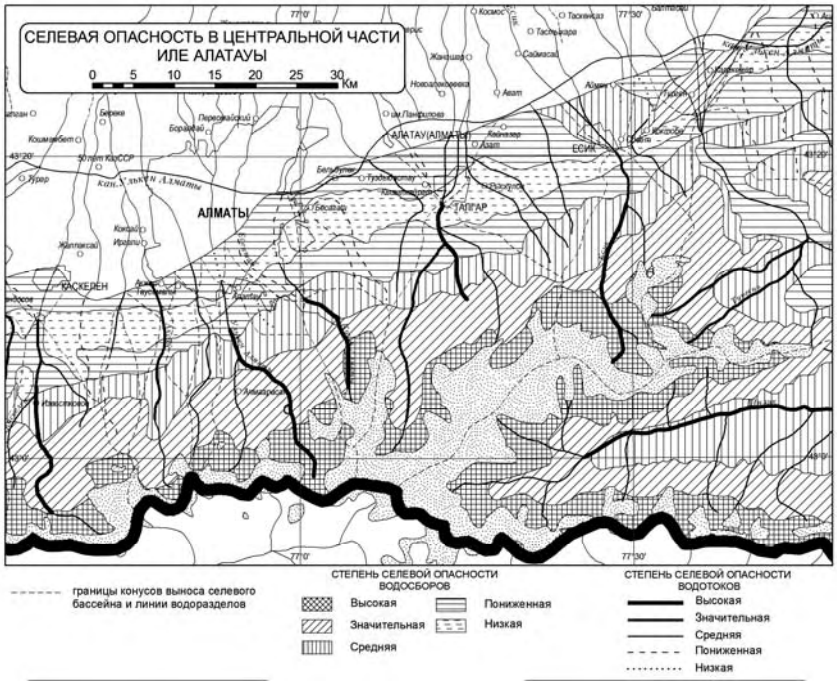


Рис. 1. **Фрагмент карты селевой опасности, составленной ИГ МОН РК и опубликованной в «Атласе ЧС Республики Казахстан»**

КРИТЕРИИ СТЕПЕНИ СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТИ

Степень селевой опасности	Параметры					
	Селевого очага и селеносного русла		Водосбора селевого очага и селеносного русла		Конуса выноса	
	Расход селевого потока, $м^3/с$	Повторяемость селевых явлений , 1раз в N лет	Степень селевой опасностиселевого очага и селеносного русла	Доля площади, участвующей в процессе селеформирования, %	Степень селеопасности селеносного русла	Наличие (+) или отсутствие (-) селезащитных сооружений
Высокая	500 -1000 и более	Любая	Высокая	Более 50	Высокая	-
	200 -500	50- чаще				
	100 -200	20 и чаще	Значительная	Более 75		
	50-100	10 и чаще				
	10 -50	5 и чаще				
Значительная	200-500	100	Высокая	50	Высокая	+
	100-200	50 и реже				
	50-100	20	Значительная	75 -50	Значительная	-
	10-50	10				
	Менее 10	5 и чаще	Средняя	Более75		
Средняя	100-200	100	Высокая	50-20	Значительная	+
	50-100	50	Значительная	50		
	10-50	10	Средняя	50-75	Средняя	-
			Пониженная	75		
Пониженная	10-50	20	Высокая	20-10	Средняя	+
			Значительная	50-20		
	Менее 10	10	Средняя	50-20	Пониженная	–
			Пониженная	50-75		
			Низкая	Более 75		
Низкая	10-50	50	Высокая или значительная или средняя	10	Пониженная	+
	Менее 10	10	Средняя	20		
			Пониженная	50-20		
			Низкая	75-50		
			Очень низкая	Более 75	Низкая	-

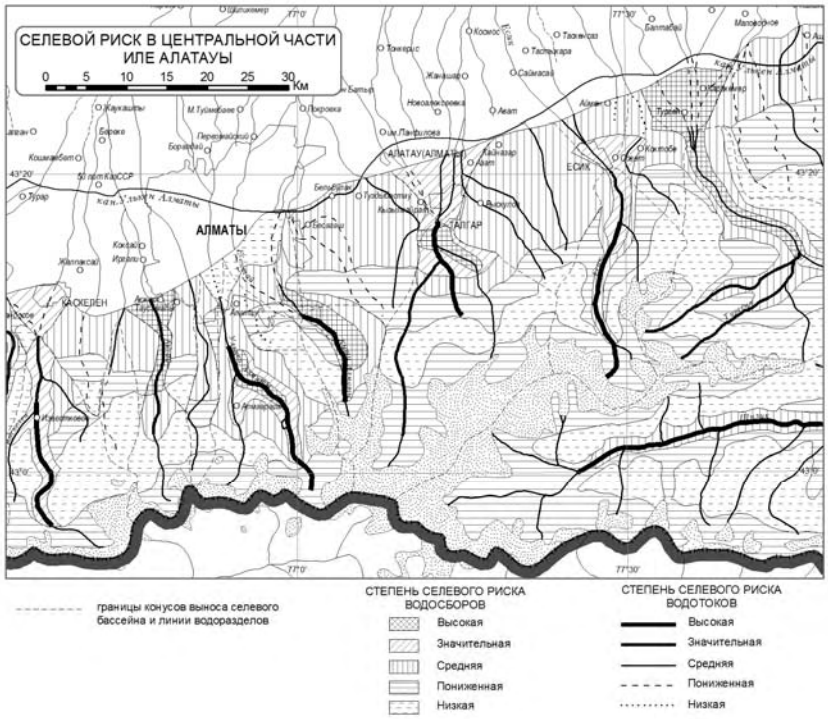


Рис. 2. **Фрагмент карты селевого риска, составленной ИГ МОН РК и опубликованной в «Атласе ЧС Республики Казахстан»**

ПОКАЗАТЕЛИ СЕЛЕВОГО РИСКА

Селевой риск	Показатели	
	Селеопасность	Риск воздействия
Высокий	Высокая	Высокий
		Значительный
	Значительная	Высокий
Значительный	Высокая	Средний
	Значительная	Значительный
	Средняя	Высокий
Средний	Высокая	Пониженный
	Значительная	Средний
	Средняя	Значительный
		Средний
	Пониженная	Высокий
		Значительный
Пониженный	Высокая	Низкий
	Значительная	Низкий
	Средняя	Низкий
	Пониженная	Средний
		Пониженный
		Низкий
	Низкая	Высокий
		Значительный
		Средний
Низкий	Высокая	Очень низкий
	Значительная	Очень низкий
	Средняя	Очень низкий
	Пониженная	Очень низкий
	Низкая	Пониженный
		Низкий
	Очень низкая	Высокий

ПОКАЗАТЕЛИ РИСКА НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Риск воздействия	Степень воздействия	Площадь воздействия, %
Высокий	Высокая	75 и более
	Значительная	75 и более
Значительный	Высокая	50-75
	Значительная	75-50
	Средняя	50 и более
Средний	Высокая	50
	Значительная	20-50
	Средняя	20-50
	Пониженная	50 и более
	Низкая	50 и более
Пониженный	Высокая	10-50
	Значительная	10-20
	Средняя	20-50
	Пониженная	20-50
	Низкая	50-75
Низкий	Высокая	менее 10
	Значительная	менее 10
	Средняя	20 и меньше
	Низкая	10-50
	Очень низкая	20 и более

ОБОСНОВАНИЕ ТИПОВЫХ СХЕМ ПРОТИВООПОЛЗНЕВОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ

М.В. Минина, В.А. Королев

Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова
E-mail: minina86@yandex.ru, va-korolev@bk.ru

ABOUT SUBSTANIATION OF TYPICAL ENGINEERING PROTECTION'S SCHEMES IN THE MZYMTA RIVER VALLEY

On the base of the structure of the landslide types in the Mzymta river valley, the selected landslide characteristics and analysis of effectiveness of existing engineering protection, was supported an approach of substantiation of comprehensive landslide engineering protection standard schemes.

Оползни являются одними из самых распространенных опасных геологических процессов (ОГП), экономический ущерб от которых во всем мире ежегодно оценивается в несколько миллиардов долларов. В этой связи освоение территорий, подверженных оползневой опасности и риску, всегда сопровождается всевозможными дорогостоящими мероприятиями противооползневой инженерной защиты. Данные мероприятия снижают риск проявления оползней до требуемого уровня и позволяют осваивать такие территории. Однако это очень существенно удорожает все виды строительства на таких территориях.

До последнего времени разработка схем противооползневой инженерной защиты на подобных территориях проводилась в соответствии с действующими регламентами (СП 116.13330.2012, ГОСТ 54257-2010 и т.п.). Эта работа, по сути, представляла для каждой территории создание

уникальной (индивидуальной) системы инженерной защиты.

Между тем, по нашему мнению, можно предложить схемы инженерной противооползневой защиты, которые были бы наиболее оптимальными и наиболее эффективными для территории с конкретными инженерно-геологическими условиями. Такие схемы инженерной защиты можно назвать типовыми.

Исходя из этого, *типовой схемой инженерной защиты называется комплекс профилактических и конструктивных мероприятий инженерной защиты от ОГП, который наиболее эффективен в данных (типовых) инженерно-геологических условиях*.

Трудности борьбы с оползневыми явлениями, недостаточная эффективность инженерных противооползневых мероприятий и их очень высокая стоимость нередко связаны с такими причинами, как отсутствие комплексной оценки оползневой опасности либо неправильно в методическом отношении проведенные инженерно-геологические изыскания [1; 8].

Одним из вариантов возможного повышения эффективности систем инженерной противооползневой защиты как раз и может стать разработка вышеуказанных типовых схем защиты, применение которых в подобных инженерно-геологических условиях может существенно снизить затраты на их проектирование и создание без снижения качества. Однако пока методика разработки подобных схем применительно к типовым оползням отсутствует. В связи с этим возникает необходимость разработки типовых схем инженерной защиты от опасных оползней, что может существенно удешевить реализацию защитных мероприятий.

Главным методическим подходом, обосновывающим это предложение, является хорошо известный метод аналогий. На базе метода аналогий как раз и выделяются территории, сходные по основным параметрам инженерно-геоло-

гических условий. А далее для них применяются аналогичные схемы инженерной защиты.

Применительно к противооползневым мероприятиям основная идея реализации типовых схем состоит в том, что для определенных типов оползней можно заранее предложить наиболее рациональные и наиболее эффективные схемы инженерной защиты, которые принимаются как типовые, а затем для выделенных на изучаемой территории типов оползней можно уверенно рекомендовать те или иные готовые варианты противооползневой инженерной защиты. Это может очень существенно снизить экономические затраты.

Таким образом, для реализации указанной идеи необходимо предварительно провести типизацию самих оползней, а затем для каждого выделенного типа обосновать наиболее рациональную схему инженерной защиты.

Анализ литературы [2–5; 7–8] показывает, что типизация оползневых процессов с целью обоснования инженерной защиты на территории изысканий должна проводиться на основе таких параметров, как механизм смещения, геометрические и геоморфологические характеристики оползневых зон, гидрогеологические условия, наиболее значимые факторы оползнеобразования. Оценка этих параметров должна проводиться на основе анализа фондовых данных, применения статистических методов, использования данных дистанционного зондирования земли и т.д. Кроме учета вышеуказанных параметров при обосновании типовых схем противооползневой инженерной защиты необходимо учитывать геологическое строение оползней, а также необходим комплексный, детальный, критический, совмещенный с натурными обследованиями анализ эффективности и надежности, ранее проведенных мероприятий по инженерной защите на рассматриваемой территории в увязке с их инженерно-геологическим обоснованием.

Исходя из этого общая методика решения поставленной задачи может быть представлена в виде следующей схемы (рис.).

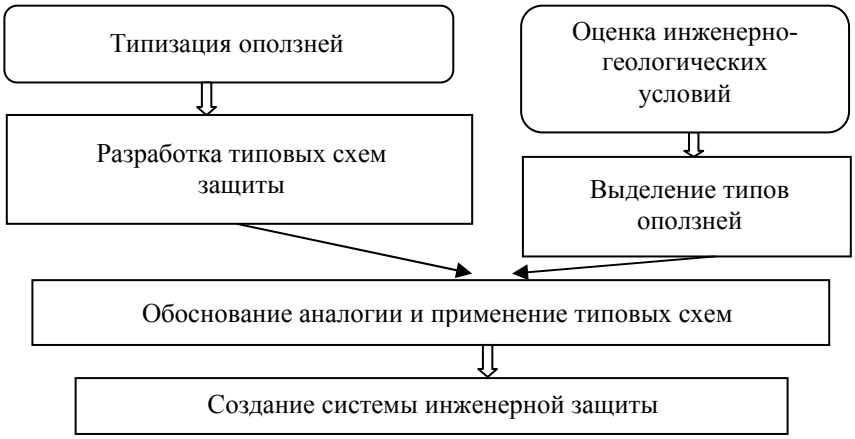


Рис. **Схема создания противооползневой инженерной защиты на основе типовых схем**

Реализация этой идеи проводилась нами на примере территории долины р. Мзымта (Краснодарский край), которая подвержена различной оползневой опасности и риску при ее освоении, в том числе при строительстве и эксплуатации Олимпийских объектов, возведенных к олимпиаде «Сочи–2014».

На основе вышеописанных методических принципов для указанной территории нами были разработаны 5 типовых схем противооползневой инженерной защиты применительно к 5 типовым оползням. Каждая принципиальная типовая схема инженерной защиты имеет подтипы, что связано с вариабельностью факторов и условий развития оползневых процессов, определяющих особенности противооползневой инженерной защиты.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Королев В.А.* Инженерная защита территорий и сооружений. – М.: КДУ, 2013. – 470 с.

2. Методические рекомендации по предотвращению оползней на автомобильных дорогах Таджикской ССР. – М.: СоюздорНИИ, 1977. 34 с.

3. Методические рекомендации по проектированию и строительству поддерживающих сооружений земляного полотна автомобильных дорог в оползневых районах на базе буронабивных свай и анкерных креплений. – М.: СоюздорНИИ, 1988. – 56 с.

4. Методические рекомендации по проектированию и строительству свайных противооползневых конструкций на автомобильных дорогах. – М.: СоюздорНИИ, 1977. – 43 с.

5. Методические рекомендации по противооползневым мероприятиям на автомобильных дорогах в условиях Молдавской ССР. – М.: СоюздорНИИ, 1975. – 51 с.

6. *Пантелеев И.Я., Попов И.В., Клевцов И.А., Макеев З.А., Царев П.В*. Оползни и борьба с ними. – Ставрополь: Ставропольское книжное издательство, 1964. – 246 с.

7. Рекомендации по количественной оценке устойчивости оползневых склонов. – М.: ПНИИИС Госстроя СССР, Стройиздат, 1984. – 45 с.

8. Руководство по проектированию противооползневых и противообвальных защитных сооружений. – М.: ЦНИИС Минтрансстроя, 1983. – 59 с.

СОСТОЯНИЕ ЗАЩИТНЫХ И БЕРЕГОУКРЕПИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПЕРМСКОГО КРАЯ

А.В. Михайлов, А.Б. Китаев

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь
E-mail: hydrology@psu.ru

STATE OF THE PROTECTIVE AND COAST PROTECTING STRUCTURES OF PERM KRAI

Shows the current state of defence and coast protecting structures in various parts of the territory of Perm region, showing their types and departmental affiliation.

Важное место среди современных проблем Пермского края занимает проблема переработки и размыва берегов, затопления и подтопления населенных пунктов, объектов экономики и социальной инфраструктуры в береговых зонах камских водохранилищ и водотоков. С этой целью на территории Пермского края построено 105 защитных и берегоукрепительных сооружений, из них:

– 31 защитных дамб, дамб обвалований общей протяженностью более 88 км;

– 74 берегоукреплений общей протяженностью более 39 км.

Большинство защитных и берегоукрепительных сооружений выработали свой ресурс и не выполняют в полной мере свое назначение, года постройки датируются 1956–1957 гг. XX в. (защитная дамба г.Березники, берегоукрепление г. Добрянка). Большинство сооружений возведено хозяйственным способом без исследований и проектов.

Требуют капитального ремонта или реконструкции, 34 ГТС (29,7%), в том числе:

– 9 защитных дамб;

– 25 берегоукрепительных сооружений.

Анализ распределения защитных и берегоукрепительных сооружений на территории Пермского края показывает, что наибольшее их количество сосредоточенно в центральной части края, меньшее – на юго-западе, резко сокращается количество их на юго-востоке, особенно в горной части, и практически нет защитных и берегоукрепительных сооружений на северо-востоке (табл.).

Такое распределение защитных и берегоукрепительных сооружений по территории края обусловлено гидрографической сетью, рельефом, климатическими особенностями и потребностями человека (рис.).

По ведомственной принадлежности общее количество защитных и берегоукрепительных сооружений следующее:

1) в ведении администраций и муниципальных предприятий находится 26 ГТС (24,8%);

Таблица

Защитные и берегоукрепительные сооружения Пермского края [1]

Районы (территории подчиненные)	Количество сооружений		
	Защитные дамбы	Берего-укрепления	Всего
г. Пермь	2	13	15
Пермский район	3	10	13
г. Добрянка	–	7	7
Ильинский район	–	7	7
Кунгурский район	7	–	7
Нытвенский район	–	7	7
г. Чайковский	1	5	6
Кишертский район	6	–	6
г. Краснокамск	–	5	5
г. Березники	3	1	4
Еловский район	–	4	4
Очерский район	–	3	3
Суксунский район	1	2	3
Бардымский район	2	–	2
г. Чусовой	1	1	2
Осинский район	–	2	2
Частинский район	–	2	2
Юсьвинский район	–	2	2
Березовский район	–	1	1
г. Соликамск	1	–	1
Гайнский район	–	1	1
Карагайский район	1	–	1
Куединский район	1	–	1
Оханский район	–	1	1
Уинский район	1	–	1
Чернушинский район	1	–	1
И т о г о	31	74	105

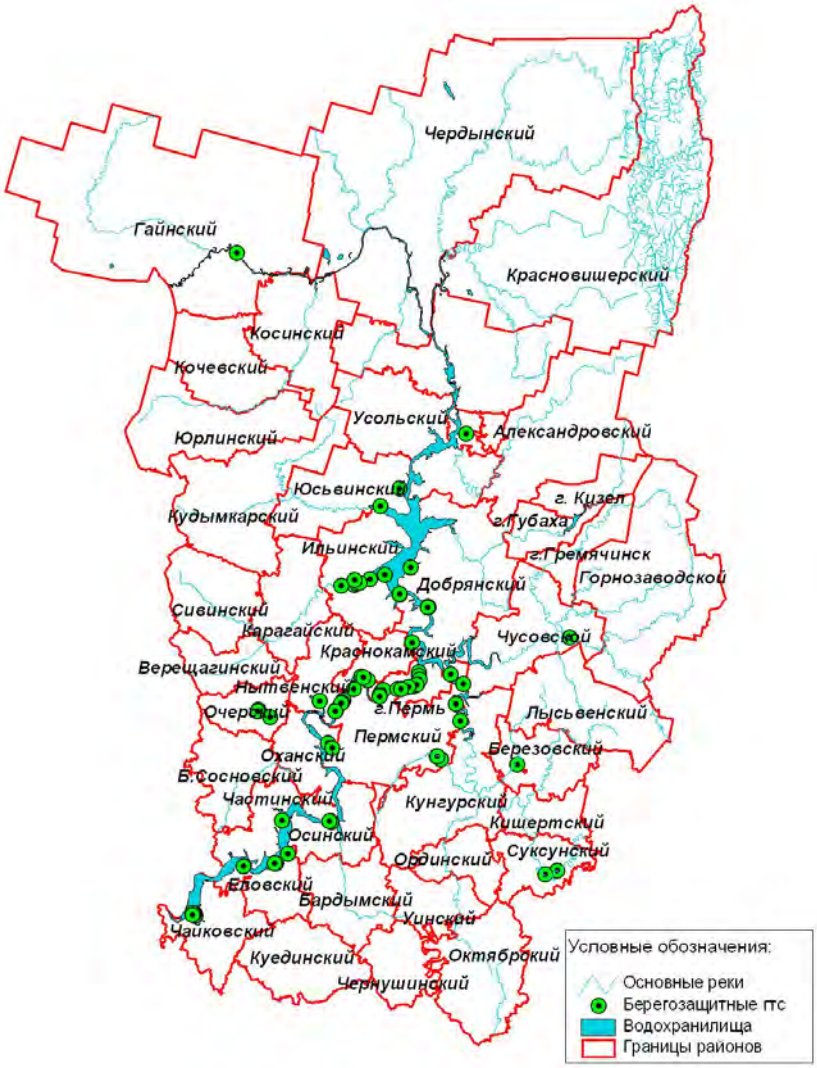


Рис. **Берегоукрепительные сооружения Пермского края**

2) в ведении ООО, ОАО, ТОО – 18 ГТС (17,1%);

3) в ведении частных граждан, в аренде всего – 14 ГТС (13,3%);

4) в ведении прочих организаций 13 ГТС (12,4%).

Количество защитных и берегоукрепительных сооружений, собственник которых не определен, составляет 34 ГТС (32,4%).

Из типов берегоукрепительных сооружений в Пермском крае распространены следующие:

– вертикальная стенка из железобетонного шпунта или из металлического шпунта «Ларсен-5» (с. Усть-Качка, набережная г. Перми; причальные сооружения городов Соликамск, Березники, Пермь);

– откосное крепление из сборного, монолитного, сборно-монолитного железобетона (гг. Оса, Пермь, Чайковский);

– каменная наброска (г. Кунгур, р. Ирень);

– ряжевое крепление (п. Ильинский; С. Частые);

– Террамеш и Зеленый Террамеш (западный обход г. Перми; С. Усть-Гаревая);

– матрасы Рено и габионы (с. Частые, г. Кунгур, р. Ирень, Шаква и т.д.);

– наносоудерживающие буны (пляж КамГЭС в г. Перми);

Единично применялись следующие типы защитных и берегоукрепительных сооружений на территории Пермского края:

– волногасящий парапет (г. Кунгур, р. Ирень);

– биологические крепления – биотекстиль (г. Кунгур, р. Сылва);

– метод геоинъекции (г. Кунгур, р. Сылва);

– траверсы (с. Барда, р. Тулва).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Михайлов А.В., Китаев А.Б.* Защитные и берегоукрепительные сооружения Пермского края: учеб. пособие. – 2-е изд.). – Пермь: ОТ и ДО, 2009. – 142 с.

МОНИТОРИНГ СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА С УЧЕТОМ ТЕХНОГЕННЫХ АВАРИЙ НА ПРИМЕРЕ г. Б. СОЧИ

В.И. Осипов*, В.И. Ларионов*, Н.И. Фролова*, С.П. Сущев**, А.Н. Угаров*

**Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва*
E-mail: frolova@esrc.ru
***Центр исследований экстрмальных ситуаций, Москва*
E-mail: esrc@esrc.ru

SEISMIC RISK MONITORING INCLUDING TECHNOLOGICAL ACCIDENTS: SOCHI CITY EXAMPLE

The paper analyzes the results of seismic vulnerability and risk monitoring for the Sochi City territory including the sites of the Olympic Complex, obtained in 2007, 2011, 2013 and 2014.

Оценка и картирование сейсмического риска осуществляются для обоснования решений о проведении превентивных мероприятий. Для оценки риска в РФ придерживаются единой концепции ООН, положенной в основу «Методики прогнозирования последствий землетрясений», одобренной Межведомственной комиссией по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций (МВК). Протокол от 19 января 2001 г. № 1 [1].

Согласно этой «Методики...» индивидуальный сейсмический риск R_s определяется как вероятность гибели человека в год при землетрясении на рассматриваемой территории.

Надежность оценок сейсмического риска зависит от полноты и достоверности данных о сейсмичности территории и сейсмической уязвимости застройки.

В рамках Программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 4 «Окружающая среда в условиях изменяющегося климата; экстремальные природные явления и катастрофы» были выполнены работы по оценке и мониторингу сейсмической уязвимости жилой и промышленной застройки г. Б. Сочи, построены карты сейсмического риска на разных стадиях проектирования и строительства Олимпийских объектов. По существу, впервые был осуществлен мониторинг сейсмического риска для урбанизированной территории с высоким уровнем сейсмической опасности.

При расчетах риска в качестве источника информации об уровне опасности использовались карты сейсмического микрорайонирования (СМР) территории города, включая участки расположения Олимпийских объектов, разработанной Институтом геоэкологии РАН. На рис. 1 приведены распределения площадей административных районов города с разным уровнем прогнозируемой сейсмической интенсивности I для T = 500 лет.

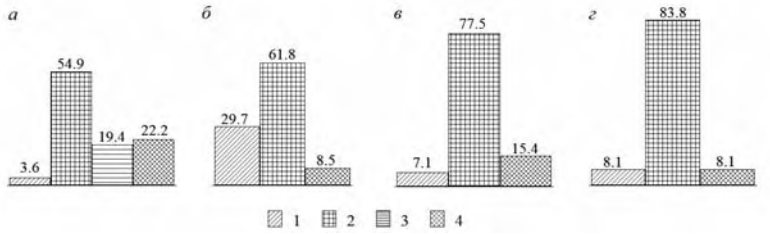


Рис. 1. **Диаграммы распределения площадей административных районов города с разным уровнем опасности в соответствии с картами СМР, %:**

1 – I = 7; 2 – I = 8; 3 – I = 8,5; 4 – I = 9; *а* – Адлерский район; *б* – Лазаревский район; *в* – Хостинский район; *г* –Центральный район

Для осуществления мониторинга риска на разных этапах в 2007, 2011, 2013 и 2014 гг. оценивалась изменяющаяся

уязвимость застройки. В качестве исходной информации об уязвимости использовались данные, полученные в рамках ФЦП «Создание Федеральной системы сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений» [2] и Паспорт безопасности города. На разных стадиях мониторинга актуализация данных об уязвимости застройки выполнялась на основе дешифрирования актуальных космических снимков высокого разрешения с учетом информации о планах строительства гостиниц и жилых многоквартирных зданий на территории города в соответствии с ФЦП «Развитие г. Сочи как горноклиматического курорта (2006–2014 гг.)».

Основными прямыми дешифровочными признаками, которые использовались при оценке класса уязвимости зданий являлись: форма и размеры вновь построенных зданий; структура их изображения, характеризующая материал и тип конструкции; ширина проездов. Для компенсации возможных погрешностей в определении моделей застройки по космоснимкам, уточнение данных об уязвимости было выполнено за счет совместного использования материалов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и наземных фотопанорам.

Процедура построения модели застройки квартала города с использованием фотопанорам включала: выявление дешифровочных признаков; уточнение материала и типа конструкции по выбранным признакам; присвоение класса уязвимости зданию в соотвестствии со шкалой MMSK-86 [3]. В процессе работ выделялись кварталы с указанием в них доли зданий типа Б, В, С7, С8, С9 по шкале MMSK-86 и их средних высот. На каждом этапе процедура уточнения застройки для 80 ранее выделенных кварталов города состяла в просмотре фотопанорам и их дешифроровании.

На рис. 2 и 3 показаны примеры совместного использования космоснимков и фотопанорам для уточнения класса уязвимости критически важных объектов и удаления данных о несуществующих объектах.

Рис. 2. **Топливно-заправочный комплекс**
ООО « Базовый АвиаТопливный Оператор», ул. Авиационная

Рис. 3. **Ранее не существовавшая автозаправочная станция, ул. Авиационная**

Выполненные работы по уточнению сейсмической уязвимости жилой и промышленной застройки в разные годы позволили осуществить мониторниг сейсмического риска. Полученные оценки риска для разных кварталов города варьируют от значений менее $1{,}0 \times 10^{-5}$ до весьма высоких, равных $30{,}0 \times 10^{-5}$ и более (табл.).

Таблица

Площади города с различными уровнями риска

Диапазон риска, 10^{-5}1/год	**% площади, R_s 2013, T = 500 лет**	**% площади R_s 2013, T = 1000 лет**	**% площади R_s 2007, T = 500 лет**
Менее 1	18,6	8,9	20,6
1–5	56,3	52,7	25,8
5–10	16,2	17,2	14,7
10–20	5,6	11,8	9,9
20–30	2,9	7,1	14,3
Более 30	0,3	2,4	14,7

Полученные значения сейсмического риска, учитывающие аварии на критически важных объектах (рис. 4), увеличивают значения риска не более, чем на 2%, что свидетельствует о незначительном вкладе техногенной составляющей.

Осуществленный на протяжении 7 лет мониторинг индивидуального сейсмического риска в г. Б. Сочи свидетельствует о тенденции к его снижению до приемлемого уровня для 30% территории города. Снижение обусловлено строительством сейсмостойких Олимпийских объектов и сносом ветхого жилья.

В г. Б. Сочи к 2032 г. прогнозируется рост численности постоянного населения на 29% с 402 тыс. чел. в 2008 г. до 518 тыс. чел. в 2032 г., что при определенных условиях может привести к повышению уровня риска, например, в случае невыполнения мероприятий по усилению зданий на сейсмические воздействия. Пиковые значения риска могут увеличиваться в 1,5 раза.

Для устойчивого развития г. Б. Сочи в качестве города-курорта и превращения его в современный высокоэффективный санаторно-курортный, деловой, спортивный и туристический центр мирового уровня целесообразно осуществлять сейсмостойкое строительство и снос ветхого жилья, а также

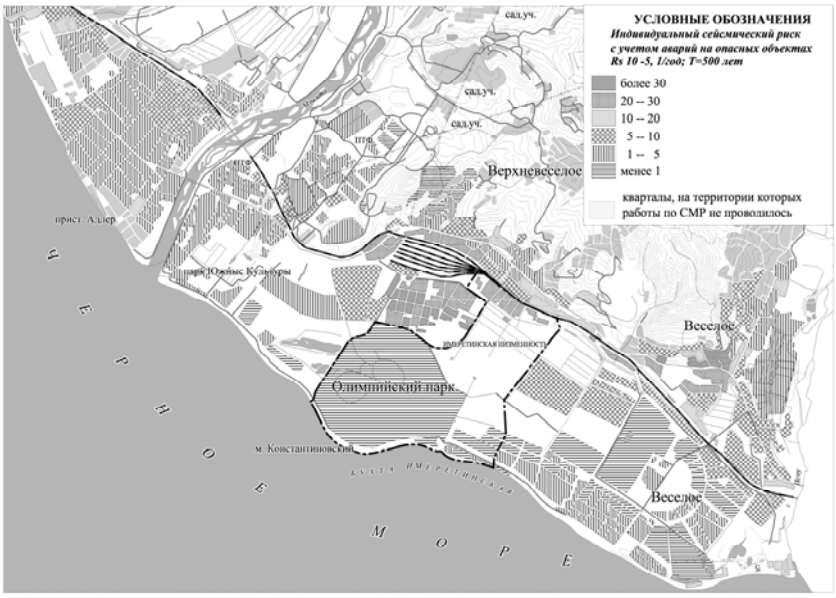


Рис. 4. **Фрагмент карты индивидуального сейсмического риска с учетом аварий на критически важных объектах, построенной с использованием карты СМР для г. Б. Сочи, Т = 500 лет**

же продолжить работы по мониторингу сейсмического и других природных и техногенных рисков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методика прогнозирования последствий землетрясений. – М.: ВНИИ ГОЧС-ЦИЭКС-СЦ ИГЭ РАН, 2000. – 27 с.

2. *Соболев Г.А., Кофф Г.Л., Фролова Н.И., Аптикаев Ф.Ф.* Методика составления карт сейсмического риска. Карты сейсмического и совокупного риска для ряда городов о. Сахалин и Северного Кавказа: Отчет по проекту 6.4.3 ФЦП «Создание Федеральной системы сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений». – М.: Институт риска и безопасности, 1998. – 181 с.

3. *Шебалин Н.В., Ершов И.А., Шестоперов Г.С., и др.* Улучшенный вариант шкалы сейсмической интенсивности (MMSK-86) на базе шкал MSK-64 и МСССС-73 (заключительный отчет). – М.: МСССС, ИФЗ, 1986. – 61 с.

ОЦЕНКА ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА НА ТЕРРИТОРИИ КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

А.В. Ошкадер, Л.Е. Подлипенская

Керченский государственный морской технологический университет, Керчь
E-mail: anna_oshkader@mail.ru

THE HYDROECOLOGICAL RISK ASSESSMENT ON THE KERCH PENINSULA

The article presents results of assessing the level of hydroecological risk on the Kerch Peninsula.

Для Крыма и, в частности, для Керченского полуострова, необходимость обеспечения населения качественной питьевой водой в условиях дефицитности поверхностных источников является очень важной проблемой. Современная система питьевого водоснабжения полуострова базируется на использовании сети централизованных и децентрализованных источников, а также довольно густой сетью одиночных скважин, колодцев и родников [1]. В сельской местности по причине нехватки или же недоступности днепровской воды, используют подземные источники или привозную воду. Так, 33% сельских поселений Ленинского муниципального района осуществляют водозабор исключительно из подземных источников, 37% – используют подземные источники совместно с поверхностными и 30% – используют привозную воду и воду из канала.

Следовательно, несмотря на то, что подземные воды на полуострове распространены не повсеместно и объемы водозабора сравнительно небольшие по сравнению с поверхностными источниками, их роль в водоснабжении полуострова, в частности, сельских районов, является существенной [3].

Кроме того, подземные источники являются важным стратегическим ресурсом в случае возникновения чрезвычайных ситуаций при условиях недоступности или же невозможности использования поверхностных вод. В этой связи для обеспечения экологической безопасности Керченского полуострова и рационального использования водных ресурсов необходима комплексная оценка ситуации в регионе при использовании подземных вод. Оценка ситуации производилась на основании разработанной нами модели гидроэкологического риска.

Гидроэкологический риск в настоящей работе понимается как характеристика опасности ситуации, имеющей неопределенность исхода при обязательном наличии неблагоприятных последствий, связанных с дефицитом и качеством воды. Для оценки риска необходимо определить как степень опасности неблагоприятной ситуации, так и возможность ее реализации.

Алгоритм выполнения оценки гидроэкологического риска следующий:

1) сбор данных, характеризующих инженерно-техническое состояние водозаборных сооружений подземных вод, объемы забора и качество воды, поставляемой населению из этих источников, как по отдельным типам водозаборов, так и по административно-территориальным единицам в целом;

2) статистический анализ данных, выбор приоритетных веществ, определяющих химический и санитарно-бактериологический состав воды. Вычисление частных показателей;

3) унификация частных показателей, переход к индикаторам качества подземных вод и их дефицита;

4) интеграция унифицированных индикаторов, расчет гидроэкологического риска;

5) районирование территории Керченского полуострова по уровню гидроэкологического риска.

Составляющими гидроэкологического риска были определены показатели дефицита и качества подземных вод. Качество вод оценивалось по органолептическим, химичес-

ким и санитарно-бактериологическим показателям. Для расчета дефицита использовались данные по водообеспеченности из подземных водозаборов. В качестве исходной информации были использованы сведения о дислокации подземных источников, их государственный номер, данные о водопользователях, о глубине залегания водоносных горизонтов, о возрасте водовмещающих пород, об объемах нормативного (разрешенного) водозабора, о дебите источников, об инженерно-техническом состоянии водозаборных сооружений, о наличии и соблюдении режима зон санитарной охраны.

В итоге были рассчитаны частные показатели:

а) по качеству подземных вод – индекс загрязнения подземных вод (ИЗПВ), который является аналогом индекса загрязнения воды (ИЗВ);

б) по водообеспеченности – дефицит воды подземных источников на одного человека при суточном потреблении (*D*).

Для унификации частных показателей нами использовалось проецирование показателей на единичную шкалу [0, 1] таким образом, что наименьшее влияние фактора опасности соответствует нулевому значению *i*-го унифицированного показателя, а наибольшее – значению унифицированного показателя, равного единице.

На рис. 1. изображена схема перехода от исходных данных через систему унификации по нелинейным шкалам к индикаторам гидроэкологического риска.

Расчет индикаторов производился по формулам:

$$\text{ИКВ} = \frac{\text{ИЕПВ} \cdot e^{0,4685 \cdot \text{ИЗПВ}}}{\text{ИЗПВ} \cdot e^{0,4685 \cdot \text{ИЗПВ}} + 0,0476}, \quad (1)$$

$$\text{ИДВ} = e^{-44,583(D-0,19)^2}. \quad (2)$$

Технология выбора коэффициентов шкалирующих нелинейных функций, в общем виде представленных на рис. 1, описана в работе [2].

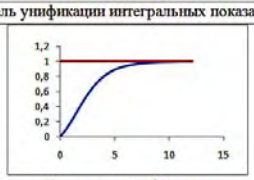
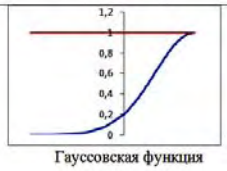
Исходные показатели	Факторы	Модель унификации интегральных показателей	Индикатор
Окисляемость	Химический состав	 Логистическая функция $I = \frac{x \cdot e^{r \cdot (x-a)}}{x \cdot e^{r \cdot (x-a)} + d}$	Индикатор качества воды ИКВ
Аммиак			
Нитраты			
Общая жесткость			
Минерализация			
Сульфаты			
Хлориды			
Железо общее			
Норма водозабора	Дефицит	 Гауссовская функция $I = c \cdot e^{-r(x-a)^2}$	Индикатор дефицита воды ИДВ
Норма водопотребления			
Численность населения			

Рис. 1. **Схема перехода от исходных данных к индикаторам гидроэкологического риска**

Для интеграции индикаторов используется нелинейная аддитивная модель гидроэкологического риска *Z*:

$$Z = \alpha_1 ИКВ + \alpha_2 ИДВ, \quad (3)$$

где весовые коэффициенты интеграции ИКВ и ИДВ вычисляются по формулам:

$$\alpha_2 = \frac{ИДВ \cdot e^{2,3102 \cdot ИДВ}}{ИДВ \cdot e^{0,968 \cdot Z} + 1,2699}, \quad (4)$$

$$\alpha_1 = 1 - \alpha_2. \quad (5)$$

Особенность предложенной нелинейной функции (3), имеющей график логистической функции (рис. 1), заключается в возможности управления значимостью индикаторов качества подземных вод (ИКВ) и дефицита подземных вод (ИДВ) в общем интегральном индикаторе Z. При незначительном дефиците воды на первое место в интегральном

показателе Z выходит качество подземных вод, а при увеличении дефицита вод – большую значимость приобретает индикатор дефицита подземных вод.

В результате произведено районирование территории Керченского полуострова по уровню гидроэкологического риска (рис. 2). Согласно представленной модели было выделено три зоны с различным уровнем риска: зона 1 ($Z \leq 0{,}2$) – удовлетворительная ситуация (уровень риска приемлемый); зона 2 (0,2–0,8) – напряженная ситуация (уровень риска допустимый); зона 3 ($Z \geq 0{,}8$) – критическая ситуация (уровень риска недопустимый).

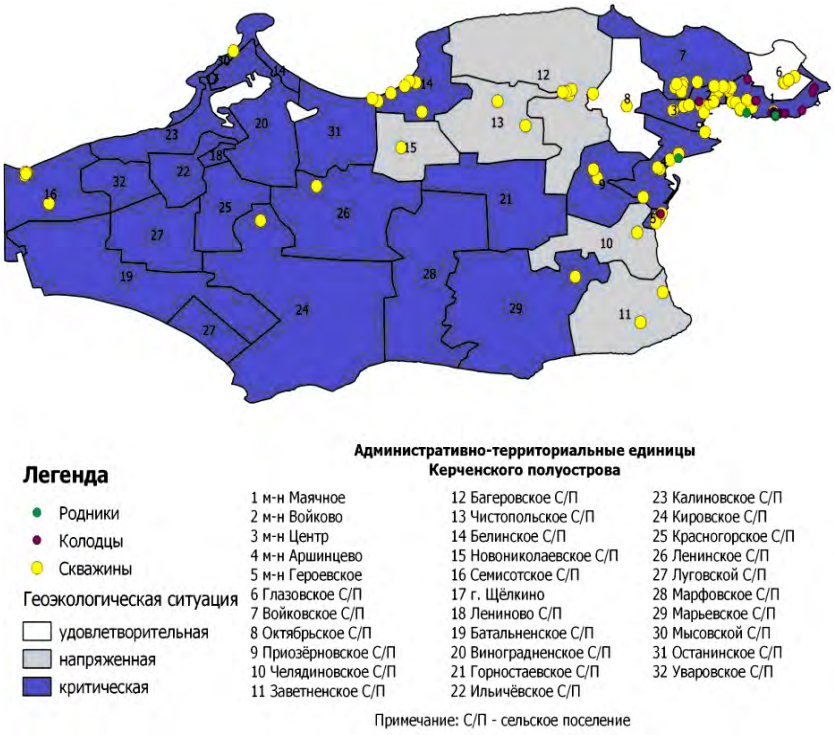


Рис. 2. **Районирование территории Керченского полуострова по уровню гидроэкологического риска**

В случае реализации данной модели доля районов с критической ситуацией составит 66%, напряженной – 25% и удовлетворительной – 9% соответственно. В этой связи является целесообразным увеличение количества водозаборов подземных вод в районах, имеющих большие эксплуатационные запасы подземных вод, с их последующей водоподготовкой и централизованной подачей в районы с низким запасами подземных вод. Решение проблем водообеспечения должно носить планомерный и систематический характер, при этом приоритетными районами являются зоны с критической геоэкологической ситуацией.

Таким образом, предложенная модель гидроэкологического риска позволила произвести комплексную оценку экологической ситуации на полуострове при использовании подземных источников водоснабжения. Предложенная методика является универсальной и может использоваться при проведении исследований в других регионах России.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кудрик И.Д., Пашкина И.Г., Селиван А.Ю., Хребтова Т.В.* Комплексная оценка качества питьевой воды Керченского полуострова в аспекте устойчивого развития региона: монография. – Львов: Растр-7, 2011. – 96 с.

2. *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.

3. *Ошкадер А.В.* Оценка современного экологического состояния артезианских скважин на территории Керченского полуострова // Екологічна безпека та природокористування. – 2014. – № 14. – С. 116–125.

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫМИ РИСКАМИ

Е.Г. Петрова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет
E-mail: epgeo@mail.ru

PROBLEMS OF MANAGEMENT OF NATURAL-TECHNOLOGICAL RISKS

In recent decades, the number and severity of natural-technological accidents and disasters are increasing all over the world. The term «natural-technological» applies to events in the technosphere triggered by any natural process or phenomenon. Their growth is accounted for, on the one hand, by observed increasing in frequency and intensity of various natural hazards, and on the other hand, by much more complicated structure of modern technological systems situated in areas at natural risk, and by increasing advancement of economic activities into the areas prone to natural hazards. A distinctive feature of these events is their complex and synergistic nature. Usually it is very difficult to deal with consequences of such natural-technological events, because one has to cope not only with the primary aftermaths of natural disasters, but also with the secondary effects of a number of technological accidents, which can be much more serious.

За последнее десятилетие во многих регионах мира отмечено нарастание повторяемости, интенсивности проявления и тяжести последствий опасных природных процессов различного генезиса, которые не только оказывают значительное негативное воздействие на население и экономику, но также выступают в роли «спускового крючка» для воз-

никновения целого ряда аварий в техносфере. Таким образом, опасные природные воздействия не только наносят прямой социальный и экономический ущерб сами по себе, но становятся одним из дополнительных и немаловажных факторов усиления техногенного риска, который в данном случае можно рассматривать как природно-техногенный. Все вместе эти негативные процессы создают угрозу устойчивому развитию регионов, подверженных опасным природным воздействиям [1].

Разные авторы трактуют понятие **«природно-техногенный риск»** по-разному – как техногенно (антропогенно) усиленный природный или как техногенный, провоцируемый природными событиями [2]. В англоязычной литературе распространен термин *Natechs* [4], который, хотя и переводится на русский язык как «природно-техногенные события», но фактически подразумевает только те из них, которые влекут за собой выбросы в окружающую среду различных загрязняющих веществ, включая радиационное загрязнение. Автор рассматривает понятие природно-техногенного риска более широко – как возможность любых нежелательных последствий в техносфере, спровоцированных или усиливаемых какими-либо природными процессами или явлениями.

Масштабы и тяжесть последствий различного рода природно-техногенных аварий и катастроф в мире в целом за последние десятилетия постоянно увеличиваются, как увеличивается и наносимый ими экономический, экологический и социальный ущерб [5]; до конца текущего столетия прогнозируется дальнейшее их нарастание. Такая тенденция объясняется, с одной стороны, наблюдающейся интенсификацией самих опасных природных воздействий, в том числе в результате климатических изменений и активизации геодинамических и других процессов. С другой стороны, она связана со значительно усложнившимся составом современных технологических систем, что повышает их уязви-

мость к таким воздействиям, если они оказываются в зоне природного риска. Кроме того, нарастание природного и природно-техногенного риска обусловлено все большим продвижением экономической деятельности в районы, подверженные опасным природным воздействиям, в том числе и в связи с активным освоением прибрежных районов и континентального шельфа, включая Арктический регион. В нашей стране ситуация дополнительно усугубляется критическим состоянием значительной части объектов техносферы (особенно, энергетических, транспортных и ЖКХ) в связи с сильной степенью их изношенности, что делает эти объекты особенно уязвимыми по отношению к внешним, в том числе и природным воздействиям. Важную роль играет и так называемый «человеческий фактор» – различного рода ошибки персонала, которые, в свою очередь, могут также усиливаться негативными природными воздействиями.

Одной из основных особенностей природно-техногенных событий, значительно усложняющей управление природно-техногенными рисками, является их комплексный и синергетический характер. Зачастую воздействие одного или нескольких усиливающих друг друга природных процессов провоцирует одновременное или последовательное возникновение многочисленных аварий в техносфере, в свою очередь, вызывающих новые аварии по принципу домино. Так, например, нарушение электроснабжения в результате аварий на энергосистемах, вызванных какими-либо неблагоприятными природными событиями, может повлечь за собой аварии на промышленных, транспортных, сельскохозяйственных, коммунально-бытовых и других объектах или нарушить условия их нормального функционирования. При этом ЧС природно-техногенного характера, в отличие от техногенных ЧС, возникающих по каким-то другим причинам, по своим масштабам чаще выходят за рамки локальных или муниципальных и могут достичь регионального и даже межрегионального уровня.

Все эти факторы приводят к тому, что ликвидация последствий природно-техногенных катастроф, как правило, бывает очень сильно затруднена, по сравнению с самими стихийными бедствиями или «обычными» техногенными авариями, поскольку спасателям и управленческим структурам приходится одновременно справляться с последствиями и тех, и других. Последствия эти тем более тяжелы, чем выше плотность населения и концентрация промышленных, социальных, инфраструктурных и других уязвимых объектов в затрагиваемых бедствием районах и чем ниже степень их подготовленности и защищенности. Наиболее трудно решаемые проблемы возникают в тех случаях, когда в зону интенсивных природных воздействий попадают объекты повышенной опасности, такие как АЭС, нефтеперерабатывающие и химические предприятия, нефте-, газо- или продуктопроводы, хранилища ядовитых или других вредных веществ, а также различных опасных, в том числе и радиоактивных отходов. В этом случае стихийное бедствие может спровоцировать аварии с выбросом в окружающую среду нефти и нефтепродуктов, загрязняющих или радиоактивных веществ. Это умножает суммарный материальный ущерб, а также социальные и экологические последствия от самого стихийного бедствия. При этом все силы и средства быстрого реагирования направляются, в первую очередь, на борьбу со стихией. Это ограничивает возможности ликвидации вторичных техногенных последствий, которые могут оказаться не менее, а иногда и более серьезными. Ситуация осложняется еще и тем, что в условиях стихийных бедствий все транспортные коммуникации, инфраструктура, линии электроснабжения и связи, необходимые для оперативной ликвидации негативных последствий, могут оказаться разрушенными.

Автором создана постоянно пополняемая электронная база данных природно-техногенных аварий и ЧС, происходящих в России. На основе анализа накопленной информа-

ции было выделено 12 различных типов природно-техногенных ЧС – по источнику и адресату риска. Была также проведена оценка суммарного природно-техногенного риска для субъектов РФ на основе расчета среднегодовой повторяемости ЧС всех выделенных типов [3].

Заключение. Природно-техногенные ЧС происходят не так часто как «обычные» техногенные, однако они приводят к более тяжелым последствиям и требуют больших усилий по их ликвидации, поскольку отличаются комплексным и синергетическим характером (одновременным проявлением последствий самих опасных природных процессов и спровоцированных ими техногенных аварий) и большей зоной распространения. Управление природно-техногенным риском должно быть, прежде всего, направлено на возможное предотвращение таких событий и сведение последствий от них до минимально возможного уровня. Для этого следует исключить размещение особо опасных промышленных объектов в зонах повышенного природного риска. Необходимо также по возможности выводить из таких зон жилые и социальные объекты, создавать надежные убежища для людей, обеспеченные автономными источниками энергии, запасами воды и продовольствия, возводить защитные сооружения, обладающие значительным запасом прочности.

Работа выполнена при поддержке РГНФ и БРФФИ (проект № 15-22-01008).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бакланов П.Я.* Экстремальные природные процессы и устойчивое развитие региона (некоторые теоретические аспекты) // Стихийные природные процессы: географические, экологические и социально-экономические аспекты. – М.: Изд-во НЦ ЭНОС, 2002. – С. 4–9.

2. *Мягков С.М.* География природного риска. – М.: МГУ, 1995. – 224 с.

3. *Петрова Е.Г.* Природно-техногенный риск как проблема регионального развития // Региональные исследования. – 2014. – № 1. – С. 62–68.

4. *Petrova E.* Natech Events in the Russian Federation. // New perspectives on risk analysis and crisis response. – Netherlands: Atlantis Press, 2009. – P. 46–52.

5. *Petrova E.G., Krausmann E.* Postface: «From natural hazards to technological disasters» // Natural Hazards and Earth System Sciences. – 2011. – № 11 – P. 3063–3065.

УЧЕТ, ОЦЕНКА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ПРИ ОСВОЕНИИ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ МОЛДОВЫ

В.Н. Полканов, А.В. Полканова

**Технический университет Молдовы, Кишинев, Молдова*
E-mail: polkanov-mda@mail.ru,
alina_mda@hotmail.com

REGISTRATION, EVALUATION AND FORECASTING OF GEOLOGICAL RISKS AT DEVELOPMENT OF POTENTIALLY DANGEROUS AREAS OF MOLDOVA

The article analyzes the incidents of landslides in certain areas of the Moldova territory; the cost of anti-landslide measures and damage were estimated. Special attention was paid to the influence of anthropogenic factors. It is proposed to discuss the methodology, including complex investigations, evaluation and prediction of key drivers for the dangerous geological processes on the basis of modern geodesic and photogrammetric technologies. The obtained results will allow to create the data-

base of potentially dangerous areas of Moldova. It will be the basis for the rational use and protection of the territory from hazardous geological processes that will significantly improve the economic and ecological situation in the region.

Историческая справка. Опасные геологические процессы (ОГП) широко развиты на территории Молдовы [1; 2]. По данным Межправительственного Совета по сотрудничеству в строительной деятельности стран СНГ, в республике среднегодовой ущерб от землетрясений, оползней и наводнений достигает 20% ВВП. Ущерб в денежном эквиваленте за последние годы составил по разным источникам 1,0–1,5 млрд руб. Ведущее место среди ОГП принадлежит оползневым процессам, ущерб от которых сопоставим с последствиями землетрясений.

Особенно тяжелые последствия вызвали оползни, имевшие место в 1970, 1973, 1980, 1998 гг.

Исследования, проведенные в Академии наук Молдовы, показали, что общая площадь оползнеопасных территорий составляет 670 тыс. га, или 20% площади республики [1]. В Кодрах (центральная часть республики) этот процент резко увеличивается и, по данным разных авторов, колеблется от 40 до 46%. По оценке геологов агентства «Ageom», древнеоползневые массивы в Молдове занимают площадь около 480 тыс. га; современные оползни развиваются на площади 50–80 тыс. га. Общее количество оползней в настоящее время превышает 16 тыс. ед.

Интенсивное проявление оползневых процессов по всей территории республики явилось одной из причин уменьшения сельскохозяйственных угодий и земельных ресурсов республики.

Стоимость одного гектара пахотных земель в текущих рыночных ценах составляет около 200 тыс. руб. За год оползни разрушают от 1 до 5 га. Таким образом, прямые потери только за один год колеблются в пределах 0,2–1,0 млрд руб.

Обобщенные данные по разрушениям от оползневых процессов в населенных пунктах отсутствуют, но с учетом их количества – более 3 тыс., можно предположить, что ущерб также может измеряться миллиардами рублей. Так, в Кишиневе выделены 62 зоны риска. В оползнеопасных зонах столицы размещены более 100 частных домов, 30 многоэтажных зданий, 10 детских садов.

В 2015 г. оползневым деформациям подвергся комплекс жилых домов в пригороде Кишинева – п.г.т. Кодру. Стоимость проекта противооползневых мероприятий (ПОМ) составила 6,8 млн руб.

Следует особо подчеркнуть значение рассматриваемого вопроса применительно к дорожному строительству в республике.

При строительстве и эксплуатации автомобильных дорог в Молдове часто наблюдаются случаи нарушения устойчивости придорожных склонов, откосов искусственных сооружений, разрушение дорожной одежды, водоотводящих, удерживающих и ограждающих конструкций.

В настоящее время на автомобильных и железных дорогах республики зафиксировано порядка 170 оползней. Несмотря на относительно небольшое количество таких участков, они занимают значительную площадь и часто охватывают прилегающие склоны. Большинство из обследованных оползней находится в активной стадии развития. В связи с отсутствием точных стоимостных данных, наблюдается значительный разброс в оценке общего ущерба. Приблизительно, только на автодорогах республики он может составлять 200–600 млн руб.

Сказанное выше подтверждает оправданность признания необходимости решения оползневой проблемы как одной из важнейших экономических задач.

Обоснование проведения исследования. При выборе объекта, постановки главной цели и задач исследования предварительно был проведен анализ развития оползней на

автомобильных и железных дорогах Молдовы. Результаты выполненного анализа изложены в [2].

На основе детального изучения 80 участков, подверженных оползневым деформациям, установлено, что причиной развития оползней в 25% случаев послужил антропогенный фактор. Были выявлены оползни, вызванные неправильным ведением строительных работ, недостаточной инженерной подготовкой территории под строительство, отсутствием эффективной противооползневой защиты, низким качеством выполненных работ. В качестве примера можно привести случай частичного разрушения в 2014 г. участка железной дороги на юге Молдовы, между городами Кагул и Джурджулешты. Резкая активизация оползневых процессов на этом участке потребовало привлечения дополнительных инвестиций в размере более 300 млн руб.

Следует также отметить, что при строительстве на потенциально опасных склонах зданий и сооружений роль антропогенного фактора повышается. Подрезка склона при разработке котлована, пригрузка головной части оползня, дополнительное замачивание на фоне протекающих на склоне реологических процессов в 80% случаев обуславливают активизацию оползневого процесса.

Изложенное предполагает необходимость уделения повышенного внимания к обеспечению безопасности возведения и эксплуатации железных и автомольных дорог, а также различных сооружений. Проведение опережающих исследований с целью исключения влияния антропогенного фактора на развитие оползневого процесса должно быть признано обязательным.

Качество предпроектных исследований, являющихся базой для последующего ТЭО инвестиционно-строительного проекта, определяется, в том числе, объективностью выполненных инженерно-геологических изысканий [3]. К сожалению, до настоящего времени в республике отсутствуют нормативные документы в области проектирования и строи-

тельства, учитывающие разнообразие и характерные региональные особенности развития оползней. Проведенные авторами исследования подтверждают, что при составлении программ инженерных изысканий недостаточное внимание уделяется таким принципиальным вопросам как: снижение их стоимости, оценка экономической эффективности мероприятий, оптимизация сроков проведения изысканий, повышение степени их надежности.

Объект и главная цель исследований. Для исследований намечен линейный объект: трасса «Кишинев–Джурджулешты», связывающая столицу с южной границей республики. Вопрос о проектировании и строительстве современной автомобильной дороги по данному маршруту впервые поднимался еще в 70-е гг. XX в. По различным причинам и, в первую очередь, финансово-экономическим, строительство трассы было приостановлено.

В настоящее время, в связи с расширением торгового порта на Дунае, возникает необходимость в строительстве автодороги, позволяющей быстро и безопасно осуществлять грузоперевозки по маршруту «Рени–Кишинев» и далее в страны Европы. Безусловно, данный инвестиционный проект потребует значительных капитальных затрат. Предполагаемые исследования, по мнению авторов, позволят в значительной степени снизить стоимость работ за счет своевременного анализа и прогноза развития ОГП на сложных участках.

Главной целью намеченных исследований является создание карты развития ОГП для выбора оптимального варианта трассы.

Методика исследований. Скорость деформаций оползневых массивов, зафиксированная в динамике их развития – это универсальная информация, позволяющая раскрыть многие аспекты оползневого процесса. Получить данную информацию в большинстве случаев оказывается весьма сложно, в связи с этим о скорости и амплитуде оползневых под-

вижек специалисты могут судить только по результатам визуальным наблюдениям.

Для будущих исследований кинематики оползневых смещений предполагается использовать:

1) геодезические методы наблюдений с использованием современных электронных приборов, позволяющих на базе сети марок получать достаточно точные результаты наблюдений;

2) полевые инженерно-геологические исследования природных склонов и откосов земполотна;

3) лабораторные исследования грунтов из зоны деформаций для определения установившейся прочности и реологических параметров: структурного сцепления, коэффициента вязкости, сцепления связности и др.;

4) графическое, аналитическое и механико-математическое моделирование сложных ОГП и, в первую очередь, оползневых;

5) цифровую съемку выделенных характерных участков местности и дорог в разные периоды года;

6) геодезическую съемку современными приборами наиболее характерных участков, их обработку по ГИС технологиям в сочетании с ранее выпущенными топографическими картами.

Выводы и предложения. Создание методики многофакторного анализа взаимодействия сложных природных систем и разнообразных искусственных сооружений позволит проектировщикам обоснованно прогнозировать и принимать точные проектные решения в различных геологических условиях.

Разработка прикладных рекомендаций будет способствовать, в том числе, правильному выбору оптимального варианта реконструкции дорог под 9-й европейский коридор с учетом сохранения экологического равновесия в наиболее ранимой части центральных Кодр. В перспективе планируется поэтапно обеспечить устойчивость земполотна на ис-

следуемой дороге, используя минимальные финансовые и материальные ресурсы при сохранении высокой степени надежности ключевых решений. Комплексное использование результатов исследований позволит улучшить охрану окружающей среды и обеспечить защиту не только линейных сооружений, но и ценных земельных угодий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Леваднюк А.Т.* Инженерно-геоморфологический анализ равнинных территорий. – Кишинев: Штиинца, 1983. – 256 с.

2. *Полканов В.Н.* Роль реологических процессов в развитии оползней на территории Молдовы. – Кишинэу, ТУМ, 2013. – 176 с.

3. *Бондарик Г.К., Ярг Л.А.* Инженерно-геологические изыскания: учебник. – М.: ИД КДУ, 2008. – 424 с.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ КАК ИНСТРУМЕНТ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РИСКОВ ТЕХНОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

***И.Н. Полшкова*[*], *Р.З. Ахметшин*[**]**

[*]*Институт водных проблем РАН, Москва*
E-mail: z_irpol1@mai.ru
[**]*Институт прикладной математики*
им. М.В. Келдыша РАН, Москва
E-mail: axmetshn@keldysh.ru

MATHEMATICAL MODEL OF HYDROLOGICAL PROCESSES AS A TOOL FOR PREDICTING THE RISK OF TECHNOLOGICAL ACTIVITIES

This article describes the possibility of mathematical hydrogeology modeling for the western part of the Azov-Kuban ar-

tesian basin, as a tool for risk assessment of the Crimean bridge design in the Taman peninsula.

Одной из возможностей прогнозирования при решении управленческих проблем в сложных гидрогеологических условиях являются гидродинамические математические модели.

Гидрогеологические процессы в силу хорошо развитого теоретического аппарата, основанного на законах динамики подземных вод, являются объектами исследования методами математического моделирования. Вопросы теории, методов и методики математического моделирования в гидрогеологии разрабатывались, начиная с 1960-х гг. [1; 2].

Создание и эксплуатация постоянно действующих моделей региональных объектов позволяет концентрировать информацию для изучения, оценки состояния и прогнозирования гидрогеологических процессов, происходящих вследствие природных и техногенных воздействий с целью анализа с их помощью любых инженерных решений.

Эта возможность реализована на примере модели западной части Азово-Кубанского артезианского бассейна, которая была создана с целью оценки запасов подземных вод в лаборатории математического моделирования под руководством доктора геолого-минералогических наук И.И. Крашина в институте ВСЕГИНГЕО совместно с гидрогеологической экспедицией территориального управления «Кубаньгеология» в середине 1980-х гг. Запасы подземных вод в размере 1,2 млн $м^3$/сут. прошли защиту в ГКЗ.

Уточненная модель в настоящее время отображает динамику потока подземных вод на территории размером 208 × 192 км в плане с отображением сети поверхностных вод (рис. 1) и в семи водоносных горизонтах по вертикали, разделенных выдержанными по мощности и простиранию слабопроницаемыми глинистыми отложениями. Интерфейс программной системы «Аквасофт», использованной при

моделировании, обеспечивает возможность хранения в картографической базе данных карт фактического материала разного вида и разного масштаба [3].

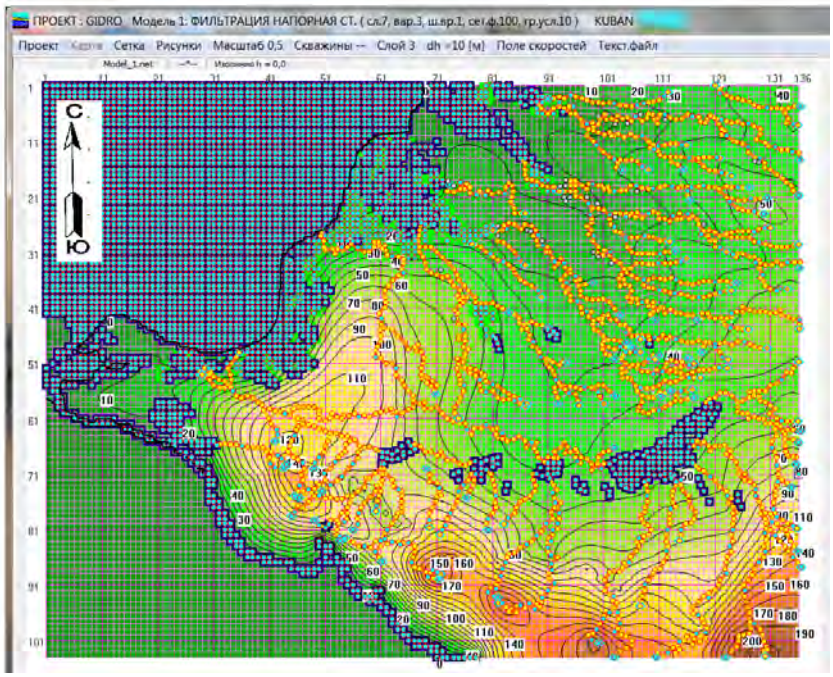


Рис. 1. **Карта напоров подземных вод апшеронского водоносного горизонта с заданной на модели сетью поверхностных вод**

Процесс геофильтрации при моделировании воспроизводится на сеточной области с шагом 2 км путем численного решения дифференциального уравнения второго порядка в частных производных в нестационарной постановке методом конечных разностей [4]. В базе данных модели исходная фактографическая информация, так же как и сеточная разбивка моделируемой области представлена в географических координатах, что увеличивает точность прогнозных расчетов.

Моделируемая территория имеет ряд особенностей, которые делают сомнительным проект Крымского моста с западной части Таманского полуострова и дополнительной опорой на косе Тузла.

Геологическое строение западной и северо-западной части Таманского полуострова подробно изучено скважинами глубиной 20–30 м (рис. 2).

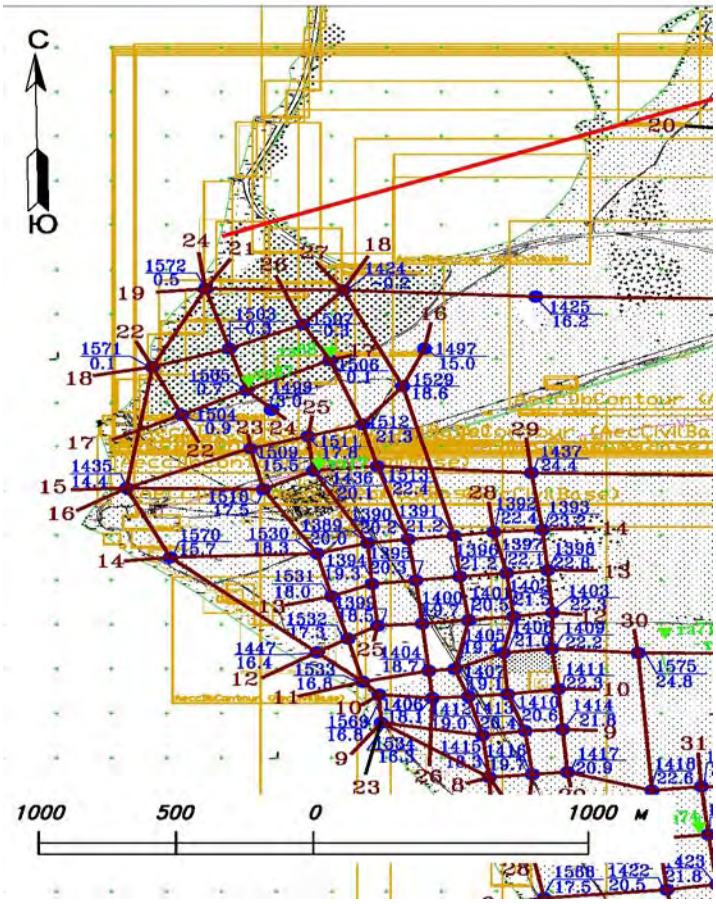


Рис. 2. **Сеть инженерно-геологических скважин западной части Таманского полуострова**

По результатам инженерно геологических изысканий [5] прибрежная территория характеризуется распространением с поверхности до глубин 15–16 м эолово-делювиальных суглинков, засоленных, просадочных, с прослоями супесей, которые подстилаются неогеновыми глинами с консистенцией – от туго-пластичной до твердой – с естественной влажностью 26–37%.

Подземные воды вскрыты на глубине 16–17 м. С учетом отметок кровли четвертичного горизонта прибрежной территории эти величины совпадают с абсолютными отметками уровней подземных вод, полученных на модели.

Необходимо отметить, что согласно расчетам [5; 6] коэффициенты безопасности по деформациям и по несущей способности исследованных суглинков и глин находятся в диапазоне 1,0–1,043. Такие значения коэффициентов безопасности недостаточны для устойчивости основания проектируемого моста [7].

Поскольку четвертичный горизонт выклинивается по берегу моря, можно предположить, что коса Тузла также сложена подобными глинами, которые находятся, как и большая часть моделируемой области, в состоянии подпора со стороны нижележащего апшеронского водоносного горизонта с коэффициентом фильтрации 10–15 м/сут. и мощностью не менее 30–40 м (рис. 1). Поэтому размеры косы зависят от интенсивности регионального гидродинамического потока, который формируется в восточной и южной части Азово-Кубанского артезианского бассейна и разгружается в Азовское море. Коса простирается с юго-востока на северо-запад и совпадает с линией тока. С учетом того, что горизонт подстилается водонасыщенной толщей в виде переслаивания водоносных и слабопроницаемых отложений общей мощностью не менее километра, можно предположить, что коса Тузла не может служить надежным основанием для опор моста.

Заложение свайных фундаментов для этой территории также представляется весьма проблематичным ввиду отсутствия выдержанного по мощности и простиранию регионального водоупора, который был бы сложен прочными породами с высоким коэффициентом безопасности в диапазоне 1,5–2, необходимом для проектируемого моста.

Таким образом, как гидрогеологические, так и инженерно-геологические расчеты подтверждают недостаточное обоснование проекта строительства Крымского моста на данной территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бэр Я., Заславски Д., Ирмей С.* Физико-математические основы фильтрации воды. – М.: Мир, 1971. – 451 с.

2. *Гавич И.К.* Теория и практика применения моделирования в гидрогеологии. – М.: Недра, 1980. – 358 с.

3. *Полшкова И.Н., Ахметшин Р.З.* Новые возможности подготовки исходной информации в ССПО «Аквасофт // Питьевые подземные воды. Изучение, использование и информационные технологии: тр. Междунар. научн. конф. (Зеленый, ВСЕГИНГЕО, 18–22.04.2011). – М., 2011. – Т. 4. – С. 269–273.

4. *Полшкова И.Н.* Особенности реализации системы специального математического обеспечения автоматизированных сеточных моделей бассейнов и месторождений подземных вод: дис. … к.т.н. – М., 1994.

5. *Кофф Г.Л. и др.* Определение зон возможных очагов землетрясений для объекта «Сухогрузный район морского порта Тамань». – М.: НИИЦ «Георииск», 2011. – 33 с.

6. *Солодухин М.А., Архангельский И.В.* Справочник техника геолога по инженерно-геологическим и гидрогеологическим работам. – М.: Недра, 1982.

7. *Маслов Н.Н.* Основы инженерной геологии и механики грунтов. – М.: Высшая школа, 1982. – 511 с.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ХАРАКТЕРА ПОВТОРЯЕМОСТИ РЕДКИХ СИЛЬНЫХ СОБЫТИЙ (КАТАСТРОФ)

М.В. Родкин, В.Ф. Писаренко

Институт теории прогноза землетрясений
и математической геофизики РАН, Москва
E-mail: rodkin@mitp.ru

NEW APPROACH TO THE ESTIMATION OF DISTRIBUTION BEHAVIOR OF RARE STRONG EVENTS (CATASTROPHES)

The article includes results of new approach to estimation of strong rare events' occurrence from the Extreme values theory and from multiplicative cascade model.

Типичным в распределении силы катастроф различной физической природы является то, что основной ущерб приносится редкими событиями максимальной силы. Отсюда чрезвычайно актуальна задача оценки закона повторяемости именно таких наиболее сильных событий. Однако подобные события часто чрезвычайно редки, отсюда, как правило, нет ни уверенности, что максимально возможное событие уже имело место, ни достаточных статистических данных для оценки характера повторяемости сильнейших событий. Типичным и наиболее исследованным является случай землетрясений. Поэтому реализация предлагаемых новых подходов будет описана в основном на основе примеров анализа сейсмологической информации.

Подчеркнем то обстоятельство, что все реально измеряемые величины ограничены. Отсюда можно предположить, что и описывающие их распределения (если эти распределения достаточно точно описывают эмпирические

данные) также должны быть конечны. Однако при описании распределения силы катастроф часто используются законы распределения, не удовлетворяющие этому требованию конечности. Известно, что весьма типичным случаем являются безграничные степенные распределения числа катастроф в зависимости от их силы (энергии). Например, широко известный закон распределения землетрясений Гутенберга-Рихтера отвечает степенному, безграничному закону распределения числа событий от их энергии, причем даже с бесконечным средним значением.

Для решения поставленной задачи обычно используется некоторое модельное (теоретическое) распределение, полагаемое истинным. В частности, в случае сейсмологии, закон повторяемости Гутенберга-Рихтера часто уточняется в рамках модели Я. Кагана [3], обеспечивающей относительно меньшую вероятность реализации сильнейших землетрясений и конечное среднее значение выделенной сейсмической энергии (и сейсмического момента). Аналогично и в других случаях закон распределения часто угадывается или предлагается из неких модельных соображений.

В данной работе оценка повторяемости редких сильных событий проводится на основе использования предельных распределений Теории экстремальных значений и модели развития катастроф в рамках мультипликативного каскада. Первый из этих подходов, более детально описываемый в [1; 2; 4], отвечает общему возможному решению при условии определенной регулярности в поведении хвоста эмпирической функции распределения. Используется теорема, что предельным распределением для достаточно сильных событий величиной $X > h$ является Обобщенное распределение Парето, GPD. Другим, несколько иначе вводимым, предельным распределением для максимальных значений является Обобщенное распределение максимальных значений, GEV.

Второй подход [5] также является довольно общим, трактующим реализацию степенных распределений в рам-

ках кинетического уравнения развития отдельной катастрофы. При этом среда описывается параметром «иерархичность», а степень неравновесности протекающих процессов – параметром «неравновесности». Конечность величин катастрофы обеспечивается добавлением нелинейных членов в кинетическое уравнение.

В рамках реализации первого из обозначенных подходов подготавливается набор независимых сильных событий, и оцениваются параметры теоретического предельного GEV или GPD распределения, наилучшим образом описывающего данный набор данных. Определение искомых неизвестных параметров может реализовываться, например, методом максимального правдоподобия.

Наиболее важным параметром предельных GPD и GEV распределений (общим для этих двух распределений) является параметр формы распределения ξ. Значение этого параметра определяет характер исследуемого эмпирического распределения. При $\xi > 0$ мы имеем дело со степенным безграничным распределением; при $\xi = 0$ – с экспоненциальным распределением; и при $\xi < 0$ – с ограниченным законом распределения. Из соображения конечности всех эмпирически определяемых величин, случай $\xi < 0$ представляется наиболее ожидаемым.

Для случая ограниченного распределения $\xi < 0$ существует максимально возможное значение. При сейсмическом районировании эта величина традиционно обозначается как M_{max}. Будем использовать это привычное обозначение. Величина M_{max} для случая GPD предельного распределения определяется по формуле:

$$M_{max} = h - s/\xi, \qquad (1)$$

где h – задаваемый параметр:
s – параметр масштаба GPD закона распределения.

Из формулы (1) видно, что при малых по абсолютной величине значениях ξ величина максимально возможного собы-

тия M_{max} становится неробастной. Эта особенность является теоретическим объяснением того известного факта, что получаемые карты сейсмической опасности, как правило, приходится раз в 10–15 лет пересматривать, в первую очередь потому, что на территориях полагавшихся слабосейсмичными или даже асейсмичными происходят сильные землетрясения.

Из вышесказанного получаем, что весьма часто используемая на практике величина M_{max} может оказаться сильно неустойчивой. В качестве альтернативы потенциально неустойчивому значению M_{max} мы предлагаем использовать устойчивые значения квантилей $Qq(\tau)$ – соответствующие максимальной величине события, реализующегося с вероятностью q на временном интервале τ.

Важно, что в результате обработки довольно значительно числа эмпирических распределений было получено, что значения ξ во всех случаях оказались отрицательными. То есть ожидаемо подтвердилось, что мы имеем дело с конечными распределениями. При этом оказалось, что величина ξ обычно довольно постоянна и равна $\xi = -0{,}2 \pm 0{,}1$.

Метод мультипликативного каскада позволяет теоретически «получить» закон повторяемости землетрясений Гутенберга-Рихтера и известный признак роста вероятности реализации сильного события, связанный с уменьшением наклона графика повторяемости землетрясений. При этом этот метод позволяет связать характер распределения с кинетикой развития отдельной катастрофы. Для обеспечения конечности среднего значения катастрофы требуется ввести в кинетическое уравнение отрицательный член более высокого (нелинейного) порядка. При этом удается также пояснить отмеченную выше относительную устойчивость значений $\xi = -0{,}2 \pm 0{,}1$.

Таким образом, в совокупности, методы использования предельных GEV и GPD распределений и модель нелинейного мультипликативного каскада удачно дополняют друг друга и позволяют достаточно полно описывать вероятный характер распределения редких сильных событий.

Отметим в заключении, что оба эти метода достаточно общие, и их применений отнюдь не ограничивается областью сейсмологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Писаренко В.Ф., Родкин М.В.* Распределения с тяжелыми хвостами: приложения к анализу катастроф // Вычислительная сейсмология. – Вып. 38. – М.: ГЕОС, 2007. – 240 с.

2. *Писаренко В.Ф., Родкин М.В., Рукавишникова Т.А.* Оценка вероятности сильнейших сейсмических катастроф на основе теории экстремальных значений // Физика земли. – 2014. – № 3. – С. 89–103.

3. *Kagan Y.Y.* Universality of the seismic moment-frequency relation // Pure Appl. Geophys. – 1999. – Vol. 1. – P. 537–573.

4. *Pisarenko V., Rodkin M.* Statistical Analysis of Natural Disasters and Related Losses. Springer Briefs in Earth Sciences. – Dordrecht–Heidelberg–London–N. Y.: Springer, 2014. – 82 p.

5. *Rodkin M.V., Pisarenko V.F., Ngo Thi Lu, Rukavishnikova T.A.* On potential representations of the distribution law of rare strongest earthquakes // Geodynamics & Tectonophysics. – 2014. – Vol. 5. – № 4. – P. 893–904.

ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ РИСКИ НА ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ СРЕДНЕГО УРАЛА

***Л.С. Рыбникова*[*], *П.А. Рыбников*[**]**

[*]*Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов, Екатеринбург*
E-mail: luserib@mail.ru
[**]*Институт горного дела Уральского отделения РАН, Екатеринбург*
E-mail: ribnikoff@yandex.ru

HYDROGEOCHEMICAL RISKS ON THE MINING AREAS OF THE MIDDLE URALS

It is performed the analysis of the sources and factors of formation of hydrogeochemical risks and hazards in the old industrial areas after the completion of mining of mineral deposits.

Уральский регион является уникальной геохимической провинцией, где на территориях от Заполярья до южных границ Оренбургской области и Башкортостана находятся многочисленные разведанные, разрабатываемые и ликвидированные месторождения полезных ископаемых. Наибольшее количество, нарушенных при добыче минерального сырья земель, сосредоточено в старопромышленных районах Урала. Так, на территории Свердловской области ведется разработка более 200 месторождений полезных ископаемых, в Челябинской области разведано более 300 месторождений, добычей минерального сырья заняты около 150 предприятий. Из почти 180 разведанных месторождений Оренбуржья разрабатывается более 80, в том числе 9 месторождений медных и медно-цинковых руд. На территории Башкортостана находится около 40 медноколчеданных и железорудных месторождений.

Долгие годы индустриального развития привели значительному ухудшению состояния гидрогеосферы (особенно на водосборах малых рек) и формированию многочисленных гидрогеологических рисков и опасностей на горнопромышленных территориях. Отработка месторождений полезных ископаемых существенно изменяет гидрогеологические условия в области влияния горнодобывающих комплексов.

Дренажный водоотлив, глубина которого в десятки и сотни раз превышает масштабы естественной дренируемости, является причиной образования обширных депрессионных воронок, техногенной зоны аэрации и техногенных кор выветривания, переформирования потоков подземных вод,

изменения поверхностного стока. Размещение на водосборах отвалов, шламонакопителей является наряду с собственно дренажным водоотливом источником образования кислых дренажных вод, которые представляют из себя основную гидрогеохимическую опасность для качества поверхностных и подземных вод, в том числе источников питьевого водоснабжения.

Геомеханические процессы приводят к деформированию массива горных пород и формируют техногенную фильтрационную зональность подработанного массива, что приводит к изменению фильтрационных, емкостных свойств пород и условий питания подземных и поверхностных вод горнопромышленной территории. Использование при подземной добыче полезного ископаемого технологии отработки с обрушением выработанного пространства приводит к перемещению и деформированию массива горных пород вследствие нарушения его естественного равновесия. Это является причиной образования провалов глубиной до 35 м, зон обрушения и сдвижения площадью в десятки и сотни гектаров [2]. На земной поверхности площадь, подвергающаяся сдвижению, всегда больше площади отработанного пласта.

Закрытие рудников и их мокрая консервация не обеспечивает восстановление естественных условий территории. Здесь развивается ряд негативных процессов, таких как подтопление ранее освоенных прилегающих территорий; загрязнение подземных вод; формирование очагов сосредоточенной разгрузки кислых вод; образование техногенных водоемов, содержащих токсичные воды; скрытое (латентное) загрязнение поверхностных вод и др. Площадь подтопленных участков горнопромышленных районов достигает несколько тысяч гектаров, при этом в зону подтопления попадают жилые и промышленные объекты, водозаборные сооружения, системы канализации и очистки бытовых стоков. В некоторых случаях предприятие и после завершения

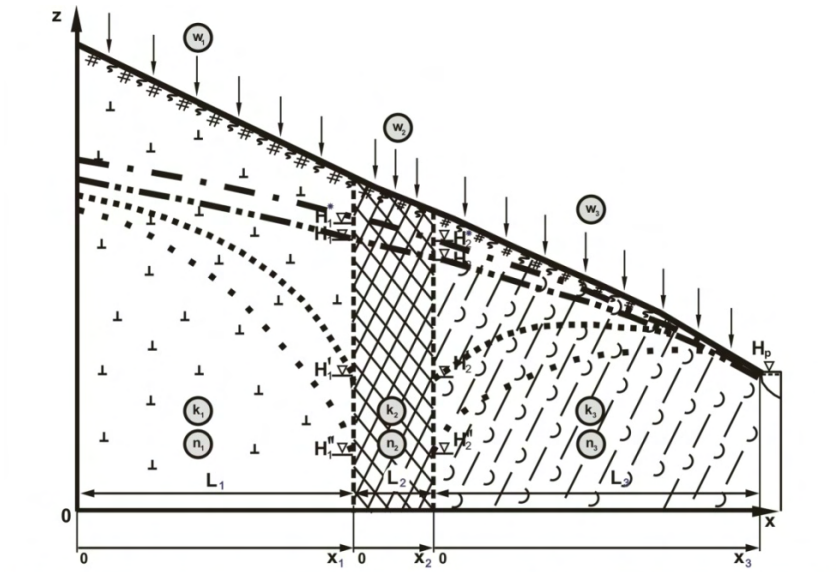
отработки месторождения вынуждено продолжать откачку подземных вод для предотвращения подтопления на флангах депрессионной воронки. Так, после прекращения водоотлива в 1981 г. на Пышминско-Ключевском медно-кобальтовом руднике (отрабатывался с 1854 г.) в течение одного года депрессионная воронка заполнилась, уровень подземных вод вышел на свои естественные отметки и выше, подтопив часть г. Верхняя Пышма (город-спутник г. Екатеринбурга, бассейн р. Пышмы). Предприятие возобновило водоотлив производительностью около 500 м^3/час (при максимальном в период отработки порядка 1000 м^3/час).

В процессе развития горнопромышленной территории происходит переформирование пространственной структуры и граничных условий фильтрационного потока. Прекращение водоотлива приводит не просто к затоплению горных выработок, но к изменению гидродинамической и гидрохимической обстановки в пределах горнопромышленных районов, сложившейся в течение десятилетий отработки.

Закономерности формирования гидрогеологических условий в области гидродинамического влияния отрабатываемых и ликвидируемых рудников оценены на основе идеализированной модели геофильтрационного потока, схематизация которого выполнена с учетом особенностей техногнеза горнопромышленной территории, что обеспечивает адекватность модели природным и природно-техногенным условиям (см. рис.).

Величина подтопления ($\Delta H = H^* - H$) в пределах приречного фрагмента определяется как разница положений уровня подземных вод в естественных условиях и после затопления рудника [3].

$$H^* - H = \frac{w_2{}^* - w_2}{T_3} L_2 (L_3 - x_3) . \qquad (1)$$



n, д.ед.	< 0,001	< 0,001	0,001 - 0,005	I
k, м/сут	0,008 - 0,04	< 0,04	0,05 - 0,14	
w, л/с*км^2	0,1 - 0,5	0,5	1 - 2	
k, м/сут	0,008 - 0,04	> 10	0,05 - 0,14	II
w, л/с*км^2	0,1 - 0,5	5 - 10	1 - 2	
n, д.ед.	< 0,001	0,01	0,001 - 0,005	

Рис. **Формирование гидродинамической обстановки в области влияния рудника**

Таблица – параметры пласта:
I – естественные условия, II – нарушенные условия

Условные обозначения: 1–3 – водовмещающие породы (*1* – магматические; *2* – рудное тело; *3* – метаморфические); *4–7* – уровень подземных вод (*4* – прекращение водоотлива; *5* – естественные условия; *6* – первый этап отработки; *7* – второй этап отработки)

Прирост (по сравнению с естественными условиями) расхода потока подземных вод, поступающего от водораздела и шахтного поля к дрене, составит:

$$q_p^* - q_p = (w_2^* - w_2)L_2 . \qquad (2)$$

Масштаб и интенсивность подтопления определяются размерами нарушенной горными работами территории (L_2) и интенсивностью питания, поступающего в ее пределах после прекращения водоотлива (w_2^*). Кроме того, имеет значение фильтрационное сопротивление приречного участка (L_3/T_3): степень подтопления уменьшается при более высокой проводимости пласта и при приближении отработанного участка к дрене.

Оценочные аналитические расчеты, показывают, что в пределах ленты тока постоянной ширины в направлении от водораздела к дрене формирование зоны повышенного питания приводит к подъему уровня подземных вод после прекращения водоотлива на 1–5 м по сравнению с естественными условиями (рисунок).

Скрытое (латентное) поступление загрязнения в поверхностные водотоки подземным путем сопоставимо с массой загрязняющих веществ в реках: например, в районе затопленного Левихинского рудника (Свердловская обл., бассейн р. Туры) массовый расход, поступающий с подземными водами на этом участке в р. Тагил, может достигать по меди и цинку 1–30 т в год [3].

Экологический ущерб от загрязнения водной среды и водного фонда территорий складывается из материальных и финансовых потерь и убытков (вследствие ухудшения потребительских свойств воды как природного ресурса), дополнительных затрат на ликвидацию последствий загрязнения вод и восстановление их качества [1]. Предотвращенный экологический ущерб от загрязнения окружающей природной среды представляет собой оценку в денежной форме возможных отрицательных последствий, которых удалось избежать (предотвратить, не допустить) в результате природоохранной деятельности. Величина экологического ущерба от сброса сточных вод затопленных медноколче-

данных рудников Свердловской области составляет более 100 млн руб. в год, при этом величина предотвращенного экологического ущерба почти в 30 раз больше.

ЛИТЕРАТУРА

1. Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба. Утв. Председателем Государственного комитета Российской Федерации по охране окружающей среды В.И. Даниловым-Данильяном 9 марта 1999 г. [электронный ресурс] Доступ из справ.-правовой системы «Кодекс».

2. *Мормиль С.И., Сальников В.И., Амосов Л.А. и др.* Техногенные месторождения Урала и оценка их воздействия на окружающую среду / под ред. Ю.А. Боровкова. – Екатеринбург: НИА «Природа», ДПР по Уральскому региону. АООТ «ВНИИЗАРУБЕЖГЕОЛОГИЯ», Геологическое предприятие «Девон», 2002. – 206 с.

3. *Рыбникова Л.С., Фельдман А.Л., Рыбников П.А.* Последствия затопления медноколчеданных рудников Среднего Урала: формирование гидрогеологических условий // Проблемы недропользования: чборник статей. – Отдельный выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня (научно-технического журнала). – М.: Горная книга. – 2011. – № ОВ11. – С. 459–470.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ ТЕРРИТОРИИ Г. ДУБНА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

***О.А. Савватеева*[*], *О.А. Макаров*[**]**

[*]*Международный университет природы, общества и человека «Дубна», Дубна*
E-mail: ol_savvateeva@mail.ru
[**]*МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва*
E-mail: main@soil.msu.ru

ECOLOGICAL RISKS AT THE TERRITORY OF DUBNA CITY

This work is devoted to the assessment of environmental risks. The main aspects of the specified subject are affected and different types of risk are considered for the small Dubna city territory.

Проблема экологической безопасности является одной из ключевых для России в целом и каждого региона в частности. Основой создания эффективных систем безопасности является глубокое знание существующей экологической обстановки. Ранее этот вопрос предлагался к решению через развитие систем мониторинга и последующих оценок состояния компонентов среды. Однако осознана недостаточность этого подхода, необходимость использования нормирования, составлению прогноза, выполнению вероятностных оценок. В документах, связанных с государственной экологической политикой, все больше внимания уделяется концепции экологического риска.

Цель данной работы состоит в изучении различного рода экологических рисков и апробации подходов риск-анализа для территории небольшого города, расположенного на самом севере Московского региона, – г. Дубна.

Экологический риск – это оценка вероятности возникновения негативных изменений в окружающей среде, вызванных антропогенным или иным воздействием. В рискологии различают 3 основных направления:

1) оценка воздействия загрязняющих веществ, техногенных аварий и стихийных бедствий на человека и среду;

2) оценка состояния здоровья и возможного числа жертв;

3) оценка состояния биоты по интегральным показателям.

Несмотря на то что Министерством здравоохранения и социального развития РФ уже достаточно давно рекомендовано выполнение оценок экологического риска и риска для здоровья человека в населенных пунктах страны, такие исследования носят весьма узкий характер, они проведены большей частью для крупных промышленных центров. Однако авторы работы считают необходимым проведение таких оценок в полной объеме даже для территории небольших городов. Основаниями для такого заключения послужили исследования заболеваемости, например, в г. Дубне, показавшие зависимость распространения ряда нозологий от экологических и природных факторов [2].

В целом г. Дубна характеризуется достаточно благоприятной экологической обстановкой. Уровень загрязнения окружающей среды небольшой и достаточно стабильный [5].

При оценке экологического риска для здоровья населения использовались:

– Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду, 05.03.04;

– Методические рекомендации «Оценка риска для здоровья населения от химических и физических факторов среды обитания человека», 2003 г.;

– Методические рекомендации «Комплексная гигиеническая оценка степени напряженности медико-экологической ситуации различных территорий, обусловленной загрязнением токсикантами среды обитания населения», 30.07.97.

Как показали результаты исследований, на территории г. Дубны индивидуальный канцерогенный риск, обусловленный:

– загрязнением атмосферного воздуха имеет минимальную и низкую степень, риск дополнительных случаев

рака в год может составить 0,176 на 71 тыс. чел. (0,25 в пересчете на 100 тыс. чел.);

– загрязнением питьевой воды на 2 участках достигает низких значений, на остальных участках значения минимальны;

– загрязнением поверхностных вод имеет среднюю степень на всех участках в результате воздействия хлора и на одном участке в результате воздействия кадмия. Низкую степень – на 6 участках в результате воздействия свинца. На остальных участках – минимальную степень;

– загрязнением почвенного покрова суммарный канцерогенный риск имеет высокую степень на трех участках в результате воздействия Cr; среднюю на всех участках в результате воздействия Pb, Cr, Ni; низкую на некоторых из участков в результате воздействия As, Hg, Mo, Ni; минимальную в результате воздействия бенз(а)пирена и на некоторых участках Hg и Mo.

Индексы опасности неканцерогенных эффектов (неканцерогенный риск) при хроническом воздействии химических веществ превышают канцерогенные риски:

– в атмосферном воздухе имеют минимальную и низкую степень по всем веществам, суммарный индекс неканцерогенной опасности изменяется от минимального до умеренного уровня;

– в питьевых водах имеют минимальный уровень на двух участках и средний уровень на большей части территории при воздействии Cl и Fe на одном из участков;

– от загрязнения поверхностных вод имеют умеренный уровень на всех участках в результате воздействия хлоридов, а на одном участке – высокий уровень. Неканцерогенная опасность имеет допустимый уровень на всех участках в результате воздействия азота нитратов; на шести участках – азота нитритов, на двух участках – аммиака. На всех остальных участках – минимальный уровень;

– от загрязнения почвенного покрова суммарная неканцерогенная опасность имеет минимальный уровень [6].

Резюмируя сказанное, можно заключить, что в целом город является достаточно благополучным в сфере риска для здоровья населения. Текущий уровень загрязнения химическими компонентами на территории города обуславливает превалирование неканцерогенной опасности над канцерогенными рисками. Самые низкие уровни риска выявлены в частных секторах города. Наибольший вклад в суммарный экологический риск вносит атмосферный воздух [6].

При проведении биоиндикационных исследований (для анализа косвенных экологических рисков для окружающей среды г. Дубны) в качестве биоиндикатора была выбрана сосна обыкновенная *Pinus Sylvestris* L. Сосна обыкновенная является чувствительным биоиндикатором, доступна для исследований и характеризуется высокой частотой встречаемости, равномерностью распределения на территории г. Дубна. Принцип метода биоиндикации основан на выявленной зависимости степени повреждения хвои от загрязнения воздуха в районе произрастания сосны обыкновенной [3].

По результатам проведенных исследований основная часть территории города относится к 1 и 2 классам загрязнения, то есть воздух идеально чистый и чистый. В Правобережной части города выявлены 4 локальных участка, характеризующихся 3 классом загрязнения воздуха – воздух относительно чистый, это районы полигона ТБО «Дубна Правобережная», станции «Большая Волга» с перекрестком на Дмитровском шоссе (федеральной трассы), Восточной котельной и Заволжской базы [3].

Что касается техногенного риска, то следует сказать, что г. Дубна является наукоградом, имеет достаточно большое число производств, однако все они характеризу-

ются невысокими объемами воздействия на окружающую среду и уровнями риска. Среди технически сложных объектов выделяются Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ) и Волжский район гидроэлектросооружений (ВРГС) с плотиной на р. Волга.

На территории ОИЯИ имеется реактор на быстрых нейтронах (ИБР-2). Это единственный атомный реактор в мире с подвижным отражателем – сложной механической системой, обеспечивающей надежную работу двух частей, определяющих модуляцию реактивности. Система охлаждения реактора трехконтурная и состоит из 2 петель из соображений безопасности. Кроме того, по различным литературным источникам риск от различных реакторов на производстве составляет 10^{-6}–10^{-11} [1; 7].

Иваньковская ГЭС является малой, с мощностью 30 МВт, плотина ВРГС земляная бетонная водосбросная с перепадом высот в 11 м. Построенные в 30-е годы XX в. сооружения ГЭС модернизированы в 2007–2009 гг.. По различным литературным источникам наиболее высокий риск разрушения присущ малым плотинам, в то время как плотина Иваньковской ГЭС имеет высоту 22,5–29,0 м. Большая часть разрушений происходит в недавно построенных плотинах в первый год эксплуатации, а около 70% – в первые 10 лет функционирования. Даже риски, обусловленные внутренней эрозией и нарушением прочности основания, в большей степени характерны каменным плотинам – 31% (против 21% для бетонных плотин) [4].

Эти факты вкупе с постоянным производственным контролем и мониторингом позволяют говорить о низком уровне техногенного риска на двух указанных производственных объектах.

Анализ экологических рисков для территории города Дубна позволяет сделать вывод о достаточно благополучной ситуации в городе. Тем не менее необходим постоян-

ный экологический мониторинг. Оценка экологических рисков является весьма многоаспектным и перспективным направлением, поскольку позволяет рассмотреть вопросы воздействия на окружающую среду и ее отклика, как со стороны природного компонента, так и со стороны попадающего под воздействие населения. Из-за присущих показателям риска неопределенностей использование указанного подхода нуждается в развитии, как в теоретическом плане (через разработку методической и нормативной документации), так и в практическом аспекте через использование подходов к конкретным территориям и областям и введение понятия экологического риска в практику страхования.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Акимова Т.А., Хаскин В.В.* Основы экоразвития. – М.: Изд-во Российской экономической академии, 1994.

2. Анализ влияния негативных экологических факторов на уровень заболеваемости населения г. Дубны. Научно-технический отчет. – Дубна: РЭЦ «Дубна», 2007.

3. *Баскакова Е.А., Савватеева О.А.* Экспресс-контроль антропогенной транформации городских экосистем методами биоиндикации хвойных пород // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 5 (2) – С. 407–411.

4. *Малик Л.К.* ГЭС на малых реках России: достоинства и недостатки // Природа. – 2003. – № 1. – С. 55–62.

5. Отчеты о состоянии окружающей среды г. Дубны Московской области. – Дубна: РЭЦ «Дубна», 2000–2014.

6. *Савватеева О.А., Нисифорова И.А., Дейнега Е.А., Баша С.Г.* Экологические риски урбанизированных территорий (на примере г. Дубна Московской области) // ELPIT-2013. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2013. – Т. 5. – С. 167–173.

7. http://flnp.jinr.ru/5 – сайт Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка (дата обращения: 01.06.2015).

ПРОБЛЕМЫ СНИЖЕНИЯ РИСКА СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ. УРОКИ ВЕЛИКОГО ВОСТОЧНО-ЯПОНСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ И ЦУНАМИ

В.Б. Свалова

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

DISASTERS RISK REDUCTION PROBLEMS. LESSONS OF THE GREAT EAST JAPAN EARTHQUAKE AND TSUNAMI

Four years have passed since the Great East Japan Earthquake and Tsunami of March 11, 2011. This event was timed Third UN World Conference on Disaster Risk Reduction (WCDRR), which took place from 14 to 18 March 2015 in Sendai, Miyagi Prefecture, Japan. Sendai Declaration and Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030 were accepted.

Четыре года прошло со дня Великого восточно-японского землетрясения и цунами 11 марта 2011 г. К этому событию была приурочена Третья Всемирная конференция Организации Объединенных Наций по снижению риска стихийных бедствий (WCDRR – World Conference on Disaster Risk Reduction), проходившая с 14 по 18 марта 2015 г. в г. Сендай префектуры Мияги в Японии. Конференция собрала более восьми тысяч участников из 160 стран, включая глав государств и правительств 20 стран. На открытии конференции присутствовали император и императрица Японии, премьер-министр Японии Синдзо Абэ, Генеральный секретарь ООН Пан Ги Мун.

Великое восточно-японское землетрясение – землетрясение магнитудой около 9,0 произошло 11 марта 2011 г. в 14:46

по местному времени (8:46 по московскому времени). Эпицентр землетрясения находился в точке с координатами 38,322° с.ш. 142,369° в.д. восточнее острова Хонсю, в 130 км к востоку от г. Сендай и в 373 км к северо-востоку от г. Токио. Гипоцентр наиболее разрушительного подземного толчка находился на глубине 32 км ниже уровня моря в Тихом океане.

Это сильнейшее землетрясение в известной истории Японии и, по некоторым оценкам, четвертое по силе за всю историю сейсмических наблюдений в мире.

В XX в. в Японии произошло тринадцать больших землетрясений и цунами, от которых погибло около 264 тыс. человек. Последнее самое мощное землетрясение в XX в. было в городе Кобе (18 января 1995 г.), тогда ушли из жизни от 5 до 6,5 тыс. человек, магнитуда составила от 7,3 до 7,5. Помимо г. Кобе, землетрясение затронуло отдельные города префектур региона Кансай (Киото, Осаку, Нару) и Тюбу (Окаяму).

Великое восточно-японское землетрясение произошло на расстоянии около 70 км от ближайшей точки побережья Японии. Волнам цунами потребовалось от 10 до 30 мин, чтобы достичь первых пострадавших областей Японии. Через 69 мин после землетрясения цунами затопило аэропорт Сендай, который находится недалеко от побережья префектуры Мияги. Его волны смывали автомобили и самолеты, затапливали и разрушали здания.

За минуту до начала землетрясения в г. Токио система раннего предупреждения, объединяющая около 1000 сейсмографов в Японии, передала по телевидению сообщение о приближающемся землетрясении. Это стало возможным благодаря тому, что сейсмические S-волны распространяются со скоростью 4 км/сек и им потребовалось 90 сек для преодоления расстояния в 373 км до Токио. Считается, что это сохранило большое количество жизней.

Землетрясение вызвало сильное цунами, которое произвело массовые разрушения на северных островах япон-

ского архипелага. Цунами распространилось по всему Тихому океану, во многих прибрежных странах, в том числе по всему тихоокеанскому побережью Северной и Южной Америки от Аляски до Чили.

Предупреждение о цунами, выданное Японским метеорологическим агентством, было самым серьезным по его шкале опасности; оно оценивалось как «крупное» высотой не менее 3 м. Реальная высота была различной. Максимальная наблюдалась в префектуре Мияги и достигала 40,5 м. В префектуре Иватэ она была почти 39 м, в О-Фунато 23 м, в Минами Санрику 16 м, в Онагаве 15 м, в Фукусиме, где расположена АЭС, 14 м, в порту Куджи 13 м, в Камаиши – 7–8 м.

Официальное число погибших в результате землетрясения и цунами в 12 префектурах Японии составляет 15 870 человек, 2846 человек числятся пропавшими без вести в 6 префектурах, 6110 человек ранены в 20 префектурах.

Наиболее пострадавшими городами являются Рикудзентаката, префектуре Иватэ, – был смыт практически весь город, около 5 тыс. домов ушли под воду; Минамисанрику – пропали без вести 9,5 тыс. жителей; Сендай – вода затопила территорию на расстоянии 10 км от морского побережья, пропавшими без вести числятся около 650 человек; Ямада – около 7200 домов ушли под воду.

В результате землетрясения произошли аварии на АЭС. 11 энергоблоков из 53 существующих в Японии были автоматически остановлены.

На АЭС «Фукусима-1» 3 из 6 энергоблоков были сразу остановлены, другие 3 не работали. 3 работавших реактора оказались в аварийном состоянии из-за отказа системы охлаждения, пострадавшей от стихийного бедствия. Реакторы были в разной степени повреждены, они стали источником сильных радиоактивных выбросов. Один не работавший энергоблок был поврежден пожаром. На самой АЭС произошло сильное радиоактивное загрязнение. Возникли проб-

лемы с хранилищами отработанного топлива. Население окрестностей было эвакуировано.

Ущерб от землетрясения в Японии, произошедшего 11 марта, оценивается в 16–25 трлн иен (198–309 млрд долл.). Оценка учитывает затраты на восстановление социальной инфраструктуры, жилой недвижимости и заводов. Таким образом, в общие убытки не включены падение промышленного роста, ВВП и объемов торговли, вызванные стихийным бедствием. Также было уничтожено около 0,44% от всех сельскохозяйственных угодий страны (205 км^2).

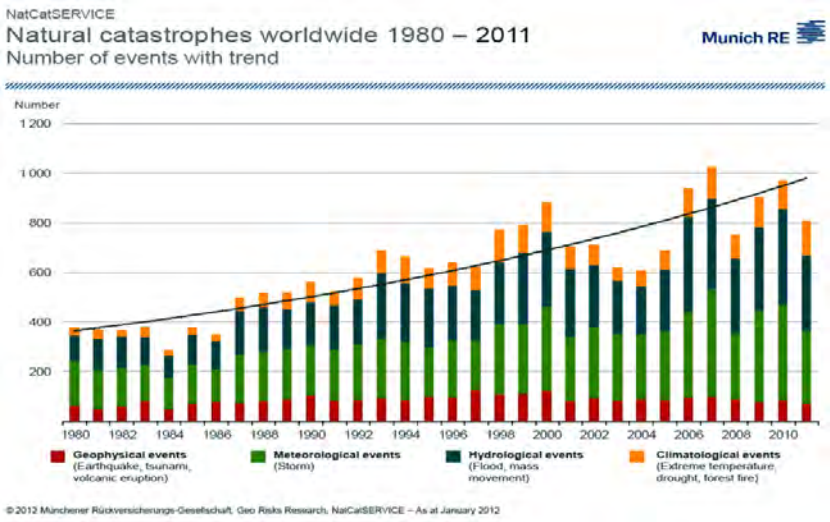
Землетрясение 11 марта 2011 г. обычно сравнивается с землетрясением в Кобе 17 января 1995 г. Тогда убытки Японии составили 9,6 трлн иен (119 млрд долл.).

Правительство Японии создало новое государственное управление по восстановлению регионов, пострадавших от природных и техногенных катастроф. Это управление создано для координации действий, определения целей и задач по различным направлениям, связанных с восстановлением. На уровне правительства принимаются новые стандарты по сейсмической устойчивости зданий и водных коммуникаций. Лишь около 30–33% нынешних коммуникаций, обеспечивающих подачу воды в населенные пункты страны, способны выдержать землетрясение.

Метеорологическое управление Японии начало апробирование новой системы по оперативному предсказанию землетрясений. А также теперь рассылает СМС-сообщения, предупреждающие о тех или иных природных катастрофах (обычно перед чрезвычайной ситуацией за 1 мин или 40–30 сек).

По данным NatCatSERVICE, Munich RE, за последние 35 лет число геолого-геофизических катастроф, связанных с землетрясениями, цунами, извержениями вулканов, изменялось незначительно по сравнению с гидрометеорологическими (штормы, наводнения, движения масс) и климатоло-

гическими (экстремальные температуры, засуха, лесные пожары) событиями (см. рис.).



1 2 3 4

Рис. **Природные катастрофы за 1980–2011 гг. (NatCatSERVICE, Munich RE):**

1 – геофизические события, *2* – метеорологические, *3* – гидрологические, *4* – климатологические.

Среднее значение 405 событий в год было зарегистрировано в 1980–1989 гг., 650 в 1990-х гг., 780 за период 2000–2009 гг. и более 800 в 2010-х гг. Рост числа таких катастроф связывается с изменением климата.

III Всемирная конференция ООН по снижению риска стихийных бедствий. В японском г. Сендай (префектура Мияги) состоялась III Всемирная конференция ООН по снижению риска стихийных бедствий.

По оценке ООН, ежегодный урон от стихийных бедствий на планете достигает 300 млрд долл. По словам Пан Ги

Муна, если каждый год выделять по 6 млрд долл. на развитие и поддержку программ, связанных с предотвращением и уменьшению опасности бедствий, это поможет снизить ущерб до 360 млрд долл. за весь период до 2030 г.

Главным итогом конференции стало принятие Сендайской декларпции и Рамочной программы действий в области снижения риска стихийных бедствий на ближайшие 15 лет (2015–2030 гг.), пришедшей на смену Хиогской рамочной программе, принятой в Кобе, префектура Хиого, Япония, 22 января 2005 г.

В Рамочной программе определены приоритетные направления действий, а также семь конкретных задач и сроки их достижения. Принятие новой программы действий по уменьшению опасности стихийных бедствий открывает новую главу в деятельности по продвижению устойчивого развития. Программа устанавливает четкие цели и приоритетные направления действий, которые должны привести к существенному снижению масштабов гибели людей, экономических потерь и разрушений, а также негативных последствий в сфере здравоохранения. За последнее десятилетие в результате стихийных бедствий погибли более 700 тыс. чел. и свыше 1,4 млн получили увечья. Примерно 23 млн чел. лишились жилья. В общей сложности в результате бедствий пострадали более 1,5 млрд чел. Общий экономический ущерб превысил 1,3 трлн долл. США.

В работе использованы материалы III Всемирной конференции Организации Объединенных Наций по снижению риска стихийных бедствий WCDRR www.wcdrr.org.

ПОКАЗАТЕЛИ ОПАСНОСТИ И УЯЗВИМОСТИ ПРИ ОЦЕНКЕ РИСКА СУФФОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ГРАДОПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Н.А. Сенаторова

ЗАО «ДАР/ВОДГЕО», Астрахань
E-mail: Mikulan@darvodgeo.ru

DANGER AND VULNERABILITY INDEXES IN RISK ASSESSMENT OF SUFFOSION PROCESSES IN URBAN AND INDUSTRIAL AREAS

In the article identified the danger index of suffosion in urban and industrial areas and the vulnerability index of the territory to suffosion processes, using in the integral method of risk assessment.

Фильтрационная суффозия и ее внешние и внутренние проявления требуют прогнозирования, мониторинга и учета при проектировании и строительстве зданий и сооружений.

Для оценки негативных воздействий суффозии и их последствий предлагается **интегральный метод оценки риска**.

Оценка риска суффозии для градопромышленной территории по интегральному методу начинается с определения **дозы негативного воздействия суффозионных процессов** (D) как пересечения показателей (факторов) опасности и уязвимости.

Опасность суффозии для территории – угроза наступления негативного события для определенного объекта территории.

Уязвимость (суффозионная) территории (объектов) – свойство объектов территории утрачивать полностью или

частично свои функции при воздействии факторов опасности суффозии.

Риском суффозионных воздействий для территории (объектов) будем считать вероятность возможных ущербов.

На основании выделенных ранее внутренних и внешних факторов суффозии [1] и факторов риска суффозионных процессов [2] сформированы показатели опасности и уязвимости:

1. **Показатели опасности подверженности территории процессам суффозии** представлены четырьмя показателями, каждый из которых оценивается по возрастанию опасности от 1 до 4.

Показатель опасности 1 – плотность, характеристика и изношенность подземных водонесущих коммуникаций. Степень опасности принимается на основании протяженности линий водонесущих коммуникаций, материалов труб, степени их изношенности.

Степень и соответствующий ей код опасности здесь и далее присваивается экспертной оценкой на одном из трех уровней, каждый из которых имеет соответствующие отличительные признаки, приведенные ниже в табл. 1.

Таблица 1

Оценка степени опасности суффозии по показателю 1

Степень опасности по показателю 1	**Код (балл)**	**Отличительные признаки**		
		Плотность коммуникаций, км/га	**Материал труб**	**Изношенность средняя по отношению к сроку службы, %**
1	**2**	**3**	**4**	**5**
Малая	1	0,5	Полимерные, из спец. материалов (ВЧШГ и др.)	< 15

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
Средняя	2	0,5–2	Чугунные, стальные сварные оцинкованные	15–50
Большая	3	2–5	Стальные черные, бетонные (железобетонные)	50–70
Очень большая	4	> 5	Керамические асбоцементные, стыкованные	> 70

В качестве кода опасности по показателю опасности 1 (и в дальнейшем) может быть принят средневзвешенный код.

Показатель опасности 2 – степень опасности подтопления территории. Для оценки показателя предлагается использовать дозу вредного воздействия подтопления грунтовыми водами $D_п$, вычисленную по Методическим рекомендациям НПО «ВОДГЕО» [3].

Значения степеней и кодов опасности по показателям опасности 2–4 в зависимости от значения отличительных признаков приведены в таблицах работы [4].

Показатель опасности 3 – характеристика колебаний УГВ. Определяется на основании: амплитуды, частоты колебаний УГВ и положения среднего уровня, относительно которого которой происходят колебания грунтовых вод.

Показатель опасности 4 – пораженность территории. Определяется на основании: площадной поверхности пораженной территории, объема подверженных деформации горных пород, продолжительности проявления суффозионного процесса, количественных критериев суффозионной опасности по В.П. Хоменко [5].

2. **Показатели уязвимости территорий процессам суффозии** включают в себя четыре показателя, каждый из которых оценивается кодом уязвимости по ее возрастанию от 1 до 3.

Показатель уязвимости 1 – инженерно-геологическая и гидрогеологическая характеристики грунтов. Градации отличительных признаков территории для оценки степени ее уязвимости суффозионным процессам по показателю 1 предложены в табл. 2.

Таблица 2

Оценка степени уязвимости территории суффозии по показателю 1

Степень опасности по показателю 1	Код (балл)	Отличительные признаки			
		Тип грунтов	Коэф-т неоднородности грунтов	Структура массива горных пород	Гидрогеологическая хар-ка грунтов (причины суффозии)
1	2	3	4	5	6
Малая	1	Глинистые	< 10	Наличие закольматированных полостей и трещин	Появление потока подземных вод
Средняя	2	Супесчано-суглинистые, лессовые	10–20	Наличие незакольматированных полостей и трещин	Увеличение скорости потока подземных вод
Большая	3	Песчано-глинистые	> 20	Техногенные грунты обратных засыпок, не уп-	Выход области суффозионного выноса (полости) на

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6
				лотненные, со строительным мусором	контакт с водонасыщенными суффозионно неустойчивыми породами

Показатель уязвимости 2 – степень освоения подземного пространства. Предлагается оценивать по значимости территории и характеристикам застройки подземного пространства – плотности застройки и степени износа объектов подземной инфраструктуры.

Степени и коды опасности по показателям уязвимости 2–4 приведены в таблицах работы [4].

Показатель уязвимости 3 – характеристика оснований и фундаментов зданий и сооружений. Отличительные признаки: степень количество зарегистрированных проявлений суффозии на единицу площади и тип фундаментов зданий и сооружений на площадке.

Показатель уязвимости 4 – характеристики объектов на рассматриваемой территории. В качестве отличительных признаков выбраны: наличие сооружений, использующих жидкости, газы и пар, а также наличие емкостных и технологических сооружений, использующих агрессивные жидкости.

Основные принципы оценки риска ущербов от суффозионных воздействий по показателям опасности и уязвимости. В качестве интегральной величины, характеризующей степень опасности суффозионных процессов для территории, вводится *коэффициент опасности* λ, как линейная комбинация определенных выше показателей опасности (с весовыми коэффициентами), приведенная к интервалу от 0 до 1 [5].

Аналогично на основании кодов показателей уязвимости определяется интегральная характеристика степени уязвимости градопромышленной территории к суффозионным процессам – *коэффициент уязвимости ν*.

Произведение показателей опасности суффозии и уязвимости территории к суффозии дает дозу негативного воздействия *D*:

$$D = \lambda \cdot \nu. \qquad (1)$$

Вероятность ущербов от суффозии для рассматриваемой территории определяется через интеграл вероятности Гаусса, например, по следующей универсальной формуле [5]:

$$P_{суф}(D) = 0{,}5\,\mathrm{erfc}\left[\beta - \frac{\beta - \alpha}{\ln\left(\frac{D_{det}}{D_п}\right)} \ln \frac{D}{D_п}\right], \qquad (2)$$

где erfc *x* – интеграл ошибок;
$D_п$ – пороговая доза негативного воздействия;
$\alpha = \mathrm{arcerfc}\,(2P_{det})$;

$$\beta = \mathrm{arcerfc}\,(2P_{доп}), \qquad (3)$$

где arcerfc *x* – функция, обратная функции erfc *x*;
D_{det}, P_{det} – один из детерминированных критериев поражения;
$P_{доп}$ – максимально допустимое значение вероятности аварии (ущерба) для территории или объекта с учетом класса зданий и сооружений.

Далее, имея вычисленную вероятность ущерба в результате суффозии, определяем **риск ущербов** от негативного воздействия D для суффозионного процесса по общепринятой формуле:

$$R_{суф}(D) = P_{суф}(D) \cdot У, \qquad (4)$$

где *У* – ожидаемый ущерб от суффозионного воздействия.

Если ущерб ожидается в результате N различных воздействий, то совокупный риск ущербов от суффозии определяется как

$$R=\sum_{i=1}^{N} P_i \cdot У_i. \qquad (5)$$

Выделенные показатели опасности и уязвимости вписываются в общую методологию оценки риска суффозионных процессов градопромышленных территорий на основе интегрального метода.

Выводы. В работе были выделены показатели опасности суффозионных процессов градопромышленных территорий и показатели уязвимости территорий к процессам суффозии, даны предложения по их балльной экспертной оценке.

Выделенные показатели опасности и уязвимости предлагается использовать при оценке риска суффозионных процессов градопромышленных территорий на основе интегрального метода.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Коростилев А.Д. и др.* Внутренние и внешние факторы и причины фильтрационной техногенной суффозии // Водоснабжение, водоотведение, экологическая безопасность строительства и городского хозяйства. – Вып. 13. – М.: ДАР/ВОДГЕО, 2011.

2. *Сенаторова Н.А. и др.* Факторы риска природно-техногенных фильтрационных суффозионных процессов градопромышленных территорий // Водоснабжение, водоотведение, экологическая безопасность строительства и городского хозяйства. – Юбилейный вып. № 14. – М.: ДАР/ВОДГЕО, 2012.

3. Методические рекомендации по оценке уровней безопасности, риска и ущерба от подтопления градопромышленных территорий. – М.: ДАР/ВОДГЕО, 2010.

4. *Сенаторова Н.А. и др.* К методике оценки риска природно-техногенных фильтрационных суффозионных процессов гра-

допромышленных территорий // Водоснабжение, водоотведение, экологическая безопасность строительства и городского хозяйства. – Вып. 16. – М.: ДАР/ВОДГЕО, 2014.

5. *Хоменко В.П.* Закономерности и прогноз суффозионных процессов. – М.: ГЕОС, 2003.

6. *Коростилев А.Д. и др.* Пробит-анализ и его приложения к оценке риска опасных процессов // Водоснабжение, водоотведение, гидротехника и инженерная гидрогеология. – Вып. 13. – М.: ДАР/ВОДГЕО, 2011.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ПРИРОДНОГО И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОГО РИСКА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Г.Г. Стрижельчик

Украинский государственный головной научно-исследовательский и производственный институт инженерно-технических и экологических изысканий ГП «УкрНИИНТИЗ», Харьков, Украина
E-mail: niintiz@kharkov.ukrtel.net

METODOLOGICAL FEATURES OF ASSESSMENT NATURAL AND MAN-CAUSED RISKS FOR A BUILDING

This article discusses the features of the risk assessment of natural and natural-man-caused events in engineering geology. The new methods of assessment of natural risks are proposed.

В настоящее время методика оценки природно-техногенного риска в инженерной геологии уже разработана. Это сложная задача, состоящая из изучения и оценки состояния геологической среды, поискового прогноза, сопоставления

прогнозных и предельно допустимых параметров и, на этой основе, оценка риска выхода системы из допустимого состояния [1; 2]. При наличии существенного риска разрабатывается нормативный прогноз, т.е. пути и способы достижения (сохранения) требуемого состояния. Такой подход соответствует представлениям об управлении рисками.

Под природными рисками мы понимаем возможность системы или объекта испытать воздействие природных процессов и явлений, последствия которых будут носить катастрофический характер. Причем, оценка риска может носить только качественный характер (например: риск слабый, риск существенный, экстремальная ситуация), так как любые количественные оценки обычно используются для получения качественных выводов.

Напомним, что оценка риска природно-техногенных процессов основывается на представлениях о наличии неопределенности во взаимоотношениях человека с природной средой, на представлениях о живучести сложных систем, на основных видах прогнозов и методах оценки риска.

Для целей анализа мы выделяем шесть условных видов неопределенности:

– природная – состоит в недостаточном знании или учете свойств природной среды;

– стратегическая – связанная с существованием двух стратегий: «предотвратить» или «учесть»;

– методическая – состоит в выборе адекватного метода прогнозирования;

– концептуальная – связанная с недостаточным знанием видов воздействий на период упреждения прогноза;

– временная – связанная с недостаточным знанием времени наступления воздействия;

– параметрическая – связанная с недостаточным знанием параметров воздействия.

Перечисленные условные виды неопределенности характерны для природно-техногенных процессов и явлений.

В этом случае снижение неопределенности каждого вида помогает выбрать стратегию («предотвратить» или «учесть») и принять конкретное проектное решение.

В чем же отличие в оценках природно-техногенных и природных рисков?

Во-первых, у природных процессов и явлений события носят более однозначный характер, и для оценки риска известны основные составляющие процесса, и нам доступна только одна стратегия – «учесть». При наличии этих представлений (вид события, характер воздействий и отсутствие необходимости выбирать стратегию) остается необходимость устранения методической, временной и параметрической неопределенности.

Традиционное прогнозирование катастрофических событий, построенное на вероятностно-статистической основе, себя не оправдало (землетрясение в северной Армении, цунами на Филиппинских и Японских островах, ураганы в США, Мексике и др.). По нашему убеждению, формальные вероятностно-статистические прогнозы создают опасную иллюзию научной обоснованности долгосрочных решений по размещению и защите ответственных объектов (города, крупные предприятия, АЭС и другие потенциально опасные объекты). Выходом из данной ситуации может быть переход на «абсолютные» оценки возможности события, если использовать метод, близкий к «закону Мерфи», и звучащий так: «если событие теоретически возможно, то оно обязательно произойдет, «завтра». Таким образом, мы устраняем методическую и временную неопределенности и, более того, создаем предпосылки для дальнейших исследований причин возникновения опасных процессов. Остается разобраться с таким важным обстоятельством, как параметрическая неопределенность, так как для оценки риска необходимо сопоставить параметры воздействий и способность объектов подавлять (воспринимать) эти воздействия, и сохранять свои качественные характеристики и функции. По-

лагаем, что наиболее простой путь, достаточно испытанный на практике, заключается в районировании территорий по проявлению опасных природных процессов и явлений и ранжирований по интенсивности воздействий (в баллах или натуральных показателях). При принятии решений по освоению территорий для разных объектов можно ввести дополнительные коэффициенты безопасности.

Таким образом, оценка природного риска – это безотносительная ко времени абсолютная оценка неотвратимых воздействий, подлежащих учету при проектировании и строительстве. Во всех случаях механизм учета состоит из сопоставлений прогнозируемых воздействий с ресурсом устойчивости объекта (системы) к данным воздействиям. Предлагая это понятие: «ресурс устойчивости», мы подразумеваем, что любая система является устойчивой, если ее фазовые координаты не превышают допустимый максимум и не снижаются ниже допустимого минимума.

Безусловно, реализация такого унифицированного подхода требует определенных организационных усилий и научно-методического обеспечения. Возможно, что создание международных стандартов могло бы способствовать разрешению проблемы и, главное, повысить уровень безопасной жизнедеятельности человека в сложных природных условиях.

Имеющийся опыт (например: ликвидация последствий катастрофического Спитакского землетрясения и нового строительства в городах северной Армении) показывает, что предлагаемый подход позволит избежать значительной части катастрофических событий, связанных с природными процессами и явлениями.

Разрабатывая и внедряя методы оценки риска и нормативные документы, необходимо стимулировать повышение интеллектуального вклада изыскателей в результаты своей работы, так как от качества исходных данных зависит качество и эффективность принимаемых проектных решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Стрижельчик Г.Г.* Проблемы инженерной геологии городов и возможные пути их решения // Инженерная геология. – 1987. – № 2. – С. 3–12.

2. *Стрижельчик Г.Г.* Особенности прогнозирования и оценки риска развития опасных процессов при изысканиях для строительства // Мат-лы Международной научно-практ. конференции «ГЕОРИСК–2012». – М.: РУДН, 2012. – Т. II – С. 119–125.

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО СНИЖЕНИЮ СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА, СВЯЗАННОГО С ПОЖАРАМИ В РАЗРУШЕННОЙ ЧАСТИ ГОРОДА

***С.С. Сулайманов*[*], *Н.А. Хамрабаева*[**]**

[*]*Ташкентский архитектурно-строительный институт, Ташкент, Узбекистан*
E-mail:ssulayman@mail.ru
[**]*Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, Узбекистан*

THE DEVELOPMENT OF TECHNICAL SOLUTIONS TO MITIGATE SEISMIC RISK IN URBAN AREAT

This article discusses the development of technical solutions to reduce the size of seismic risk in an urban area. Lists the device working principle and theoretical substantiation of the basic design parameters for the first time developed, automatically and independently existing seismic switch of power supply. The proposed seismic switch will dramatically reduce the size of seismic risk by preventing fires in residential and administrative buildings.

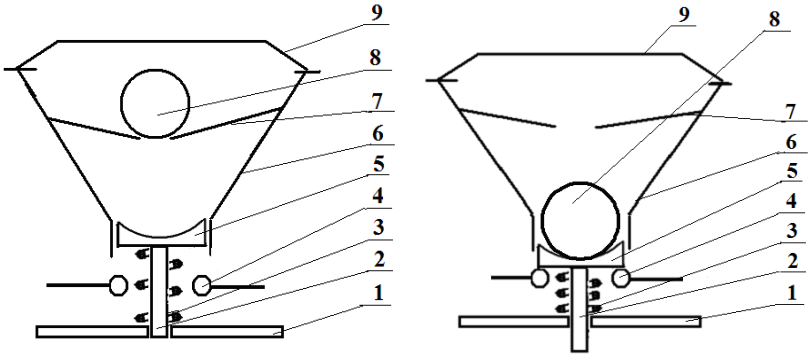
Общая схема анализа сейсмического риска на любом (как региональном, локальном, так и в рамках системы «человек–среда обитания») уровне выполняется следующей последовательностью: идентификация и прогноз сейсмической опасности; покомпонентная оценка уязвимости населения и объектов экономики; оценка дифференцированного и интегрального сейсмического риска потерь; разработка мероприятий по управлению сейсмическим риском [1–3].

Понятие ущерба используется для выражения стоимостных потерь общества, в форме так называемого экономического ущерба. При этом различают прямой и косвенный ущерб. Прямой ущерб связан непосредственно с мгновенными проявлениями сейсмического процесса в зоне землетрясения. Косвенный ущерб связан со снижением производительности различных секторах экономики. Эта компонента ущерба может проявляться как непосредственно после землетрясения, так и на протяжении некоторого периода времени в несколько лет. Он может быть оценен как разность между доходами от производства товаров и услуг до и после землетрясения с вычетом дополнительных затрат в период ликвидации его последствий и восстановления утраченного [1; 2].

В условиях большого города, как г. Ташкент с развитой коммунально-энергетической сетью (КЭС), при реализации сейсмического риска размер экономического ущерба огромен. Количество аварий, коммунально-энергетических сетей (КЭС) определяется из условия, что на 1 км^2 разрушенной части города приходится 6–8 аварий [4]. В среднем в половине зданий, частично разрушенных и обвалившихся, возможно возникновение пожаров. Пожары наносят огромный экономический ущерб жизни, имуществу населения и производственным мощностям товаропроизводителей. Поэтому целесообразно разрабатывать и внедрять технические средства по предотвращению пожаров в разрушенной части города.

Известно, что причинами возникновения пожаров являются короткие замыкания в сетях электроснабжения и утечки газа из-за нарушений герметичности системы газоснабжений зданий различного назначения (жилых и т.д.). Для предотвращения возникновений пожаров необходимо снабжать электрические сети техническими средствами, автоматически и автономно отключающие подачи электроэнергии при землетрясении определенной интенсивности.

Для защиты от токов внешних коротких замыканий используют максимальную токовую защиту, действующую так же, как резервная защита при отказе других защит. Кроме того, максимальная токовая защита работает в качестве основной при коротком замыкании в мертвой зоне токовой отсечки, если она установлена. Защиту от токов перегрузки выполняют в виде максимальной токовой защиты в одной фазе. Она действует, как правило, на сигнал с соответствующей выдержкой времени [5]. Она бездействует при землетрясениях. Для отключения подачи электроэнергии при сейсмическом воздействии разработан сейсмический выключатель. Он устанавливается вместе с реле максимальной токовой защиты. Устройство и принципиальная схема работы сейсмического выключателя подачи электроэнергии от трансформатора приведены на рис. Сейсмический выключатель действует следующим образом. При землетрясении с интенсивностью *4* и более баллов (MSK) груз *8* под действием силы упругости сбрасывается пластинчатыми пружинами *7* в воронку *6* и он под действием гравитационной силы падает на седло-замыкатель *5*. При этом мгновенно замыкаются контакты *4* и происходит междуфазное короткое замыкания. Срабатывает реле максимальной токовой защиты трансформатора. Мгновенно отключается подача электрической энергии. Сейсмический выключатель приводится в действие автоматически и автономно.



а) *б*)

Рис. **Сейсмический выключатель электроэнергии:**

а – общий вид; *б* – в рабочем состоянии; *1* – корпус; *2* – шток; *3* – пружина; *4* – контакты короткого замыкания; *5* – седло – замыкатель; *6* – воронка; *7* – пластинчатые пружины; *8* – шаровидный груз; *9* – крышка

Ускорение, которое придает сейсмические толчки к массе груза сейсмического выключателя, можно вычислить эмпирической формулой, предложенной авторами работы [3; 6; 7]:

$$\ell g\ \bar{a} = -0{,}21 + 0{,}34 \cdot I \pm 0{,}33,\ см/с^2, \qquad (3)$$

$$\ell g\ \bar{a} = 0{,}167 + 0{,}3 \cdot I \pm 0{,}43\ см/\ с^2, \qquad (4)$$

где $\bar{a}$ – среднее значение ускорения колебаний поверхности земли, см/с^2;

I – интенсивность землетрясения, балл.

Значение интенсивности *I*, в свою очередь, зависит от магнитуды подземного толчка, от расстояния между эпицентром подземного толчка и местом расположения района, где находятся здания, от состава почвы, от уровня подземных вод, от глубины расположении очага подземных толчков[3; 6; 7].

Формулы (3) и (4) запишем в следующем виде:

$$\bar{a} = 10\,(-0{,}21 + 0{,}34I \pm 0{,}33), \qquad (5)$$

$$\bar{a} = 10\,(0{,}167 + 0{,}3I \pm 0{,}43). \qquad (6)$$

Время срабатывания разработанного сейсмического выключателя подачи электрической энергии регулируется в широких диапазонах и определяется следующей формулой:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}\,, \qquad (7)$$

где h – высота установки груза над седлом-замыкателем, м; g – ускорение свободного падения, g = 9,82м/с^2.

Время срабатывания сейсмического выключателя подачи электроэнергии целесообразно устанавливать на 0,1 с, так как продолжительность землетрясений Ташкентской очаговой зоны 2–3 с [6; 7]. Отсутствие электроэнергии полностью предотвращает возникновения пожаров и взрывов в разрушенной части района или города при сейсмическом воздействию

ЛИТЕРАТУРА

1. *Мавлянова Н.Г., Инагамов Р.Ш. и др*. К вопросу о методике оценки сейсмического риска для территории Узбекистана // Материалы Международной конференции «Проблема оценки сейсмической опасности, сейсмического риска и прогноза землетрясений». – Ташкент: ИС АН РУз, 2004. – С. 73–77.

2. *Мавлянова Н.Г., Инагамов Р.Ш.* Проблемы оценки сейсмического риска в Узбекистане // Известия Узбекского географического общества. – Т. 23. –Ташкент: Фан. – С. 55–57.

3. *Плотникова Л.М., Нуртаев Б.С., Сейдузова С.С., Джалалов Д.Б.* Оценка сейсмической опасности для г. Ташкента в свете управления сейсмическим риском // Geologiya va mineral resurslar. – 1999. – № 2. – С. 40–45.

4. *Хамрабоева Н.А., Сулайманов С.С.* Прогнозирование последствий разрушительных землетрясений в городском районе // Вестник ТашГТУ. – Ташкент, 2011. – № 1. – С. 173–178.

5. *Будзко И.А. Зуль Н.М.* Электроснабжение сельского хозяйства. – М.: Агропромиздат, 1990. – 496 с.

6. *Плотникова Л.М.* Спектральные и спектрально-временные особенности землетрясений потенциально-опасных зон района Чарвакского водохранилища // Районирование сейсмических аспектов. – Ташкент: Фан, 1990. – С. 154–168.

7. *Плотникова Л.Т.* О соотношении сейсмических параметров грунтов, определяемых по записям слабых и сильных землетрясений (на примере землетрясений Ташкентской эпицентральной зоны) // Сейсмическое микрорайонирование. – М.: Наука, 1977. – С. 181–189.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА РИСКА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

***С.П. Сущев*[*], *В.И. Ларионов*[**], *П.А. Новиков*[*]**

[*]*МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва*
E-mail: secesr@bmstu.ru
[**]*Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва*

DYNAMIC WILDFIRE RISK ANALYSIS AUTOMATED SYSTEM

The work is dedicated to a new approach of a dynamic risk analysis. A necessity of a development of an automatic system for dynamic risk analysis is described. The scheme of the developed automatic system and an example of a calculated forecast map of the individual wildfire risk is presented.

Практически 2/3 территории России занимают леса. Ежегодно в нашей стране возникает около 18 тыс. лесных

пожаров, которые наносят серьезный урон экологии и экономике, а часто и человеческие жизни оказываются под угрозой. Некоторые пожары имеют катастрофические последствия [1].

Лесные пожары, охватившие в 1915 г. территорию Сибири в 12 млн га, унесли жизни 1150 человек. В 1972 г. на Европейской территории России в течение трех летних месяцев горели леса и торфяники на площади более ста тысяч квадратных километров, в огне которых только на территории Московской области погибли более 100 человек.

В 2010 г. устойчивая аномальная жара, которая продолжалась более двух месяцев и охватила Московский регион, Поволжье и центрально-черноземные области России (очаг, охваченный аномальной жарой и отсутствием осадков, имел диаметр около 1000 км), способствовала возникновению лесных и торфяных пожаров, нанесла существенный ущерб природе, животному миру, населению и хозяйству. За этот период произошло около 29 тыс. пожаров, сгорело более 2500 домов, погибло свыше 50 человек, ущерб составил около 12 млрд руб. 12–13 апреля 2015 г. в результате массовых несанкционированных и неконтролируемых палов прошлогодней сухой травы, сухой погоды, резкого повышения температуры воздуха, ветра с порывами до 25 м/с в Республике Хакасия сложилась беспрецедентная чрезвычайная ситуация. Произошли многочисленные переходы огня от палов на населенные пункты, территорию лесного фонда. Возникло 20 лесных пожаров, огонь прошел более 19 тыс. га. В результате различные степени повреждений получили более 1300 жилых домов в 38 населенных пунктах. Погибли и пострадали люди. Материальный ущерб составил около 7 млрд руб. В настоящий момент повышение эффективности предупреждения возникновения и распространения лесных пожаров, развитие систем и средств обеспечения пожарной безопасности в лесах являются национально значимыми задачами.

Для предупреждения возникновения лесных пожаров предлагается проводить динамический анализ риска [2] с учетом статистической информации о прошлых событиях совместно с прогностической метеорологической информации на срок до двух недель:

$$R_e^{д} = R_e^{ст} K_д K_а , \qquad (1)$$

где произведение $R_e^{ст} K_д$ – среднее значение индивидуального риска лесных пожаров в теплый период года (для Республики Хакасия составляет 10^{-6});

$K_а = K_н K_в$ – коэффициент влияния пожароопасной обстановки, зависящий от индекса Нестерова и наблюдаемой скорости ветра;

$K_н$ – коэффициент влияния значения индекса Нестерова (изменяется в пределах $10^{-1}…10^{3}$);

$K_в$ – коэффициент влияния скорости ветра (изменяется в пределах $1…10^{3}$).

Коэффициенты $K_н$, $K_в$ определяются на основе сопоставления информации о ЧС с 1992 г. с архивной метеорологической информацией.

На примере лесных пожаров, бушевавших в апреле 2015 г. в Республике Хакасия, произведен анализ индивидуального риска (рис. 1) с момента схода снежного покрова до начала пожаров по данным метеостанции Шира Хакасского ЦГМС.

Индивидуальный риск лесных пожаров на части территории Республики Хакасия с 22 марта по 12 апреля 2015 г. изменялся от $7·10^{-7}$ до $4·10^{-2}$, переходя в область недопустимого риска.

Для обеспечения возможности предупреждения подобных опасных ситуаций разработана автоматизированная система динамического анализа риска лесных пожаров с учетом прогностической метеорологической информации для всей территории России. Схема функционирования системы представлена на рис. 2.

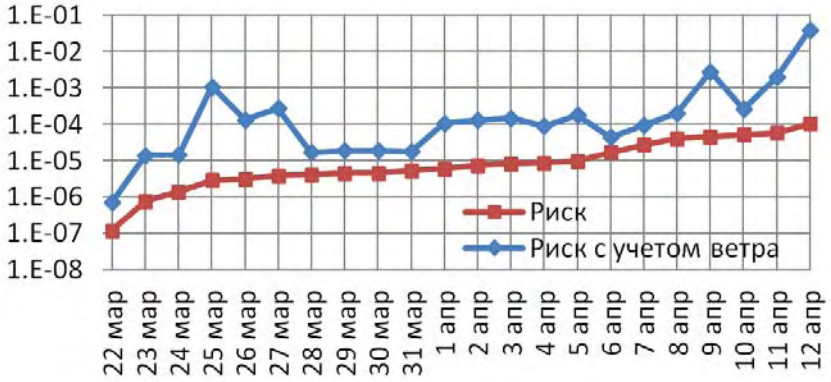


Рис. 1. **Индивидуальный риск лесных пожаров на территории Республики Хакасия**

Рис. 2. **Схема работы автоматизированной системы динамического анализа риска лесных пожаров**

Система позволяет производить прогноз индивидуального риска лесных пожаров и строить соответствующие карты риска на любой из 14 предстоящих дней. Пример прогнозной карты риска представлен на рис. 3.

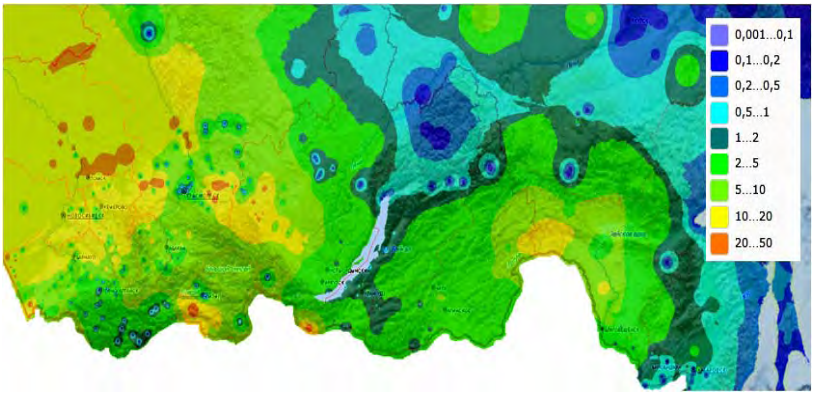


Рис. 3. **Прогноз индивидуального риска (× 10^{-6}) лесных пожаров для юго-восточной части территории России на 3 июня 2015 г., составленный 19 мая 2015 г.**

Внедрение автоматизированной системы предупреждения возникновения лесных пожаров на основе динамического анализа риска с учетом статистической и прогностической информации в систему оперативного управления НЦУКС МЧС России обеспечит возможность заблаговременного предупреждения чрезвычайных ситуаций, связанных с лесными пожарами, на территориях субъектов Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И.* Лесные пожары на территории России: состояние и проблемы / МЧС России; под общ. ред. Ю.Л. Воробьева. – М.: Дэкс-Пресс, 2004. – 312 с.

2. *Александров А.А., Ларионов В.И., Новиков П.А.* Динамический анализ риска техногенных опасностей // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер.: Естественные науки. – 2014. – № 5. – С. 128-134.

О СОЗДАНИИ МЕЖДУНАРОДНОГО ЦЕНТРА ПОДГОТОВКИ ВОЛОНТЕРОВ (МЦПВ) ДЛЯ УЧАСТИЯ В ЛИКВИДАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНЫХ СИТУАЦИЙ

В.М. Тарбаева

МОО «Природоохранный союз», Санкт-Петербург
E-mail: priroda.souz@yandex.ru

ABOUT CREATION OF THE INTERNATIONAL TRAINING CENTER OF VOLUNTEERS FOR PARTICIPATION IN ELIMINATION OF ECOLOGICALLY DANGEROUS SITUATIONS

The article includes the analysis of ecologically dangerous situations, arising in Baltic sea basin and propositions on creation of International training center of volunteers. Participation of the trained volunteers in elimination of consequences of ecological dangerous situations and accidents allows in a short time period to hold measures allowing to minimize the damage caused to environment. Goal, tasks, expected results, output and outcomes of Center creation are shown.

Экологически опасные ситуации (ЭОС), такие как наводнения, ураганы, а также разливы нефти и нефтепродуктов являются событиями наиболее опасными по своим последствиям для здоровья человека и состояния окружающей среды, приводя не только к значительным материальным потерям, но и к нарушению условий жизнедеятельности человека.

В последнее время отмечается тенденция к возрастанию количества событий как природного, так и техногенного характера, включая аварии на объектах транспортировки, хранения, перевалки нефти и нефтепродуктов. Например,

проведенный нами анализ существующей системы обеспечения экологической безопасности в части предотвращения и ликвидации разливов нефти в Финском заливе показывает, что действия при аварийно-спасательных операциях не всегда слаженны и достаточно эффективны, так как на данный момент на территории Ленинградской области не существует общего плана ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов. Наибольшую опасность разливы нефтепродуктов и других загрязняющих веществ представляют для особо охраняемых природных территорий, ведь при возникновении таких ЧС страдают редкие и исчезающие биологические виды, а их последствия могут плачевно отразиться на экосистеме в целом.

Участие подготовленных добровольцев в ликвидации последствий экологических опасных ситуаций и катастроф позволяет в короткий срок проводить мероприятия, позволяющие минимизировать ущерб, нанесенный окружающей среде.

Целью создания Центра подготовки волонтеров является формирование международного добровольческого состава, готового принимать участие в ликвидации последствий ЭОС и обладающего необходимой теоретической и практической подготовкой с использованием лучших мировых практик и организация эффективного информационного взаимодействия между странами Балтийского региона. Международный статус центра позволит проводить обучение на основе передового мирового опыта и знакомить волонтеров с современными технологиями и оборудованием по ликвидации опасных ситуаций, возникающих на территории Калининградской, Ленинградской областей и г. Санкт-Петербурга.

Задачи проекта:

– создание Международного центра по подготовке волонтеров (МЦПВ) для участия в мероприятиях по ликвидации последствий экологически опасных ситуаций (ЭОС) на

акваториях, островах и прибрежных территориях в границах зон ответственности государств Балтийского региона;

– создание международного информационного ресурса, объединяющего информацию об угрозах возникновения ЭОС, источниках их возникновения, сценариях развития и масштабах возможного воздействия на приграничные территории, составе сил и средств, привлекаемых к ликвидации последствий возникновения ЭОС;

– теоретическая и практическая подготовка волонтеров для участия в ликвидации последствий возникновения ЭОС;

– создание условий для эффективного обмена международным опытом волонтерской деятельности по предупреждению и ликвидации последствий воздействия ЭОС и мотивация обучаемых к участию в волонтерской деятельности, как на территории РФ, так и на территории приграничных государств Балтики, при возникновении ЭОС;

– привлечение к обучению в МЦПВ добровольцев из государств Балтийского региона, граничащих с Российской Федерацией и проведение учений межрегионального и международного уровня.

Разработанная нами программа включает в себя как теоретическую, так и практическую подготовку волонтеров, дающую знания и навыки практической работы, а также дает возможность в случае необходимости возглавить небольшую бригаду из необученных добровольцев и провести первоначальное обучение ее участников. Задачи программы подготовки волонтеров включают ознакомление с проблемами, возникающими при создании экологически опасных ситуаций, и способами ликвидации их последствий с обязательным выполнением мер личной безопасности.

Целевая аудитория программы: студенты старших курсов и молодые преподаватели университетов и колледжей. Партнеры реализации программы: отраслевые комитеты администраций субъектов Российской Федерации, Невско-

Ладожское БВУ, университеты и колледжи, иностранные организации экологической направленности.

Критерии оценки эффективности:

– количество волонтеров, обучившихся в центре;

– количество иностранных волонтеров, обучившихся в центре;

– количество активных участников портала;

– процент желающих принимать участие в мероприятиях по ликвидации последствий ЭОС на приграничной территории сопредельного государства.

Ожидаемые результаты:

– не менее 300 волонтеров прошли теоретическую подготовку по разработанной программе в МЦВП и закрепили знания путем их практического применения на международных учениях;

– создан и функционирует международный информационный ресурс, объединяющий информацию об угрозах возникновения ЭОС, источниках их возникновения, сценариях развития и масштабах возможного воздействия на приграничные территории, составе сил и средств, привлекаемых к ликвидации последствий возникновения ЭОС;

– созданы условия для эффективного обмена международным опытом волонтерской деятельности по ликвидации последствий возникновения ЭОС;

– не менее 90% обучившихся в МЦВП волонтеров готовы к участию в волонтерской деятельности, как на территории РФ, так и на территории приграничных государств Балтики, при возникновении ЭОС;

– не менее 15% обучившихся в МЦВП добровольцев являются гражданами государств, граничащих с РФ.

Ожидаемые эффекты:

– сформирован постоянно действующий международный добровольческий состав готовый принимать участие в ликвидации последствий возникновения ЭОС и обладающий необходимой теоретической и практической подготовкой;

– ежегодно количество желающих пройти обучение в МЦВП возрастает на 5%;

– увеличено количество случаев предупреждения распространения экологически опасных ситуаций и «переноса» их за границы территории возникновения;

– созданный информационный ресурс повышает качество эффективности реагирования не только добровольческих отрядов, но и отрядов государственных спасательных служб на приграничных территориях стран Балтийского региона;

– успешный опыт работы МЦВП передан в другие регионы РФ.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО РИСКА В РАЙОНАХ РАЗМЕЩЕНИЯ РАДИАЦИОННО-ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

В.Н. Татаринов, Т.А. Татаринова

Геофизический центр РАН, Москва
E-mail: victat@wdcb.ru.ru

PREDICTION OF GEODYNAMIC RISK IN AREAS RADIOACTIVE DANGEROUS WASTE

The methodic and result of monitoring deformation processes in the disposal of radioactive waste in geological formation shows to the observations of satellite systems GPS/GLONASS.

Успех использования глобальных навигационных спутниковых систем GPS/ГЛОНАСС (ГНСС) для изучения современных движений земной коры (СДЗК) в глобальном масштабе, когда измерения проводятся в базисах до тысяч

километров, создал иллюзию универсальности метода для решения локальных задач геодинамики в приложении к особо ответственным промышленным объектам (АЭС, хранилища РАО, гидроэлектростанции и др.). Методика интерпретации результатов GPS-наблюдений, а главное деформационные критерии безопасности, переносится с глобального уровня на локальный. При этом опираются на две гипотезы – блоковую модель строения земной коры (дискретная среда) и континуальную модель (непрерывная среда).

Однако еще до создания ГНСС было известно, что величины и направления регистрируемых смещений на земной поверхности являются интерференцией силового воздействия различных по масштабу и времени эндогенных и экзогенных источников. Это фундаментальное свойство литосферы, связанное академиком М.А. Садовским с ее иерархично-блоковым строением, часто игнорируется при постановке наблюдений с использованием ГНСС. В блоковой модели земной коры, границы блоков – это разрывы, выделяемые в виде узких зон высоких градиентов скоростей СДЗК. Расстояние между пунктами наблюдений геодинамической сети обычно существенно больше, чем ширина этих зон, поэтому активность разрывов может в одних случаях (если пункт наблюдений близок к разлому) проявляться, а в других нет.

Выводы о деформациях оказываются зависимыми от масштаба (длины базиса) наблюдений. В реальной обстановке кинематика движений структурных блоков земной коры еще сложнее, когда на пространственный масштабный фактор накладывается также и временной (цикличность движений).

Учет пространственно-временного масштабного фактора при интерпретации данных GPS-наблюдениях очевиден, и является более обоснованным, чем по геолого-геоморфологическими данным. В этой связи назрела необходимость совершенствования критериев прогноза геодинамической устойчивости, заложенных в нормативных документах.

Важнейшая задача геодинамического кинематического районирования [1] – выбор критериев оценки устойчивости (опасности) состояния территорий. Согласно существующим СНиП опасными для объекта считаются относительные деформации, превышающие величину $\alpha \times 10^{-3}$, где α – коэффициент, заключенный в интервале от 1 до 6, устанавливаемый для различных объектов.

Сложившееся представление об инвариантности деформаций не совсем верно, если при интерпретации за основу принимать блоковую модель среды. Это доказано авторами публикации [2], где по данным геодезических измерений на локальных и глобальных уровнях была установлена закономерность уменьшения максимальных значений горизонтальных деформаций при увеличении расстояний между пунктами наблюдений от метров до тысяч километров.

На рис. 1 показано, полученное распределение модулей скоростей горизонтальных деформаций для различных расстояний между пунктами наблюдений [2]

$$|\dot{\varepsilon}|_{\max\,\text{год}}\left[c^{-1}\right] \approx k \times 10^{-6} L^{b}\,[\text{м}],$$

где $k \approx 0{,}3$–3, а $b \approx (-0{,}75)$–$(-0{,}85)$.

График можно использовать для оценки скоростей деформаций при геодинамическом районировании. Согласно нормативным документам, при выборе мест размещения особо ответственных промышленных объектов анализ устойчивости геологической среды должен проводиться в 3 этапа. Сначала исследуется район ($L_3 = 3 \times 10^4 - 5 \times 10^4$), потом – площадка ($L_2 = 3 \times 10^3$–$10^4$ м) и, наконец, приконтурная часть породного массива (L_1 = 1–100 м). На каждом этапе требуется оценивать СДЗК и опасность деформаций. В качестве критерия оценки опасности деформаций при геодинамическом районировании предлагается использовать следующие величины критических деформаций ε и их скоростей $\dot{\varepsilon}_{ij}$ (рис. 1).

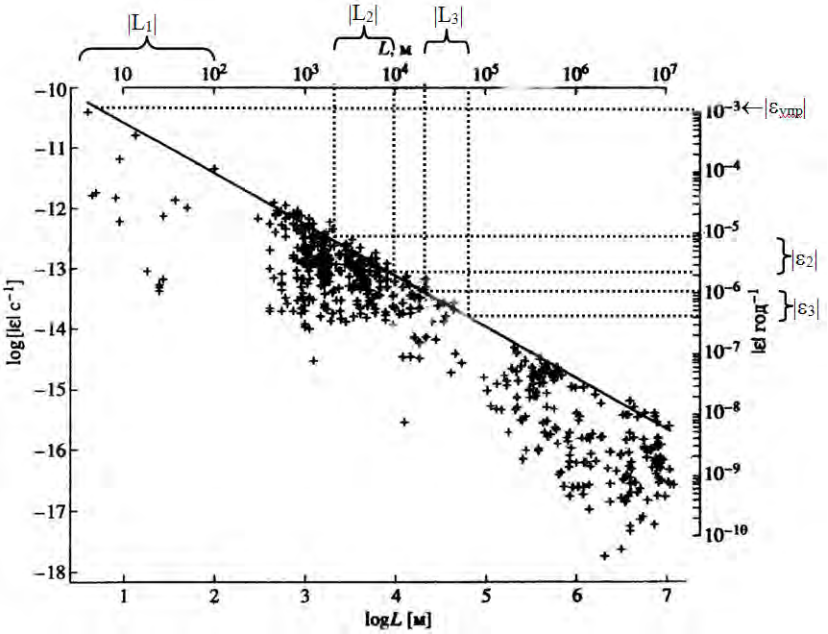


Рис. 1. **Распределение модулей скоростей горизонтальных деформаций в зависимости от расстояния**

Район $L_3 = 3 \times 10^4 - 5 \times 10^4$ м,
$|\varepsilon_3| = 10^{-6} - 6 \times 10^{-7}$, $|\varepsilon_3'| = 10^{-7}$–$10^{-6}$ год$^{-1}$.
Площадка $L_2 = 3 \times 10^3$–10^4 м,
$|\varepsilon_2| = 10^{-5}$–$8 \times 10^{-6}$, $|\varepsilon_2'| = 10^{-6}$–$10^{-5}$ год$^{-1}$.
Приконтурная часть массива $L_1 = 1$–100 м,
$|\varepsilon_3| = 10^{-3}$–$6 \times 10^{-4}$, $|\varepsilon_1'| \geq 3(4 \cdot 10^{-3}$ год$^{-1}$.

На рис. 2 показаны графики максимальных значений горизонтальных скоростей СДЗК ($\vec{v}_{гор}^{\max}$) для слабоактивных и активных тектонических районов (пунктиром выделена область, соответствующая интервалу GPS-наблюдений. Подобного типа номограммы целесообразно разработать, чтобы интерполировать данные ГНСС наблюдений для сравнения с критериями, представленными в нормативных документах на геологические периоды в 1 и более млн лет.

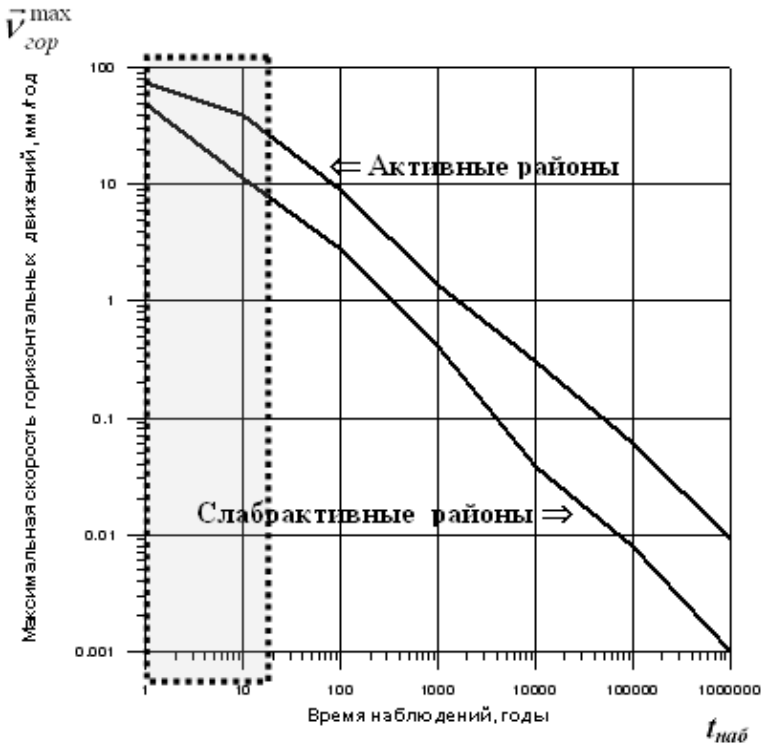


Рис. 2. **Максимальные значения скоростей горизонтальных СДЗК для различных времен наблюдений**

На основе разработанной методики в 2010–2014 гг. были выполнены наблюдения за СДЗК на геодинамическом полигоне ФГУП ФЯО «ГХК», где планируется строительство первого в России пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов в геологические формации. Проведенные наблюдения позволили получить новую информацию о геодинамическом режиме района, находящемся на стыке крупнейших тектонических структур – Сибирской платформы и Западно-Сибирской плиты.

Результаты определения деформаций на максимальных базисах до 17 км свидетельствуют о том, что в подавляющем большинстве они имеют порядок нескольких единиц $\times 10^{-6}$, за

исключением зоны в районе Муратовского разлома, содержащих короткую базовую линию, где деформации достигали 10^{-5}.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Татаринов В.Н., Татаринова Т.А.* Учет масштабного эффекта при наблюдениях за деформациями земной поверхности спутниковыми навигационными системами // Маркшейдерский вестник. – 2012. – № 5. – С. 15–19.

2. *Гусева Т.В, Мишин А.В., Сковородкин Ю.П.* Современные горизонтальные движения на разных масштабных уровнях // Физика Земли. – 1996. – № 12. – С. 86–91.

УТОЧНЕНИЕ ПОНЯТИЙНОГО АППАРАТА В ОБЛАСТИ ЗАЩИТЫ ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ – ВАЖНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АНАЛИЗА, ПРОГНОЗА И УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНЫМИ РИСКАМИ

Н.В. Твердохлебов

Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России, Москва
E-mail: tnv1946@mail.ru

SPECIFICATION OF THE CONCEPTUAL FRAMEWORK IN THE FIELD OF PROTECTION AGAINST EMERGENCY SITUATIONS – THE IMPORTANT COMPONENT OF IMPROVEMENT OF THE ANALYSIS, FORECAST AND MANAGEMENT OF NATURAL RISKS

In article necessity of specification of definition of the concept «emergency situation» and classification of emergency

situations is proved. Shortcomings of existing definition of the concept «emergency situation» and existing division of emergency situations into classes, groups and types are considered. New definition of the concept «emergency situation» in the broadest sense and new classification of an emergency depending on the sphere of their emergence, object of localization of the extraordinary events underlying this or that emergency and character of initial striking factors influencing person, environment or appliances is offered. Offered classification is presented schematically.

Эффективность анализа, прогноза и управления рисками в значительной степени зависит от четкости понятийного аппарата в области чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС). Поэтому в Рекомендациях по гармонизации законодательства государств-членов ОДКБ в области реагирования на ЧС [1], указывается на необходимость закрепления единообразной классификации ЧС с использованием единых понятий и критериев.

Главный пробел понятийного аппарата в области защиты от ЧС по нашему мнению состоит в том, что на сегодня нет единого, четкого и адекватного определения понятия «чрезвычайная ситуация» в широком смысле слова. Существующие определения понятий ЧС сформулированы в научной и учебной литературе, словарях, ГОСТах [2], а ЧС природного и техногенного характера и в Федеральном законе [3].

Вместе с тем все имеющиеся толкования понятия ЧС не позволяют однозначно относить к ЧС дорожно-транспортные происшествия, пожары, в том числе природные, и некоторые социальные бедствия. Определение понятия ЧС было бы более содержательным при учете следующих моментов.

Во-первых, возникновение любой чрезвычайной ситуации требует, по меньшей мере, принятия мер по оказанию помощи людям, находящимся в зоне ЧС, а также по локали-

зации или уменьшению до приемлемого уровня опасных факторов, воздействующих на человека, материальные ценности и природную среду. А исходя из Федерального закона [4], действия по спасению людей, материальных ценностей, локализации или доведению до минимально возможного уровня воздействия опасных факторов для людей и природной среды относятся к аварийно-спасательным работам (п. 4 ст. 1). Следовательно, вопрос отнесения того или иного события к чрезвычайной ситуации должен устанавливаться не только по количеству пострадавших и нанесенному материальному ущербу, но и по таковому ключевому признаку, как необходимость проведения аварийно-спасательных работ.

Во-вторых, при определении понятия ЧС в широком смысле слова следует учитывать социальные угрозы и опасности (в том числе и терроризм).

На основании изложенного предлагается следующее определение понятия ЧС в широком смысле «Чрезвычайная ситуация – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, катастрофы, иного события происшедшего в ходе деятельности человека, опасного природного явления, или социально опасного действия, повлекшие (могущие повлечь) человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или природной среде, материальные потери или нарушение условий жизнедеятельности людей, и требующая проведения аварийно- спасательных работ».

Принципиальное отличие данного определения ЧС от существующих заключается в том, что к ЧС предлагается относить лишь такую сложившуюся обстановку, для разрешения которой необходимо проведение аварийно- спасательных работ. Кроме этого в предлагаемом определении ЧС в состав причин, вызывающих чрезвычайные ситуации, предлагается включать и социально опасные действия. Это сделано не только по причине возрастания количества социально опасных действий, но и по причине возрастания

тяжести их последствий, а также противоречивости характера социальных угроз и опасностей.

Еще одним пробелом существующего понятийного аппарата в области ЧС является недостаточно четкое и однозначное разделение ЧС на классы, группы и виды в зависимости от сферы их возникновения, характера явлений и процессов, масштаба возможных последствий и других факторов, то есть их классификация.

Говоря о классификации ЧС, необходимо отметить, что ст. 10 Федерального закона [3] определено, что установление классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера отнесено к полномочиям Правительства Российской Федерации. Однако на сегодня Правительством РФ такая классификация установлена только по масштабам последствий ЧС [5–7], но и она на сегодня вызывает возражения из-за различных критериев и показателей. Нормативно определенной классификации ЧС по сфере и причинам возникновения, объектам воздействия и природе первоначальных поражающих факторов воздействующих на человека, окружающую среду или материальные средства пока нет, в том числе и для ЧС природного и техногенного характера.

Используемая в нашей стране классификации ЧС, согласно которой они подразделяются на чрезвычайные ситуации природного, техногенного, биолого-социального и военного характера [2], а также классификация ЧС природного и техногенного характера стран СНГ [8] имеют недостатки, которые приводят к неточностям и путанице, как при, прогнозировании рисков с учетом изменчивости природных и техногенных факторов, так и при организации управления природными рисками.

Анализ показывает, что в интересах совершенствования прогноза и управления рисками классификацию ЧС целесообразно построить по группам учитывая в первую очередь:

– сферу и причину возникновения ЧС (что лежит в их основе);

– объект локализации случившегося события инициирующего ту или иную чрезвычайную ситуацию;

– природу первоначальных поражающих факторов, воздействующих на человека, окружающую среду или материальные средства.

Эти признаки, на основе которых предлагается классифицировать все ЧС, являются необходимыми и достаточными. Систематизация ЧС по ним будет наиболее практичной, так как раскрывает сущность и масштабы явлений, определяющих ЧС, что будет способствовать однозначных подходов при оценке природных рисков.

В предлагаемом подходе к классификации ЧС за основу (базу) берется источник ЧС, в результате которого она произошла, и сфера ее возникновения.

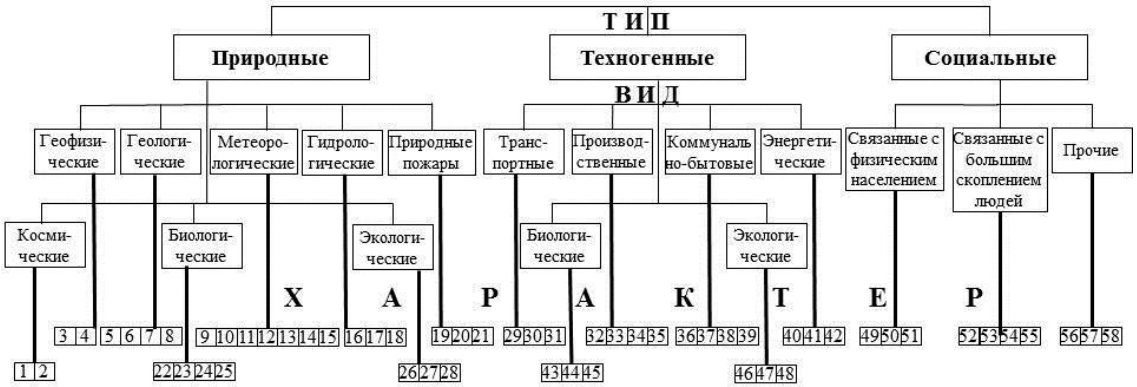
Если ЧС произошла в природной среде в результате опасного стихийного явления, то оно относится к чрезвычайной ситуации природного происхождения. Если ЧС произошла в техногенной среде в результате аварии, катастрофы или иного события, произошедшего в ходе деятельности человека, то оно относится к чрезвычайной ситуации техногенного происхождения. И наконец, если ЧС произошла в социальной среде в результате социально опасных действий индивида или ситуации социального происхождения. Такой подход к базовой классификации ЧС является, по-видимому, самым очевидным.

В свою очередь, природные ЧС, исходя из объекта локализации чрезвычайных событий, лежащих в основе ЧС, с определенной степенью условности могут быть разделены на виды.

И, наконец, природные ЧС необходимо классифицируются по характеру первоначальных поражающих факторов воздействующих на человека, окружающую среду или материальные средства.

Схематично предлагаемая классификация представлена на рис. 1.

Классификация ЧС



Условные обозначения ЧС по характеру:

1 – падение космических тел; 2 – солнечные магнитные бури; 3 – землетрясения, 4 – извержение вулканов, 5 – оползни, 6 – лавины, 7 – сели, 8 – курумы, 9 – ураганы, 10 – бури, 11 – смерчи, 12 – град, 13 – ливень, 14 – обледенение, 15 – сильная метель, 16 – наводнения, 17 – цунами, 18 – шторм, 19 – лесные, 20 – торфяные, 21 – степные, 22 – эпидемии, 23 – эпизоотии, 24 – эпифитотии, 25 – массовое распространение вредителей растений, 26 – литосферные, 27 – гидросферные, 28 – атмосферные, 29 – ДТП, 30 – транспортные аварии (катастрофы), 31 – полная приостановка движения соответствующего вида транспорта, 32 – механическое разрушение (повреждение) зданий (сооружений), 33 – механическое разрушение (повреждение) технологического оборудования, 34 – пожар, 35 – взрыв, 36 – механическое разрушение (повреждение) зданий (сооружений), 37 – выход из строя сети (механическое повреждение, размораживание) теплоснабжения, водоснабжения, газоснабжения, 38 – пожар, 39 – взрыв бытового газа, 40 – механическое разрушение технологического оборудования генерирующих мощностей и электрических сетей, 41 – пожар, 42 – взрыв, 43 – эпидемии, 44 – эпизоотопии, 45 – эпифитотии, 46 – литосферные, 47 – гидросферные, 48 – атмосферные, 49 – терроризм, 50 – бандитизм, 51 – разбой, 52 – массовые беспорядки, 53 – погромы, 54 – несанкционированные митинги и шествия, 55 – перекрытие транспортных коммуникаций, 56 – групповой суицид, 57– массовые голодовки, 58 – голод.

Рис. 1. **Предлагаемая классификация чрезвычайных ситуаций**

Анализируя представленную классификацию, хотелось бы обратить внимание на следующие моменты.

Включение в классификацию ЧС социальных ЧС как отдельного типа связано с противоречивым характером причин, следствием которых являются социальные угрозы. С одной стороны, главная предпосылка появления социальных катаклизмов – это несовершенство человеческой природы, а с другой – социально-экономические процессы, протекающие на данном историческом этапе развития в обществе.

Градация экологических ЧС как природного, так и техногенного типов на литосферные, гидросферные и атмосферные обусловлено изменением состояния и последствиями, которые могут выражаться в деградации почвы, разрушением озонного слоя, заражением или загрязнением АХОВ, радиоактивными веществами, тяжелыми металлами, нефтью и нефтепродуктами и т.п., и верхней тонкой оболочки литосферы, гидросферы, и атмосферы как в результате деятельности человека, так и в результате природных явлений.

Включение биологических и экологических ЧС как видов в ЧС природного и техногенного типов обусловлено тем, что причиной их возникновения могут быть опасные природные явления и события, произошедшие в ходе деятельности человека в техногенной сфере, а ущерб от них также может быть нанесет и природной среде и здоровью людей.

Безусловно, представленные подходы к определению термина «чрезвычайная ситуация» и к классификации ЧС требует обсуждения и научных исследований, а в последующем, видимо, и закрепления в нормативных документах.

При этом в ходе дальнейшей детализации представленной классификации важным представляется выделение в отдельную подгруппу по характеру вторичных пора-

жающих факторов воздействующих на человека и окружающую среду ЧС связанных с угрозой выброса (утечки) или выбросом (утечкой) радиоактивных, химически и биологически опасных веществ, а также разливом нефти и нефтепродуктов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Парламентской Ассамблеи ОДКБ от 17 мая 2012 г. № 5.
2. ГОСТ Р 22.0.02-94 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий».
3. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».
4. Федеральный закон от 22 августа 1995 г. № 151-ФЗ «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей».
5. Постановление Правительства РФ от 21 мая 2007 г. № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».
6. Постановление Правительства РФ от 21.08.2000 г. № 613 «О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов».
7. Постановление Правительства РФ от 17 мая 2011 г. № 376 «О чрезвычайных ситуациях в лесах, возникших вследствие лесных пожаров».
8. Классификатор чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера стран СНГ, принятый решением Межгосударственного совета по чрезвычайным ситуациям природного и техногенного характера стран СНГ от 15 августа 2002 г. № 16.
9. Федеральный конституционный закон от 30 января 2002 г. № 1-ФКЗ «О военном положении».

ИНТЕГРАЛЬНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ РИСКА НАВОДНЕНИЙ И ЗАТОПЛЕНИЙ ТЕРРИТОРИЙ

Е.А. Тимофеева

ОАО «НИИ ВОДГЕО», Москва
E-mail: Timofeeva@darvodgeo.ru

THE INTEGRAL METHOD OF THE RISK ASSESSMENT OF FLOOD AND INUNDATION

The article includes the algorithm of the risk assessment of flood based on the integral method using the danger index of flooding and the vulnerability index of the territory.

В докладе охарактеризовано состояние вопроса по оценке риска наводнений, даны оценка вероятности наводнений, алгоритм определения показателей опасности наводнения для данной местности и показателей уязвимости данной местности к наводнениям. Произведена оценка последствий наводнения – риска наводнений и наносимых ущербов.

Процессы природных катастрофических аномалий значительно активизировались за последние годы, и многие специалисты связывают их с изменением климата планеты Земля. Примерами таких аномалий в России являются катастрофические наводнения 2012 г. в Краснодарском крае (города Крымск, Геленджик, Новороссийск) и особенно – катастрофическое наводнение лета-осени 2013 г. на Дальнем Востоке.

По нашим оценкам, с учетом воздействия косвенных (вторичных) факторов и сохранения негативных последствий наводнения в течение определенного промежутка времени, ущерб значительно превысит 100 млрд руб.

В настоящее время имеются проработанные методики прогнозирования наступления наводнений, однако утвержденных и широко применяемых методов оценки риска последствий наводнений до сих пор нет.

Исходя из общей теории и методологии оценок риска природно-техногенных процессов, для прогнозирования рисков наводнений необходимо определять:

– вероятность (частоту, обеспеченность) наводнений для данной местности (створов) и их гидрологических характеристик;

– показатели опасности наводнения заданной обеспеченности для данной местности с заданной топографической обстановкой;

– показатели уязвимости данной местности к наводнениям для людей, жилья, объектов промышленности, инфраструктуры и т.д.;

– характерные природные, урбанистические, техногенные и иные особенности данной территории и гидрологической сети на ней (в том числе проточности), в том числе в отношении вторичных (косвенных) последствий наводнения – степень подтопления территории, опасные геологические процессы (суффозия, карст, сейсмичность и т.д.) и др.;

– показатели вреда, ущербов (оценка последствий) от наводнений данной интенсивности (обеспеченности) – социальные, материальные, экологические и т.д., в том числе от воздействия косвенных факторов и особенностей местности;

– показатели вероятности ущербов в результате прогнозируемого наводнения.

В такой классической постановке прогнозирование и оценка рисков наводнений ранее не рассматривались, однако отдельные элементы данных вопросов изучались, что приведено в работе [1].

Наименее изученными из перечисленных составляющих прогнозируемого риска наводнений является **опреде-**

ление показателя вероятности ущербов при наводнении, которую часто путают с вероятностью (частотой, обеспеченностью) наводнения на данной местности.

В то же время, в соответствии с классической теорией риска, вероятность ущерба $P_у$ должна определяться как:

$$P_у = P_и \cdot P_м, \qquad (1)$$

где $P_и$ – вероятность инициирующего события, в нашем случае – это вероятность наводнения (1/год);
$P_м$ – условная вероятность ущерба, при условии, что инициирующее событие (наводнение) произошло (безразмерная величина).

Для оценки риска негативных воздействий при затоплении территорий специалистами НПО «ВОДГЕО» предложен метод интегральной оценки риска, основанный на строгих теоретических предпосылках, справедливых для оценки риска аварий природно-техногенного и техногенного характера.

В основе метода – оба существующих подхода к анализу риска [2]: эвристический (индексный, балльный) и вероятностный.

Концепция метода. Прогнозируемый риск (млн руб. в год):

$$R_н = P_у \cdot У. \qquad (2)$$

$P_у$ (1/год) – вероятность ущерба $У$ на основании формулы (1).

При этом комплексные показатели «опасности» и «уязвимости» (или коэффициенты) вычисляются с помощью индексных (балльных) методов. Через их пересечение (произведение) вычисляется «доза негативного воздействия», по которой через интеграл вероятности определяется условная вероятность ущербов $P_м$, при условии, что наводнение произошло.

Порядок вычислений:

1) имея топографические карты, программу ГИС (например, MapInfo), задавая ΔZ (м), определяем показатели «*опасности*», представленные в табл. 1.

Таблица 1

Степень опасности затопления территории

Степень опасности	**Малая**	**Средняя**	**Большая**	**Очень большая**
Индекс кода (балл)	1	2	3	4
Показатель 1 – глубина затопления, м	< 1,0	1,1–2,0	2,0–4,0	> 4,0
Показатель 2 – скорость течения, м/с	< 1,0	1,0–2,0	2,0–3,0	> 3,0
Показатель 3 – время затопления, сут.	< 1,0	1,0–3,0	3,0–7,0	> 7,0

По каждому показателю в отдельности степень опасности затопления разная. Для интегральной характеристики опасности вводится *коэффициент опасности*, в виде линейной комбинации показателей опасности:

$$\lambda_{оп} = \sum_{i=1}^{3} \delta_i \cdot a_i \cdot \lambda_0, \qquad (3)$$

где δ_i – коэффициент значимости i-го показателя опасности, $\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 = 1$;
a_i – значения кода *i*-го показателя опасности;
λ_0 – нормирующий множитель;

2) по выделенным участкам затопления определяем показатели «*уязвимости*» территорий к затоплению по показателям (тем из них, которые можем определить), представленным в табл. 2.

Таблица 2

Степень уязвимости затопленной территории

Степень уязвимости	**Малая**	**Средняя**	**Большая**	**Очень большая**
Индекс кода (балл)	1	2	3	4
Показатель 1 – количество людей в зоне затопления	≤ 500 чел.	≤ 1000 чел.	≤ 10 000 чел.	> 10 000 чел.
Показатель 2 – основные фонды в зоне затопления	Бетонные и железобетонные здания, промздания с железобетонным каркасом	Кирпичные и панельные дома средней и высокой этажности	Кирпичные и панельные малоэтажные здания	Типовая застройка частного сектора
Показатель 3 – коммуникационные сооружения	Шоссейные дороги с современным покрытием	Мосты, путепроводы, ЛЭП, линии связи, проселочные дороги	Железнодорожные пути, газо- и нефтепроводы	Очистные сооружения, хранилища опасных химических веществ
Показатель 4 – функциональное использование земель	Неугодья, заброшенные, не используемые земли	Лесной фонд	Земли с/х назначения, в том числе фермерские хозяйства и др.	Особо охраняемые территории, памятники истории, культуры и т.д.

На основании кодов уязвимости определяем коэффициент уязвимости территории $v_{уяз}$ ($0 < v_{уязв} \leq 1$).

Коэффициент уязвимости территории определяется аналогично (3):

$$v_{уязв} = \sum_{i=1}^{4} \varphi_i \cdot b_i \cdot v_0, \qquad (4)$$

где φ_i – коэффициент значимости *i*-го показателя уязвимости, $\sum_{i=1}^{4} \varphi_i = 1$;

b_i – значения кода *i*-го показателя уязвимости;

v_0 – нормирующий множитель;

3) определяем *дозу* негативного воздействия $D_н$ наводнения – величину, характеризующую совокупное вредное воздействие всех показателей опасности и уязвимости затапливаемой территории (пересечение событий опасности и уязвимости) [2]:

$$D_н = \lambda_{оп} \cdot v_{уязв} \; (0 < D_н \leq 1); \qquad (5)$$

4) определяем условную вероятность ущерба $P_м$ от наводнения на данной территории (при условии, что наводнение произошло):

Условная вероятность ущерба $P_м$ (при условии, что наводнение произошло) при затоплении территории для дозы негативного воздействия (5) можно вычислять с помощью интеграла вероятности Гаусса, который преобразуется к виду [1; 2]:

$$P_м = 0{,}5 \operatorname{erfc}(-0{,}63 \cdot \ln D_н), \qquad (6)$$

где erfc *x* – интеграл вероятности (функция ошибок);

5) вычисляем вероятность ущерба $P_у$ по формуле (1);

6) имея показатели степеней опасности паводка для разных зон данной территории и степеней уязвимости раз-

ных зон, используя данные Росгидромета, методики МЧС, Ростехнадзора, Минэнерго, ВИЭМС, наш метод позволяет вычислять возможные ущербы:

$$У = \sum_{i=1}^{n} У_i; \quad (7)$$

7) вычисляем общий риск наводнения:

$$R_н = P_н \cdot \sum_{i=1}^{n} P_{ni} \cdot У_i; \quad (8)$$

8) строим карту зон степеней риска затапливаемых территорий.

При наличии достаточного объема исходной информации методология оценки риска позволяет оценивать (или прогнозировать) риск негативных воздействий паводка, в зависимости от фактического (или прогнозируемого) уровня воды.

Выводы. Оценка риска наводнений позволяет:

– зонировать территорию возможного затопления по уровням опасности наводнения, уязвимости территории, риска негативных воздействий;

– планировать мероприятия по снижению уровней риска;

– обосновывать приоритетность мероприятий при разработке СКИОВО;

– разрабатывать обосновывающие мероприятия по инженерной защите при разработке градостроительной и общестроительной документации по развитию территорий поселений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Коростилев А.Д., Сенаторова Н.А., Куранов Н.П., Тимофеева Е.А.* Метод оценки риска наводнений (в том числе катастрофических) // Водоснабжение, водоотведение, экологическая безопасность строительства и городского хозяйства. – Вып. 16. – М.: ДАР/ВОДГЕО, 2014.

2. *Коростилев А.Д., Коротеев Д.Г., Куранов Н.П., Тимофеева Е.А., Чуносов Д.В.* Пробит-анализ и его приложение к оценкам риска в инженерной гидрогеоэкологии и гидротехнике // Водоснабжение, водоотведение, гидротехника и инженерная гидрогеоэкология. – Вып. 13. – М.: ДАР/ВОДГЕО, 2012.

УЧЕТ РАЗЛИЧНЫХ АСПЕКТОВ КАРСТОВОГО РИСКА

В.В. Толмачев

ОАО «Противокарстовая и береговая защита», Дзержинск
E-mail: altolm@sinn.ru

CONSIDERATION OF VARIOUS KARST RISK ASPECTS

Karst risk assessment should not focus only on the probability of karst induced impact on structures or facilities, but it should also take into account the type of potential economic, social and environmental damage depending on the predicted karst features (collapse sinkholes, local subsidence's, old sinkholes, etc). Special attention is paid to the assessment of social damage. Integrated consideration of various risk types will allow us to implement the principle of sustainability in engineering practice.

В Федеральном законе «О техническом регулировании» под понятием «риск» понимается вероятность причинения вреда жизни или здоровью людей, имуществу и окружающей среде с учетом тяжести этого вреда. С учетом этого при решении инженерно-строительных задач, под карстовым риском будем понимать вероятность негативных последствий вследствие карстопроявлений, которые могут вызвать ущербы социального, экономического и/или экологического

характера (с учетом интересов настоящего и будущих поколений). Такое определение в значительной мере соответствует концепции ООН «устойчивого развития – sustainable development», которая декларируется в Градостроительном кодексе Российской Федерации.

Необходимо иметь в виду, что чаще всего при строительстве в карстовых районах приходится учитывать экономический и социальный типы ущербов. Экологический же ущерб дополнительно следует учитывать при создании, а также в процессе эксплуатации таких экологически опасных объектов, как атомные электростанции, химические предприятия, нефтепроводы, полигоны захоронения отходов, гидротехнические сооружения и т.п.

Отрицательные проявления карста при инженерно-строительном освоении закарстованных территорий, влияющие на оценку риска, весьма разнообразны [5]. Это в определенной мере нашло отражение в Своде правил 116.13330.2012 [2], где выделено 4 основных типа карстоопасности, которые обусловлены:

a) повышенной чувствительностью геологической среды к загрязнению;

b) вероятностью повреждения строительных объектов поверхностными карстопроявлениями;

c) возможными осложнениями при строительстве и эксплуатации подземных объектов, а также сооружений с фундаментами глубокого заложения;

d) недопустимыми утечками воды из водоемов, каналов и т.п. Каждый из этих типов имеет свои разновидности, которые также определяют специфику определения карстового риска.

В настоящей статье излагаются некоторые аспекты оценки карстового риска применительно к карстоопасности типа (d).

Поверхностные карстопроявления при покрытом карсте целесообразно дифференцировать, по крайней мере, на следующие виды:

1) провалы;

2) локальные оседания;

3) старые карстовые воронки;

4) неравномерные осадки грунтов в основании сооружений;

5) общие оседания земной поверхности;

6) карстовые (карстово-суффозионные) просадки.

Кратко охарактеризуем названные карстопроявления с позиции поставленной задачи.

Карстовые /карстово-суффозионные провалы:

– провалы на земной поверхности или под подошвой фундамента образуются практически мгновенно без явно видимых симптомов. Именно это нередко приводило к прогрессирующим деформациям сооружений, потере общей устойчивости башенных конструкций, крушению поездов на железных дорогах [3]. Разумеется, в этих случаях на первый план выходит необходимость учета ущерба *социального характера*, связанного, прежде всего, с возможной гибелью людей;

– провалообразование носит ярко выраженный вероятностный характер, как по времени, так и в пространстве, а также в отношении размеров провальных воронок. На основе вероятностных закономерностей провалообразования можно достаточно объективно оценивать *риск поражения* сооружения и сравнивать его с *допустимым риском* [5]. Такое сравнение позволяет намечать комплекс мероприятий, направленных на предотвращение или снижение соответствующих ущербов и карстового риска в целом. Именно на этой основе представляется возможным оценивать также «остаточный» карстовый риск, который позволяет включать «карстовое» страхование в систему «противокарстовых мероприятий»;

– почти всегда на месте ранее образовавшихся провалов или в непосредственной близости от них образуются повторные провалы. Это обстоятельство всегда следует иметь в виду при выборе площадки расположения проекти-

руемого объекта. Непонимание такой простой истины неоднократно приводило к крупным авариям [3; 4].

– в некоторых карстовых районах имеются территории, где существуют условия для образования *крупных провальных воронок* с диаметрами более 30 м. Защита сооружений от них принципиально невозможна. Вероятность образования таких провалов относительно невелика, но социальный риск чрезвычайно высок. Положение усугубляется тем, что вблизи крупных воронок имеется, как правило, большое число провальных воронок меньших размеров и карстовых просадок, вероятность образования которых близка к единице за срок службы сооружения. Как показывает мировой опыт, в случае нахождения строительного объекта в зоне влияния крупной провальной воронки гибель людей практически неизбежна.

Возможны лишь два пути недопущения этих ситуаций:

1) категорический запрет строительства в зоне, примыкающей к крупным провальным воронкам;

2) планомерное отселение людей из потенциально опасной зоны. Очертание этих зон должно назначаться на основе специальных исследований [1; 6].

Локальные оседания:

– формирование мульд вследствие локальных оседаний происходит (в отличие от провалообразования) в течение от нескольких дней до нескольких месяцев;

– конечные размеры мульды на земной поверхности могут составлять несколько десятков метров при относительно небольшой глубине (до 1–2 м);

– в пределах мульды развиваются значительные горизонтальные сдвижения земной поверхности;

– краевые зоны мульды характеризуются пониженной несущей способностью и повышенной водопроницаемостью.

С учетом названных особенностей, в случае поражения строительных объектов локальными оседаниями, как пока-

зала практика, экономический ущерб *весьма значителен*. Однако, при этом вероятность гибели людей, как правило, *невелика*. Это обусловлено тем, что конструкции многих сооружений деформируются в большинстве случаев постепенно, что позволяет принять *своевременные меры* по обеспечению безопасности людей.

В качестве характерных примеров в этом отношении можно назвать следующие случаи аварийных ситуаций:

– недопустимые повреждения жилого дома в Москве (1977) – жители дома были отселены в течение нескольких дней, а здание позднее разобрано;

– постепенные деформации каркасного здания склада хлора на водопроводной станции в Нижнем Новгороде (1993) – хлор в оперативном порядке откачен, работающий персонал эвакуирован, здание в оперативном порядке демонтировано;

– оседание и значительное смещение в плане железнодорожного пути на линии «Москва–Нижний Новгород» (1995) было прекращено движение поездов на несколько часов, после ремонта пути движение поездов возобновлено, но с длительным ограничением скорости.

Старые карстовые воронки на участке расположения сооружений:

– в пределах воронки и вблизи нее всегда существует высокая вероятность образования провалов, локальных оседаний и карстовых просадок, а также неравномерных осадок;

– при техногенных воздействиях (динамические и статические нагрузки, утечки воды из коммуникаций и т.п.) вероятность серьезных повреждений или разрушений сооружений весьма велика. Поэтому такие деформации не могут быть отнесены к случайным явлениям, и, следовательно, страхование сооружений от такого рода деформаций не является законным;

– вероятность *ущербов* (в том числе *социального* характера) близка к единице. По этой причине недопустимо рас-

полагать строительные объекты в зоне старых карстовых воронок.

Весьма показательным в этом отношении является катастрофа каркасного промышленного здания на заводе «Химмаш» в Дзержинске (1992) [4], где лишь по счастливой случайности обошлось без массовой гибели людей.

Неравномерные осадки грунтов основания. Эти деформации представляют реальную опасность в условиях:

– расположения карстующихся пород в сжимаемой толще основания (открытый и неглубокий карст) при наличии на поверхности карстующихся пород локальных углублений, вертикальных каналов, а также крупных каверн и слоев доломитовой муки;

– покрытого глубокого карста при наличии в сжимаемой толще грунтов погребенных карстовых воронок, локально разуплотненных зон, обусловленных карстовыми и карстово-суффозионными процессами.

Этот вид деформаций вызывает относительно небольшие, но регулярные деформации конструкций, что вызывает определенные экономические потери. Однако при проектировании большинства сооружений социальный ущерб вряд ли целесообразно принимать во внимание. Исключением из этого является проектирование таких ответственных объектов, как высокоскоростные железные дороги, крупные мосты, тоннели и сооружения атомной промышленности [7; 8].

Общие оседания земной поверхности:

– формирование мульды оседания в условиях сульфатного и карбонатного карста продолжается, как правило, в течение относительно длительного времени (годы, десятки лет);

– скорость оседания по вертикали в разных частях мульды неравномерна и может составлять от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров в год;

– формы мульд в плане могут иметь разнообразные очертания, а их размеры достигать нескольких сотен метров;

– оседания по вертикали сопровождаются горизонтальными деформациями.

С учетом этих и других особенностей общие оседания представляют наибольшую опасность для таких линейных сооружений, как трубопроводы и железнодорожные пути, особенно при неудовлетворительном их текущем содержании и отсутствии специального мониторинга.

Карстовые (карстово-суффозионные) просадки:

– диаметры просадок чаще всего составляют не более 2–3 м, а их глубины не превышают 0,3–0,5 м;

– одиночное образование просадки в основании сооружения, как правило, не вызывает существенных повреждений обычного здания, но может представлять вполне реальную опасность для каркасных зданий с отдельно стоящими фундаментами, опор мостов, линий электропередач и т.п.;

– иногда просадки предшествуют образованию провалов и поэтому они могут служить определенным симптомом провалообразования;

– очень часто на участках расположения карстово-провальных и карстово-суффозионных воронок имеется большое число карстовых просадок, превышающее число воронок в несколько раз. На практике имели место случаи, когда недопустимая пораженность фундаментов многочисленными просадками постепенно достигала критического уровня. Это обстоятельство почти всегда имеет место при постоянных техногенных воздействиях (вибродинамические воздействия на грунт, регулярные утечки воды и т.п.). Мы столкнулись с этим явлением на одной из крупных водопроводных станций в Нижнем Новгороде;

– следует обратить внимание, что в настоящее время изыскатели при карстологической съемке крайне редко отражают на картах имевшие место карстовые просадки. Это во многих случаях приводит к «неожиданным» деформациям сооружений. Для предотвращения таких «неожиданностей» целесообразно ввести в нормативные документы (СП,

СТУ) положение о том, что при проектировании сооружений при карстоопасности типа (d) минимально необходимый расчетный диаметр карстовой просадки должен приниматься в пределах 2–3 м. Лишь одно это приведет к снижению аварийных ситуаций в карстовых районах [3] в несколько раз.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кутепов В.М., Кожевникова В.Н.* Устойчивость закарстованных территорий. – М.: Наука, 1987.

2. Свод правил СП 116. 13330. 2012. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003. – М.: Министерство регионального развития РФ, 2012. – С. 23–27.

3. *Сорочан Е.А., Толмачев В.В.* Анализ аварий сооружений на закарстованных территориях // Труды юбилейной конференции, посвященной 50-летию РОМГГиФ (Москва, РОМГГиФ, 15–16.03 2007). – М.: НИИОСП, 2007. – Т. I. – С. 152–164.

4. *Толмачев В.В.* Разрушение промышленного здания в г. Дзержинске вследствие карстового провала как результат комплекса управленческих и инженерных ошибок // Взаимодействие сооружений и оснований: труды Междунар. научн. конф. (СПб, 26–28.05.2005). – М.: Изд-во АСВ, 2005. – Т. 2. – С. 329–333.

5. *Толмачев В.В.* Оценка рисков при строительстве в карстовых районах // Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций: мат-лы X научно-практ. конф. (Москва, 5–6.10.2010). – М.: Центр «Антистихия» МЧС России, 2010. – С. 282–290.

6. *Уткин М.М., Давыдько Р.Б.* Механизм (стадии) образования крупного карстового провала в п. Бутурлино Нижегородской области // Комплексное использование и охрана подземных пространств: сб. докл. Междунар. научно-практ. конф. (Кунгур, 26–31.05.2014). – Пермь: ГИ УрО, 2014. – С. 363–368.

7. *Fischer J., McWhorter J.* A nuclear power plant on karst terrane? // Proceedings of the 9th Multidisciplinary conference «Sinkholes and engineering and environmental impacts of karst» (Hunts-

ville, Alabama, USA, 6–10.09.2003) // Geotechnical special publication. – Reston: ASCE, 2003. – № 122. – P. 485–491.

8. *Jiang X., Lei M., Gao Y.* Potential karst collapse assessment along a bridge foundation of high-speed rail, Ashan, China // Proceedings of the XII IAEG Congress (Torino, Italy, 15–19.09.2014.). – N. Y.: Springer, 2014. – Vol. 5. – P. 539–543.

ОЦЕНКА КОМПЛЕКСНОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ БУХАРЫ С ЦЕЛЬЮ РАСЧЕТА СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА

М.А. Туйчиева, Н.М. Джураев, Ш.И. Ёдгоров, Ф.Р. Артиков

Институт сейсмологии им. Г.А. Мавлянова АН РУз, Ташкент, Узбекистан
E-mail: nmjura89@mail.ru

ASSESSMENT OF THE COMPLEX GEOLOGICAL RISK FOR THE TERRITORY OF BUKHARA CITY FOR CALCULATION OF SEISMIC RISK

The article considers the problem of assessing the complex geological risk in the determination of seismic risk territory Bukhara city. Conducted the four-level raster assessment of indicators complex geological risk.

Среди факторов обуславливающих сейсмический риск особое место занимает комплексный геологический риск. Показатель комплексного геологического риска определяется вероятностью развития ущербообразующих природных или природно-техногенных процессов и явлений в результате активизации инженерно-геодинамических процессов [1]

представляющие угрозу безопасности жизни населения и объектам экономики.

Для пространственного отображения комплексного взаимодействия всех факторов геологических рисков с видами землепользования, была использована методика, разработанная в ходе реализации в 2003–2005 гг. Геологической Службой Финляндии проекта «*KallioINFO-project*».

При определении современного состояния комплексного геологического риска для территории г. Бухары проводилась экспертная оценка соответствия конкретной местности строительным требованиям.

При этом нами в интегральной карте соответствия для территории г. Бухары учитывались четыре геологические характеристики: особенности геолого-литологического строения в виде мощности четвертичного покрова, глубина залегания уровня грунтовых вод, мощность антропогенных отложений и влияние палеодолин. Совместный анализ факторов геологического риска и информации о видах землепользования осуществлялся с применением технологии геоинформационных систем.

Все картографические наборы данных, характеризующие территорию города, были преобразованы в растровый формат с размером ячейки 250 × 250 м. Каждой ячейке были присвоены геологические характеристики в соответствии с их классификацией, а также соответствующий вид землепользования.

На следующем этапе для каждой ячейки были определены 4 частных значений риска в соответствии с матрицей геологических рисков. Был построен интегрированный растр, каждая ячейка которого содержит значение от 0000 до 4444. Первая слева цифра характеризует пригодность для наземного строительства в контексте той или иной формы землепользования, вторая – характеризует мощность четвертичного покрова; третья – влияние уровня залегания грунтовых вод, четвертая – влияние палеодолин.

За величину комплексного геологического риска в каждой ячейке принимается максимальное значение среди четырех частных параметров. Таким образом, если в ячейке растра имеется, хотя бы одна характеристика со значением 4, это означает, что в данном месте имеется потенциально высокий риск для выбранного вида землепользования и обязательно должна быть обеспечена система учета факторов риска.

На комплексной карте геологического риска отражен уровень геологических опасностей (потенциал риска), показанный четырьмя различными знаками.

Для анализа структуры комплексного геологического риска в Атласе приводятся также карты четырех частных рисков. Потенциал геологического риска оценивается для каждого типа землепользования и каждого класса факторов геологического риска в отдельности. Он имеет 4 уровня и определяется в условных величинах от 1 до 4.

Оценка уровней риска для условий г. Бухары осуществляется на основе экспертной оценки инженерно-геологических условий и планирования землепользования.

Ниже приводится краткая характеристика каждого из четырех уровней.

Уровень риска 1. Потенциально низкий геологический риск для данного вида землепользования, необходимости в системе учета факторов риска нет. Данная категория выбирается, если учитываемые в комплексной матрице геологические характеристики указывают на очень низкую вероятность опасности и ожидаемые при данном виде землепользования потенциальные последствия незначительны. Необходимости в системе мер для снижения потенциала опасности или вероятности опасности нет.

Уровень риска 2. Потенциально умеренный геологический риск для данного вида землепользования, рекомендуется система учета факторов риска. Данная категория выбирается, если учитываемые в комплексной матрице геологичес-

кие характеристики указывают на возможность возникновения опасного события, масштаб потенциальных последствий которого потребует некоторых усилий для восстановления прежнего состояния. Рекомендуется система мер для снижения потенциала опасности или вероятности риска.

Уровень риска 3. Потенциально высокий геологический риск для данного вида землепользования, необходима система учета факторов риска. Данная категория выбирается, если одна или несколько геологических характеристик в комплексной матрице указывают на возможность возникновения опасного события, масштаб потенциальных последствий которого потребует значительных усилий для восстановления прежнего состояния. Следует рассмотреть систему мер для снижения потенциала опасности или вероятности риска.

Уровень риска 4. Потенциально очень высокий геологический риск для данного вида землепользования, система учета факторов риска обязательна. Данная категория выбирается, если одна или несколько геологических характеристик в комплексной матрице указывают на высокую вероятность возникновения опасного события, масштаб потенциальных последствий которого потребует значительных усилий для восстановления прежнего состояния. Во многих случаях прежнее состояние можно восстановить лишь частично. Следует обеспечить всестороннюю систему мер снижения потенциала ущерба или вероятности риска.

В описанной методике риски рассматриваются как потенциальные, поскольку матрица рисков описывает только предпосылки для их возникновения.

Таким образом, значение фактора геологического риска, присвоенного конкретной территории, характеризует предпосылки, способствующие возникновению того или иного типа опасности на ней, однако не может рассматриваться,

как оценка вероятности возникновения опасного события (например, частота подъема уровня грунтовых вод, или скорость развития карста и т.д.).

С другой стороны, существующие виды землепользования не определяют непосредственный потенциальный ущерб при возникновении опасного события (возможное число пострадавших, стоимость материальных потерь). Они указывают на предпосылки, способствующие увеличению этого ущерба: концентрация людей в новых жилых массивах, строительство дорогостоящих сооружений или элементов жизненно важной инфраструктуры.

При этом для решения потенциальных проблем, связанных с рисками, требуются специальные исследования. Описанная методика пространственного анализа четырех факторов геологических рисков в комплексе с условиями наземного строительства является первым опытом оценки соответствия перспектив городского развития условиям геологической среды. В данном случае при расчете величины комплексного геологического риска было принято предположение о равнозначности всех 4 факторов.

Однако методика дает возможность использовать, при необходимости, систему весовых коэффициентов, позволяющую подчеркнуть вклад каждого фактора. В частности, возможно также применение среднего значения по всем характеристикам (с равными весами), что, однако, может привести к сглаживанию величины комплексного риска и исчезновению отдельных существенно локально высоких.

Согласно составленной карты схемы (см. рис.), 12% территории г. Бухары относится к 4-му уровню риска, 47% – к 3-му, 27% – ко 2-му и только 14% – к 1-му.

В зависимости от уровня комплексного геологического риска подбираются мероприятия по уменьшению отрицательных последствий ущербообразующих процессов.

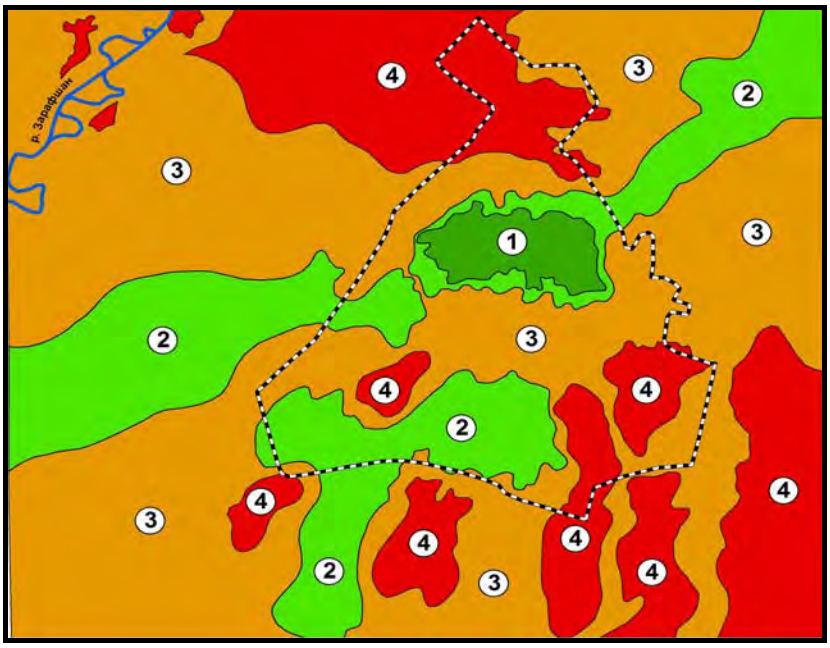


Рис. **Карта-схема комплексного геологического риска для территории г. Бухары и его окрестностей по состоянию на 2015 г.**

Сост.: Н.М. Джураев, М.А. Туйчиева, Ш.И. Едгоров

Условные обозначения потенциала комплексного геологического риска:

1 – низкий; 2 – умеренный; 3 – высокий; 4 – очень высокий

ЛИТЕРАТУРА

1. *Tuichieva M.* Engineering-geological processes and phenomena in urban areas of seismically active regions of Uzbekistan and their role in assessing of seismic risk, Труды международной конференции // International conf. «Complexity in earthquake dynamics: from nonlinearity to earthquake prediction and seismic stability» (25–26 January, 2012). – Tashkent, Uzbekistan, 2012. – P. 47–52.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ОПЕРАТИВНЫХ ОЦЕНОК ПОТЕРЬ НА ПРИМЕРЕ КУРЧАЛОЙСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

***Н.И. Фролова*[*], *И.П. Габсатарова*[*]**

[*]*Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва,*
E-mail: frolova@esrc.ru
[**]*Геофизическая служба РАН, Обнинск*
E-mail: ira@gsras.ru

MACROSEISMIC DATA APPLICATION FOR INCREASING RELIABILITY OF NEAR REAL TIME LOSS ESTIMATIONS: EXAMPLE OF KURCHALOJ EARTHQUAKE

The article presents the results of comparative analysis of near real time loss computations and gives recommendations about regional parameters of seismic intensity attenuation which should be used in the case of future events in the area under study.

Землетрясение 11 октября 2008 г. в 09^h06^m с M = 5,6 относится к ощутимым событиям, приведшим к разрушениям отдельных объектов на значительной территории, включающей Чеченскую Республику, Ингушскую Республику, Республику Дагестан, Республику Северную Осетию – Аланию, Кабардино-Балкарскую, Ставропольский край, южные районы Калмыкии, Грузию, северные районы Азербайджана и Армении. Наибольшие разрушения произошли в Курчалойском, Гудермесском, Шалинском и Ножай-юртовском районах Чеченской Республики (ЧР). По сообщениям МЧС погибло 13 человек, медицинская помощь оказана более чем 100 жителям, зафиксированы значительные разрушения

жилого фонда и коммуникаций. Землетрясение получило название по одному из наиболее пострадавших сел – Курчалойское.

По сообщениям пресс-служба Южного регионального центра МЧС России: специалисты Всероссийского научно-исследовательского института по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций провели обследование более 10 тыс. объектов, признанных пострадавшими. По данным ведомства, землетрясению подверглось 18 муниципальных образований Чечни. Повреждено 10 614 объектов, в том числе: 10 421 жилой дом, 33 объекта здравоохранения, 98 школ, десять дошкольных учреждений, 16 объектов культуры и спорта, 14 мечетей, 22 административных здания. По данным правительства Чечни, ущерб от землетрясения составляет более 4,5 млд руб.

На стадии принятия решения о проведении спасательных операций в момент регистрации события было выполнено прогнозирование последствий. Выбор параметров модели в первые часы после события оказался довольно широк. Разброс прогнозных значений возможного ущерба велик. В статье показано, что точность оперативного прогноза существенно повышается, если для данной сейсмоопасной территории заблаговременно будут подобраны параметры зависимости, описывающей особенности затухания сейсмической интенсивности I_i.

В статье анализируется влияние точности параметров землетрясения и региональных особенностей затухания сейсмической интенсивности I_i на надежность оценки потерь в оперативном режиме, используемой для принятия решения о реагировании. Кроме этого описан способ подбора значений параметров модели затухания, обеспечивающей максимальную сходимость прогнозного и наблюденного макросейсмического эффекта.

Учитывая возможные погрешности в определении параметров землетрясений службами срочных донесений рас-

четы потерь, как правило, проводятся с использованием данных разных служб: ГС РАН, NEIC, EMSC и др. При составлении вариантов расчета учитываются также различные законы затухания сейсмической интенсивности, ориентация макросейсмического поля и коэффициенты сжатия поля. Задача состоит в выборе и запоминании наиболее вероятных параметров, которые могут быть применены в случае повторения события.

В случае Курчалойского землетрясения оперативные расчеты были выполнены сразу после события с использование 12 вариантов исходных данных [6]. Использовались параметры землетрясения, предоставленные ССД ГС РАН, уточненные параметры ГС РАН, параметры инструментального и макросейсмического очага, полученные по результатам обследования последствий землетрясения в населенных пунктах, а также данные NEIC и EMSC. В качестве закона затухания использовалось уравнение макросейсмического поля Н.В. Шебалина [5; 8] с различными региональными коэффициентами для Северного Кавказа, Закавказья, Грозного, Дагестана, юго-восточной Европы и Ближнего Востока [2; 4; 6; 9]. Макросейсмическое поле, описанное эллиптическими изосейстами, ориентировалось вдоль разломов и под характерным углом к разлому, а используемые коэфициенты сжатия эллипса k изменялись от 1,5 до 4. Для выбора параметров, которые в случае повторения события могут быть использованы в оперативном расчете вычисленные интенсивности I_i сравнивались с наблюденными [6; 7] 2008 г. и [1] 2014 г..

Анализ результатов сравнения показывает, что среди вариантов расчета существуют практически совпадающие по интенсивности I_i с наблюденными значениями. Это вариант № 1 с инструментальными параметрами очага (φ = 43,276°; λ = 46,229°; M = 5,6; h = 15 км; b = 1,5; ν = 3,6; c = 3,1; k = 1,5; ориентация поля вдоль разломов) и вариант № 11 с макросейсмическим положением эпицентра (φ = 43.15°; λ = 46,10°,

остальные параметры как в варианте № 1). При этом наблюденные значения интенсивности 2008 и 2014 гг. тоже имеют расхождения, которые в данном случае следует считать методической погрешностью эталонных данных.

На рис. 1 и 2 показаны отклонения *I* для расчетных значений для вариантов № 1 и № 11 от *I*. Осредненные разницы на участках в 5 км показаны серыми точками.

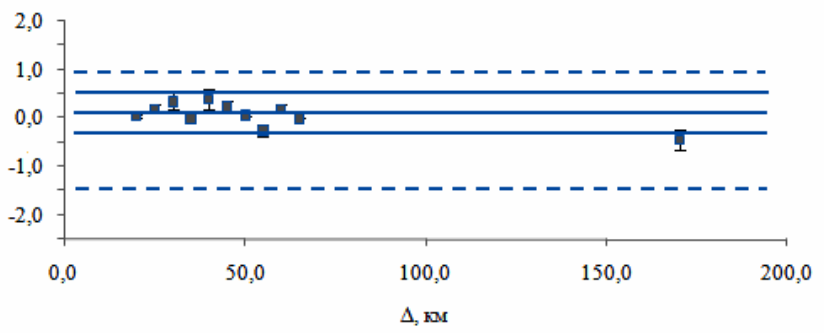


Рис. 1. **Сравнение наблюденных и расчетных *I* для варианта № 1**

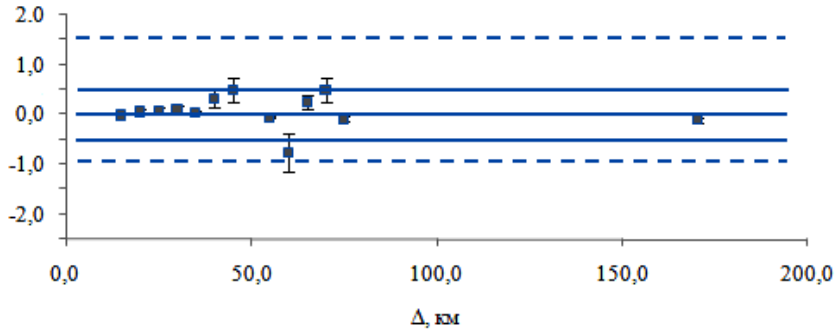


Рис. 2. **Сравнение наблюденных и расчетных *I* для варианта № 11**

Из анализа величины расхождения результатов построение макросейсмического поля методом моделирования

(варианты № 1 и № 11) с данными, полученными в процессе наблюдения макросейсмического эффекта на местности, следует, что они достаточно малы и сравнимы с методической погрешностью эталонных данных.

В обоих вариантах № 1 и № 11 использовалось уравнение Н.В. Шебалина [5; 8] коэффициента для Дагестана: b = 1,5; ν = 3,6; c = 3,1; и коэффициент сжатия эллипса k = 1,5.

Макросейсмические данные 2014 г. были использованы для расчета коэффициентов кривой затухания $I = f(R)$.

Полученное уравнение

$$I_i = 11{,}5 - 3{,}6 \lg R. \qquad (1)$$

было сопоставлено с уравнением макросейсмического поля Н.В. Шебалина:

$$I_i = bM - \nu \lg R + c, \qquad (2)$$

где b, ν, c – параметры макросейсмичекого поля.

Из сопоставления (1) и (2) были получены следующие значения коэффициентов уравнения затухания:

$$I = 1{,}5\, M - 3{,}6 \lg R + 3.1. \qquad (3)$$

При этом $b \cdot M + c = 11.5$; $\nu = 3.6$; R – гипоцентральное расстояние ($R^2 = \Delta^2 + h^2$);
M – магнитуда землетрясения (M = 5,6).

Учитывая, что $b \cdot M$ = 8,4 при b = 1,5, а M = 5,6, получаем c = 3,1.

Вычисленные коэффициенты позволяют моделировать макросейсмическое поле для данного региона с максимальной точностью.

Таким образом, для случая повторения события класса Курчалойского землетрясения при его моделировании необходимо использовать коэффициенты уравнения, установленные ранее для Дагестана [5; 8]: b = 1.5, ν = 3.6, c = 3,1.

Кроме того было получено уточненное значение глубины очага по макросейсмическим данным, которая составила $h_{макр.}$ = 13 км, что подтвердило правильность значения глубины по инструментальным данным $h_{инст.}$ = 15 км в вариантах оперативных расчетов ущерба в момент события.

На рис. 3 приведены результаты моделирования макросейсмического поля с выбранными параметрами и уточненными координатами макросейсмического эпицентра.

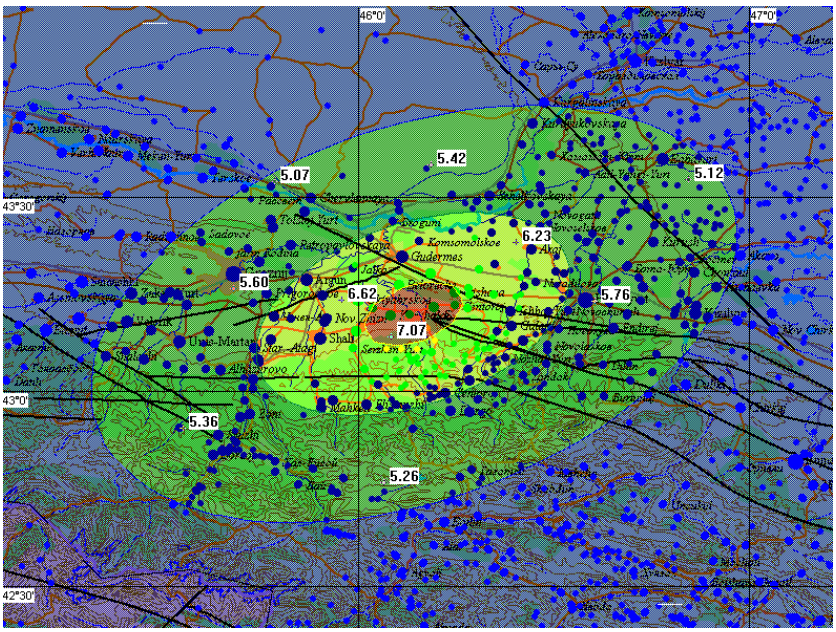


Рис. 3. **Моделирование последствий Курчалойского землетрясения с окончательными параметрами**

При оценке последствий использовались следующие данные:φ = 43,20°; λ = 46,14°; M = 5,6; h = 15 км; уравнение Н.В. Шебалина с региональными коэффициентами для Дагестана (b = 1,5; ν = 3,6; c = 3,1); k = 1,5; и поле ориентировалось под углом 54° в соответствии с решением механизма очага [3].

Эти исходные данные позволили получить оценки потерь близкие к опубликованным МЧС и хорошо сопоставимы с положением и конфигурацией изосейст по наблюденным данным (рис. 4).

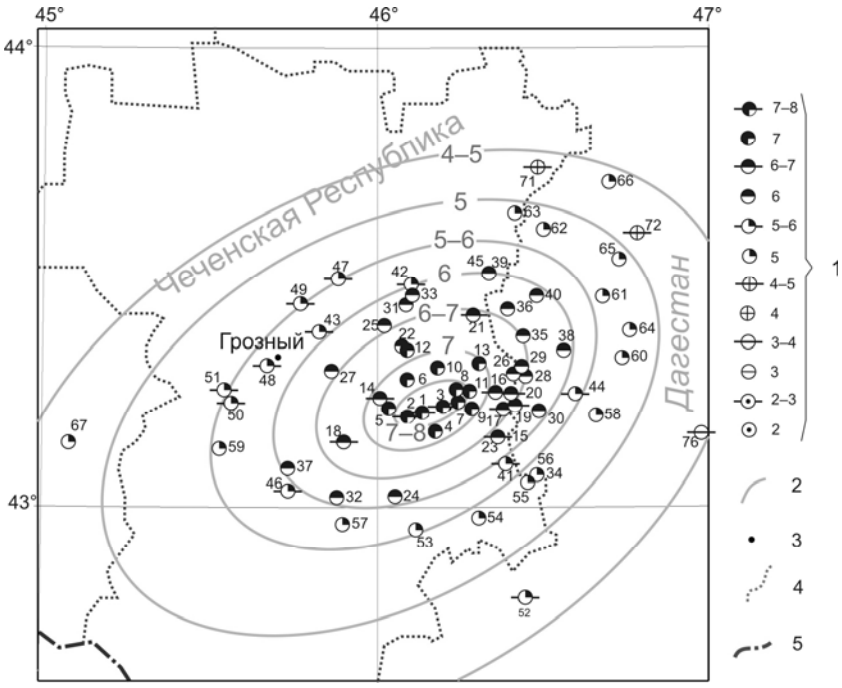


Рис. 4. **Карта изосейст Курчалойского землетрясения 11 октября 2008 г. с *I* от 7–8 до 4–5 баллов**

Совпадение опубликованных данных об ущербе и полученных методом моделирования подтверждает вывод о состоятельности описания класса события, аналогичного Курчалойскому землетрясению, и правильность выбора его параметров.

В случае повторения события такого класса в указанном регионе для его моделирования с целью оперативной оценки возможных последствий и планирования спасатель-

ных работ необходимо использовать следующий набор параметров модели макросейсмического поля: уравнение Н.В. Шебалина для Дагестана (b = 1,5; ν = 3,6; c = 3,1), коэффициент сжания k = 1.5 и ориентацию под углом 54° в случае повторения события с аналогичным механизмом очага [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Асманов О.А, Левкович Р.А., Гайсумов М.Я., Керимов И.А., Габсатарова И.П., Головкова Л.В., Иванова Л.Е., Пономарева Н.Л., Чепкунас Л.С., Рыжикова М.И.* Макросейсмические проявления Курчалойского землетрясения 11 октября 2008 г. с Mw = 5,8, I_0 = 7–8 баллов // Землетрясения Северной Евразии в 2008 г. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 421–432.

2. *Быстрицкая Ю.В.* Соотношение и сопоставление макросейсмических инструментальных данных (Дагестанские землетрясения): Сейсмичность и гидрогазогеохимия территории Дагестана // ИГ Даг ФАН СССР. – 1978. – № 2 (17). – С. 78–84.

3. *Габсатарова И.П.* Инструментальные параметры очага Курчалойского землетрясения 11 октября 2008 г. с КР = 14,5, Mw = 5,8, I0 = 7–8 (Чеченская республика) // Землетрясения Северной Евразии, 2008 г. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 433–448.

4. *Лутиков А.И., Аверьянова В., Баулин Ю., Кофф Г., Миндель И., Несмеянов С., Севостьянов В.* Комплексная оценка сейсмической опасности территории города Грозного. – М., 1996.

5. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. / под ред. Н.В. Кондорской, Н.В. Шебалина. – М.: Наука, 1977.

6. *Фролова Н.И., Чепкунас Л.С., Малаева Н.С.* Учет региональных особенностей затухания сейсмической интенсивности при оперативной оценке потерь от землетрясений // Геоэкология. Инженерная Геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2012. – № 1. – С. 63–74.

7. *Чепкунас Л.С., Рыжикова М.И.* Исследование региональных коэффициентов затухания макросейсмического поля на примере Курчалойского землетрясения 11 октября 2008 г. // Мате-

риалы XVI Международной конференция «Свойства, структура, динамика и минерагения литосферы Восточно-Европейской платформы» (г. Воронеж, 20–24 сентября 2010 г.). – Т. II: Л–Я. – Воронеж: Научная книга, 2010. – С. 306–309.

8. *Шебалин Н.В.* Методы использования инженерно-сейсмологических данных при сейсмическом районировании, Сейсмическое районирование СССР. – М.: Наука, 1968. – С. 95–121.

9. *Шебалин Н.В.* Количественная макросейсмика (фрагменты незавершенной монографии) // Вычислительная сейсмология. – 2003. – Вып. 34. – С. 54–200.

СНИЖЕНИЕ ПОЖАРОВ И ВЗРЫВОВ ПРИМЕНЕНИЕМ ЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ УЛАВЛИВАНИЯ ПАРОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ

С.Ш. Хабибуллаев, Б.А. Мухамедгалиев

Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, Узбекистан
E-mail: bjd1962@mail.ru

THE REDUCTION FIRE AND BLAST BY USING THE EFFICIENT METHODS TO CATCH PAIRS OIL PRODUCTS

In article are considered some way of the reduction of the evaporation of the pairs hydrocarbon. They are shown efficient methods to catch and reductions fire- and explosion to situations in oil storage tank and Reservuarings Park.

Пожары на объектах нефтегазового комплекса характеризуются причинением значительного экологического ущерба связанного с попаданием в окружающую среду большого количества токсичных продуктов горения, огнетушащих

средств, мощным тепловым излучением. При горении нефть и нефтепродукты образуют углекислый газ окись углерода, сернистый газ, азот, полиароматические углеводороды, альдегиды, сажу и другие соединения.

Нефть – это ценное невосполнимое сырье, но в процессе транспортировки и хранения нефти имеют место ее потери, значительную долю которых составляют потери от испарения. Например, при полном заполнении резервуара РВС-20000 при стандартных условиях в летний период испаряется и выбрасывается в атмосферу вместе с вытесняемой паровоздушной смесью около 10 т нефти.

В целом же по нашей республике, по данным государственной статистики, выбросы углеводородов, отходящих от стационарных источников, по Узбекистану в 2010 г. составили 1,8 млн т. Это связано с несовершенством технических средств и технологических процессов при транспортировке и хранении нефти.

Выбор средств сокращения потерь нефти от испарения из резервуаров связан с их величиной, поэтому возникает необходимость оценить ее значение. Традиционно для сокращения этих потерь применяются различные технические средства: диски-отражатели, газовые обвязки, газоуравнительные системы и понтоны. Однако эффективность их применения не всегда высока.

За рубежом для этой цели широко применяются системы улавливания легких фракций (УЛФ). В последние годы интерес к их использованию растет и в странах СНГ. Системы УЛФ многообразны и основаны на различных физических принципах. Абсорбционные и адсорбционные системы УЛФ сложны, конденсационные – дороги, компрессорные – капиталоемки и пожаровзрывоопасны.

В условиях магистральных нефтепроводов и нефтеналивных терминалов в качестве альтернативы традиционным средствам сокращения потерь большой интерес представляют эжекторные системы УЛФ. Они относительно просты,

взрывобезопасны, но методы расчета таких систем находятся в стадии разработки, не определена область их применения.

Целью настоящей работы является разработка путей снижения пожаро-взрывоопасности АЗС и нефтехранилищ за счет сокращение выбросов паров нефти при заполнении резервуаров и других емкостей на основе разработки и оптимизации технологии улавливания легких фракций углеводородов с использованием микропористого тонкостенного конденсатора.

Технология работы разработанного нами улавливателя заключается в охлаждении выбросов ПВС в тонкостенном конденсаторе (рис. 1) с последующей сепарацией газо-конденсатной смеси, разработанной конструкции. Процесс конденсации и сепарации реализуется в конденсато-сепарационных устройствах (*4*) (совмещенные в едином корпусе теплообменник-кондерсатор и центробежный сепаратор). При сепарации газоконденсатной смеси дополнительно происходят процессы массообмена и теплообмена, а также растворения не сконденсированной части на холодном конденсате. Полученный в результате конденсат (рекуперируемый продукт) собирается и самотеком сливается в емкость хранения (*6*). Остальная часть (2–3%) выброса ПВС эжектируется и рассеивается в атмосферу со скоростями до 30–40 м/сек. В зависимости от изменения тепловой нагрузки на улавливателя (изменение объема выброса ПВС или его температуры) холодо производительность холодильного агрегата (*1*) автоматически меняется, что позволяет экономить на потребляемой мощности, при этом постоянно поддерживать заданную температуру конденсации. Выбор приемлемого типа конденсатора включает анализ некоторого количества противоречивых требований. Основные факторы, определяющие тип конденсатора, зависят от того, является ли конденсация полной или частичной, происходит ли конденсация однокомпонентных веществ или многокомпонентных, имеются ли неконденсируемые компоненты.

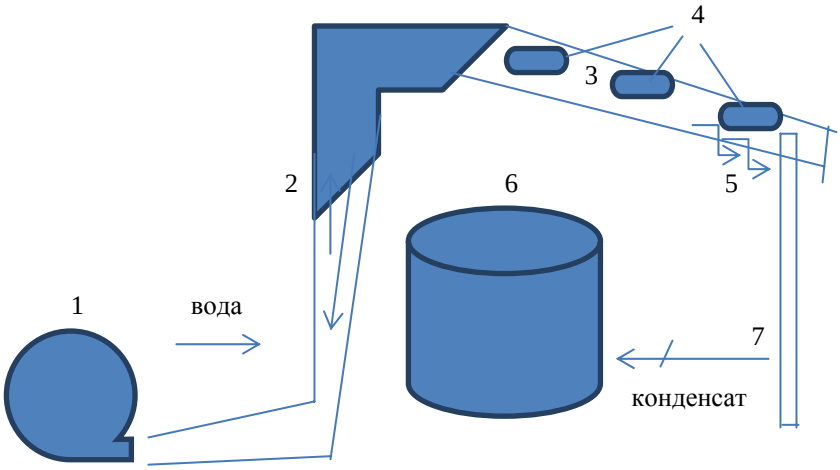


Рис. 1. **Технологическая схема улавливания паров углеводородов на тонкостенном конденсаторе:**

1 – холодильный агрегат с насосом; *2* – трубопроводы холодной воды; *3* – пористый навес; *4* – тонкостенные конденсаторы; *5, 7* – трубопровод для конденсированного нефтепродукта; *6* – емкость нефтепродукта

Как известно, нефтяные и природные газы являются смесью индивидуальных углеводородов. Так как индивидуальные составляющие нефтяных и природных газов имеют различные температуры конденсации, то при их охлаждении происходит следующее. При снижении температуры газа наступает момент, когда один из компонентов начинает конденсироваться. Естественно, что первым сконденсируется компонент, температура конденсации которого при его парциальном давлении в данной исходной смеси максимальна. Если предположить равномерное распределение компонентов в исходной смеси, то вначале выпадут в виде конденсата преимущественно компоненты с максимальным значением нормальной температуры конденсации.

Общеизвестно, что углеводородные газы обладают одной важной особенностью: они растворяются в углеводо-

родных жидкостях. Поэтому в жидкую фазу переходят не только те компоненты, которые должны конденсироваться при данных значениях температуры и парциального давления, но и другие, даже те, критическая температура которых значительно ниже температуры смеси в данный момент.

Подобные конденсаторы имеют много преимуществ, так как образующийся конденсат постоянно контактирует с холодными стенками и паром. Это обеспечивает конденсацию и абсорбцию (растворение) смесей с широким диапазоном температур кипения компонентов. Конденсат омывает все поверхности, что в определенных ситуациях снижает коррозию.

Выбор технологической схемы с промежуточным теплоносителем в качестве основной для наибольшего количества установок обоснован стремлением, максимально снизить пожаро-взрывоопасность процесса рекуперации паров углеводородов, возможностью использовать холодильное и насосное оборудование в общепромышленном исполнении и располагать его на необходимом безопасном расстоянии, возможностью одновременно производить рекуперацию разных продуктов. В месте протекания основных процессов рекуперации и рассеивания, отсутствует оборудование с электропитанием и движущимися частями.

Главными преимуществами разработанной нами конденсато-сепарационной технологии рекуперации выбросов ПВС при сливо-наливных операциях и хранении углеводородов являются:

– высокая безопасность технологии рекуперации;

– простота в монтаже и эксплуатации;

– независимость от состава выбросов ПВС;

– нет расходов на покупку и утилизацию абсорбентов;

– в ходе рекуперации получаем конденсат товарного качества;

– минимальное гидравлическое сопротивление установки;

– автоматизация основного технологического процесса;

– широкая сеть сервиса и обслуживания холодильного оборудования в регионах и высокая надежность.

Окончательный выбор способа и установки улавливания можно сделать на основании заданной степени рекуперации, разрешенного выброса, технико-экономических показателей с учетом условий объекта, климатических факторов, наличия требуемых ресурсов (электроэнергии, абсорбента, жидкого азота и прочих), надежности эксплуатации оборудования в летний и зимний период, обеспечения пожарной и взрывобезопасности размещаемого оборудования на территории НПЗ, нефтебаз, эстакад слива-налива, АЗС и других предприятий.

СОСТОЯНИЕ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ПО ОЦЕНКЕ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ

М.А. Харькина

Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова, геологический факультет
E-mail: kharkina@mail.ru

THE STATUS OF REGULATORY FRAMEWORK ON THE ASSESSMENT OF PRESENT GEOLOGICAL PROCESSES FOR ENGINEERING AND ECOLOGICAL SURVEY

The main problem of SP 47.13330.2012 (Engineering survey for construction. Basic principles) in assessing of present processes for engineering and ecological survey is the lack of

direct instruction to their study. The ways to improve the regulatory framework for the assessment of the present processes with taking into account ecological risk are planned.

Оценке современных геологических процессов уделяется крайне мало внимания при инженерно-экологических изысканиях, хотя риск их проявления на построенных объектах весьма велик. Катастрофы с человеческими жертвами, связанные с геологическими процессами, отмечаются при горнодобывающей деятельности, функционировании и создании гидротехнических, городских и транспортных комплексов. Это обусловлено как природой таких процессов (интенсивность, внезапность и т.п.), так и неудачным размещением населенных пунктов в зоне их влияния.

Причиной катастрофы может быть игнорирование накопленного опыта изысканий или незнание закономерностей проявления геологических и гидрометеорологических процессов. Достаточно упомянуть наводнение в Крымске летом 2012 г., где в результате недостаточного инженерно-геологического обоснования параметров мостового перехода и непродуманной хозяйственной деятельности, вызвавшей сужения русла р. Адагум, погибло 172 человека. Нельзя забывать о селях, постоянно угрожающих шахтерскому г. Тырныауз, расположенному в связи с недостатком ресурсов для расселения в конусе выноса селей.

Нормативные документы, разработанные на инженерно-экологические изыскания, содержат крайне скудную информацию по изучению современных геологических процессов (таб.). Они не регламентируют перечень и состав работ, масштабы картирования, виды мониторинга и список параметров для наблюдений за развитием процессов при инженерно-экологических изысканиях.

В новом СП 47.13330.2012 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения» разд. 8 посвящен инженерно-экологическим изысканиям.

Таблица

Информация в нормативных документах
об изучении экологически значимых процессов (П)

Нормативный документ	Достоинства	Недостатки
СНиП 11-02-96 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие положения	Предусмотрена возможность изучения П в составе инженерно-геологических и инженерно-гидрометеорологических изысканий	Не содержат конкретных указаний по необходимости оценки экологических последствий проявления П. Не содержат перечня и состава работ по изучению П
СП 11-102-97 Инженерно-экологические изыскания		
СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения (Актуализированная редакция СНиП 11-02-96)		В п. 8 «Инженерно-экологические изыскания» опасные П. не упоминаются, хотя речь идет о прогнозных оценках экологического риска (п. 8.2) и риске возникновения чрезвычайных ситуаций (п. 8.3, 8.5)
СНиП 22-01-95 Геофизика опасных природных воздействий	Выделены категории опасности П; нормированы геол. (абиотические) показатели оценки П	Не предусмотрены биотические показатели оценки П
ТСН 30-308-2002 Проектирование, строительство и рекультивация полигонов твердых бытовых отходов	П упомянуты как участки со сложными условиями, исключающими размещение полигонов ТБО	Не предусмотрен контроль за П в составе экологического мониторинга

В СП 47.13330.2012 предусмотрена лишь возможность изучения процессов в составе других видов изыскательских работ (инженерно-геологических и инженерно-гидрометеорологических), хотя речь идет о прогнозных оценках экологического риска (п. 8.2), факторах риска (п. 8.4, 8.5) и риске возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (п. 8.3, 8.5). Наиболее информативным документом в плене изучения геологических процессов является СНиП 22-01-95, в котором, не смотря на свое «геофизическое» название, содержится информация о категориях опасности двадцати процессов, включая геокриологические, имеется перечень геологических показателей оценки интенсивности и экстенсивности проявления процессов, в ряде случаев предложено 4–5 показателей для одного процесса.

При оценке экологического риска геологических процессов в рамках инженерно-экологических изысканий необходимо использовать не только традиционные геологические (абиотические) критерии оценки геологических процессов, но и биотические, к которым относятся медико-статистические, ботанические, зоологические, микробиологические и другие критерии. Они позволяют количественно оценить состояние биоты и определить комфортность проживания людей.

В научно-методическом плане имеется опыт разработки принципиально новой легенды «Карты современного состояния верхних горизонтов земной коры», отражающей наряду с геодинамической, также и ресурсную, и геохимическую, и геофизическую информацию [1]. Ее назначение – накопление геологической информации, необходимой для составления эколого-геологических карт разного содержания. Принципиальное ее отличие от одноименных, ранее составленных карт заключается в том, что в легенде карты в разделе «Геодинамическая обстановка» в табличной форме предусмотрено размещение информации о влиянии каждого

из 27 рассмотренных геологических процессов на биоту (микроорганизмы, растительность, животных, человека). Эта информация ориентирует геологов на сбор специальных данных о состоянии эколого-геологических систем в процессе полевых и камеральных работ. Легенда карты предполагает ранжирование показателей по тетраидной системе с выделением категорий опасности процессов (умеренно опасный, опасный, весьма опасный, чрезвычайно опасный). Все геологические процессы разбиты на 2 большие группы, включающие *катастрофические и опасные процессы*, представляющие угрозу для жизни, и *неблагоприятные процессы*, изменяющие условия жизнедеятельности человека или протекающие с деградацией почвы и угрожающие сохранности кормовой базы животных.

Экологическое значение геодинамической информации оценивается наличием или отсутствием связи между предложенными экологически значимыми показателями, характеризующими интенсивность, масштаб и активность развития геологических процессов (разных категорий опасности), и показателями, предложенными для оценки состояния биотической составляющей экосистемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г., Барабошкина Т.А. и др.* Логика и содержание карты современного состояния верхних горизонтов земной коры как фактологической основы для составления эколого-геологической карт. – М.: МГУ, 2004. – 66 с.

РАЗРАБОТКА ИНЖЕНЕРНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В СЕЛЕОПАСНЫХ РАЙОНАХ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ УЩЕРБА

О.Т. Хасанова

Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, Узбекистан
E-mail: oydin khasanova @ mail.ru

THE DEVELOPMENT OF ENGINEERING DECISION FOR REDUCTION THE IMPACT OF NATURAL (EXTREMELY HAZARDOUS) HYDROLOGICAL PHENOMENA

Article presented result of research of climate change increases the likelihood of occurrence of various kinds of risks, including risks of natural disasters. Climate risks can not be avoided, but to reduce the negative consequences of risk – it is the task of all.

Узбекистан представляет собой одну из наиболее подверженных опасным природным процессам стран в Центральной Азии. Регион наиболее уязвим к таким явлениям как: засуха, высокие температуры, сильные осадки, сели и лавины. В годы засухи, этим опасным явлением охвачена практически вся территория Узбекистана.

Сели и лавины – локальные явления, которые проявляются в предгорных и горных районах страны (площадь 90,0 тыс. км^2), где проживают более 3,0 млн населения.

Сель – течение накопившихся, вследствие оттаивания снега или ливневых дождей, в горных местностях вод вниз по речной долине, которое со скоростью (6–8 м/с) увлекает с гор смеси воды, песка, глины, щебня, осколков камней и даже валунов, тем самым угрожая населенным пунктам,

железным и автомобильным дорогам, оросительным системам и другим важным объектам экономики.

В Республике Узбекистан выделяются следующие селеопасные районы: бассейн р. Сырдарьи с притоками, Ангрен, Чирчик, Намесшомсай, бассейн р. Зарафшан, бассейн р. Аму-Дарья. За последние 100 лет в республике произошло более 2500 селевых потоков. Из них более 1400 грязевой поток, 350 водно-каменный поток, 650 смешанные сели. В низкогорных территориях Узбекистана доля селеносных паводков, так называемых «наносоводных селей» дождевого происхождения, возрастает до 94–95% от общего зарегистрированного числа селей.

Наиболее частые случаи селей в республике Узбекистан происходят в Ферганской и Наманганской областях, и близлежащих районах г. Ташкента. Вероятное время селевых потоков – весна и первый месяц лета.

Согласно Киотского протокола Конвенции ООН по изменению климата, подписанного Узбекистаном, в настоящее время одним из приоритетных направлений для смягчения возможного глобального изменения климата является управление климатическими рисками, включающее разработку комплекса мер, минимизирующий возможный ущерб в результате возникновения климатозависимых стихийных природных бедствий [4].

Риск для здоровья человека, связанный с селевыми опасностями, возникает при следующих условиях:

– наличие источника опасности (чрезмерные ливневые атмосферные осадки, быстрое таяние снегов и ледников в горах, переполнение горных озер и водоемов, нарушения в естественном стоке вод горных рек и ручьев с изменением русел и образованием запруд, эрозия почв, уничтожение травяного покрова и лесонасаждений на склонах гор);

– присутствие данного источника риска в определенном количестве, опасного для человека;

– подверженность человека воздействию угрозы (многочисленные человеческие жертвы, значительный материальный ущерб и другие тяжелые последствия).

Первый этап – идентификация опасности – включает инженерно-геологические исследования, проводимые для строительных работ в селеопасных районах республики. Например, используя данные фундаментальных исследований, можно установить, потенциально опасные места, где произойдут или могут произойти селевые потоки и селевые бассейны, установить зоны риска селевых бассейнов (зона образования селя; зона движения или транзита селя; зона накопления) а также определяют к какой структурно-реологической модели относится селевой поток (рис. 1).

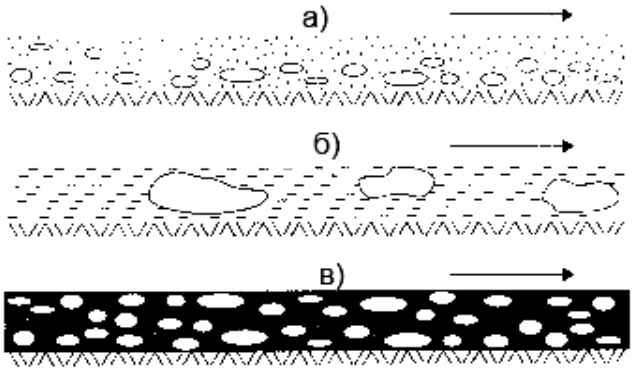


Рис. 1. **Структурно -реологические модели селевых потоков:**

а – несвязный селевой поток; *б* – связный грязевой поток;
в – связный каменный грязевой поток

Высокая уязвимость страны к опасным гидрометеорологическим явлениям вызывает действия со стороны Правительства по защите населения и территории от ЧС от опасностей, связанных с селями, паводками, оползнями, и ликвидации их последствий.

Большую работу в этом направлении ведет Национальная гидрометеорологическая служба (НГМС) Узбекистана [1]. Основными метеорологическими станциями, которые характеризуют высотные изменения климатических параметров в регионе, являются: «Ташкент», «Пскем», «Ой-Кайынг», образующие продольный профиль долины р. Чирчик. Эти данные дают возможность понять, как меняются климатические условия с переходом от равнинных территорий к горным.

На основе прогноза вероятности селевого потока, разрабатываются мероприятия, подразделяющиеся на следующие типы: фазовые; по времени; по свойствам сил.

Второй этап – оценка того, какими путями и через какие среды, на каком количественном уровне, в какое время и при какой продолжительности воздействия имеет место реальная и ожидаемая угроза поражающего действия (табл. 1), ударная сила (табл. 2), а также определения характеристики селя по объему одновременно накопленных материалов (табл. 3) [3].

В идеальном варианте оценка риска опирается на фактические данные мониторинга селевой опасности, проводимой ежегодно в селеопасных районах республики.

Таблица 1

Поражающие действия селевого потока

1	Непосредственное ударное воздействие селевой массы на человека
2	Обтюрация дыхательных путей, приводящей к механической асфиксии, аспирации массы тела
3	Разрушения зданий, сооружений и других объектов, в которых могут находиться люди
4	Разрушения систем жизнеобеспечения

Таблица

Ударная сила селей

Характер селевого потока по мощности	Максимальная глубина потока, Н	Наиболь-ший размер облаков, м	Р, т/м^3
Слабый	До 2,0	Не более 0,5	5–6
Средний	2,0–3,0	Не более 0,7	7–8
Весьма мощный	3,0–5,0	Не более 1,5	9–10
Катастрофический	5–10	До 2,5–3,0	11–15
катастрофический	10	Более 3,0	15–30 и более

Таблица 3

Характеристика селя по объему накопленных материалов

Наименование селя	Объем селя, м^3
Очень мелкий	Меньше 1,0 тыс.
Мелкий	До 1,0–10 тыс.
Средний	До 10–100 тыс.
Крупный	До 0,1–1 млн
Очень крупный	До 1–10 млн
Слишком крупный	Более 100 млн

Третий этап – оценка зависимости «правила поведения – действия населения». Большое влияние на поведение и действия населения при селевых потоках оказывает организация своевременного обнаружения и учета признаков этих стихийных бедствий. МЧС республики оповещает об ожидаемой опасности и принимает превентивные меры [2].

В большинстве случаев население об опасности селевого потока может быть предупреждено всего лишь за десятки минут и реже за 1–2 ч и более. Мероприятия по предупреждению селевой опасности являются наиболее сложными и трудоемкими. Они представляют комплекс организационных

и инженерно-технических мероприятий, направленных на выявление и устранение причин селей, максимальное снижение возможных разрушений и потерь. В случае, если эти причины полностью не удается устранить, то на создание благоприятных условий для организации и проведения спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ.

Противоселевые инженерные мероприятия, уменьшающие силу селевого потока, состоят из 4 видов: агромелиоративные, фитомелиоративные, агротехнические и инженерно-гидротехнические (строительство дамб и селевых бассейнов, укрепления плотин, возведение насыпей и временные подпорные стенки, устройство селевых ловушек, отводных канав и т.д.). На их основании составляются карты защиты городов и территорий от селевых потоков.

Для защиты населения при непосредственной угрозе и во время схода селевого потока необходимы следующие мероприятия: заблаговременная эвакуация населения транспортом и пешим порядком; экстренная эвакуация населения; укрытие населения на не затапливаемых участках местности; спасательные и другие неотложные работы; оказание медицинской помощи.

Население в селеопасных районах обязано строго выполнять рекомендации по рубке лесонасаждений, ведению земледелия, по выпасу домашнего скота.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Томашевская и др*. К вопросу о влиянии изменения климата на комфортность проживания // Экологический вестник. – 2014. – № 7. – С. 39–44.

2. *Юлдашев О.Р. и др.* Аварийно-спасательные работы. – Т.: ТИТиЛП, 2008.

3. *Постоев Г.П.* Оценка предельных состояний грунтовых массивов для целей управления природными рисками // Георик-2009. – М.: РУДН, 2009. – Т. 2. – С. 330–335.

4. http:// www.climatechange.uz

РЕГЕНЕРАЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПОСЛЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

А.А. Цымбалов

Научная организация «Архимед», Саратов
E-mail: arhimed64@mail.ru

REGENERATION OF GROUNDWATER SOURCES IN THE RECONSTRUCTION WORK AFTER EMERGENCY SITUATIONS

The materials presented are a method for restoration of water supply wells and wells in confined and unconfined aquifers, allowing to improve the sanitary-chemical indicators of wells for drinking purposes. Recommended for use in emergency situations, due to flooding.

На территории Российской Федерации площадь опасных природных и техноприродных процессов имеет стабильный тренд. По экспертным оценкам [1; 2] ежегодно экономический ущерб страны составляет до 7% от ВВП. Среди многочисленных опасных факторов природного происхождения, дестабилизирующих развитие поселений (физическое, экономическое, социальное) и жизнедеятельность людей, являются стихийные бедствия гидрометеорологического генеза. По оценке ООН ущерб от них в России составляет ежегодно 80% ущерба от всех катастроф. В результате ветро-волновых нагонов, подтоплений, схода селевых потоков, наводнений вызванных сильными дождями и весенним половодьем повреждаются мосты дороги, линии электропередач, нарушается инфраструктура поселений. Это приводит к перебоям в работе транспорта, ЖКХ, промышленных и аграрных территорий.

Цель работы заключается в описании восстановительных работ скважин и колодцев после наводнений методом ВИГДОС-СИЦА™.

Изменения гидрометеорологических условий территории нарушает локальный гидрогеологический режим и приводит к ее дестабилизации. Подъем глубины затопления на несколько метров выводит из устойчивой работы источники водоснабжения, попавшие в контур затопления. Эти явления различными загрязнениями приводит к неконтролируемому изменению химического состава природных вод открытого водоема и водоносных горизонтов подземных вод. Загрязнения водных источников рек, озер, водохранилищ осадками донных отложений ведет к ухудшению санитарно-гигиенической обстановки возникновению очагов инфекционных заболеваний (дизентерия, холера, брюшной тиф и др.) [3–5].

Механические примеси природной воды при наводнении способствуют кольматации скважин и колодцев и резкому сокращению их эксплуатационного цикла [7]. Поэтому после спада стихийного бедствия особо актуальным являются восстановительные операции по регенерации и самоочистке скважин и колодцев с целью применения их для хозяйственно-питьевых целей.

На территории бассейна р. Волга и Волгоградского водохранилища в пределах Саратовской области ежегодно наблюдаются разливы рек от половодья. В пределах Саратовской области протекает 358 рек с общей протяженностью 12 331 км из них 300 рек длиной до 10 км и 58 рек длиной более 50 км. Территория Саратовской области, по которой протекает р. Волга относится к источникам высокой водности и большого риска от затопления припойменных районов в период половодья. В период паводковых ситуаций уровень Волгоградского водохранилища поднимается выше своей средней многолетней отметки, что способствует выходу из берегов рек Медведица, Аткара и других. В контур

затопления и подтопления попадают (Лысогорский, Аткарский, Аркадакский и другие районы Саратовской области). Уязвимыми объектами половодья являются не обустроенные водозаборные скважины. При их затоплении они становятся источниками проникновения токсикантов в низлежащие горизонты подземных вод по затрубному пространству эксплуатационных колонн.

Эти обстоятельства служат основой механической, физико-химической и биологической направленности генезиса кольматации [3; 7].

Близ Саратова на левом берегу р. Волги Волгоградского водохранилища, где в весенний период происходит подтопление аллювиальных отложений прибрежной территории у научной организации «Архимед» находятся ряд эксплуатационных скважин. На них проводятся наблюдательные и профилактические мероприятия по исследованию кольматационных процессов.

Повторяемость стихийных бедствий гидрометеорологического характера в РФ заставляет разрабатывать технологии и инженерное оборудование направленное на приведение водоочистных сооружений в работоспособное состояние для технических и бытовых нужд. В настоящее время в ООО НО «Архимед» разработан метод ВИГДОС-СИЦА™ [6], восстанавливающий производительность водозаборных скважин в напорных и безнапорных горизонтах. Инженерное оборудование в виде экспериментальной установки осуществляет работу на действующих скважинах и колодцах в полевых условиях Поволжья и других регионах.

Суть технологии основана на возможности реализации физических процессов из нескольких комбинаций низкоэнергетическими методами (НЭМ) ($\sum^{нэм}_{i}$, i = 1…n), позволяющими создавать внутри ствола скважины энергию, имитирующую природные геодинамические воздействия на пласт [6; 8]. Ее активность направлена на поровое пространство призабойной зоны скважины.

Благодаря таким воздействиям создаются условия к формированию микротрещин на внутренней и внешней поверхности твердого кольматанта, сжатию-расширению пор, пустот, что приводит к процессу напряженного деформирования, потери прочностных свойств и пластификации твердой структуры кольматанта. При выполнении в определенной последовательности технологических операций по регенерации скважин методом ВИГДОС-СИЦА™ дебит скважин восстанавливается [6–8].

Выводы:

1. Оборудование по регенерации водоисточников подземных вод следует адаптировать на регионах РФ, имеющих риск наводнений.

2. Представленный способ регенерации водоисточников подземных вод в условиях воздействия гидрометеорологических явлений является практическим шагом в развитии общей теории обеспечения безопасности населения и объектов народного хозяйства РФ в условиях ЧС.

Работа выполнена в рамках Программы НИР НО «Архимед» по теме Arh.№ ТЭР-R 642012-0001.000 «Исследование процессов кольматации околоскважинной среды и разработка методов декольматации водозаборных скважин» (Раздел 1. «Технологии и оборудование двойного назначения», п. «б» – для применения в МЧС России).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Дзекцер Е.С., Пырченко В.А.* Технология обеспечения устойчивого развития урбанизированных территорий в условиях воздействия природных опасностей. – М.: ДАР/ВОДГЕО, 2005. – 166 с.

2. *Фалеев М.И.* Программно-целевой метод решения проблем снижения рисков и смягчения последствий чрезвычайных ситуаций // Управление рисками чрезвычайных ситуаций. – М.: КРУГ, 2001. – С. 26–34.

3. *Цымбалов А.А.* Анализ и оценка некоторых фактов загрязнения региональных подземных вод Саратовской области // Современные технологии в охране труда и здоровья населения: сб. научн. тр. Сарат. НИИСГ Роспотребнадзора. – Саратов: Наука, 2013. – С. 188–190.

4. *Цымбалов А.А.* Влияние химических элементов питьевой воды на эндоэкологию человека: инновационные подходы в технологии кондиционирования воды // Окружающая среда и здоровье: сб. научн. тр. Сарат. гос. мед. ун-та. – Саратов: СГМУ, 2012. – С. 234–236.

5. *Цымбалов А.А.* Вода как экологический фактор воздействия на организм человека // Окружающая среда и здоровье: сб. научн. тр. Сарат. гос. мед. ун-та. – Саратов: СГМУ, 2012. – С. 236–237.

6. *Цымбалов А.А.* Новые возможности метода очистки водозаборных скважин с импульсной активизацией призабойной зоны // Озон и другие экологически чистые окислители. Наука и технологии: сб. научн. тр. химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. – М.: Макспресс, 2015. – С. 112–122.

7. *Цымбалов А.А.* Обоснование декольматации скважин хозяйственно-питьевого назначения: особенности, проблемы и перспективы // Современные технологии в охране труда и здоровья населения: сб. научн. тр. Сарат. НИИСГ Роспотребнадзора. – Саратов: Наука, 2013. – С. 190–194.

8. *Цымбалов А.А.* Решение геотехнической задачи разрушения кольматанта с учетом напряженно-деформированного состояния искусственной зоны грунта вокруг скважины в нетронутом массиве // Механика грунтов в геотехнике и фундаментостроении: сб. научн. тр. Южно-российск. гос. политех. ун-та. Новочер. политех. ин-т. – Новочеркасск: ЮРГПУ(НПИ), 2015. – С. 124–132.

ИНЖЕНЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АВАРИЙНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ВОДОПРОПУСКНЫХ УСТРОЙСТВ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ ПРИ НАВОДНЕНИЯХ И КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ЗАТОПЛЕНИЯХ

А.А. Цымбалов

Научная организация «Архимед», Саратов, Россия
E-mail: arhimed64@mail.ru

ENGINEERING EQUIPMENT FOR RESCUE AND RECOVERY OPERATIONS CULVERT DEVICES IN EMERGENCY SITUATIONS IN CASE OF FLOODS AND FLOODING KATOSTRAFICHESKI

The article describes the use of engineering equipment to restore water wells for drinking purposes with the improvement of sanitary-chemical indicators of groundwater. Testing of equipment is performed on the territory of Saratov region included in the path of flooding spring tide. Summarizes the modes of operation, the number of improved indicators.

Территория РФ в последнее десятилетие продолжает иметь высокий риск возникновения чрезвычайных ситуаций природной и техногенной направленности. Ежегодно в среднем происходит 230–250 событий чрезвычайного характера. Одну из опасностей в природной сфере представляют наводнения.

Главным поражающим фактором наводнения является водный поток и его разрушающая сила турбулентного движения, от скорости которого происходит перемещение масс грунтов, горных пород, пучение и набухание грунтов, уси-

ление овражной эрозии, переформирование русел рек, переработка береговых линий водохранилищ, озер и морей [1; 2].

Подтопление способствует развитию суффозии, карста, просадки, деформации грунта и оснований строений, повышение сейсмичности, загрязнению подземных вод, кольматации водопропускных сооружений и устройств.

В результате наводнений источники водопотребления (скважины, колодцы) и другие водопропускные сооружения выводятся из рабочего оборота сильным забиванием фильтрационной части твердой массой наилка наводненного потока.

Успех ведения аварийно-восстановительных работ при ликвидации последствий наводнений зависит от набора имеющихся эффективных способов восстановления работоспособности водозаборных источников. Проведенный анализ на наличие такого оборудования показал его отсутствие и применение в рамках ЧС откачивающих помповых насосов. Практическая ситуация произошедших наводнений в Комсомольске на Амуре (ДФО, 2013), Крымске (ЮФО, 2012) только подтвердило это. Воду для питьевых целей привозили на место ЧС из других мест, что усугубляло финансовую составляющую ущерба в каждом случае ЧС.

Для организации комплекса восстановительных работ водопропускных сооружений от инженерно- технических служб требуются оперативные меры. Одними из них должны стать восстановительные работы по регенерации водозаборных скважин и колодцев пострадавших районов.

Цель работы – информация о восстановлении водопропускных устройств инженерным оборудованием адаптированном на участках подтопления в результате весеннего паводка.

Научной организацией «Архимед» наработан научно-практический материал по ведению комплекса восстановительных работ на подтопленных аллювиальных территориях Саратовской области в результате весеннего паводка [3].

Водозаборные скважины и колодцы, каптирующие четвертичные аллювиальные отложения aQ_{IV-II} [4], восстанавливали как после подтопления паводковых вод, так и схода талых вод с гористой местности в низовье. Анализ причин кольматации таких подземных источников проведенных нами показал, что снижение водопропускной способности скважин и колодцев происходило после многолетних паводковых периодов ЧС.

Процесс кольматации водозаборных источников относится к факторам ЧС, имеющим косвенный убыток, т.е. в период самого события он не выражен в явном виде, а имеет скрытный характер с «каскадным» эффектом. Это означает, что регулярные подтопления приводят к началу генезиса кольматации, а наступление последующих – дает синергетический эффект с выходом сооружения из рабочего состояния (режим обезвоживания).

После спада половодья требуется быстрое восстановление работоспособности источников водопотребления. Большинство районов зоны подтопления Поволжья это сельские поселения с отсутствием централизованного водоснабжения. Поэтому скважины (колодцы) являются у них основным источником водопотребления. Для выполнения таких работ подходят мобильные группы, позволяющие перевозить инженерное оборудование на платформе фургона и производить восстановительные работы на глубине до 50 м без привлечения спецтехники (рис. 1.). Это удешевляет процесс восстановительных работ и ведет к снижению общих затрат от ЧС.

Проведение восстановительных работ занимает от 1 до 3 суток в осложненных ситуациях – до 10 дней в зависимости от степени загрязненности скважины. Инженерное оборудование устанавливается в отсеке легкового фургона. Перед началом работ в скважину на металлическом тросе опускается активизатор. Набором требуемых режимов на пульте управления оператор осуществляет работу.

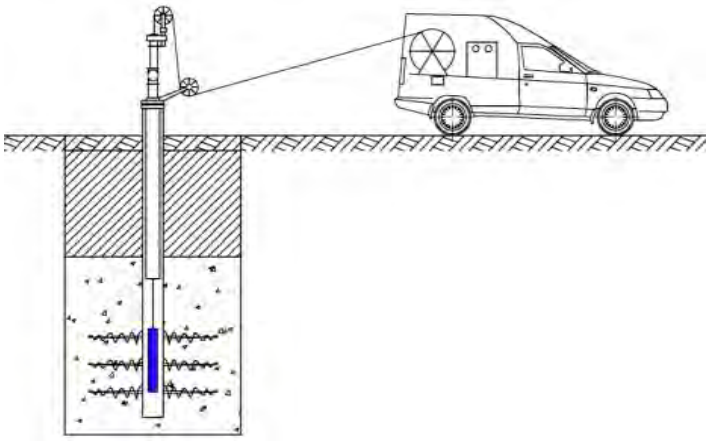


Рис. 1. **Схема размещения инженерного оборудования в составе отряда мобильной группы по ведению восстановительных работ после ЧС на скважине**

При сильной заилинности скважины паводковыми осадками, попавшими во внутрь, вначале промывается прифильтровая часть скважины с применением резервной воды. После этого удаляется дисперсные частицы и элементы кольматанта из околоскважинного пространства.

Проведенные исследования по восстановлению дебита скважин и колодцев показали улучшение органолептических показателей. Результаты наблюдений за скважинами после проведения воздействия на окрестность околоскважинной зоны методом ВИГДОС-СИЦА™ выявил период последействия, в течение которого продолжалось улучшение качества воды уже после окончания цикла работ экспериментальным инженерным оборудованием. Контрольный период улучшений составил 51 сутки (рис. 2.) [4].

Разработанный автором метод [3; 5] ведения восстановительных работ адаптирован на скважинах с образованием твердого кольматационного осадка, сформированным в результате динамики гидродинамических изменений уровня подземных вод вызванных наводнениями и подтоплениями.

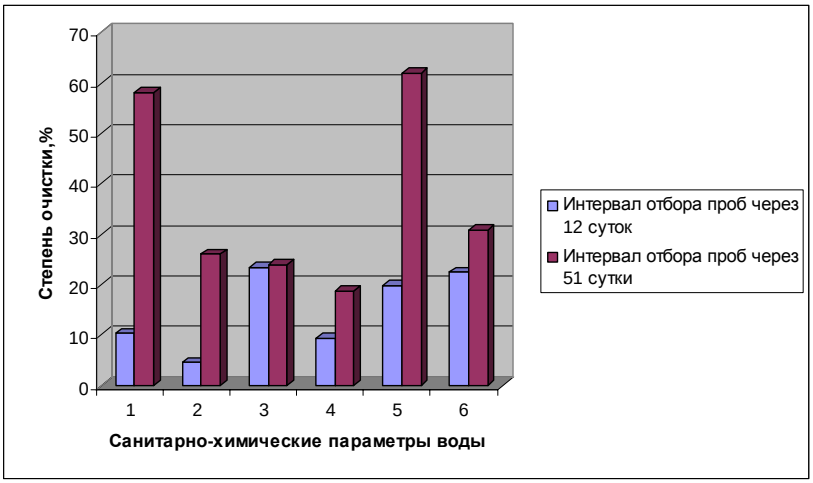


Рис. 2. **Степень очистки санитарно-гигиенических показателей водозаборной скважины при использовании метода ВИГДОС-СИЦА™:**

1 – железо, *2* – жесткость, *3* – сухой остаток, *4* – цветность, *5* – мутность, *6* – хлориды

Обработанные методом ВИГДОС-СИЦА™ водозаборные источники восстанавливали свою работу с улучшением органолептических показателей.

Выводы:

1. Наступление ЧС требует от МЧС России высокой мобилизационной готовности к ликвидации ее последствий.

2. Для восстановления водопропускных сооружений в том числе скважин и колодцев требуется оборудование по регенерации.

3. Рекомендовать доработать предлагаемую технологию ВИГДОС-СИЦА™ и опробовать ее на полигонах МЧС России с целью наработки методических приемов.

Работа выполнена в рамках Программы НИР НО «Архимед» по теме Arh.№ ТЭР-R 642012-0001.000 «Исследова-

ние процессов кольматации околоскважинной среды и разработка методов декольматации водозаборных скважин» (Раздел 1. «Технологии и оборудование двойного назначения», п. «б» – для применения в МЧС России).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Авакян А.Б.* Природные и антропогенные причины наводнений // Основы безопасности жизнедеятельности. – 2007. – № 9. – С. 22–27.

2. *Осипов В.И.* Природные катастрофы на рубеже XXI века // Вестник РАН. – 2008. – № 4. – С. 291–302.

3. *Цымбалов А.А.* Новые возможности метода очистки водозаборных скважин с импульсной активизацией призабойной зоны // Озон и другие экологически чистые окислители. Наука и технологии: сб. науч. тр. / Хим. факультет МГУ им. М.В. Ломоносова. – М.: Макспресс, 2015. – С. 112–122.

4. *Цымбалов А.А.* Экспериментальные исследования по улучшению санитарно-гигиенических показателей артезианских вод с применением инновационного оборудования // Окружающая среда и здоровье: сб. научн. тр. Сарат. гос. мед. ун-та. – Саратов: СГМУ, 2012. – С. 238–240.

5. *Цымбалов А.А.* Внедрение инновационной технологии по декольматации водозаборных скважин для безнапорных и слабонапорных горизонтов на территории Саратовской области // 8-й Саратовский салон изобретений, инноваций и инвестиций. – Саратов: Сарат. гос. аграр. ун-т, 2013. – С. 370–372.

РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН: К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА

Р.К. Шакуров

Башкирский государственный университет,
Институт геологии Уфимского научного центра РАН, Уфа

THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN: THE ISSUE OF SEISMIC RISK ASSESSMENT

The paper discusses the need to assess the seismic risk for the territory of the Republic of Bashkortostan. From many natural and man-made hazards are the most dangerous according to the extent of the economic and social impact of the earthquake.

На поверхности Земли и в прилегающих к ней слоях атмосферы идет развитие множества сложнейших физических, физико-химических и биохимических процессов, сопровождающихся обменом и взаимной трансформацией различных видов энергии. Эти процессы лежат в основе эволюции Земли и ее природной обстановки, являясь источником постоянных преобразований облика нашей планеты – ее геодинамики [4].

В связи с повышением сейсмической активности территории востока Восточно-Европейской платформы весьма актуальной и практически необходимой является проведение исследований по оценке сейсмического риска для территории республики Башкортостан. В настоящее время, базируясь на имеющихся данных по сейсмической опасности и используя общие принципы в методологии [1] оценки риска для различных сейсмически активных областей мира есть настоятельная необходимость разработки региональной [1; 2] методологии оценки сейсмического риска для тер-

ритории Южно-Уральского региона, базируясь на конкретных данных геолого-литологических и геодинамических особенностей:

1. Башкортостан располагается в зоне действия многих природных и техногенных опасностей, но наиболее опасными по степени экономического и социального ущерба являются землетрясения. Формирование напряженно-деформированного состояния и сейсмичность земной коры определяются ее строением, состоянием ее в пространстве и времени, естественной динамикой и совокупностью воздействий на геологическую среду. Исходя из слоисто-блоковой модели земной коры, массивы ее горных пород имеют блоковое строение разной конфигурации и находятся под воздействием тектонических напряжений различной природы. При этом максимальные градиенты напряжений наблюдаются на границах блоков и самих структур, где наиболее часто происходят деформации и подвижки земной коры, обусловливающие землетрясения. Расшифровка причин их возникновения предполагает знание особенностей геологического строения территории, учитывая ее историю развития. Основная задача заключается не в том, чтобы предсказать точное время и место землетрясения, а в том, чтобы строить здания и инженерные и производственные сооружения сейсмически устойчивыми. В безопасных местах «сейсмической тени», т.е. где устойчивые кристаллические и коренные породы не подвержены карсту как подземному, так и поверхностному. Расположены «вдали» от разломов активных в настоящее время и в недалеком прошлом геологического времени. Плохой пример этому – Башкирская атомная станция. При облете территории на вертолете чиновник-руководитель указал пальцем на точку на территории Башкирии и там начали закладывать место под строительство данного, весьма опасного технического сооружения, предварительно не изучив детально геологию и тектонику данной местности. Далее здесь работали сейсмологи

Арматомпроекта – данные не открыты и население Башкирии не было информировано – зафиксировали за короткий период работы 10 землетрясений.

2. Территория Башкортостана подразделяется на два крупных [3] структурных региона:

а) Южно-Уральский горно-складчатый (Восточный Башкортостан);

б) юго-восток Восточно-Европейской платформы – равнинный (Центральный и Западный Башкортостан).

3. Геоморфологическая картина Башкирии определяется 2 типами мегарельефа: равнинным и горным. Поверхность платформенной части представляет собой пологоволнистую, местами холмистую, равнину со средними абсолютными отметками 250–300 м.

4. Большая часть населения проживает в центральной и западной частях республики. В пределах центрального и западного Башкортостана ведется интенсивная добыча нефти и газа. Это ведет к значительной перестройке геодинамических процессов в пределах этих районов в приповерхностной части земной коры до глубин 8–11 км. В свою очередь, они создают «условия» для повышения сейсмической активности, что напрямую влияет на качество жизни в регионе.

5. Регионально-геологическая особенность Башкортостана состоит в том, что половина территории расположена в зоне развития карстовых пород. Разница в приращении сейсмической интенсивности в сухих и увлажненных карстовых породах может достигать до 2 баллов, в зависимости от мощности карстовых пород. Значительная часть жилых построек обладает весьма большой уязвимостью даже при несильных землетрясениях.

6. На сейсмоопасных территориях Башкирии расположены плотины Павловской ГЭС и Юмагузинского водохранилища и ряд мелких водохранилищ, планируется строительство крупного Суяновского водохранилища и ГЭС на

р. Уфа и заложено строительство Башкирской атомной станции на правобережье р. Белой, в нижнем ее течении.

Таким образом, сочетание перечисленных выше обстоятельств обусловливает необходимость разработки методологии оценки сейсмического риска для территории Башкортостана.

Уязвимость определяется отношением состояния и свойств реципиентов риска после воздействия землетрясения, к их первичному состоянию. Следует различать 4 типа уязвимости – инженерную, экономическую, социальную (в том числе и индивидуальную), экологическую [1; 2]. Снижение уязвимости территорий, в основном, связано с двумя аспектами: инженерным и социальным. Инженерный аспект включает: сейсмическое районирование территории, обеспечение сейсмостойкости зданий и сооружений, разработку норм и правил сейсмостойкого строительства, определение функций уязвимости для каждого класса объектов, т.е. оценка степени ущерба от уровня сейсмического воздействия. Социальный аспект зависит от осведомленности о сейсмической опасности населения и органов государственного управления и др.. Уязвимость территорий носит нестационарный характер и зависит от характера инженерной защиты и геологических факторов. Уязвимость зданий и сооружений, расположенных на карстовых грунтах, можно снижать за счет мероприятий по укреплению грунтового основания.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Мавлянова Н.Г.* Сейсмический риск в Узбекистане: автореф. дис. … д.г.-м.н. – Ташкент, 2007. – 41 с.

2. *Шакуров Р.К.* К оценке сейсмического риска Башкортостана // Геология. Известия Отделения наук о Земле и природных ресурсов. – 2013. – № 19. – С. 109–110.

3. *Шакуров Р.К.* Оценка сейсмического риска Южного Урала и Приуралья // Мат-лы III Международной научно-практ. кон-

ференции «Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы». – Воронеж: Цифровая полиграфия, 2013. – С. 75–77.

4. *Осипов В.И.* Природные катастрофы на рубеже XXI века // Вестник Российской Академии наук. – 2001. – Т. 71. – № 4. – С. 291–302.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ РИСКАМИ В ПРЕДЕЛАХ ГОРОДОВ

Н.Л. Шешеня

Открытое акционерное общество «Производственный и научно-исследовательский институт инженерных изысканий в строительстве», Москва

FORECASTING AND MANAGEMENT OF ENVIRONMENTAL RISKS IN THE CITY LIMITS

The assessment of hazardous environmental processes and their impact on the environment, analyze and forecast the effects of anthropogenic impact, development of measures to ensure the safety of human activities and the conditions of his life should be made taking into account the values of natural and man-made social and environmental risks. Social and environmental risk – is a quantitative measure of the danger of the formation and manifestation of detrimental changes in the natural and man-made geo-ecological environment and deteriorating health.

Территория города рассматривается как сложная инженерно-экологическая система (ИЭС), где много неопределенностей. Они часто являются причиной проявления эко-

логических опасностей, которые нарушают нормальную жизнедеятельность человека и безаварийную эксплуатацию зданий и инженерных сооружений города. Прогнозные оценки риска проявления экологических процессов в пределах городской территории имеют большое значение для управления риском ущербных проявлений данных опасностей, а накопление информации (ведение мониторинга) об экологическом состоянии и факторах его проявления позволяет реципиенту снизить риск и ущербы. Алгоритм оценки риска техногенного воздействия на среду и объекты состоит из двух основных частей – уязвимости и значимости ИЭС.

Значимость при оценке разных застроенных территорий может быть социальной, экономической, рекреационной, экологической и т.п. Цель управления рисками состоит в обеспечении безопасности геолого-технических, социально-экономических и экологических систем.

Оценка уязвимости ИЭС – это процесс вероятностного прогнозирования возможных ее разрушений, выражаемых в относительных или экономических показателях. Под уязвимостью понимается свойство, обратное устойчивости, показывающее неспособность ИЭС противостоять внешним воздействиям, главным образом, из-за вмешательства человека.

По аналогии с концепцией приемлемого техногенного риска катастрофических событий необходимо выполнять прогнозные оценки приемлемого экологического риска. Они могут определяться по математическому ожиданию величины случайного техногенного ущерба от проявления инженерно-экологических процессов из выражения:

$$M[U] = \Sigma p_i U_i, \qquad (1)$$

где U_i – материальный ущерб в денежном выражении, соответствующий i-му ущербному проявлению опасного процесса.

Вероятности таких процессов не должны превышать заданного значения p^*:$p_i < p^*$; критерий максимального экономического эффекта имеет вероятностное выражение:

$$\max\{M[P_K] - M[З_K] - M[U]\}, \qquad (2)$$

где $M[P_K]$, $M[З_K]$ – математические ожидания результата и затрат.

Конечные результаты $З_K$, оцениваемые на стадии проектирования, включают затраты на проведение инженерно-экологических изысканий и инженерной подготовки территории, которые обеспечат снижение риска катастрофического проявления инженерно-экологических процессов P^*.

На стадии технико-экономического обоснования (ТЭО) строительного освоения городских территорий в качестве безразмерного параметра приемлемого экологического риска R_r рекомендуется использовать отношение:

$$R_r = M[U]/M[P_K] - M[З_K] \qquad (3).$$

Используя этот параметр, появляется возможность оказывать существенное влияние на надежность строительных объектов и всей инфраструктуры города, безопасность проживающего в нем населения, общую экологическую обстановку.

По вероятности комплексного проявления инженерно-экологических процессов, формирующихся при строительстве, эксплуатации, реконструкции зданий и сооружений, а также по вероятности комплексного проявления этих процессов в течение года (или иного отрезка времени) может быть рассчитан экологический риск j-го ущерба строительным объектам в пределах i-го инженерно-экологического типа территорий из выражения:

$$R_{ij}^T = V_{1i} \times V_{2i} \times V_{ij}^T, \qquad (4)$$

где V_1, V_2 – вероятности реализации комплекса процессов в течение годового цикла;
V_{ij}^T – дифференцированная уязвимость объектов от комплексного проявления процессов в ходе строительства и эксплуатации зданий и сооружений V_{ij}^P.

Экологический риск *j*-го ущерба, который наносится *i*-му инженерно-экологическому типу территории от проявлений процессов, находится из выражения:

$$R_{ij}^P = V_{1i} \times V_{2i} \times V_{ij}^P. \quad (5)$$

Выбор методов прогнозных оценок экологического риска проявления процессов на территории города следует начинать, руководствуясь следующми основными положениями:

1) прогнозные оценки составляются на всех стадиях жизнедеятельности человека в пределах рассматриваемой территории, начиная от замысла ее использования, ТЭО инвестиций, разработки проектно-сметной документации, строительства зданий и сооружений, их реконструкции и ликвидации. Этим мы соблюдаем основные принципы общей теории прогностики – перманентности и верифицируемости. Главное, мы вовремя получаем сведения об экологическом состоянии городской территории и ущербных проявлениях инженерно-экологических процессов, которые повлекут за собой не только экономические потери, но и вызовут социальные и экологические бедствия. Вывод из этого положение один, если по результатам прогнозных оценок вероятно проявление ущербного процесса, необходимо принять предупредительные мероприятия защиты;

2) результаты прогнозных оценок экологического состояния территории города распространяются только для такой территории ИЭС, которая имеет строго определенные пространственно-временные границы и строение. В пределах этих границ ИЭС на всем протяжении ее геологического

развития, особенно в новейший этап, имела одинаковый режим существования и развития. То есть это структурные блоки со строго определенным набором пород инженерно-геологических формаций и геолого-генетических комплексов с квазиоднородными геоморфологическими, гидрологическими, климатическими условиями и строго определенным парагенетическим рядом опасных процессов;

3) прогнозные оценки составляются с учетом техногенных нагрузок в пределах рассматриваемой системы и воздействия на нее смежных с ней систем. При прогнозах вероятных воздействий техногенных экологических процессов на хозяйственные объекты, расположенные в пределах нескольких систем, как, например, речные берега, оползнеопасные участки склонов, прогнозные оценки составляются для каждой системы с учетом ее функционального использования и воздействий на нее смежных систем.

При прогнозных оценках экологического состояния ИЭС в настоящее время используются, в основном, детерминированные модели. Объяснением такого массового применения этих моделей является простота математических формул и минимум информации, необходимой для осуществления прогнозных расчетов. Основными причинами использования этих моделей являются отсутствие расчетных схем, которые бы исходили из вероятности проявления ущербных экологических опасностей. Успешное преодоление возникающих трудностей возможно при использовании различных моделей вероятностно-статистического анализа.

В случаях, когда отсутствует необходимая количественная информация о факторах развития, проявления и активизации экологических процессов, довольно хорошие результаты можно получить, используя методы теории распознавания образов. Если прогнозист располагает количественно выражаемыми факторами развития и проявления опасного процесса, наиболее часто используются вероятностно-детерминированные и вероятностно-статистические ме-

тоды – исследования общих линейных уравнений, которые хорошо отработаны и математически обоснованы.

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЭСТАКАД ВМЕСТО ВЫСОКИХ НАСЫПЕЙ НА ПОДХОДАХ К МОСТАМ

***Ю.Л. Щевьев*[*], *Ю.А. Смирнов*[**], *Е.В. Войтенко*[**]**

[*]*Московский государственный университет путей сообщения*
[**]*Институт пути, строительства и сооружений, Москва*
E-mail: smirnovdankov@mail.ru, e-mail: yakuka@mail.ru

EXPEDIENCE OF OVERPASS INSTEAD OF HIGH EMBANKMENT ON THE APPROACHES TO THE BRIDGES

For safe operation of transport facilities, special attention should be paid to the stability of embankments on the approaches to the bridge. Washouts of mound can result in damage to the roadway to the road bridges and railways, which leads to serious disruptions in traffic. During the flood mounds are especially in need of protection. The aim of this report is to focus on the fact that in the process of designing a bridge across the waterway should consider not only the basic hydrological characteristics, but the width of the deformation zone of the riverbed meander of the first order.

В настоящее время при разработке проекта мостового перехода через меандрирующие реки учитываются два гидрологических фактора: водопропускная способность сооружения и

общий и местный размывы. Однако в ряде случаев мы можем наблюдать картину, когда водопропускная способность подмостового сечения водотока достаточна для отсутствия негативных явлений, а проектные формулы для расчета деформаций указывают на их незначительные величины, но несмотря на это все же происходит разрушение защитных сооружений. Это можно объяснить только влиянием русловых процессов, происходящих выше по течению створа моста.

Для выяснения факторов влияния рассмотрим гидрологические характеристики в створе мостового перехода через р. Псел, зарегистрированные в период с 1871–1977 гг.

На рис. 1 и 2 показаны плановые изменения русла реки и план участка реки в целом у мостового перехода соответственно.

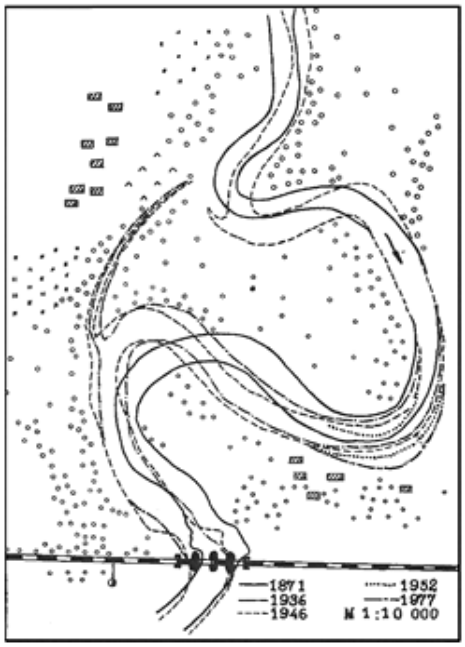


Рис. 1. **Плановое изменение русла р. Псел у мостового перехода**

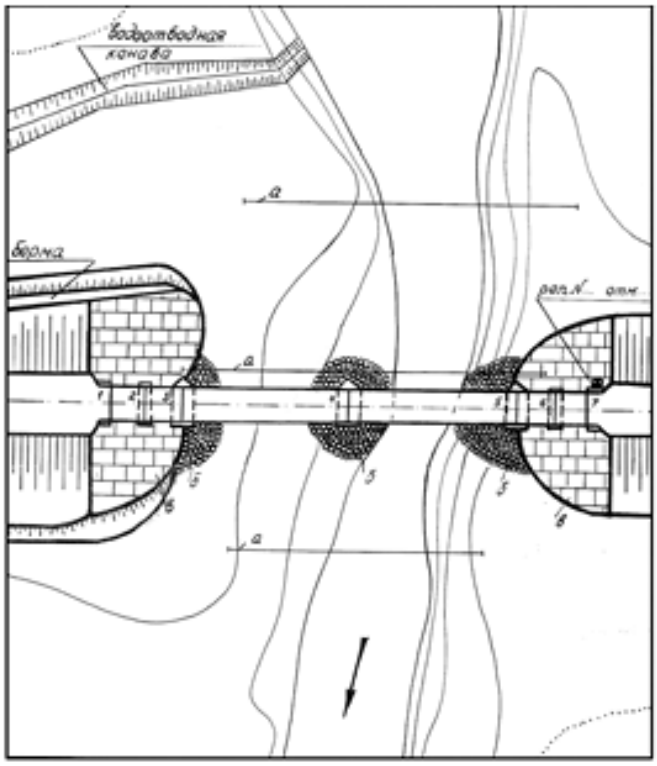


Рис. 2. **План участка реки р. Псел у мостового перехода:**

а – промерный створ; *б* – каменная наброска;
в – мощение откосов ж.б. плитами

Анализ данных, представленных на рис. 3–5, показал, что водопропускная способность в створе моста достаточна для пропуска воды со скоростями до 2 м/с в многоводные годы, а русловые деформации обратимы и не превышают 1,5–2 м. Между тем железобетонные плиты укрепления конусов насыпей меняются чаще, чем регламентированно нормативными документами. Единственным объяснением этого факта является наличие смещающихся вниз по долине меандр различных порядков.

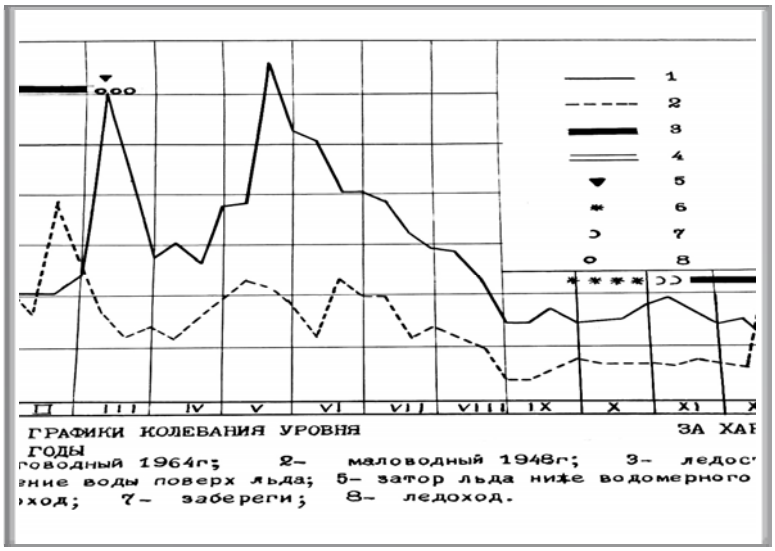


Рис. 3. **График колебания уровня воды в р. Псел за характерные годы**

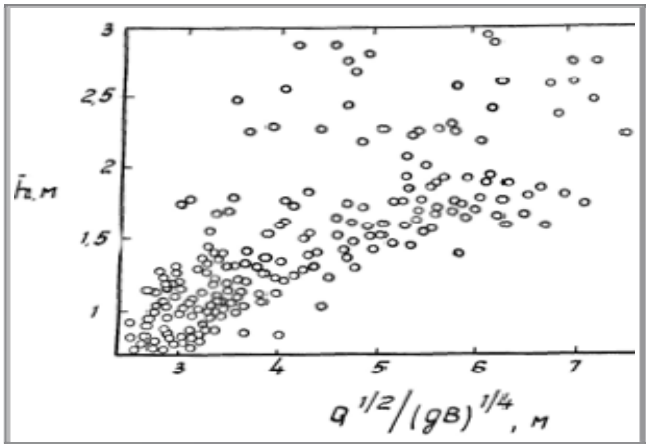


Рис. 4. **Связь параметра устойчивости русла с глубиной р. Псел**

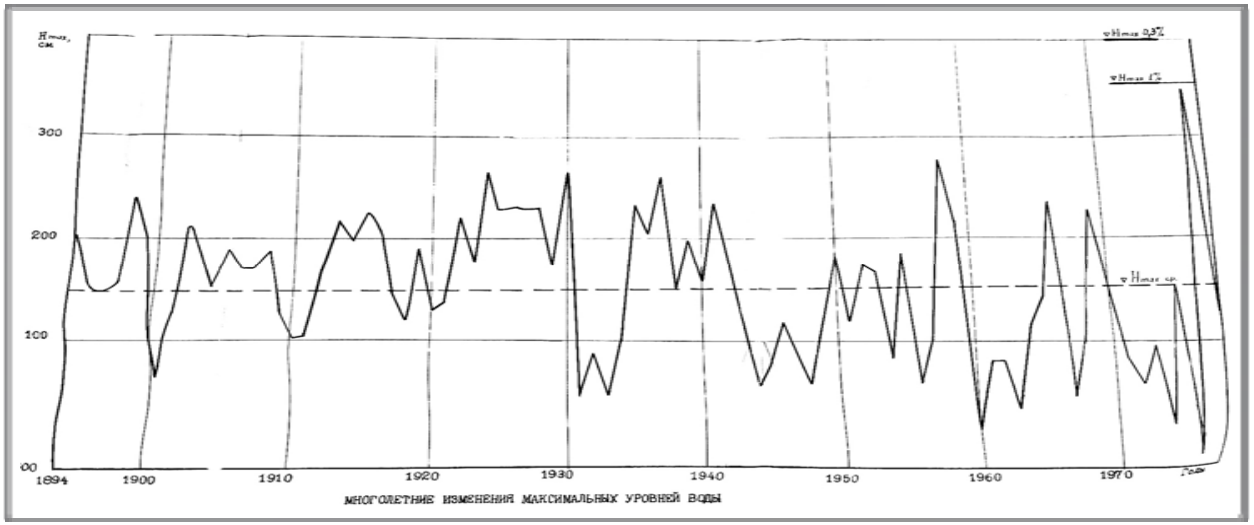


Рис. 5. **Плановые изменения русла р. Псел у мостового перехода**

Так, меандры 2–3-го порядка по данным разным разновременных топографических съемок смещаются со скоростью 1,2–2 м/год и к концу столетия достигнут насыпи, что приведет к активному ее размыву на участке 300–400 м длиной. Через сечение моста проходит меандры*1*порядка, которые смещаются ширине пояса меандрирования, превышающим на 40 м выбранное отверстие моста. Как показали расчеты именно эти меандры и вызывают подмыв плит укрепление и их сползание в русло реки.

Таким образом, мы установили, что в нормативных документах должно быть учтено 3 фактора, влияющих на отверстие моста: водопропускная способность, размывы и ширина пояса меандрирования меандр 1-го порядка.

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ И ОБЛАСТЯХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД

ГЕОРИСК–2015

SPECIFIC OF NATURAL PROCESSES IN THE ARCTIC ZONE AND OF PERMAFROST REGIONS

УПРАВЛЕНИЕ ПРИРОДНЫМИ РИСКАМИ ПРИ РАЦИОНАЛЬНОМ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИИ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

В.М. Абрамов

Российский государственный гидрометеорологический университет, Институт Арктики и Субарктики, Санкт-Петербург
E-mail: val.abramov@mail.ru

NATURAL RISKS MANAGEMENT DURING RATIONAL ENVIRONMENTAL MANAGEMENT WITHIN THE RUSSIAN ARCTIC ZONE IN THE CLIMATE CHANGE CONDITIONS

The article considers innovative technologies for the natural risks management during rational social and economic activities within Russian Arctic in climate change conditions.

Масштабное развитие рационального природопользования в Арктической зоне Российской федерации (АЗРФ) с участием значительного числа субъектов социально-экономической деятельности, включая федеральные органы исполнительной власти (ФОИВ) составляет основу Стратегии развития АЗРФ до 2020 г. (далее АС-2020). При реализации АС-2020 важным аспектом является управление природными рисками [1]. Горизонты планирования АС-2020 обусловливают необходимость учитывать так называемые климати-

ческие риски, определяемые потенциальными изменениями климата [1]. В статье излагаются результаты исследований по разработке инновационных технологий управления природными рисками при рациональном природопользовании в АЗРФ, выполненных за последние годы в Институте Арктики и Субарктики Российского государственного гидрометеорологического университета (ИАС РГГМУ).

Методология и исходные данные. В ходе проведенных исследований использовался факторный подход к управлению природными рисками [1]. При анализе социально-экономической деятельности и мультипликативных эффектов использованы соответствующие официальные базы статистических данных [2,3].

Результаты и их обсуждение. Анализ перспектив социально-экономического развития АЗРФ [2] указывает на большое значение развития деятельности в пределах судоходных рек российской Арктики, входящих в состав Арктической транспортной системы России. Основными факторами природных рисков для этих видов деятельности являются ледовые явления на реках, а также наводнения. Ярким примером является порт Дудинка, где практически ежегодные весенние наводнения в сочетании с ледоходом приводят к катастрофическим ущербам. Управление рисками наводнений на российских арктических реках является важнейшей частью управления природными рисками в АЗРФ при реализации АС-2020 в части рационального природопользования. В данном направлении основную роль играет выявление механизмов формирования таких наводнений в условиях изменяющегося климата для разработки адаптированных к ним методов геоинформационного менеджмента (ГИМ) пространственно-распределенных систем и территорий [4–6]. Решение проблем управления природными рисками для таких видов деятельности целесообразно решать в рамках концепции интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР), внедрение которой в практику рацио-

нального природопользования в России ведется значительными темпами [7; 8].

Необходимо отметить важный вклад морской деятельности [9] в задачи реализации АС-2020 с учетом мультипликативных эффектов [3]. Для АЗРФ основными видами морской деятельности в рамках АС-2020 будут являться добыча углеводородных ископаемых на морском шельфе и транспортировка грузов [3] с использованием Северного морского пути (СМП) как транспортного коридора, для которых айсберговая опасность является источником катастрофических энвиронментальных рисков первого рода [1;10–13]. Управление айсберговыми рисками на основе адекватных моделей физического механизма формирования айсберговой опасности [14–16] целесообразно осуществлять с использованием инструментов поддержки принятия решений [6].

По мнению ведущих экспертов в области изменения климата в Арктике в настоящее время происходит потепление, темпы которого примерно вдвое превосходят аналогичный процесс в масштабах планеты в целом. Возможной причиной считается поступление черного углерода в Арктику за счет общей циркуляции атмосферы [17], в том числе и с территории России. Для управления климатическими рисками, обусловленными черным углеродом, в ИАС РГГМУ предложена стратегия развития чистых технологий в рамках национальной системы управления черным углеродом [17].

Заключение. Природные риски в российской Арктике необходимо учитывать при разработке соответствующих систем поддержки принятия решений [6] с учетом возможностей международной кооперации [18]. При рассмотрении влияния климатических изменений необходимо учитывать короткоживущие климатические факторы, включая черный углерод [17]. На основе выполненных исследований целесообразна разработка магистерских программ [19] в рамках Болонского процесса.

В качестве инструмента научной коммуникации использовался https://www.researchgate.net/profile/Valery_Abramov2/?ev = hdr_xprf.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки России (государственное задание 2525.2014/166).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Карлин Л.Н., Абрамов В.М.* Управление энвиронментальными и экологическими рисками. – СПб: РГГМУ, 2013.

2. *Карлин Л.Н., Абрамов В.М., Гогоберидзе Г.Г., Леднова Ю.А.* Анализ социально-экономической ситуации в арктических приморских субъектах Российской Федерации на основе индикаторной оценки морского потенциала // Ученые записки РГГМУ. – 2013. – Вып. 30. – С. 180–188.

3. *Карлин Л.Н., Абрамов В.М., Малинина Ю.В.* Оценка мультипликативных эффектов, обусловленных инвестициями в морскую деятельность России // Известия Санкт-Петербургского университета экономики и финансов. – 2009. – Вып. 4 (60). – С. 7–14.

4. *Istomin E.P., Sokolov A.G, Abramov V.M., Gogoberidze G.G., Popov N.N.* Geoinformation management as a modern approach to the management of spatially-distributed systems and territories // 15th SGEM Geo Conference on Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing, 2015.

5. *Istomin E.P., Sokolov A.G, Abramov V.M., Gogoberidze G.G., Fokicheva A.A.* Methods for external factors assessing within geoinformation management of territories // 15th SGEM GeoConference on Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing, 2015

6. *Абрамов В.М., Карлин Л.Н., Гогоберидзе Г.Г.* Информационно-аналитическая система для поддержки принятия решений в области устойчивого развития при морском планировании в Арктической зоне Российской Федерации с учетом разномасштабных изменений климата: Патент на полезную модель RU № 135162, дата регистрации 27.11. 2013.

7. *Abramov V.M., Gogoberidze G.G., Karlin L.N., Golosovskaya V.A.* On route to Integrated Water Resources Management for Russian arctic and subarctic rivers // 14th SGEM GeoConference on Water Resources. Forest, Marine And Ocean Ecosystems. – June 19–25, 2014. – Vol. 1. – P. 495–502.

8. *Абрамов В.М., Сакович В.М., Гогоберидзе Г.Г., Голосовская В.А., Попов Н.Н.* Экологическое образование и просвещение в области интегрального управления водными ресурсами // 16-й Междунар. форум «День Балтийского моря». – СПб, 2015.

9. *Карлин Л.Н., Воробьев В.Н., Абрамов В.М., Гогоберидзе Г.Г.* Научное обеспечение стратегического планирования развития Северного морского пути в качестве транспортного коридора с учетом изменения климата в Арктике // Морской и речной транспорт: приложение № 1/2014 к журналу «Транспорт Российской Федерации», 2014. – С. 16–21.

10. *Абрамов В.М.* Айсберговая опасность для морской деятельности в российской Арктике в условиях изменения климата // Георискс–2015. – М., 2015 [в наст. сборнике].

11. *Карлин Л.Н., Абрамов В.М., Овсянников А.А.* Временная структура айсберговой опасности в центральной части Баренцева моря // Океанология. – 2009. – Т. 49. – № 3. – С. 355–358.

12. *Абрамов В.М., Бескид П.П., Лукьянов С.В., Скутин А.А.* Система предупреждения столкновения айсбергов в Баренцевом море с морскими буровыми сооружениями // Мат-лы Итог. сессии Уч. совета РГГМУ. – СПб, 2004. – С. 4–7.

13. *Абрамов В.М., Карлин Л.Н., Овсянников А.А.* О структуре айсберговой опасности в окрестности Штокмановского газоконденсатного месторождения // Ученые записки РГГМУ. – 2008. – Вып. 8. – С. 98–109.

14. *Карлин Л.Н., Абрамов В.М., Овсянников А.А.* О физическом механизме формирования айсберговой угрозы для Штокмановского газоконденсатного месторождения // Сб. тр. междунар. конф. в рамках III Международного полярного года (12–13.11.2008). – СПб, 2008. – С. 37–39.

15. *Абрамов В.М., Карлин Л.Н., Левина, А.И., Овсянников А.А.* К вопросу об управлении айсберговыми рисками при освоении Штокмановского газоконденсатного месторождения // Сб. трудов 7-й Международ. Научно-практ. конф. «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности» (28–30 апреля 2009 г.). – СПб: СПбГТУ, 2009. – С. 383–384.

16. *Карлин Л.Н., Абрамов В.М., Овсянников А.А.* О структуре айсберговой опасности в центральной части Баренцева моря // Сб. тр. 9-й Междунар. конф. RAO/CIS Offshore 2009. – СПб, 2009. – С. 194–197.

17. *Abramov V.M., Gogoberidze G.G., Karlin L.N., Lednova J.A., Popov N.N.* Clean technologies development strategy for the national black carbon controlling system in the Russian Arctic // 14th SGEM GeoConference on Energy and Clean Technologies (19–25 June 2014). – Vol. 2. – P. 313–320.

18. *Абрамов В.М, Карлин Л.Н, Касимов Н.Н., Моргунов Б.А.* Технологическая платформа «Технологии экологического развития» как инструмент решения социально-экологических проблем вовлечения арктических ресурсов в глобальную экономику // Арктика в процессе глобализационных изменениий: тр. Междунар. науч. конф. (СПб, РГО, 05.06.2012). – СПб, 2014. – С. 72–73.

19. *Абрамов В.М., Карлин Л.Н., Скобликова А.Л.* Гармонизация российских и европейских магистерских программ в области экологического туризма // Ученые записки РГГМУ. – 2006. – Вып. 3. – С. 172–183.

ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ РИСКА КОНТАМИНАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ЗОНЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ

***А.В. Дзюба*[*], *А.А. Ковалева*[**]**

[*]*Институт водных проблем РАН, Москва*
E-mail: avdz@mail.ru
[**]*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, геологический факультет*

PRECONDITIONS OF FORMATION OF CONTAMINATION RISK OF GROUNDWATER IN THE PERMAFROST ZONE

The article considers the physical and biological background risk of contamination of groundwater by viruses and bacteria contained in the permafrost of different ages. Describes

the ways and mechanisms of transport of viruses and bacteria, alien to the modern biosphere.

Подземные воды зоны активного и замедленного водообмена подпитываются атмосферными осадками. Поэтому принято считать, что основные загрязнители – механические, химические, биологические, а также тепловое загрязнение поступают в подземные воды сверху (из тропосферы, поверхностных вод, почвы). Механизмы противоположной направленности, т.е. процессы загрязнения почвы, поверхностной гидросферы и атмосферы, когда источником загрязнения служат подземные воды, до настоящего времени не изучены. Предпосылки и последствия перехода бактерий и вирусов из криосферы в подземную гидросферу, а затем в поверхностные воды и атмосферу, а также их региональные и глобальные транспортные коридоры не описаны. Эти неопределенности обуславливают потенциал развития экологических рисков регионального и глобального масштабов. Цель данной работы – описать предпосылки возникновения и механизмы развития глобальной экологической опасности контаминации подземных и поверхностных водных ресурсов чужеродными для современной биосферы вирусами и микроорганизмами.

Физические предпосылки. Арктическая и субполярная зоны – наиболее климатически уязвимая область Земли. В многолетнем ходе температуры приземного воздуха в последние десятилетия в приполярной зоне Северного полушария наблюдаются положительные тренды 1-го и 2-го порядков, превышающие таковые в других широтных зонах [2; 3; 6]. Особенностью Северного полушария является широкое распространение многолетнемерзлых пород на континентах и на шельфе Арктических морей. Общая площадь распространения материковой многолетней мерзлоты в Северном полушарии в настоящее время составляет около 26 млн км^2. Отмечается сокращение общей площади рас-

пространения многолетнемерзлых грунтов [6]. Согласно результатам, полученным с использованием пяти различных долгосрочных прогнозов изменения климата, в ближайшие 25–30 лет площадь многолетней мерзлоты может сократиться на 10–18%, а к середине столетия на 15–30%, при этом ее граница сместится к северо-востоку на 150–200 км [1]. Глубина сезонного протаивания, в среднем, возрастет на 20% [3], а на Арктическом побережье и в отдельных районах Западной Сибири до 50% [1]. В Западной Сибири (Ямал, Гыдан) температура мерзлых грунтов повысится в среднем на 1,5–2 ^{o}C [1; 3]. В южной периферийной зоне ожидается полная деградация мерзлоты островного распространения.

Биохимические предпосылки. Биологическая активность вирусов проявляется только при наличии гидроксильной группы и в зараженных ими клетках. Существуют две глобальные биохимические формы – клетки, из которых состоит все живое, и вирусы, из которых ничего не состоит, однако они повсюду. До настоящего времени часто при анализе качества природных вод вирусы рассматриваются как разновидность микроорганизмов. С учетом современных биохимических представлений при различных условиях вирусы представляют собой принципиально разные формы существования материи. Вне биосферы вирусы могут рассматриваться, как химические вещества способные сохраняться миллионы лет. В условиях биосферы вирусы приобретают свойства, которые ставят их в один ряд с живыми микроорганизмами.

Криобиосфера – наименее изученная часть биосферы. Новейшие данные свидетельствуют, что мерзлая часть литосферы не является областью биохимического покоя. Эксперименты с радиоактивно мечеными субстратами, показали, что микроорганизмы не только сохраняют жизнеспособность в мерзлоте, но и способны осуществлять метаболические реакции и репарировать нарушения ДНК [4; 7].

Для криолитосферы характерно наличие или отсутствие тончайших пленок незамерзшей воды. В первом случае наличие незамерзших пленок воды обеспечивает существование древних экосистем представленных микроорганизмами с предельно низкими скоростями биохимических реакций и активными вирусами. Во втором случае в мерзлых толщах имеются только кристаллизованные не активные вирусы, возраст которых соответствует времени формирования мерзлоты. В обоих случаях пространства, внутри которых находятся древние криобионты и палеовирусы, изолированы от окружающей среды до тех пор, пока криолитообразования физически стабильны. Таким образом, криолитосфера является природным банком жизнеспособных палеобиосистем и биологически не активных вирусов. Микроорганизмы и вирусы криолитосферы соответствуют генетическому разнообразию древних экосистем и чужеродны современной биосфере.

Очевидно, что при потеплении климата и оттаивании многолетнемерзлых пород палеобиота и древние вирусы оказываются в первую очередь в подземных водах криолитозоны. При этом криобионты полностью восстанавливают свою физиологическую активность и заново вовлекаются в биохимические процессы. Вирусы, находящиеся в кристаллическом состоянии, присоединяя группу H–OH, приобретают активность, проявляющуюся на следующих этапах: прикрепление вируса к клетке подземного гидробионта, внедрение в нее, латентная стадия, образование нового поколения вирусов. Внутри клетки начинает синтезироваться ДНК или РНК вируса и образуется множество новых вирусов. В результате в подземном биотопе с огромной скоростью образуются новые поколения древних вирусов и генетически измененных литобионтов.

Длительность пребывания мерзлой толщи непрерывно в мерзлом состоянии различна. В основном, в пределах Северной Евразии и Северной Америки она оценивается от 300 тыс. до 1 млн лет [5]. В районах островной криолитозо-

ны возраст мерзлоты снижается, вероятно, до 10 тыс. лет и менее.

Контаминация подземных вод аллохтонными вирусами способствует вовлечению в экологию вирусов иных хозяев и появлению так называемых «новых-старых» вирусов, свойства которых непредсказуемы как для их прежних хозяев, так и для новых – педо-, терро-, гидро- и аэробионтов (включая человека).

Схему стадий формирования и развития глобального экологического риска (или, возможно, стресса), представленную на рис., можно описать следующим образом: *1* – таяние многолетней мерзлоты; *2* – проникновение палеобио-

Рис. **Схема формирования и развития глобального экологического кризиса**

ты и древних вирусов в подземные воды, переход вирусов из кристаллического в биологически активное состояние, инфицирование «новыми» вирусами клеток организмов современного биотопа, быстрое размножение «новых вирусов»; *3* – естественная и искусственная разгрузка подземных вод криолитозоны; *4* – попадание палеобиоты и древних вирусов в почву, поверхностную гидросферу и атмосферу; *5* – глобальный транзит палеобиоты и вирусов вследствие процессов обшей циркуляции атмосферы и гидросферы; *6* – попадание инфицированных педо-, терра-, гидро- и аэробионтов, а также палеобиоты и древних вирусов на территории вне криолитозоны; *7* – кантоминация подземных вод вне криолитозоны; *8* – ивазионное давление, глобальный экологический стресс, предпосылки развития биотического кризиса.

Реализация рассмотренного сценария – возможно одно из основных негативных последствий наблюдаемого в последние десятилетия глобального потепления.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Анисимов О.А., Лавров С.А.* Глобальное потепление и таяние вечной мерзлоты:оценка рисков для производственных объектов ТЭК // Технологии ТЭК. – 2004. – № 3. – С. 78–83.

2. *Дзюба А.В.* Формализация дальней корреляционной связи североатлантического колебания и температурного режима атлантико-евразийской приполярной зоны // Метеорология и гидрология. – 2009. – № 5. – С. 16–33.

3. *Дзюба А.В., Зекцер И.С.* Взаимосвязь подземных вод криолитозоны и изменений климата // Водные ресурсы. – 2011. – Т. 38. – № 1. – С. 20–29.

4. *Шатилович А.В., Шмакова Л.А., Губин С.В., Гиличинский Д.А.* Жизнеспособные простейшие в вечной мерзлоте Арктики // Криосфера Земли. – 2010. – Т. XIV. – № 2. – С. 69–78.

5. *Faizutdinova R., Suzina N., Duda V. et al.* Yeasts Isolated from Ancient Permafrost // Life in Ancient Ice. Princeton, Princeton Univ. Press. – 2005. – № 8. – P. 118–126.

6. *Stocker, T.F., D. Qin, G.K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.).* IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. – N. Y., Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2013. – 1535 p.
7. http://www.issp.psn.ru

МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ РИСКОВ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ СОВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКОЙ НЕПОДВИЖНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В ПРИАРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНАХ РОССИИ

А.В. Дзюба

Институт водных проблем РАН, Москва
E-mail: avdz@mail.ru

MECHANISMS OF FORMATION RISKS DUE TO THE CURRENT DYNAMICS OF FIXED WATER BODIES IN THE ARCTIC REGION OF RUSSIA

The article deals with the actual evidence of significant amounts of moisture transition from solid to liquid on the surface of the land and in the upper layer of the soil of the northern territories. At the same time, in the southern sector of the Subarctic (Western Siberia) in the areas of discontinuous permafrost observed the opposite – reducing water surface area, draining the underlying surface.

Значительная часть природно-техногенных и экологических рисков обусловлена неопределенностями в понимании механизмов, формирующих динамику геологической

среды. Одними из ключевых неопределенностей в понимании динамики геологической среды являются механизмы формирования, знаки и величины современных и будущих обратных связей. Механизмы прямых и обратных связей реализуются в сложном взаимодействии. В неравновесных состояниях компоненты геологической среды начинают воспринимать те факторы воздействия, которые они бы не восприняли в более равновесном состоянии. В состояниях, далеких от равновесия, начинают действовать бифуркационные механизмы – наличие кратковременных точек раздвоения перехода к тому или иному относительно долговременному режиму системы – аттрактору. Заранее невозможно предсказать, какой из возможных аттракторов займет система [1].

Целью данной работы является описание механизмов формирования обратных связей различного знака между динамикой климата субполярной зоны Северного полушария и физико-химическими процессами в криолитозоне, в том числе, образования и быстрого исчезновения неподвижных водных объектов (поверхностных и межмерзлотных таликов) в приарктической зоне.

На протяжении последних трех десятилетий в северной приполярной зоне во все сезоны года наблюдается более заметный рост температуры приземного воздуха по сравнению с другими широтными зонами [3].

В атмосфере северных широт наблюдается планетарный максимум концентрации углекислого газа и метана [2], тогда как антропогенные выбросы этих газов максимальны в умеренных и субтропических широтах Северного полушария (рис. 1).

Основные характеристики криолитозоны Северного полушария чувствительны к современным изменениям климата и, прежде всего, к их термической составляющей. Толщина слоя сезонного протаивания многолетнемерзлых пород увеличивается в среднем для разных районов криолитозоны со скоростью около 10 см за 10 лет.

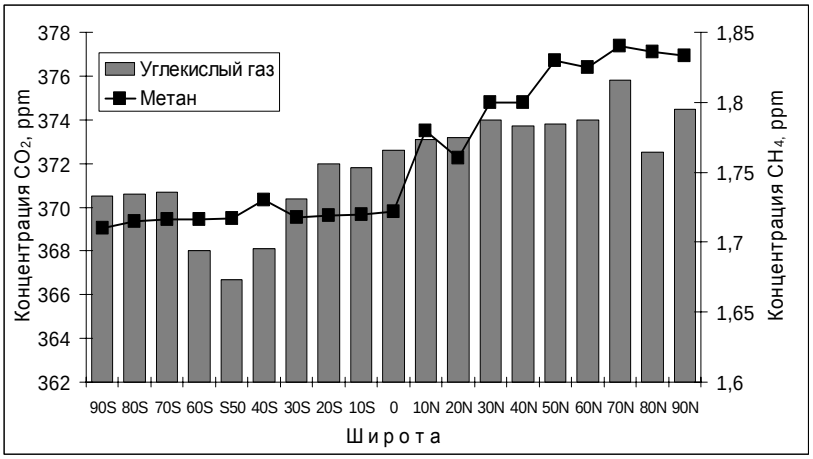


Рис. 1. **Изменение по широте концентрации углекислого газа и метана в тропосфере**

Средняя скорость повышения температуры мерзлотных грунтов на глубине до 30 м составляет от 0,1 до 0,5 °С за 10 лет. Увеличивается продолжительность периода положительных температур приземного воздуха [2].

Наблюдается переход значительных площадей мерзлоты сплошного распространения в прерывистую, а последних в островную при сокращении общей площади многолетнемерзлых грунтов.

Прогрессирующее оттаивание многолетнемерзлых пород сопровождается расконсервацией значительных объемов органических веществ. Это генерирует дополнительную эмиссию метана из водных наземных и подземных экосистем. По нашим оценкам, плотность потока природного биогенного метана в тропосферу вследствие оттаивания многолетнемерзлых пород в приполярной широтной зоне превышает плотности антропогенных и природных потоков метана в других широтных зонах. Возможно, именно, следствием этого является формирование планетарного максимума в широтном распределении концентрации CH_4 в атмо-

сфере в северной приполярной зоне. Глобальное распределение фонового содержания метана в тропосфере соответствует рассчитанным значениям плотности потоков метана в различных широтных зонах.

Процесс деградации криолитозоны на данный момент времени обусловлен уже не только, а возможно и не столько, климатическими параметрами. Оттаивание многолетнемерзлых пород сейчас – в значительной степени эндогенный процесс, развитие которого поддерживается биохимическими реакциями и который направлен в сторону уменьшения энтальпии и увеличения энтропии системы оттаивающего грунта. Для экзотермических реакций запас энергии продуктов оказывается меньшим, чем запас энергии реагентов – реакционная система в целом уменьшает свой запас энергии, что проявляется в нагревании сначала реакционной смеси, а затем и окружающей среды.

В районах сплошной криолитозоны на севере Западной Сибири наблюдается переход значительных объемов влаги из твердого состояния в жидкое на поверхности суши и в верхнем слое почвы. Отмечается увеличение площади водного зеркала на подстилающей поверхности. Анализ массива космических снимков Landsat [4], показал, что только на севере Западной Сибири в зоне сплошного (более 80% площади) распространения многолетнемерзлых пород с 1983 по 1998 г. количество талых озер возросло с 1148 до 1197 или примерно на 6%, а площадь поверхности озер возросла примерно на 14%. Это вызывает рост испарения и влагосодержания атмосферы, усиление парникового эффекта и дополнительный рост температуры приземного воздуха. Кроме того, уменьшается альбедо подстилающей поверхности, вследствие чего наблюдается рост теплосодержания верхнего слоя почвы, наземных и подземных водных объектов, повышение их собственного излучения и, следовательно, дополнительный рост температуры приземного воздуха (рис. 2).

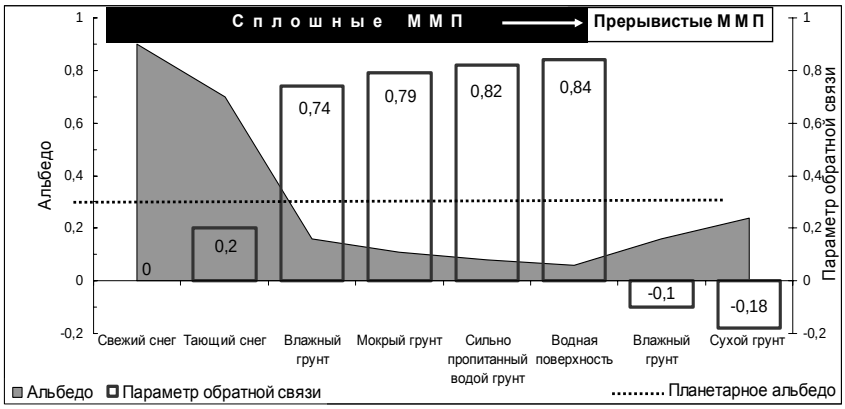


Рис. 2. **Альбедо супесчаной подстилающей поверхности разной степени увлажненности и изменение параметра альбедной обратной климатической связи при современной динамике криолитозоны**

Космический мониторинг показывает, что на территориях распространения прерывистой (от 50 до 70% площади) и островной (менее 50% площади) многолетней мерзлоты в Западной Сибири наблюдается значительное сокращение числа озер с площадью зеркала свыше 4×10^5 м^2. Если в 1973 г. количество таких озер достигало 10882, то к 1997–1998 гг. этот показатель снизился до 9712 озер, или на 11%. При этом 125 озер исчезли, полностью покрывшись растительностью. Анализ космических снимков за 2000–2009 гг. свидетельствует, что ни одно из пересохших озер не наполнилось водой вновь. Вследствие этого в южном секторе субарктики в районах прерывистого распространения многолетемерзлых пород наблюдается сокращение площадей водного зеркала, иссушение подстилающей и, как следствие, уменьшение испарения и абсолютной влажности воздуха. При этом растет альбедо подстилающей поверхности. Эти эффекты обуславливают снижение температуры приземного воздуха.

Таким образом, эмпирические данные свидетельствуют, что в последние десятилетия в районах распространения многолетнемерзлых пород наблюдается разнонаправленная динамика количества воды в жидкой фазе, вовлеченной в климатические процессы взаимодействия. Эффект от такой динамики неподвижных водных объектов проявляется в одновременном формировании климатических обратных связей разного знака. Знак и величина параметра аддитивного климатического криолитоэффекта (суммарного эффекта обратных климатических связей обусловленных динамикой криолитосферы) является функцией термодинамического состояния (степени сплошности) криолитозоны. При реализации сценария дальнейшего потепления климата значение параметра отрицательной обратной связи, обусловленной деградацией криолитозоны, будет возрастать, а положительной – снижаться. Соответственно, будут возрастать риски, связанные с ускорением динамики неподвижных водных объектов в приарктической зоне.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Дзюба А.В., Зекцер И.С.* Изменения климата и многолетнемерзлые породы: прямые и обратные связи // Доклады Академии наук. – 2009. – Т. 429. – № 3. – С. 402–405.

2. *Дзюба А.В., Зекцер И.С.* Взаимосвязь подземных вод криолитозоны и изменений климата // Водные ресурсы. – 2011. – Т. 38. – № 1. – С. 20–29.

3. *Stocker, T.F., D. Qin, G.K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.).* IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. – N. Y., Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2013. – 1535 p.

4. *Smith I.C., Sheng Y., MacDonald G.M., Hinzman L.D.* Disappearing Arctic lakes // Science. – 2005. – Vol. 308. – № 5727. – P. 14–29.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТА КАРЬЕРА В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

Е.А. Козырева, А.А. Рыбченко, А.С. Гладков, Д.А. Кошкарев, С.А. Борняков

Институт земной коры СО РАН, Иркутск
E-mail: kozireva@crust.irk.ru

STABILITY ASSESSMENT OF QUARRY WALLS UNDER THE CONDITIONS OF ARCTIC ZONE

The results of a comprehensive assessment of the stability of quarry walls in the conditions of permafrost development allowed to determine the deformation genesis, to identify the displacement mechanisms, to estimate the rate and reveal most deformed zones of the career, to substantiate the location and equipment of monitoring wells, to organize a monitoring system of the state of the geological environment at the site. The works performed allow to control the current state of the massif and to verify the results of the preventative and stabilization works against deformations in the quarry walls.

Разработка месторождений полезных ископаемых открытым способом – карьером, признана экономически наиболее целесообразной для неглубоких месторождений и является широко распространенной в различных геологических условиях.

Безопасность и бесперебойность работ в карьере обеспечивается устойчивым состоянием его бортов. Устойчивость бортового массива зависит от комплекса природных и техногенных факторов, в зависимости от прочностных свойств пород бортового массива задается соответствующий угол заложения борта карьера.

В условиях Арктической зоны комплекс природных условий геологической среды осложняется мерзлым состоянием пород, трансформация температурного состояния которых в результате последовательных преобразований геологической среды связанных с техногенным вмешательством, приводит к снижению их прочностных свойств. По этой причине в условиях распространения многолетнемерзлых пород (ММП) температурное состояние массива является одним из главных показателей устойчивости бортов карьеров.

Комплексирование геофизических, структурно-геологических и инженерно-геологических методов и подходов применялось для определения устойчивости восточного борта карьера «Нюрбинский». Данный карьер по добыче коренного месторождения алмазов расположен в зоне, климатические условия которой близки к арктическим. По данным геодезического мониторинга здесь были отмечены смещения реперов, закрепленных на поверхности берм и в прибортовой части карьера. Комплексная оценка включала анализ следующих свойств горного массива: инженерно-геологических свойств пород, структурно-тектонической трещиноватости, гидрогеологических особенностей и обводненности массива, температурного режима грунтов и других параметров, предопределяющих и влияющих на перераспределение напряжений в массиве и проявление деформаций.

Одним из показателей, отражающим деформируемость борта карьера является степень пораженности массива экзогенными геологическими процессами. Для выявления направленности развития экзогенных процессов, степени пораженности бортового массива проводился инженерно-геологический мониторинг деформируемого участка. Мониторинг сопровождался наблюдением за формами проявления геологических процессов и картированием поверхностных форм, измерениями и детальным описанием точек

наблюдений. Работы проводились в переходные периоды: весной (май) и осенью (сентябрь), что позволило охарактеризовать динамику проявления и развития деформаций в пределах исследуемой территории. Оценка экзогеодинамического состояния массива определяется пораженностью поверхности берм деформационными формами. На основе полученных карт-схем за период наблюдений было выявлено, что на фоне незатухающей активности проявления деформаций в юго-восточной части карьера к осеннему периоду проявилась активность в пределах и северо-восточной части (рис. 1).

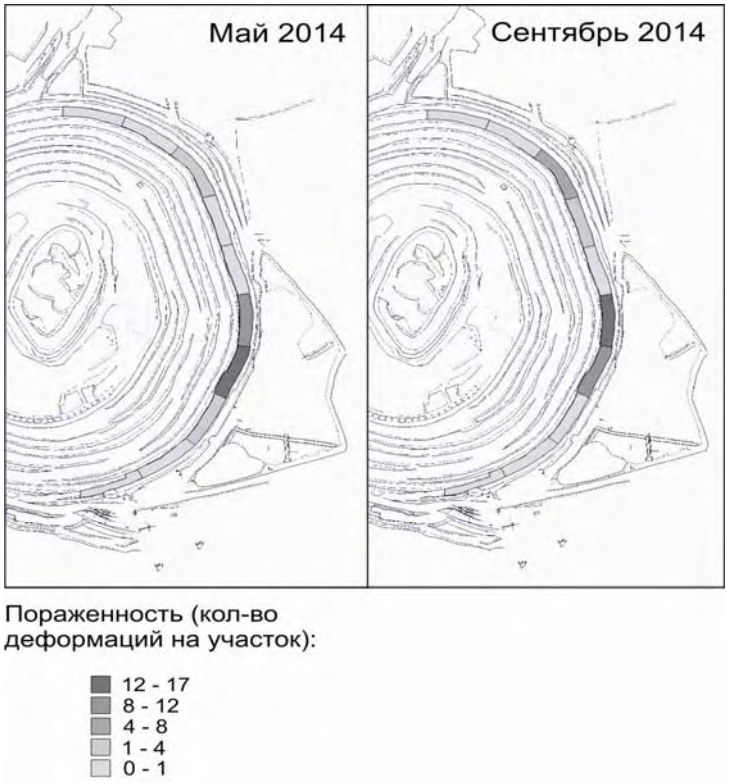


Рис. 1. **Пораженность восточного борта карьера «Нюрбинский»**

Для наиболее достоверной оценки состояния массива, его глубинных деформаций, при оценке пораженности массива учитывались поверхностные формы в виде трещин, просадок, воронок, и были исключены формы, связанные с процессами выветривания и неглубокими гравитационными процессами (вывалы, осыпи и трещины прибортового отпора). Выполнено инженерно-геологическое районирование прибортовой части восточного борта карьера.

На основе выполненного инженерно-геологического районирования обосновано местоположение и оборудование наблюдательных термометрических скважин. Организована наблюдательная сеть за температурным состоянием грунтов. Получены данные по динамике температурного режима массива за период с мая по сентябрь 2014 г. Так, мощность деятельного слоя достигает 4 м. В интервалах проявления деформаций горные породы находятся в состоянии высокотемпературной мерзлоты (в среднем температура составляет -0,96 °С до глубины 25 м). С увеличением глубины температура грунтов понижается до -1,46 °С. Установлено, что в целом массив горных пород в скважине, расположенной в пределах слабонарушенного блока, находится в области более низких температур, тогда как средняя температура грунтов в скважине, пройденной в пределах участка развития деформаций, выше на 0,2 °С.

Комплексная оценка устойчивости борта карьера позволяет определить генезис трансформации геологического пространства, выявить механизмы и скорости деформаций, разработать систему мониторинга и контроля за текущим состоянием массива, рассмотреть методы по предупреждению и стабилизации деформаций в целях безопасной эксплуатации месторождения.

СНИЖЕНИЕ РИСКОВ ПОТЕРИ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДЗЕМНОГО НЕФТЕПРОВОДА НА УЧАСТКАХ ЛЬДИСТЫХ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ ПУТЕМ ИХ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

В.Г. Кондратьев, В.А. Бронников

ООО «Транснефть-Восток», Братск
E-mail: v_kondratiev@mail.ru

DECREASE OF RISK OF LOSS OF STABILITY OF UNDERGROUND OIL PIPE IN ICE RICH PERMAFROST

The article describes the 2013–2015 years experiments on the additional cooling of permafrost at the facilities of the ESPO-1 using the remove snow, light plastic sheet rock and sun-precipitation-protected shed.

Первый российский магистральный нефтепровод в криолитозоне, ВСТО-1, построенный в период с апреля 2006 г. по декабрь 2009 г. протяженностью 2691 км от Тайшета до Сковородино, почти на трети трассы пересекает многолетнемерзлые грунты, оттаивание которых может вызвать риски недопустимых изменений проектного планово-высотного положения трубопровода и угрозы его функционированию. Особенно опасны участки с льдогрунтами, пластовыми и полигонально-жильными подземными льдами. Их насчитывается около 300.

Предлагаются различные способы решения этой проблемы: от вскрытия подземного трубопровода и замены под ним льдистых многолетнемерзлых грунтов на не льдистые, нанесения теплоизоляции на трубу до выноса трубопровода из грунта и размещения его на свайных опорах надземно.

Все они весьма трудоемки и дороги, при этом могут возникнуть дополнительные проблемы, в частности, свайные опоры надземного трубопровода могут выпучиваться [6].

В этой связи нами в Олекминском районе Якутии проводятся эксперименты по дополнительному охлаждению многолетнемерзлых грунтов путем регулирования охлаждающих и отепляющих природных факторов таким образом, чтобы уменьшался приход тепла и увеличивался его расход, сохранял и дополнительно охлаждался массив многолетнемерзлых грунтов в основании нефтепровода. Теоретической основой натурных исследований являются разработки [1–3; 5], а также результаты математического моделирования [4].

Температурный режим горных пород в слое годовых колебаний, определяется структурой радиационно-теплового баланса поверхности, тепловым влиянием наземных покровов (снег, растительность, вода), теплопотоком из недр земли, а также процессами тепломассопереноса в массиве горных пород [2]. Анализ формирования радиационно-теплового баланса поверхности и температурного режима пород в слое годовых колебаний, позволяет сделать вывод о том, что, для сохранения многолетнемерзлого состояния массива грунтов [3] необходимо:

1) уменьшать поступление на его поверхность прямой и рассеянной солнечной радиации, например, затенением;

2) увеличивать альбедо поверхности окраской в светоотражающий цвет или покрытие ее светоотражающим материалом;

3) увеличивать эффективное излучение дневной поверхности в зимний период, например, снегоочисткой охлаждаемого массива грунтов и части прилегающей территории;

4) увеличивать турбулентный теплообмен и испарение с дневной поверхности массива;

5) предотвращать инфильтрацию летних осадков и фильтрацию поверхностных или надмерзлотных вод в массив грунта.

Основываясь на этих предпосылках, мы приступили к экспериментам на магистральном нефтепроводе ВСТО-1. Были выбраны 2 экспериментальные площадки: № 1 – на нефтеперекачивающей станции «Олекминск» (НПС-14) и № 2 – на 1704 км линейной части нефтепровода.

На площадке № 1 с ноября 2013 г. по сентябрь 2014 г. проверялись два способа охлаждения грунтов: снегоочистка в зимний период (рис. 1, *а*) и покрытие поверхности полимерным скальным листом светло-серого цвета – в летний (рис. 1, *б*).

Зимой 2013–2014 гг. снежный покров лежал со 2 ноября (3 см) по 16 апреля (2 см). На экспериментальной площадке выполнялась снегоочистка с середины ноября по середину марта при выпадении снега толщиной не менее 5 см. С середины марта снегоочистка не производилась, поскольку среднесуточная температура воздуха устойчиво превышала температуру поверхности массива грунта и направление теплопотока изменилось.

На контрольной площадке снег не удалялся и поверхность не накрывалась скальным листом. К середине марта на ней накопился снежный покров толщиной 40–41 см.

Скальным листом экспериментальная площадка была накрыта с мая по сентябрь 2014 г.

Данные по температуре и глубине оттаивания грунтов на экспериментальной и контрольных площадках на 10.09.2014 приведены в табл. 1, из которой следует, что всего лишь за 1 год проведения охлаждающих мероприятий глубина сезонного оттаивания грунтов уменьшилась на 1,66 м или на 40,5%, а охлаждающий эффект уверенно (на 0,7–4,5 °С) прослеживается до глубины 3,5 м. Следует отметить, что покрытие площадки скальным листом было вынужденной мерой (белый щебень из Слюдянского месторождения мог поступить только летом), осуществленной к тому же с опозданием на 1,5 месяца. Тем не менее результаты эксперимента весьма обнадеживающие.

а)

б)

Рис. 1. **Экспериментальная площадка со снегоочисткой зимой и скальным листом летом на НПС-14 ВСТО-1**

Таблица 1

Температура и глубина оттаивания грунтов на экспериментальной и контрольной площадках на НПС-14 на 10.09.2014

Глубина, м	Экспериментальная площадка		Контрольная площадка		Разница	
	Температура, °С	Глубина оттаивания, м	Температура, °С	Глубина оттаивания, м	По температуре, °С	По глубине оттаивания, м
1	4,1	2,44	7,9	4,10	-3,8	1,66
1,5	3,0		7,5		-4,5	
2	1,6		5,7		-4,1	
2,5	-0,2		3,6		-3,8	
3	-0,3		2,0		-2,3	
3,5	-0,4		0,3		-0,7	
4	-0,3		0,0		-0,3	
5	-0,4		-0,2		-0,2	
6	-0,4		-0,2		-0,2	
7	-0,4		-0,3		-0,1	
8	-0,5		-0,2		-0,3	
9	-0,5		-0,2		-0,3	

В последующие годы зона дополнительного охлаждения грунтов будет углубляться, а глубина их сезонного оттаивания – уменьшаться. Этому также будет способствовать замена скального листа на противофильтрационную пленку, засыпанную сверху 10–15 см слоем белого щебня в конце сентября 2014 г.

На площадке № 2 в конце марта 2014 г. был сооружен солнцеосадкозащитный навес в виде деревянного каркаса из столбов, брусьев и досок, настила из профилированных ме-

таллических листов на обрешетке из досок и слое синтетической ткани. Оборудованы термоскважины глубиной 15 и 10 м под навесом и вне его (рис. 2) на расстоянии 1, 3 и 10 м от подземного нефтепровода. Измерялась также глубина оттаивания грунтов металлическим щупом в контрольных точках в 1, 3 и 10 м от нефтепровода (табл. 2). Они показывают, что даже половина охлаждающего воздействия навеса (затенение и предотвращение фильтрации летних осадков в грунт) на 37–49% сократило глубину оттаивания грунтов под навесом.

Рис. 2. **Экспериментальная** (с навесом) **и контрольная** (без навеса) **площадки с термометрическими скважинами на линейной части ВСТО-1, км 1704**

Таблица 2

Результаты измерения глубины оттаивания грунтов на площадках с навесом и без навеса на линейной части ВСТО-1, км 1704 в конце лета 2014 г.

Расстояние контрольной точки от трубы, м	Глубина оттаивания грунтов, м		Разница глубин оттаивания грунтов	
	под навесом	вне навеса	м	%
13 августа 2014 г.				
1	1,06	1,84	-0,78	42
3	0,89	1,77	-0,88	49
10	1,85	1,81	0,04	2
9 сентября 2014 г.				
1	1,31	2,10	-0,79	37
3	1,13	1,93	-0,80	41
10	2,27	2,34	0,07	3

После интенсивного зимнего охлаждения бесснежной поверхности грунта под навесом массив грунта с нефтепроводом следующим летом будет более холодным и оттает на меньшую глубину, чем в 2014 г.

Таким образом, что охлаждение массива грунтов путем регулирования природных охлаждающих и отепляющих факторов может быть весьма эффективным в обеспечении стабильности подземного трубопровода в льдистых многолетнемерзлых грунтах.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Будыко М.И.* Тепловой баланс земной поверхности. – Л.: Гидрометеоиздат, 1956.

2. *Достовалов Б.А., Кудрявцев В.А.* Общее мерзлотоведение. – М.: Изд-во МГУ, 1967.

3. *Кондратьев В.Г.* Охлаждение массива многолетнемерзлых грунтов в основании дорог путем регулирования потоков холода

и тепла // Грунтоведение. – СПб: Изд-во «Центр генетического грунтоведения», 2013. – № 1. – С. 34–47.

4. *Кондратьев В.Г., Перекупка А.Г., Примаков С.С., Петрова А.С.* Мероприятия по изменению режима теплообмена на поверхности земли и их влияние на распределение температуры в грунте // Нефтяное хозяйство. –2012, октябрь. – С. 122–125.

5. *Кудрявцев В.А., Ершов Э.Д. Принципы* управления мерзлотными процессами // Мерзлотные исследования. – М.: Изд-во МГУ, 1969 – Вып. IX.

6. *Хафизов Р.М.* Ошибки при проектировании, погружении и испытаниях винтовых свай на полуострове Ямал // Инженерные изыскания. – 2014. – № 7. – С. 24–31.

ОПЫТ ПРЕПОДАВАНИЯ КУРСОВ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ПО ПРИРОДНЫМ ОПАСНОСТЯМ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВ РОССИЙСКИХ И АМЕРИКАНСКИХ ВУЗОВ

В.А. Липатов

Московский государственный университет экономики, статистики и информатики, Москва
E-mail: viacheslav.lipatov@fulbrightmail.org

THE EDUCATIONAL EXPERIENCE OF DISTANCE COURSES ON NATURAL DISASTERS IN THE ARCTIC FOR STUDENTS AT RUSSIAN AND AMERICAN UNIVERSITIES

The newly organized thematic network on natural disasters is creating an online course «Natural hazards» based on Arctic materials. The author summarizes the experience of distance education in the University of the Arctic, Moscow State Univer-

sity of Economics, Statistics and Informatics (MESI) and the University of Alaska Fairbank.

Доклад о развитии человека в Арктике указывает, что образование должно быть важным индикатором для развития человеческого капитала в приполярной области. Есть определенные общие характеристики в северном образовании: это регионализованность, оно включает в себя в основном небольшие поселения в отдаленных общинах и несколько городских центров, культурное многообразие и эрозия малых языков являются нормой, а уровень инвестиций в образование сильно варьируется. Силы глобализации, например, спутниковое телевидение и Интернет, которые открывают мир для северных студентов, навсегда меняют, что мы знаем северными ценностями и навыками [6].

Новой тенденцией для приполярного образования является его растущая доступность. Сейчас есть школы в большинстве районов, где студенты могут получать «домашнее образование» в отдаленных и сельских районах, а увеличивающаяся подключенность позволяет студентам проходить курсы в Интернете, например, на бакалавра циркумполярных наук, предлагаемых Университетом Арктики.

В Арктике существуют высшие учебные заведения, которые через кампус, программы или адаптированные дистанционные системы, пытаются повысить доступность. Модель Университета Арктики позволяет динамично развиваться системе международного образования на основе взаимного сотрудничества. Эта сеть может быть весьма эффективным инструментом для создания соответствующих учебных планов для меняющегося Севера.

Университет Арктики – это организация, объединяющая более 100 университетов и колледжей находящийся в околополярном регионе, которая улучшает доступность образования через обменные программы и дистанционное предоставление курсов. В 2008 г. Университет Арктики пе-

реходит на следующий этап, пересмотрев свой стратегический план, нацеленный на будущие северные вызовы, которые члены-институты должны решить совместными усилиями. Его члены взяли на себя обязательство присоединиться к Хартии Университета Арктики и его системе ценностей, в число которых входит увеличивающая доступность образования [7].

Одним из примеров дистанционного образования является разработка онлайн курса по стихийным опасностям в Арктике. 22 марта 2014 г., семинар «Природные опасности» закончился в Северном (Арктическом) федеральном университете им. М.В. Ломоносова (САФУ), г. Архангельск. Более 40 ученых и студентов из университетов США, Канады, Финляндии, Германии, Норвегии и ведущих российских вузов – членов консорциума Университета Арктики – приняли участие в этом мероприятии. Семинар стал первым крупным событием новообразованной тематической сети Университета Арктики по природным опасностям. Целью семинара было начать разработку онлайн-курс по стихийным бедствиям для Арктики. Создание самого курса, как ожидается, займет около года.

Семинар, организованный в Архангельске Университетом Аляска Фэрбенкс (University of Alaska Fairbanks, UAF) и САФУ. Его специфические особенности:

– главные роли в разработке и реализации курса дается студентам;

– многонациональные и мультидисциплинарные знания и перспективы наиболее распространенных опасных природных явлений, а также их социальных и политических последствий, включены в курс;

– акцент делается на проблемы, которые являются уникальными или усугубляются арктическими условиями.

Последняя включает в себя присутствие льда, ограниченные возможности транспортной инфраструктуры, большая длина логистических путей и временные ограничения,

которые накладывают экстремально холодные условия, для реагирования.

Главным итогом мероприятия стало развитие концепции он-лайн курса «Стихийные бедствия». Студенты сделали презентацию тематических модулей курса: землетрясения, цунами, лесные пожары, наводнения и вулканы. Студенты признались, что очень трудно включить всю интересующую информацию в небольшой образовательную программу, так что модули будут включать только самые основные вопросы. Предполагается, что каждый модуль будет длиться одну неделю. Он-лайн курс будет основан на лекциях. Однако практические занятия будут также включены, в особенности, метод case study. Совместный учебный курс будет рассчитан на магистров и аспирантов Университета Арктики. Участники продолжат дальнейшую работу над курсом в течение весны и лета этого года. В сентябре группа планирует обсудить модули курса на Аляске [7].

Московский государственный университет экономики, статистики и информатики (МЭСИ) – первый в России электронный распределенный университет, единый образовательный комплекс, включающий головной вуз и 19 филиалов, в том числе в сибирских регионах России и Казахстана: Бурятия, Кемеровская область, Красноярский край, Хакасия, Алтай и Восточно-Казахстанская область. Все региональные подразделения связаны единой корпоративной сетью и реализуют образовательные программы на основе единой информационной образовательной среды с использованием единого контента, библиотечных ресурсов, единого профессорско-преподавательского состава, единого администрирования.

Используя систему электронного обучения МЭСИ, автор в весеннем семестре организовал модуль «Образ стихийных бедствий во французской и русской литературах» для студентов магистров направления «Теория массовых коммуникаций и международные связи с общественно-

стью». Модуль был организован как смешанный курс, совмещающий элементы традиционной и электронной модели образования.

Одним из заданий было подготовка эссе, 3–5 страниц, 12, 1 интервал, на тему «Образ стихийных бедствий в литературных произведениях (либо Городецкий С.М. «Люблю тебя одну», либо Вольтер «Кандид», либо Клейст Г. «Землетрясение в Чили»).

Другое задание подразумевало создание эссе на тему «Образ Арктики в романе Голованова «Остров», в котором автор изображает позитивные и негативные стороны арктического имиджа.

Материалы модуля и результаты учебного процесса будут использованы для подготовки модуля «Социальные науки» он-лайн курса Университета Арктики «Стихийные опасности».

Другие публикации преподавателей МЭСИ описывают учебный процесс с помощью системы электронного обучения посредством смешанных курсов, совмещающих традиционные и дистанционные компоненты [1–4].

Опыт дистанционного образования в американском штате Аляска может быть также использован в арктических регионах России для преподавания дисциплин по стихийным опасностям.

Учитывая удаленность, важно сказать, что инфраструктура играет ключевую роль для среднего образования на Аляске. Существуют коммьюнити, которые доступны только по воздуху, а некоторые из тех, которые связанны дорогой, связаны только зимней дороге в течение 4 месяцев в году. Количество населения в различных общинах варьируется, иногда составляет десятки или сотни человек. Поэтому, небольшим общинам сложно иметь те же качества образования, как крупным общинам [3].

Blackboard является одним из ведущих коммерческих пакетов LMS программного обеспечения, используемого

североамериканскими и европейскими университетами. Blackboard имеет набор эффективных образовательных инструментов: отправка электронной почты, назначение подавшего заявку, тесты, обсуждение и блоги.

Подводя итог, можно сказать, что дистанционное обучение в сибирских регионах Российской Федерации и на Аляске способствует решению образовательных проблем Арктического региона и содействует международному сотрудничеству и территориальной интеграции, в том числе посредством создания он-лайн курса «Природные опасности в Арктике» для тематической сети по стихийным бедствиям Университета Арктики. Большой потенциал развития имеют такие профессиональные система управления обучением, как Blackboard.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Липатов В.А.* Международная экономическая интеграция: учебное пособие. – М.: Изд-во Евразийского открытого института, 2011. – С. 5–20.

2. *Липатов В.А.* Внешнеэкономическая деятельность предприятия: учебное пособие. – М.: Изд-во Евразийского открытого института, 2011. – С. 1–25.

3. *Липатов В.А.* Дистанционное образование в арктической зоне (на примере сибирских регионов России и штата Аляска) // Известия Иркутской государственной экономической академии (Байкальский государственный университет экономики и права). – 2014. – № 6.

4. *Нарциссова С.Ю.* Когнитивная аналитика в управлении высшим образованием // Национальная безопасность / nota bene. – 2014. – № 6. – С. 894–914.

5. Официальный веб-сайт тематической сети по стихийным бедствиям Университета Арктики. – URL: http://www.uarctic.org/singleArticle.aspx?m=1299&amid=16000 (дата обращения: 12.08.2014).

6. Arctic Human Development Report [Доклад о развитии человека в Арктике]. – Akureyri: Stefansson Arctic Institute, 2004. – URL: http://www.svs.is/ahdr (дата обращения: 12.08.2014).

7. Arctic Social Indicators [Арктические социальные показатели]. – М., 2010.

8. *Kullerud L.* Education for the Arctic Sustainable Development // Climate Change and Arctic Sustainable Development. Scientific. – Social: Cultural and Educational Challenges. Unesco Publishing, – 2009. – С. 234–239.

АНАЛИЗ РЕЖИМА ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ТЕРМОКАРСТОВЫХ ОЗЕР В ГОРАХ СЕВЕРНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Е.М. Макарычева, В.Н. Капралова, Д.О. Сергеев

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва
E-mail: cryo@geoenv.ru, emakarycheva@gmail.com

ANALYSIS OF WATER SURFACE REGIME THERMOKARST LAKES IN THE MOUNTAINS OF NORTHERN TRANSBAIKALIA

The article includes the analysis the so-called «flickering» lakes on the middle and upper Pleistocene sediments of end moraines in Chara basin. This type of lakes is characterized by considerable fluctuations of water level to their complete drainage and subsequent re-filling of the lake depression. Fluctuations of level are not always synchronous in the lakes and do not uniquely dependent on the regime of atmospheric precipitation.

Исследуемый район расположен в Становом нагорье и включает в себя горные цепи и межгорные депрессии, относящиеся к Байкальской рифтовой зоне. Северное Забайкалье относится к районам с высокой динамикой потепления климата [2]. Один из полигонов с 2005 г. обслуживается лабораторией геокриологии ИГЭ РАН в окрестностях С. Чары

Каларского района Забайкальского края, где продолжаются наблюдения, проводившиеся еще в 1960-х и 1980-х гг. [3].

Сейчас команда из ИГЭ РАН продолжает измерение температуры грунта на 11 участках в пределах Кодаро-Удоканского хребта, все измерения ведутся в соответствии с рекомендацией проекта GTN-P (The Global Terrestrial Network for Permafrost).

Правильная интерпретация результатов наблюдений исключительно важна для выявления причин активизации геокриологических процессов и расширения наших представлений об их механизме. Так, на поверхности речной террасы, где обустроена одна из упомянутых выше площадок «Беленький», в течение последнего десятилетия развивается термокарст по повторно-жильным льдам. В 2011 г. на многих участках террасы появилось множество новых просадок, хотя этот год не отличался экстремальными значениями летней температуры воздуха, суммами атмосферных осадков и т.д.

Таким образом, геотемпературный мониторинг не является исчерпывающим источником данных о состоянии многолетнемерзлых пород, его программа и положение точек наблюдения должны корректироваться по мере расширения исследовательских задач. Каждый из наблюдаемых геокриологических процессов должен рассматриваться в контексте территориальной (фоновой) и локальной изменчивости геотемпературных условий. Также необходима детальная оценка роли геокриологических условий в формировании водного стока территории.

Предварительный анализ динамики площадей ледниково-термокарстовых озер сартанской морены реки Средний Сакукан в Чарской котловине продемонстрировал неоднозначность реакции озер на изменение гидролого-климатических условий [4].

В ходе полевых работ и дистанционных исследований в окрестностях С. Чары были выявлены так называемые «пуль-

сирующие» озера. Это озера, которым свойственны значительные колебания уровня воды вплоть до их полного дренирования и последующего повторного заполнения озерной котловины. При этом колебания озер не всегда синхронны.

Вблизи озера Вега были организованы постоянные наблюдения за температурным режимом горных пород по программе GTN-P. Полученные данные позволили рассчитать мощность ММП вблизи озера, она не превышает 35 м, в то время как на большей части прилегающей территории мощность мерзлоты превышает 400 м [1].

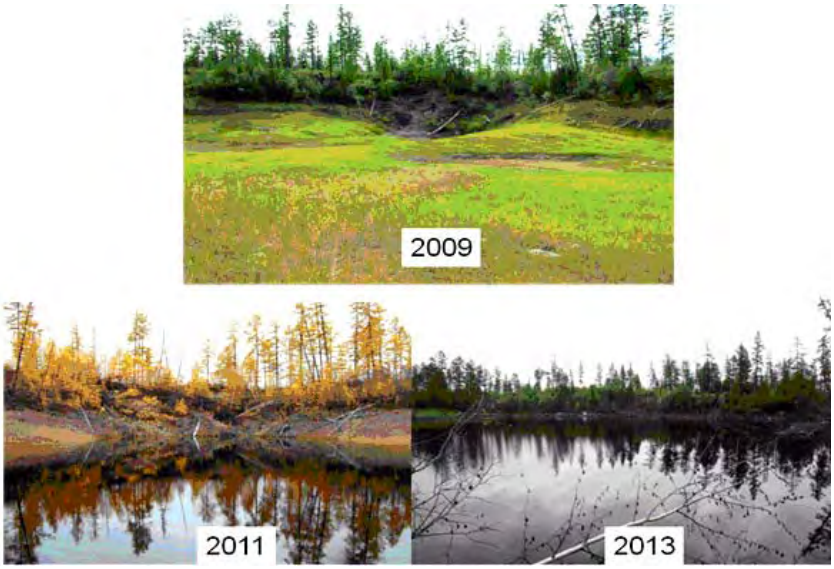
За период наблюдений уровень воды в озере изменился от нулевых отметок (полного дренирования) в 2009 г. до полного наполнения в 2013 г. На берегах озера наблюдаются микрооползни и просадки поверхности. Серия снимков со спутника Landsat (2000–2011 гг.) подтвердила периодичность осушения озерной котловины озера Вега. Помимо этого было выявлено, что «пульсирующие» озера имеют широкое распространение на территории конечной морены р. Среднего Сакукана (рис. 1).

В результате анализа космических снимков и их сопоставления с метеорологическими данными были обнаружены различия в реакции диаметра термокарстовых озер на ход метеорологических параметров (рис. 2).

Динамический уровень большинства озер в пределах территории наблюдения зависит от количества осадков и летних температур воздуха. Однако колебания уровней воды в «пульсирующих» озерах не имеет четкой зависимости с ходом метеорологических параметров. Этот феномен, очевидно, связан с особенностями поверхностного и подземного водообмена территории.

В скважине на берегу озера Вега были произведены измерения температуры грунта. В августе 1990 г. зимний минимум температур располагался на глубине 7,5 м, а в 2013 г. этот минимум наблюдался на десятиметровой глубине. По

а)



б)

Рис. 1. **Фрагмент июльских космических снимков Landsat на территорию конечной морены р. Среднего Сакукана** (*а*). **Динамика уровня воды в оз. Вега: 2009– 2013 гг.** (*б*)

Сплошной линией оконтурены озера, не изменившие площади, пунктиром – область с осушенными в 2002 г. озерами; на остальной территории наблюдалось небольшое сокращение площади озер

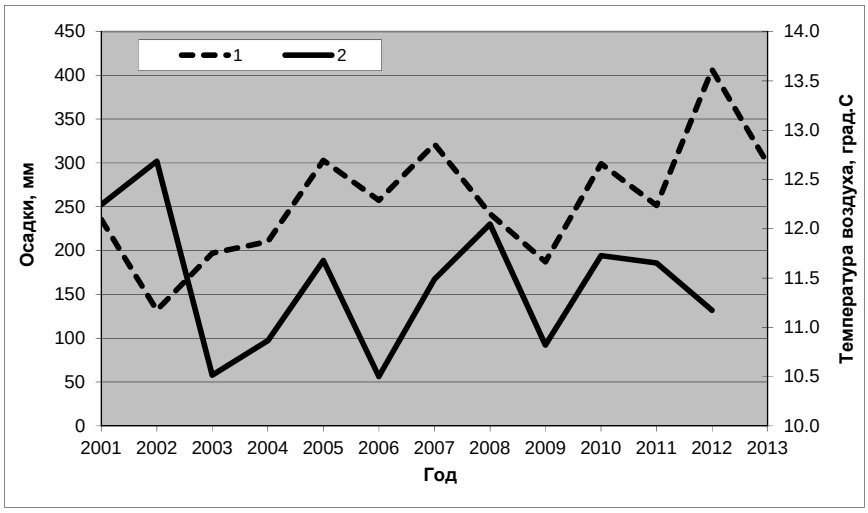


Рис. 2. **Ход метеорологических параметров по метеостанции Чара:**

1 – сумма атмосферных осадков за период с октября (предшествующего года) по июль, *2* – среднелетняя температура воздуха

оценке мощности мерзлоты методом интерполяции можно сделать вывод о ее сокращении с подошвы примерно на 1 м за 13 лет.

Заметим, что современная глубина максимального оттаивания на участке скважины 23 составляет 1,0 м, а в 1990 г. фронт максимального оттаивания в скважине находился на глубине 1,65 м (в то время скважина была обустроена по правилам ГОСТ).

На данном этапе исследований, авторы связывают причину колебания уровня воды в озерах с динамикой подозерных таликов. В результате отепляющего воздействия воды в маломощных многолетнемерзлых породах под озером возникают сквозные талые зоны, через которые обеспечивается периодический переток надмерзлотных и подмерзлотных подземных вод. В процессе дренирования протаивающие участки заполняются мелкодисперсными осадками, дрениро-

вание останавливается и озеро вновь начинает заполняться водой. За время наблюдений на озере Вега наблюдалось два периода полного дренирования. При этом на дне озера было зафиксировано фильтрационное окно, место расположения которого в каждой из периодов дренажа было различно.

Учет особенностей движения подземных вод, зависимых от геокриологических условий, необходим для понимания механизма процесса, его моделирования, дальнейшего прогноза и оценки опасности.

Авторы глубоко благодарны В.Г. Подгорбунскому за постоянную методическую, техническую и организационную помощь в проведении исследований, а также благодарят К. Йошикаву, Д.М. Шестернева, В.К. Васильчука, В.В. Самсонову и М.Н. Железняка за дружескую поддержку, оказанную на разных этапах работы.

Исследование проведено при финансовой поддержке Программы Президиума РАН № 4, направление 7 «Оценка геоэкологических опасностей и рисков; снижение их негативных последствий на основе изучения адаптационных процессов», гранта Российского научного фонда (проект № 14-17-00357), а также при поддержке международной программы GTN-P.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Железняк М.Н.* Геотемпературное поле и криолитозона Юго-Востока Сибирской платформы. – Новосибирск: Наука, 2005. – 227 с.

2. *Павлов А.В.* Мониторинг криолитозоны. – Новосибирск: Наука, 2008. – 230 с.

3. *Сергеев Д.О., Ухова Ю.А., Станиловская Ю.В., Романовский В.Е.* Температурный режим многолетнемерзлых толщ и сезонноталого слоя в горах Северного Забайкалья (возобновление стационарных наблюдений) // Криосфера Земли. – 2007. – Т. XI. – № 2. – С. 19–26.

4. *Sergeev D.O., Perlshtein G., Stanilovskaya J., Utkina I., Aleksyutina D., Bezdelova A., Kapralova V., Makaricheva E.* Chara Permafrost Monitoring Results: Local Variability and Regional Trends // Book of Abstracts of EUCOP4: 4th European Conference on Permafrost (18–21 June 2014). – Évora, Portugal, 2014.

МЕРЗЛОТНЫЕ ЛАНДШАФТЫ – ИСТОЧНИКИ ПОВЫШЕННОЙ ПОЖАРООПАСНОСТИ СИБИРСКОЙ ТАЙГИ В УСЛОВИЯХ ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА

А.А. Медведков

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет
E-mail: a-medvedkov@bk. ru

PERMAFROST LANDSCAPES LIKE A SOURCE OF HIGH FIRE HAZARD IN THE SIBERIAN TAIGA UNDER CONDITIONS OF THE CLIMATE WARMING

The article deals with the impact of the specific characteristics of permafrost landscapes on the hazard of fire in the hot summer. Analyzed temperature maps obtained by processing data from satellites Landsat TM and Terra ASTER.

Ландшафты криолитозоны в площадном отношении занимают 65% территории нашей страны. Данные природные комплексы отличаются наибольшей уязвимостью к внешним воздействиям и являются важнейшими индикаторами современных изменений климата. В экотонных зонах, на ландшафтных границах, где природные процессы протекают значительно быстрее, отмечается наиболее заметный отклик мерзлотных ландшафтов на происходящие изменения

климата. В таком важном качестве выступают и изучаемые нами условно-коренные среднетаежные ландшафты Центральной Сибири, представляющие собой часть бореального экотона криолитозоны Северной Евразии, отличающиеся наибольшей визуальной выразительностью.

Наряду с выделением мерзлотных ландшафтов по их характерным особенностям в полевых условиях, нами был использован и дистанционный метод их выявления, на основе анализа температурных карт, полученных путем обработки данных со спутников Landsat TM и Terra ASTER (рис. 1).

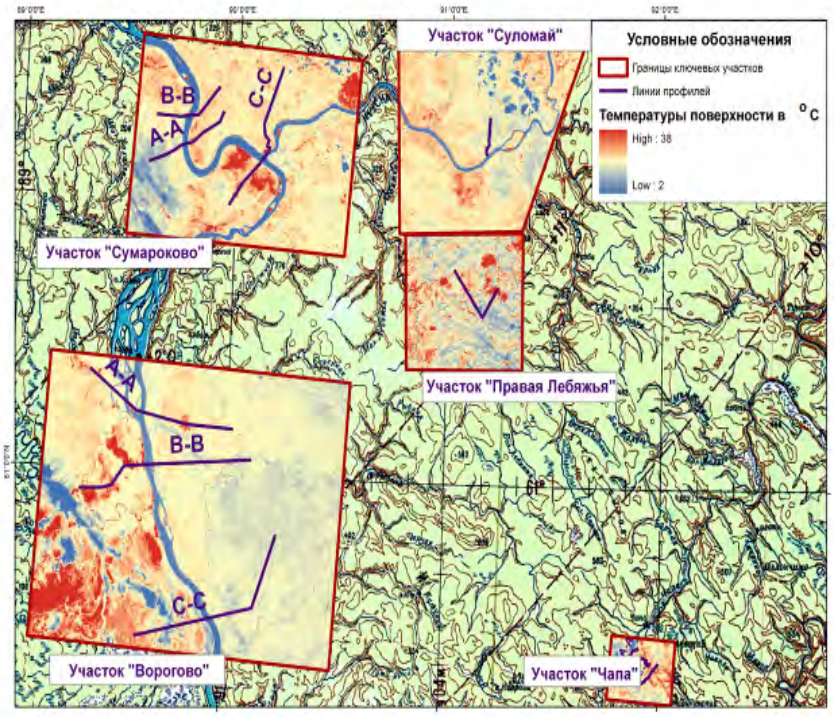


Рис. 1. **Карта распределения поверхностных температур и ландшафтно-индикационных профилей по ключевым участкам Среднеенисейского региона**

Анализ полученных температурных карт позволил сделать вывод о высоком риске пожароопасности лесных массивов на мерзлоте. Полученные значения поверхностной температуры отражают меру выброса ландшафтом потока явного тепла, которая различается по типам леса. Чем больше выброс явного тепла, тем меньше поток скрытого тепла в форме транспирации и физического испарения с растительного полога. Ландшафт с минимальным выбросом явного тепла имеет самый высокий потенциал влагообмена и более низкие значения поверхностной температуры [2]. То есть они с максимальной интенсивностью участвуют в водоэнергообмене, в формировании лесного климата и являются лидерами в воспроизводстве фитомассы. Эту роль в сибирской тайге выполняют немерзлотные ландшафты, а лидерами среди них выступают елово-кедровые леса. Достоверность полученных результатов в основном базируется на сходстве с данными по лесам Европейского Севера России, которые были получены другим путем, требующим целого пакета исходных показателей [1].

Таким образом, синтезированный анализ температур поверхности и данных полевых исследований позволил нам по показателям поверхностной температуры отличить мерзлотные ландшафты от немерзлотных. Первые имеют более высокие значения поверхностной температуры, т.е. являются «теплыми». Это объясняется меньшими запасами фитомассы мерзлотных ландшафтов в виду угнетенности и разреженности их древостоя, что, в свою очередь, снижает их транспирационный потенциал. Поэтому чем меньше запасы фитомассы, тем ниже транспирационный потенциал растительного сообщества и, по-видимому, выше зависимость частоты пожаров от экстремально высоких летних температур. Так, при проведении полевых исследований на севере Енисейского кряжа, нами были встречены наиболее многочисленные следы разновозрастных пожаров в переувлажненных мерзлотных ландшафтах – природных комплексах, которые характеризовались наиболее высокими значениями

поверхностных температур по результатам обработки данных со спутников Landsat TM и Terra ASTER.

Немерзлотные ландшафты, отличающиеся наиболее низкими значениями поверхностных температур можно считать самыми ценными в плане проявления их средообразующей (в том числе противопожарной) функции в бореальной части криолитозоны. Понимание средообразующей ценности немерзлотных типов леса и их роли в формировании регионального климата, представляется важным для разработки системы по пожарной охране лесов в условиях потепления климата.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Карпечко Ю.В., Бондарик Н.Л.* Гидрологическая роль лесохозяйственных и лесопромышленных работ в таежной зоне Европейского Севера России. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2010. – 225 с.

2. *Медведков А.А.* Среднетаежные геосистемы бассейна р. Енисей в условиях меняющегося климата: дис. … к.г.н.: 25.00.36 / МГУ имени М.В. Ломоносова. – М., 2013. – 187 с.

ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ МОРОЗОБОЙНЫХ ТРЕЩИН ДЛЯ ОБЛАСТЕЙ С РЕЗКО КОНТИНЕНТАЛЬНЫМ КЛИМАТОМ

В.П. Мерзляков, Д.О. Сергеев

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

EVALUATION OF HAZARD OF FROST CRACK BEGINNING FOR EXTREME CONTINENTAL CLIMATE REGIONS

The values calculated for the crack uncovering and crack depth corresponding to sudden cooling of frozen ground surfase

are derived. The solution of the heat conduction equation is presented by formula (4). Independence of thermal stresses on local gradient of temperature is showed.

Морозобойные трещины особенно часто образуются в местности, где суровые зимы сочетаются с маломощным снежным покровом. Это явление опасно для таких инженерных сооружений как здания, взлетно-посадочные полосы аэродромов, ледогрунтовые плотины и др.

Б.Н. Достовалов [1] впервые высказал мнение, что «причиной морозобойных трещин является неравномерное охлаждение грунтов, вызывающее развитие в них *растягивающих напряжений*, превышающих их *предел упругости и временное сопротивление*» Первичные морозобойные трещины относятся к типу трещин нормального отрыва при растяжении, характерного для упругохрупкого разрушения.

Дилатометрические кривые [2], полученные В.Н. Зайцевым [3] показывают, что при температурах ниже -10 °С свойства мерзлых грунтов стабилизируются (супесчано-суглинистые породы). Это дает основание рассматривать мерзлый грунт как линейно-деформируемый материал с характеристиками, слабо зависящими от температуры.

Решение задачи термоупругости для полупространства приводит к следующим выражениям [4]:

$$\sigma_x = \sigma_z = -\frac{\alpha E \Delta t(y,\tau)}{1-\nu}, \qquad (1)$$

где $\Delta t(y,\tau) = t(y,\tau) - t_0$; $t(y,\tau)$ – температура в точке *x*, *y*, *z* в момент времени τ;

t_0 – начальная температура массива и окружающей среды. Использование этого решения при выровненном ландшафте и однородности грунта правомерно.

Пусть $\Delta t_П$ предельно допустимая разность температур, при которой $\sigma_x = \sigma_z = R_P$ (R_P – прочность мерзлого грунта

на растяжение). С помощью формулы (1) можно получить следующее условие трещиностойкости мерзлого массива:

$$\alpha\left(\Delta t\right)+R_p\left(1-\nu\right)/E\geq 0\,. \qquad (2)$$

При образовании трещин появляются три характерны величины: глубина трещины *d*, расстояние между соседними трещинами *l* и раскрытия трещины δ. Глубина трещины определяется как $d=y\big|_{\Delta t=\Delta t_П}$. Ширина раскрытия трещины оказывается связанной с расстоянием между трещинами равенством

$$\delta/l=\alpha(\Delta t_П-\Delta t)\,, \qquad (3)$$

где Δt – локальное изменение температуры в грунте.

Примем механические характеристики грунта равными: коэффициент линейного расширения $\alpha=6\cdot 10^{-5}$; модуль Юнга $E=2\cdot 10^5\,кПа$; коэффициент Пуассона $\nu=0,4$; $R_P=400кПа$ (мерзлые суглинистые породы); тогда предельный перепад температур $\Delta t_П=-20^{\circ}C$. Решение задачи о температурном поле полупространства имеет вид [4]:

$$\frac{\Delta t\left(y,\tau\right)}{\vartheta-t_0}=erfc\frac{y}{2\sqrt{a\tau}}-e^{Hy+H^2a\tau}\cdot erfc\left(\frac{y}{2\sqrt{a\tau}}+H\sqrt{a\tau}\right), \qquad (4)$$

где $a=\lambda_f/C_f$ – коэффициент температуропроводности $\left[м^2/сек\right]$, τ– время, отсчитываемое от начального момента, сек; $H=h/\lambda_f$ – относительный коэффициент теплоотдачи, $м^{-1}$ (отношение коэффициента теплоотдачи к коэффициенту теплопроводности).

Предполагается, что в момент времени τ = 0 температура окружающей среды внезапно понижается от t_0 до значения ϑ, начальная температура массива $y\geq 0$ равна t_0 < 0,

теплообмен между окружающей средой и поверхностью полупространства описывается законом конвекции.

Функция Крампа $erfc\frac{y}{2\sqrt{a\tau}} = 1 - erf\frac{y}{2\sqrt{a\tau}}$, функция $erf\frac{y}{2\sqrt{a\tau}} = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int\limits_0^{\frac{y}{2\sqrt{a\tau}}} e^{-v^2}dv$ есть интеграл вероятности Гаусса с указанными пределами интегрирования. Функция Крампа имеет краевые значения $erfc(0) = 1$ и $erfc(\infty) = 0$. Значения величин, входящих в формулу (4) равны:

$$h \approx 50\frac{Вт}{м^2 \cdot {}^\circ C},\quad \lambda_f = 1{,}95\frac{Вт}{м \cdot {}^\circ C},\quad H = 25{,}64 м^{-1},$$

$$\rho = 1{,}0\frac{т}{м^3},\quad W_{tot} = 0{,}6;$$

$$C_f = 2{,}18 \cdot 10^6 \frac{Дж}{м^3 \cdot {}^\circ C},\quad a = 8{,}94 \cdot 10^{-7}\frac{м^2}{сек}$$

Графики функции $\Delta t(y,\tau)/(\vartheta - t_0)$, рассчитанные по формуле (4) для различных моментов времени, показаны на рис.

Глубина трещины d определяется по рисунку. Оценка относительного раскрытия трещины по формуле (3) при $\vartheta - t_0 = -40^\circ C$ и l = 20 м дает δ = 24 мм. Начальная температура массива принята равной t_0 = -10 °С.

Момент начала разрушения на поверхности $\tau_П$ определяется из трансцендентного уравнения

$$\Delta t_П = (\vartheta - t_0)\left(1 - e^{H^2 a\tau_П} \cdot erfc\left(H\sqrt{a\tau_П}\right)\right). \qquad (5)$$

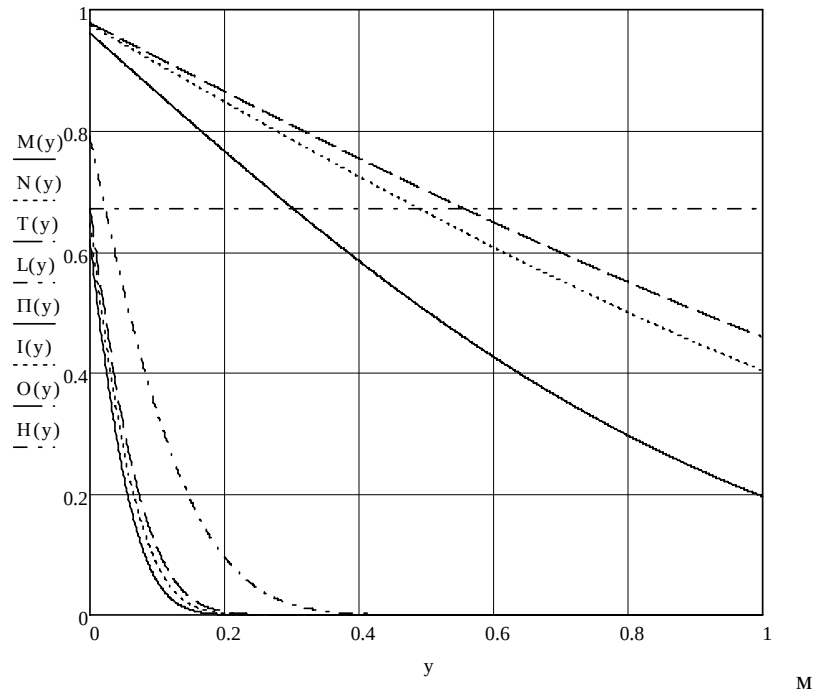


Рис. **Распределение относительного перепада температуры для различных моментов времени по глубине массива**

При расстоянии между трещинами l = 20 м полученные значения ширины раскрытия и глубины трещин представляются правдоподобными.

Как следует из решения задачи термоупругости (1), температурные напряжения на поверхности массива зависят от разности температуры $\Delta t(y,\tau)$ в элементе слоя, но не зависят от локального градиента температуры.

$$M(y)-\tau=40\text{ мин};\ N(y)-\tau=50\text{ мин};\ T(y)-\tau=1\text{ ч};$$

$$L(y)-\tau=3\text{ ч};\ \Pi(y)-\tau=100\text{ ч};\ I(y)-\tau=240\text{ ч};$$

$$O(y)-\tau=300\text{ ч};\ H(y):\Delta t_{П}(0,\tau_{П})/(\vartheta-t_0)=0,67\,.$$

Установившееся мнение о том, что температурные напряжения зависят от градиента температуры в данном случае неверно. В самом деле, дифференцируя выражение (4) по y, нетрудно получить выражение производной $\Delta t'_y$. Как следует из этого выражения, градиент температуры на поверхности массива имеет максимальное значение в нулевой момент времени, но напряжения в этот момент, вычисленные по формулам (1), равны 0.

Таблица

Характеристики напряженного состояния и параметры трещины

$\vartheta-t_0$, °C	-20	-25	-30	-35	-40	-45
$\dfrac{\Delta t_{П}(0,\tau_{П})}{\vartheta-t_0}$	1	0,80	0,67	0,57	0,50	0,44
$\tau_{П}$, сек, мин	∞	13 300 222	3500 58,3	1700 28,3	1000 16,7	700 11,7
δ, мм	-	6	12	18	24	30
d, см	-	33	56	76	92	106

Вывод. Предложена экспресс-методика, позволяющая вычислить предельно-допустимый перепад температур, момент начала разрушения, ширину раскрытия и глубину трещин. Область изменения температуры, в которой мерзлый грунт можно считать упругим и хрупким телом рекомендуется определять по дилатометрической кривой.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Достовалов Б.Н.* О физических условиях образования морозобойных трещин и развития трещинных льдов в рыхлых по-

родах // Исследование вечной мерзлоты в Якутской республике. – 1952. – Вып. 3. – С. 162–194.

2. *Мерзляков В.П.* Коэффициент теплового расширения как характеристика мерзлых грунтов // Геоэкология. – 2012. – № 2. – С. 159–167.

3. *Шушерина Е.П., Зайцев В.Н.* Температурные деформации многолетнемерзлых дисперсных пород и повторно-жильных льдов // Мерзлотные исследования. – М.: МГУ, 1976. – Вып. XV. – С. 187–197.

4. *Паркус Г.* Неустановившиеся температурные напряжения. – М.: ГИФМЛ, 1963. – 251 с.

ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ: ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ

С.Г. Миронюк

ООО «Газпром инжиниринг», Москва
E-mail: Mironyuk.sg@gaz-eng.ru

GAS EMISSIONS IN THE ARCTIC REGION: IDENTIFICATION AND ASSESSMENT OF HAZARDS

The main types of gas emissions in the Arctic region of Russia studied. The pockmarks in the Barents Sea described. The best practices study of bottom topography and the criteria for assessing the activity of pockmarks shown. The conclusion about the nature of the relic most pockmarks.

Субмаринные газовыделения сопровождающиеся образованием покмарок (англ. pockmarks – оспины, выбоины) и приповерхностный газ в осадках как факторы, ухудшающие условия строительства подводных сооружений начали изучать сравнительно недавно [2; 6; 10].

Актуальна указанная проблема, в связи с обнаружением кратерообразных воронок газового выброса на п-ве Ямал и для криолитозоны суши [1; 3] Выдвинута гипотеза о генетическом единстве покмарок, западин [11] и воронок на суше [1].

Покмарки, как известно, были впервые обнаружены и описаны в 1970 г. на дне Северного моря и с тех пор, наряду с газовыми факелами, выявлены в различных частях Мирового океана (в Северном, Норвежском, Каспийском, Средиземном, Черном, Охотском морях и т.д.) на глубинах от 5 до 3000 м и более [14]. Диаметр кратероподобных покмарок составляет обычно 1–250 м, глубина 0,5–20 м, редко 50 м. Встречаются гигантские покмарки диаметром 400–800 м.

Внезапные выбросы газов, твердых обломков создают определенную угрозу для морских газодобывающих платформ (особенно гравитационного типа), подводных добычных комплексов, морских трубопроводов, кабелей. Газовыделения могут спровоцировать оползание донных осадков, как на шельфе, так и на континентальном склоне. Спусковым механизмом образования покмарок могут выступать землетрясения, экзарационная деятельность айсбергов и, возможно, удар о морское дно техногенных объектов.

Участки морского дна со следами газовыделений следует относить к геологически опасным территориям. Районы распространения покмарок представляют опасность для подводных сооружений вследствие возможности образования:

– неприемлемых свободных пролетов (при внезапном возникновении кратерообразной воронки большого диаметра или при увеличении размеров уже существующих активных покмарок). Наиболее остро проблема свободных пролетов стоит при строительстве глубоководных трубопроводов, для которых работы по профилированию дна представляют большую техническую сложность и сопряжены с большими материальными затратами;

– аномальных свойств газонасыщенных грунтов;

– кальциево-карбонатных корок (абразивные свойства сцементированных осадков залегающих в основании трубопроводов при его вибрации могут привести к повреждению их изоляционного покрытия);

– повышенной коррозионной активности среды;

– оползней.

Донная поверхность с признаками газовыделений подлежит детальному изучению с применением геофизических, геотехнических и геохимических методов [12; 16].

Съемку рельефа дна выполняют способом многолучевого и однолучевого (на мелководье) эхолотирования и гидролокации бокового обзора. Для изучения внутреннего строения форм рельефа используются, в зависимости от их масштаба, методы непрерывного сейсмоакустического профилирования и сейсморазведки высокого разрешения.

Как свидетельствует опыт ООО «Питер Газ» высокую эффективность в обнаружении локальных форм нано- и микрорельефа на морском дне показала интегрированная система Benthos C3D + SPB, в состав которой входит профилограф Chirp-III и гидролокатор бокового обзора, с функцией батиметрии C3D. Установленный в буксируемом теле гидролокатор C3D сочетает не только получение высокоразрешающего гидролокационного изображения, но и батиметрических данных в широкой полосе обзора. Применение гидролокатора C3D позволяет выявить особенности рельефа дна с разрешением 0,1–0,2 м [7].

Одной из основных задач при изучении покмарок является оценка их активности. Свидетельством активности покмарок, например, является наличие в водной толще над покмарками газовых факелов и вертикальных зон акустической мутности /прозрачности (газовых труб) на сейсмических профилях под покмарками.

Учитывая опасность покмарок для морских сооружений используя сонарную съемку, непрерывное сейсмоакустическое профилирование и телеуправляемые необитаемые

подводные аппараты в ряде нефтегазодобывающих стран ведутся наблюдения за скоростью и размерами покмарок.

Вместе с тем остаются слабо изученными вопросы возможности возникновения и развития покмарок, частоты их образования. Между тем идентификация опасностей и прогноз их проявления являются обязательным в свете новой стратегии борьбы с природными катастрофами [9].

В России, проблема оценки опасностей покмарок впервые решалась при строительстве газопровода Россия – Турция. В ходе изысканий по трассе газопровода на шельфе и в пределах абиссальной равнины были обнаружены покмарки диаметром от 10 до 30 м. Были даны рекомендации избегать укладки трубопровода через активные покмарки, поскольку выход газа может представлять опасность. Укладка трубы через неактивные покмарки возможна при условии, что образовавшийся пролет находится в допустимых пределах. Отмечалось, что в случае образования крупной покмарки на трассе после укладки трубопровода может нарушиться состояние его равновесия, что приведет к возникновению изгибающего момента.

Механизм образования покмарок и особенности их географического распространения на дне Мирового океана и, в частности, в арктических морях подробно описаны в работе А.Г. Джадда и М. Ховланда [15].

Согласно общепринятому определению покмарки представляют собой округлые или продолговатые депрессии, обычно образующиеся в слабых грунтах (илах, глинах текучей консистенции, рыхлых песках) за счет выброса газа вместе с осадками в водную толщу. Однако не все структуры, имеющие такую морфологию, могут рассматриваться в качестве покмарок.

Покмарки следует отличать от термокарстовых воронок, которые также встречаются на прибрежном шельфе арктических морей и от замкнутых депрессий тектонической природы.

В пределах изученной акватории арктических морей встречаются два типа газовыделений: с образованием покмарок и без возникновения таковых. Покмарки в придонной части осадочного разреза с помощью дистанционных методов обнаружены в Баренцевом, Печорском, Чукотском морях [8]. Наибольшая концентрация покмарок зафиксирована в Баренцевом море. Здесь выявлены два морфологических типа покмарок: округлые (конусовидные) и продолговатые. Происхождение продолговатых покмарок, мы, вслед за Юддом и Ховландом связываем с вязко-пластичным смещением неконсолидированных осадков, которые и определяют их удлиненную форму [15].

Покмарки встречаются на всей изученной площади Баренцева моря, за исключением Кольского склона. Плотность покмарок варьирует в широком диапазоне: от 1–2 шт./км^2 в пределах Штокмановской впадины до 300–350 шт./км в границах Мурманской банки, в среднем 15–40 шт./км^2. Доля площади морского дна занятая воронками составляет на отдельных участках 60–75% (результат площадной эмиссии метана, что свидетельствует, видимо, о наличии в прошлом, на шельфе Баренцева моря регионального флюидоупора сложенного многолетнемерзлыми породами).

Типичные размеры продолговатых покмарок: длина 60–280 м, ширина 30–120 м, глубина 6–10 м (при допустимой протяженности свободных пролетов на этапе эксплуатации трубопровода 58–107 м). Длинные их оси ориентированы преимущественно в направлении СВ-ЮЗ. Округлые, воронкообразные покмарки имеют следующие размеры: диаметр 5–120 м, глубина 0,5–8 м.

Обнаружены одиночные формы, группы тесно слившихся покмарок и покмарки, образующие цепочки. Обращают на себя внимание цепочки покмарок, приуроченных к реликтовым айсберговым бороздам выпахивания (плугмаркам).

Приуроченность покмарок на отдельных участках Баренцева моря именно к плугмаркам, вероятно, объясняется разрушением в трансгрессивную эпоху килями древних

айсбергов флюидоупоров (мерзлых или охлажденных пород, препятствовавших эмиссии газа вверх по разрезу), что приводило к выбросу метана из донных отложений и локализации воронок в бороздах. Аналогичное явление (приуроченность современных газовых потоков к бороздам) обнаружено в морях восточной Арктики [4].

Как показали сейсмоакустическое профилирование и пробоотбор, в настоящее время большинство воронок в Баренцевом море, в той или иной степени заполнены голоценовыми осадками мощностью 4–6 м и более (обнаружены полностью погребенные воронки). В то же время часть воронок практически не имеют осадочного заполнения. Это наводит на мысль, что покмарки имеют разный возраст и, возможно образуются и в настоящее время.

Следует однако, отметить, что степень заполнения покмарок осадками не является надежным критерием их возраста. Установлено, что неактивные покмарки могут достаточно долго сохраняться на морском дне. О. Хаммер и др. [13] показали, что при наличии придонных течений над покмарками возникает апвеллинг, который приводит к отклонению придонных течений и уменьшению скорости осадконакопления над покмарками.

В ходе наших исследований ни гидролокацией бокового обзора, ни эхолотированием не были обнаружены признаки современной разгрузки газов (газовые факелы) в водную толщу на участках распространения покмарок.

Это позволяет сделать вывод, что изученные донные формы рельефа являются реликтовыми, и возникли в период голоценового послеледникового потепления в Западной Арктике или находятся, как и покмарки Чукотского моря, в «спящей» стадии [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Богоявленский В.И.* Угроза катастрофических выбросов газа из криолитозоны Арктики. Воронки Ямала и Таймыра // Бурение и нефть. – 2014. – № 9. – С. 13–18.

2. *Мельников В.П., Спесивцев В.И.* Инженерно-геологические и геокриологические условия шельфа Баренцева и Карского морей. – Новосибирск: Наука, Сибирская издательская фирма РАН, 1995. – 198 с.

3. *Лейбман М.О., Плеханов А.В.* Ямальская воронка газового выброса: результаты предварительного обследования // Холод'ок. – 2014. – № 2 (12). – С. 9–16.

4. *Лобковский Л.И., Никифоров С.Л., Шахова Н.Е. и др.* О механизмах деградации подводных многолетнемерзлых пород на восточном арктическом шельфе России // Доклады АН. – 2013. – Т. 449. – № 2. – С. 185–188.

5. *Логвина Е.А., Матвеева Т.В., Гладыш В.А. и др.* Комплексные исследования покмарок на Чукотском плато // Проблемы Арктики и Антарктики. – 2011. – № 2 (88). – С. 45–54.

6. *Локтев А.С.* Опасные геологические процессы и явления на шельфе арктических морей в связи с перспективами нефтегазодобычи // Проблемы биологии и геологии в связи с перспективой рыболовства и нефтегазодобычи в Азовском море: тез. докладов. – Ростов-на-Дону, 2000. – С. 36–37.

7. *Миронюк С.Г., Клещин С.М.* Опыт применения геофизических методов с целью идентификации морских геологических опасностей // ГеоИнжиниринг. – 2010. – № 1. – С. 48–54.

8. *Миронюк С.Г., Отто В.П.* Газонасыщенные морские грунты и естественные газовыделения углеводородов: закономерности распространения и опасность для инженерных сооружений // Георск. – 2014. – № 2. – С. 8–18.

9. *Осипов В.И.* Опасные природные процессы – стратегические риски России // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. – М.: ГЕОС, 2008. – № 68. – С. 5–9.

10. *Рокос С.И.* Газонасыщенные отложения верхней части разреза Баренцево-Карского шельфа: автореф. дис. … к.г.н. – Мурманск, 2009. – 21 с.

11. *Шестопалов В.М., Макаренко А.Н.* О некоторых результатах исследований, развивающих идею В.И. Вернадского о «газовом дыхании Земли // Геологический журнал. – 2013. – № 3. – С. 7–25.

12. Guidance notes on geotechnical investigations for marine pipelines. Issue: OSIG rev 03. Status: Final for Issue. Date: 17/09/04.

Prepared by the Pipeline Working Group of the Offshore Soil Investigation Forum Updated 2004. – 47 p.

13. *Hammer O., Webb K.E., Depreiter D.* Numerical simulation of upwelling currents in pockmarks and data from the Inner Oslofjord, Norway // Geo-Marine Letters. – 2009. – Vol. 29. – P.269–275.

14. *Hovland M., Judd A.G.* Seabed Pockmarks and Seepages. Impact of Geology, Biology and the Marine Environment. – London: Graham and Trotman Ltd., 1988. – 293 p.

15. *Judd A., Hovland M.* Seabed Fluid Flow, the impact on geology, biology and the marine environment. – Cambridge: Cambridge University, 2007. – 475 p.

16. Offshore Standard DNV OS-F101: Submarine Pipeline Systems. – Det Norske Veritas, October, 2010. – 238 p.

НОВЫЕ ДАННЫЕ О СЕЙСМИЧНОСТИ И СКОРОСТНОЙ СТРУКТУРЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ ЗОНЫ ПЕРЕХОДА «КОНТИНЕНТ–ОКЕАН» В БАРЕНЦЕВО-КАРСКОМ РЕГИОНЕ АРКТИКИ

***А.Н. Морозов*[*], *Н.В. Ваганова*[*], *Я.В. Конечная*[**]**

[*]*Институт экологических проблем Севера УрО РАН, Архангельск*
E-mail: morozovalexey@yandex.ru
[**]*Геофизическая служба РАН, Архангельск*
E-mail: arh-seismo@yandex.ru

NEW DATA ABOUT SEISMICITY AND CRUSTAL VELOCITY STRUCTURE OF THE «CONTINENT-OCEAN» TRANSITION ZONE OF THE BARENTS-KARA REGION IN THE ARCTIC

This paper presents time-lapse seismic data obtained from the «continent-ocean» transition zone of the Barents-Kara region during the period from 2011 to 2014.

Возобновление с 2011 г. инструментальных сейсмологических наблюдений на архипелаге Земля Франца-Иосифа (о. Земля Александры) с помощью современной широкополосной и короткопериодной аппаратуры позволило создать благоприятные условия для проведения сейсмического мониторинга ряда районов Арктики, в частности, зоны перехода «континент-океан» в Баренцево-Карском регионе [1].

Сейсмический мониторинг района исследования проводился на основе данных сейсмической станции ZFI за период с октября 2011 г. по январь 2014 г. по району, ограниченному координатами: по широте от 80,5 до 84,5°; по долготе от 5,0 до 115,0°. Станция ZFI входит в Архангельскую сейсмическую сеть и функционирует на о. Земля Александры архипелага Земля Франца-Иосифа [1]. Всего за период наблюдений зарегистрировано 52 землетрясения. Значения магнитуд ML варьируются от 0,7 до 3,3. Однако из-за небольших значений магнитуд и удаленностью сейсмических станций вычислить значений глубин не удалось.

Пространственное распределение эпицентров имеет ряд характерных особенностей (рис. 1).

Прослеживается четкая приуроченность эпицентров к отрицательным морфоструктурам континентального склона (грабенам). Большая часть зарегистрированных землетрясений приходится на грабены Франц-Виктория и Св. Анны. В районе самих грабенов эпицентры землетрясений также расположены неравномерно. Особенности пространственного распределения землетрясений представляют определенный научный интерес. Полученные данные, дополнительно с имеющейся геофизической информацией, позволяют по-новому взглянуть на геодинамику региона. Постараемся определить, маркером какого геодинамического процесса являются зарегистрированные землетрясения.

Формирование рифтогеных структур в Баренцево-Карском регионе является следствием процессов растяжения земной коры при формировании Евразийского суббассейна.

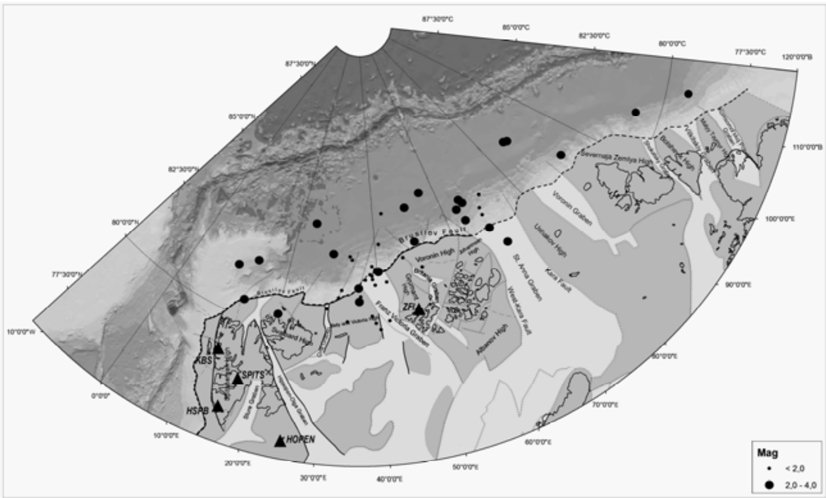


Рис. 1. **Распределение эпицентров землетрясений в зоне перехода «континент-океан» Баренцево-Карского региона**

Заложение регмагенной структуры желобов началось на доспрединговом этапе развития этого бассейна (стадия «break-up»). Согласно данным, приведенным в статье [2], стадия «break-up» охватила период времени около 100 млн лет от второй половины юры до конца мела. Дальнейшее формирование этих рифтов шло по сложной схеме с участием не столько разрывных, сколько реидных деформаций. Поэтому к настоящему времени период активного рифтогенеза завершился, и он не должен нести существенного вклада в уровень сейсмичности рассматриваемого региона.

Данный вывод подтверждается исследованиями по изучению теплового потока в грабене Франц-Виктория, который характеризуется в целом фоновыми значениями для Баренцева моря [3]. Имеются также данные геоакустического профилирования [2] по желобам Франц-Виктория и св. Анны, которые не дают оснований для выделения разрывных нарушений.

В 2006–2009 гг. сотрудниками Геологического Института РАН совместно с Норвежским Нефтяным Директоратом были проведены три экспедиции по уточнению строения отдельных участков зоны перехода «континент-океан» северо-западного обрамления Баренцева моря [4]. В ходе экспедиций на континентальном склоне Северного-Ледовитого океана была выявлена система крупных оползневых тел. А в толще грабена Орли были выявлены признаки интенсивного выноса крупнообломочного материала турбидитной фракции и формирование конусов выноса. На западном борту наблюдались нарушения, возникающие, скорее всего, из-за изостатической компенсации лавинного осадконакопления. Поэтому можно предположить, что восточные грабены, начиная с грабена Франц-Виктория, также являются своего рода каналами для транспортировки осадочного материала.

Сотрудниками Кольского филиала Геофизической службы РАН [5] изучался характер проявления сейсмичности в западной части шельфа Баренцева моря в районе континентального склона. В [5] была выдвинута гипотеза, согласно которой большая часть слабых землетрясений являются следствием оползневых процессов на крутых участках шельфа, а их сезонность – результат резкого изменения массопотока аллювиального материала в теплый сезон года.

Таким образом, обобщая имеющиеся геофизические, геотектонические и полученные нами сейсмические данные можно предположить, что превалирующим геодинамическим факторов, отвечающим за возникновение слабых землетрясений, является изостатическая компенсация лавинного осадконакопления в зоне перехода «континент–океан».

За период функционирования сейсмической станции ZFI кроме землетрясений на локальных и региональных расстояниях регистрировались землетрясения и на телесейсмических расстояниях. Это дало возможность оценить скоростную структуру земной коры в подстанционной об-

ласти с помощью метода PRF. Была отобрана 41 запись землетрясений со всех азимутальных направлений и эпицентральных расстояний от 35 до 90°. Магнитуды землетрясений варьировались от 5,8 до 8,3, а глубины очагов до 300 км. Расчеты проводились по программам, разработанным в Институте Физики Земли РАН к.ф. – м.н. Г.Л. Косаревым [6]. Итоговая одномерная скоростная модель Vp и Vs приведена на рис. 2.

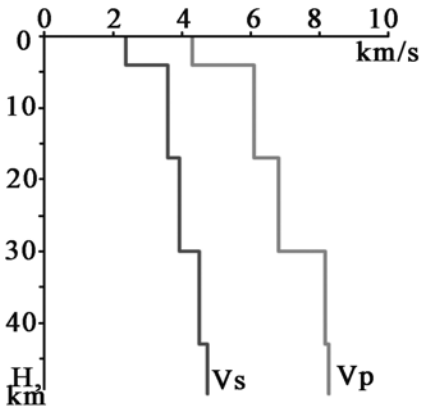


Рис. 2. **1-D скоростные модели земной коры и верхней мантии под станцией ZFI**

В разрезе наблюдаются несколько границ раздела, выделенные по разной степени прослеживаемости обменных волн. Наиболее интенсивно в земной коре выделяются (снизу вверх): раздел Мохо на глубине 30 км со скоростями в подстилающей мантии Vp = 8,15 км/с и Vs = 4,5 км/с; граница внутри консолидированной коры на глубине 17 км с Vp = 6,8 км/с и Vs = 3,9 км/с; граница осадочного слоя общей мощностью около 4 км с Vp = 4,3 км/с и Vs = 2,36 км/с.

Особенностью полученного глубинного разреза является небольшая глубина залегания раздела «кора–мантия» (H = 30 км). Наблюденное утонение консолидированной ко-

ры до 26 км (без учета осадочного покрова) является результатом образования рифтогенных структур, связанных с растяжениями земной коры в условиях континентального рифтогенеза и перехода континентальной коры в океаническую. При этом полученные скорости продольных и поперечных волн в земной коре и верхах мантии не являются аномальными и имеют значения, характерные для континентальной коры.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Антоновская Г.Н., Данилов К.Б., Конечная Я.В., Данилов А.В.* Установка и первые результаты работы сейсмической станции ZFI на архипелаге Земля Франца-Иосифа // Физический вестник Института естественных наук и биомедицины САФУ. – 2011. – Вып. 10. – С. 31–38.

2. *Верба М.Л.* Современное билатеральное растяжение земной коры в Баренцево-Карском регионе и его роль при оценке перспектив нефтегазоносности // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2007. – Т. 2. – URL: http://www.ngtp.ru/rub/4/026.pdf

3. *Хуторской М.Д., Леонов Ю.Г., Ермаков А.В., Ахмедзянов В.Р.* Аномальный тепловой поток и природа желобов в северной части Свальбардской плиты // Докл. РАН. – 2009. – Т. 424. – № 2. – С. 1–7.

4. *Зайончек А.В., Брекке Х., Соколов С.Ю., Мазарович А.О., Добролюбова К.О., Ефимов В.Н., Абрамова А.С., Зарайская Ю.А., Кохан А.В., Мороз Е.А., Пейве А.А., Чамов Н.П., Ямпольский К.П.* Строение зоны перехода континент-океан северо-западного обрамления Баренцева моря (по данным 24, 25 и 26 рейсов НИС «Академик Николай Страхов», 2006–2009 гг.) // Строение и история развития литосферы. Вклад России в Международный Полярный Год. – Т. 4. – М.: Paulsen, 2010. – С. 111–157.

5. *Виноградов А.Н., Баранов С.В.* Возможное влияние оползневых процессов на сейсмичность северо-западной части Баренцева моря // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных: Мат-лы 8-й Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 99–103.

6. *Kosarev G.L., Makeyeva L.I., Vinnik L.P.* Inversion of teleseismic P-wave particle motions for crustal structure in Fennoscandia // PEPI. – 1987. – Vol. 47. – P. 11–24.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ВОПРОСОВ ЭКОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

А.И. Никонов

Институт проблем нефти и газа РАН, Москва
E-mail: eco_lab@ipng.ru

RECENTLY APPROACHES TO ENVIRONMENTAL AND INDUSTRIAL SAFETY OF OIL AND GAS FACILITIES OF ARCTIC REGION

The article describes Issues regarding the assessment of Impact oil 3 gas Industry has upon the environment, the assessment being based on the landscape approach. It also touches upon the evaluation of topographical relief modification factor In oil and gas production fields connected to the modern geodynomlc state of the earth.

На данный момент в географии для равнинных пространств, в основном, разработаны теоретические представления и методы организации ландшафтных систем на региональном уровне. Главными ее факторами является географическая зональность, определяемая наличием в географическом пространстве свойств векторности (наибольшая контрастность значения признака), и природно-территори-

альная структура, определяющаяся градиентами значений, характеризующими данную систему. Поэтому основными механизмами изменения структуры поверхности Земли в данном масштабе являются климатическая зональность, характеризующаяся вековыми циклами и эрозионными процессами, определяющимися уклонами поверхности и влиянием на них коротко периодичных климатических факторов.

Принято считать, что тектонический фактор играет подчиненную роль в современных процессах рельефа образования, так как смена тектонических обстановок, приводящих к изменению рельефа поверхности, проявляется на геологических временах. Существующие попытки разработать методы организации ландшафтных систем платформенных территорий на локальном уровне не всегда увязываются со скоростями геодинамических процессов, которые по мнению В.Г. Трифонова, В.И. Макарова, и А.А. Никонова, сказываются, в основном, на региональном уровне, причем скорость этих региональных поднятий измеряется миллиметрами в год, что не может оказать существенного влияния на процессы преобразования рельефа.

Локальный и зональный уровни организации геопространства, в большей степени, определяется наличием зон сноса, аккумуляции и устойчивого равновесия, которые зависят от морфоскульптурных элементов рельефа, литогенной основы, уклонов наклона поверхности и изменении этих характеристик во времени. Скорость изменения форм рельефа зависит от физико-механических и физико-химических свойств горных пород, а также формирующихся на них почв и покрывающих их растительных сообществ. Таким образом, в основе динамических преобразований рельефа поверхности для данного масштаба территорий являются процессы перераспределения массы горных пород под действием различных градиентов (силы тяжести, потока вещества и т.п.), которые определяются степенью расчле-

ненности рельефа, то есть понятием локального базиса эрозии.

Проведение детальных и систематических исследований современных геодинамических процессов (начало и конец которых, фиксируются периодическими или непрерывными наблюдениями), проводившиеся на геодинамических полигонах, расположенных как в сейсмичных, так и в асейсмичных районах позволили получить принципиально новые данные об уровне современного геодинамического состояния недр [1; 2]. Принципиальным в этих исследованиях явился тот факт, что высоко градиентные движения, превышающие на порядок уровень региональных, связан не с вертикальными перемещениями бортов разломных зон, а проседанием горных пород, происходящим в локальных объемах самих разломных зон. Измерения, проводившиеся в пределах платформенных и орошенных территорий, имеющих различное геологическое строение и географическое положение позволили выявить приуроченность наиболее интенсивных современных вертикальных движений земной поверхности к зонам разломов имеющих ширину от 0,1 до 1,5–2,0 км. Поэтому такие современные геодинамические процессы способны приводить к недопустимым отклонениям проектных параметров грунтов оснований и конструкционных материалов по степени деформационных нагрузок.

На самом деле механизмы индуцированных воздействий на разломную зону более сложные и многофакторые. Они изучены и описаны в многочисленных научных монографиях и работах [1–4]. Для данной статьи значимым является вопрос: оказывают ли они воздействие на устойчивость ландшафтных структур?

Для ответа на этот вопрос по данным повторных измерений в разных районах расположения объектов НГК был выполнен расчет значений углов наклона земной поверхности при формировании локальных просадок в разломных зонах, которые могут образоваться в рельефе за 30–70 лет разработки месторождения (табл. 1).

Таблица

Рассчитанные значения углов наклона земной поверхности при формировании локальных просадок в зонах разломов по данным натурных измерений

Ширина разломной зоны, *D*(*m*)	**Величина оседания земной поверхности, *h*(*m*)**	**Середина расстояния ширины разломной зоны *d* = *D*/2**	**Наклон земной поверхности, α (°)**		
1500	0,1	750	0,008		
1500	0,2	750	0,015		
1500	0,3	750	0,023		
500	0,1	250	0,023		
500	0,2	250	0,046		
500	0,3	250	0,069		
300	0,1	150	0,038		
300	0,2	150	0,076		
300	0,3	150	0,114		

Из табл. видно, что углы наклона земной поверхности, формирующиеся в разломной зоне, в зависимости от ее ширины и величины осадки могут измеряться от 0,1 до 0,01°. При таких наклонах поверхности относительные деформации горных пород в зоне разлома составят 10^{-4} – 10^{-5}, что приводит к разупрочнению и разрушению горных пород в данной зоне, а значит, к изменению их физико-механических свойств. Из таблицы также видно, что углы наклона в диапазоне 0,07–0,10° для платформенных территорий могут оказывать влияние на активизацию опасных экзогенных процессов, связанных с изменением базиса эрозии и находящихся на разных стадиях проявления [5]. Исходя из срока разработки объектов НТК и стадий интенсификации нефтегазоотдачи, приводящих к перераспределению зон локальных напряжений горных пород, как в продуктивной части, так и залегающих выше и ниже, находящихся в условиях регионального поля напряжений, оказывают воздействие на параметры менее жесткой среды, представленной зоной разлома.

Таким образом, проявление современных геодинамических процессов в разломных зонах позволяет выявить новый фактор современных изменений рельефа земной поверхности и ландшафтных условий на локальном уровне географического пространства, а также оценить связь и ритмику возникновения опасных геологических процессов [6]. Данный фактор наиболее сильно может оказывать воздействия в пределах территорий, расположенных в криолитозоне, где заболачивание и подтопление территорий может приводить к резким изменениям альбедо поверхности и активизации термокарстовых и термоэрозионных процессов.

Несмотря на то что здесь обсуждается очень небольшая часть вопросов природопользования и охраны ОС, важным является утверждение, что именно локальная, а не региональная составляющая техногенного воздействия на ландшафтные структуры в пределах территориях разрабатывае-

мых месторождений определяет ход изменения региональных закономерностей природной среды за счет взаимосвязанных эндогенных и экзогенных факторов [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кузьмин Ю.О.* Современные суперинтенсивные деформации земной поверхности в зонах платформенных разломов // Научно-тех. сб. «Геологическое изучение и использование недр». – М., 1996. – Вып. 4. – С. 43–53.

2. *Кузьмин Ю.О.* Современная геодинамика и оценка геодинамического риска при недропользовании. – М.: АЭН, 1999. – 220 с.

3. *Кузьмин Ю.О.* Современная геодинамика разломных зон // Физика Земли. – 2004. – № 10. – С. 95–112.

4. *Кузьмин Ю.О.* Тектонофизические проблемы современной геодинамики // Современная тектонофизика. Методы и результаты. – М., 2011. – Т. 2. – С. 19–52.

5. *Кузьмин Ю.О.. Никонов А.И.* Изменение рельефа земной поверхности, обусловленные современной геодинамикой разломов // Мат-лы Всерос. конф. «Новые и традиционные идеи в геоморфологии» (V Щукинские чтения). – М., 2005. – С. 36–38.

6. *Кузьмин Ю.О., Никонов А.И.. Шаповалова Е.С.* Развитие опасных экзогенных процессов при изменении структуры ландшафтов под воздействием геодинамических факторов // Материалы Всерос. совещания и молодежной школы «Современная геодинамика Центральной Азии и опасные природные процессы: результаты исследований на количественной основе» (23–29 сентября 2012 г.). – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2012. – С. 102–104.

7. *Никонов А.И., Тупысев М.К., Шаповалова Е.С. Юрова М.П.,* Геодинамические факторы техногенной оценки воздействия на ландшафт при разработке нефтегазовых месторождений // Нефтепромысловое дело. – М.: ВНИИОЭНГ, 2014. – № 12 – С. 51–56.

ОПАСНОСТЬ ПРОВАЛА В МЕРЗЛОЙ ТОЛЩЕ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ

Г.П. Постоев

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва
E-mail: opolzen@geoenv.ru, www.opolzni.ru

THE RISK OF FORMATION OF HOLES IN FROZEN STRATA IN THE ARCTIC REGION

The article discusses the mechanism of formation of a hole (depression) in a frozen strata above the cavity which was formed due to the impact of warm gases on the stratum of ice. The calculation formulae for determination of the parameters of a hole and of a trough of subsidence and the results of calculations in relation to the hole on the Yamal Peninsula (July 2014) are presented.

Известный провал на Ямале, произошедший в июле 2014 г., вызвал большой интерес к данному явлению, как с точки зрения опасности для техногенных сооружений в данном районе, так и познания его природы и механизма с целью возможного прогнозирования подобных катастрофических деформаций массивов мерзлых пород. Параметры провала, по сообщениям специалистов-мерзлотоведов составили: диаметр провала в стволе – около 26 м, воронки (с бруствером) на поверхности – 30 м, глубина около 50 м, границы выброса грунтов – 22, 60 и 120 м в зависимости от объемов и крупности грунтовых фракций. Было предложено много гипотез о природе и механизме образования провала. Но большинство исследователей, преимущественно мерзлотоведов, приходят к выводу, что образование провала связано с выбросом газа [1]. Высказывалось сравнение механизма рассматриваемого события с вылетом пробки из бу-

тылки с шампанским. Однако упомянутые представления не объясняют многие явления, которые установлены к настоящему времени. В частности можно отметить следующие: четкое цилиндрическое очертание провала; глубина до дна провала 45–60 м, но в продуктах выброса этого объема нет; для вылета «пробки» надо иметь идеально подготовленный ствол («горловину бутылки»).

В статье предлагается иной механизм образования провала, в котором полагается, что в первую очередь образуется полость в массиве многолетнемерзлых пород (ММП) и далее происходит изменение напряженно-деформированного состояния (НДС) вышезалегающей толщи, формирование предельного состояния и образование провала в виде локального обрушения вниз цилиндрообразной части массива.

Исходные условия. Принимается, что толща ММП имеет горизонтальную дневную поверхность. Мерзлые грунты находятся в условиях компрессии, т.е. вертикального сжатия при невозможности боковых деформаций. Исходное состояние грунта в каждой точке массива, принимая ее положение на горизонтальной площадке, описывается законом Кулона-Мора:

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3 + 2c \cdot ctg\varphi} = \sin\varphi, \text{ или } \frac{\sigma_3}{\sigma_1 - \sigma_{str}} = tg^2(45 - \varphi/2), \quad (1)$$

где σ_1 и σ_3 – соответственно наибольшее и наименьшее главные напряжения (при упомянутом выше допущении горизонтальные главные напряжения взаимно перпендикулярны и равны между собой, $\sigma_3 = \sigma_2$);

σ_{str} – структурная прочность грунта на глубинеZ_a массива с вертикальным наибольшим напряжением $\sigma_{1a} = \gamma Z_a$; с горизонтальными – $\sigma_{2a} = \sigma_{3a} = m(\sigma_1 - \sigma_{str})$, где $m = tg^2(45 - \varphi/2)$). Индекс *a* определяет, что имеет место активное предельное равновесие.

σ_{str} определяется по формуле:

$$\sigma_{\text{str}} = 2c \cdot tg(45 + \varphi / 2)\,, \qquad (2)$$

где c и φ – сцепление и угол внутреннего трения грунта.

Структурная прочность грунта может быть определена из испытаний на приборах трехосного сжатия, на сдвиг и на одноосное сжатие. В последнем случае структурная прочность соответствует пределу прочности грунта на одноосное сжатие.

Структурная прочность σ_{str} льда составляет 3,0–4,0 МПа и более (при температуре -7 °С и ниже). В мерзлых грунтах структурная прочность еще выше (до 16–18 МПа). При повышении температуры значение прочности льда стремится к 0.

Появление полости. Появление в массиве локального силового возмущения, в виде образования полости в пласте льда вызывает изменение НДС толщи над полостью (рис.).

Вытаивание льда на глубине толщи ММП могло произойти вследствие поступления разогретого газа по разломам с глубинных скоплений.

По данным В.И. Богоявленского [1], в исследуемом районе на глубине 1000 м температуры газов могут достигать 30–36 ^{o}С, а при бурении установлено, что концентрации газов отмечались на глубинах 20–90 м. В пограничном слое начинаются деформации грунта в полость и образуется локальная зона разгрузки напряжений (зона р). Происходит ориентация сил в горизонте и, в целом, в массиве, с учетом появившейся зоны (p). В активной зоне (a) на глубине Z_a вертикальное главное напряжение в исходном состоянии $\sigma_{1a} = \gamma Z_a$ = const. А горизонтальные напряжения по радиальному направлению со стороны разгрузки имеют тенденцию к снижению от начальных значений $\sigma_{3p} = \sigma_{3a} = m(\sigma_{1a}$-$\sigma_{str})$, в исходных условиях, до σ_{3pcr}.

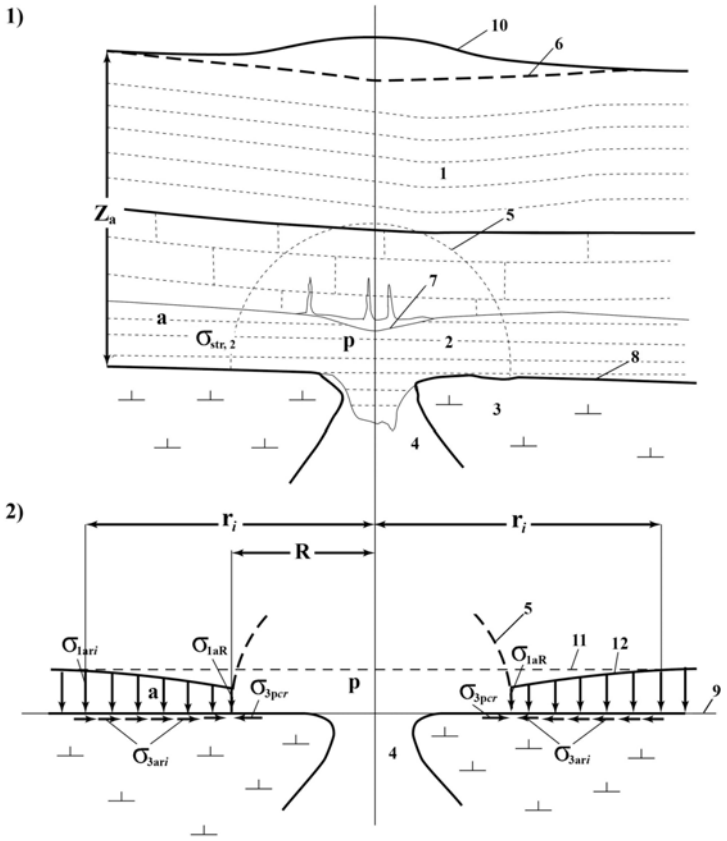


Рис. **Схема формирования провала в мерзлой толще:**
***1* – схематический разрез на участке формирования провала;**
***2* – схема распределения главных напряжений в слое над полостью;**

1 – покровная толща над горизонтом с отверстием в полость; *2* – пограничный слой на контакте с полостью в пласте льда; *3* – пласт льда; *4* – полость; *5* – свод напряжений над отверстием в полость; *6* – мульда; *7* – изгиб и деформации слоев; *8* – подошва пограничного слоя; *9* – горизонт контакта с полостью; *10* – бугор при промерзании воды в трещинах; *11* – исходное равномерное распределение напряжений $\sigma_{1a} = \gamma Z_a$ на глубине Z_a; *12* – распределение напряжений σ_{1ari} на глубине Z_a вокруг оси через полость со снижением значения при уменьшении r_i. *a* – «активная» зона изменения напряженного состояния массива вокруг отверстия в полость; *p* – условно «пассивная» зона разгрузки напряжений над отверстием

Напряжения в локальной зоне над полостью преобразуются в сводовые силовые сферообразные поверхности (дуги окружностей на разрезе). Формируется основной свод (см. рис., *5*), который перераспределяет вертикальные главные напряжения на глубине Z_a пограничного слоя, от веса вышележащих пластов, в опорное давление свода, обеспечивая равновесие сил в его основании.

Предельное состояние. При возникновении и развитии полости происходит изменение НДС от исходного до предельного, предшествующего провалу. Предельное состояние описывается уравнением [2]:

$$(\gamma \cdot Z_a - \sigma_{str})(1 - \frac{1}{R}) = \frac{\pi}{2}\gamma R, \qquad (3)$$

где R – радиус сечения провала и соответственно радиус свода;

Z_a – мощность покровной толщи над полостью;

γ – среднее значение удельного веса грунтов толщи.

Здесь $\sigma_{1pcr} = \gamma R$ – вертикальное давление в опорной части свода по окружности радиусом R.

Наличие характерной цилиндрической формы провала обязано формированию граничной кривой в предельном состоянии основания свода по напряжениям.

Изменение ндс и формирование мульды. Образование полости приводит к допредельному изменению НДС пограничного слоя (горизонта). Вследствие влияния средних главных горизонтальных напряжений в каждой точке, удаленной от оси, проходящей через полость на r_i, происходит снижение исходных значений наименьшего и соответственно наибольшего главных напряжений (см. рис., *12*) в зависимости от величины r_i, в соответствии с (1):

$$\sigma_{1ari} = \gamma Z_i = (\gamma Z_a - \sigma_{str})(1 - 1/r_i) + \sigma_{str}. \qquad (4)$$

Снижение вертикального давления в указанном слое вызывает также деформации осадки слоя ΔZ_i в соответствии со снижением γZ_i. Эти процессы вызывают деформирование всей толщи, образуя мульду на дневной поверхности, а в условиях Арктики – бугра, вследствие замерзания воды в трещинах (см. рис., *10*).

Опорное давление свода обеспечивает устойчивость коренного массива по граничной кривой (кольцу в пограничном слое) радиусом *R*, в соответствии с (3), но не столба над сводом. Под своим весом он подобно поршню обрушается в полость с выбросом в виде взрыва газов и воды из полости, с захватом кусков льда и мерзлого грунта, на поверхность вокруг провала.

Расчет параметров провала на ямале. Принимая глубину до полости Z_a = 80 м; структурную прочность грунтов пограничного слоя при частичном его прогревании газами σ_{str} = 1100 кН/м^2; среднее значение удельного веса толщи ММПγ = *20 кН/м*^{3},получено по уравнению (3), что радиус провала R = 13,4 м.

В табл. приведен расчет допредельного изменения вертикальных напряжений σ_{1ari} и возникающих деформаций ΔZ_i в пограничном слое над полостью в диаметре 200 м вокруг формируемого провала.

Таблица

Расчет допредельного изменения вертикальных напряжений и деформаций на глубине Z_a в зависимости от расстояния *i*-й точки до вертикальной оси полости

r_i, м	$1/r_i$, м/м	$1–1/r_i$	σ_{1ari}, кПа	$\Delta\sigma_{1ari}/\Delta Z_i$, кПа/м	$\Delta\sigma_{1ari}$, %
13	0,0769	0,923	1561,5	38,5/1,93	2,4
13,7	0,073	0,923	1563,5	36,5/1,83	2,3
20	0,05	0,95	1575	25/1,03	1,6

Окончание табл.

r_i, м	$1/r_i$, м/м	$1–1/r_i$	σ_{1ari}, кПа	$\Delta\sigma_{1ari}/\Delta Z_i$, кПа/м	$\Delta\sigma_{1ari}$, %
30	0,0333	0,9667	1583,4	16,7/0,84	1,04
40	0,025	0,975	1587,5	12,5/0,63	0,78
70	0,014	0,986	1593	7/0,35	0,44
100	0,01	0,99	1595	5/0,25	0,31

Таким образом, предложен новый механизм и технология расчета параметров провала, образуемого в толще многолетнемерзлых пород путем формирования и обрушения цилиндрообразного столба мерзлых пород в полость, созданную теплыми газами в пласте подземного льда.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Богоявленский В.И.* Угроза катастрофических выбросов газа из криолитозоны Арктики. Воронки Ямала и Таймыра // Бурение и нефть. – 2014. – № 9. – С. 13–18.

2. *Постоев Г.П.* Предельное состояние и деформации грунтов в массиве (оползни, карстовые провалы, осадки грунтовых оснований). – М.; СПб.: Нестор-История, 2013. – 100 с.

КАТАСТРОФИЧЕСКОЕ РАЗРУШЕНИЕ БЕРЕГОВЫХ КРИОГЕННЫХ ГЕОСИСТЕМ ВОСТОЧНОЙ АРКТИКИ В СОВРЕМЕННЫХ И ПРОГНОЗИРУЕМЫХ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ

С.О .Разумов

Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, Якутск
E-mail: razum55@mail.ru

A CATASTROPHIC DESTRUCTION OF THE COASTAL CRYOGENIC GEOSYSTEMS OF EASTERN ARCTIC IN CURRENT AND FORECAST NATURAL-TECHNOGENIC CONDITIONS

The data on destructive coastal cryogenic processes rates under modern frost climatic and technogenic conditions for Russian east Arctic are given. The prognostic model of ice-rich coasts development under the impact of the technogenic factors and climatic changes in the 21st century is offered. In case warming of the summer season on 3 °C to the middle of the 21st century coastal cryogenic processes will develop rapidly in the east arctic seas in conditions of intensive use of natural resources. Thus activity erosion processes will increase 5–7 times regarding modern coastal dynamics in natural conditions. The rate of local destruction of coasts with macro-ice content 50% may reach 30–40 m/year.

Следствием потепления климатических условий в конце XX – первом десятилетии XXI в. явилась резкая активизация деструктивных криогенных процессов на обширных площадях ледового комплекса приморских низменностей и, особенно, на побережье восточного сектора Арктики. В районах интенсивного природопользования эти процессы развивались быстрыми темпами (скорость разрушения льдистых берегов достигала 17 м/год).

Для оценки тенденций изменения темпов разрушения льдистых берегов восточных арктических морей России, сложенных позднеплейстоценовым ледовым комплексом (рис. 1), в естественных условиях была применена физико-математическая модель динамики криогенных морских берегов в нестационарных климатических условиях [2]. В этой модели климатические вариации и пространственная неоднородность мерзлотно-геологических характеристик являются основными влияющими факторами термоабразии арктических берегов.

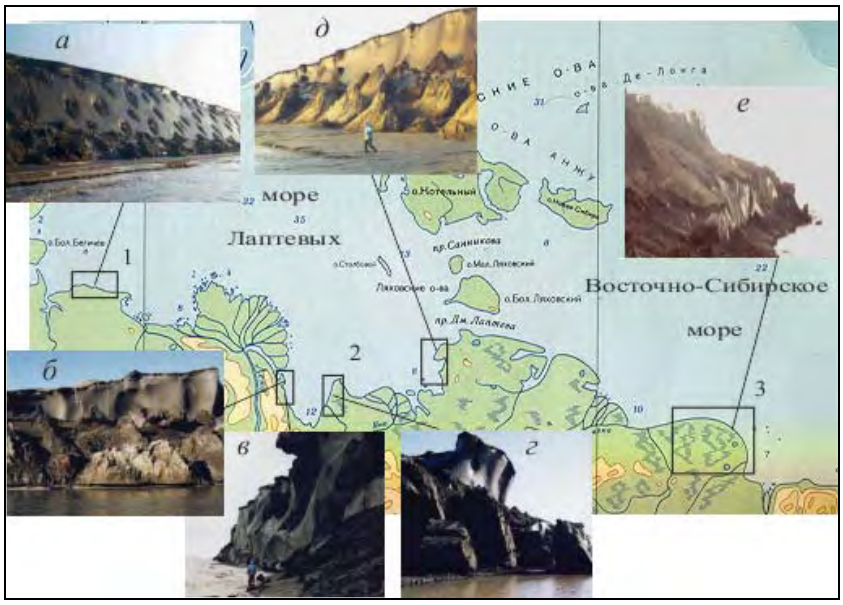


Рис. 1. **Районы многолетних измерений темпов отступания берегов:**

1 – Анабаро-Оленекский сектор, *2* – участки в восточном секторе моря Лаптевых, *3* – Колымо-Индигирский сектор. Льдистые берега моря Лаптевых: *а* – мыс Мамонтов Клык, *б* – Быковский п-ов, *в* – о. Муостах, *г* – п-ов Буор-Хая, *д* – п-ов Широкостан (фото М.И. Григорьева) и Восточно-Сибирского моря: *е* – побережье в районе мыса Крестовский (фото С.О. Разумова)

Высота береговых уступов на участках развития ледового комплекса 10–30 м.

Ледовый комплекс включает мощные повторно-жильные льды, которые в береговых обнажениях прослеживаются от поверхности до подошвы уступа.

Средняя объемная льдистость слагающих пород составляет 50%. Минеральная компонента представлена тяжелыми и легкими пылеватыми супесями и суглинками.

Для оценки динамики льдистых берегов с учетом техногенных факторов применялась физико-математическая

модель развития деструктивных криогенных процессов в нестационарных природно-техногенных условиях [3]:

$$u = u_E\left(1 + \mathrm{f}_1\right) + \mathrm{f}_2, \qquad (1)$$

где u_E – скорость разрушения берегов в естественных условиях;

$\mathrm{f}_1, \mathrm{f}_2$ – логарифмическая и квадратичная функции от индекса техногенных воздействий J_m соответственно, $\mathrm{f}_1 = \mathrm{f}_2 = 0$ при $J_m = 0$.

$$J_m = 0{,}6 \cdot s_m, \qquad (2)$$

s_{mi} – площадь техногенного повреждения изолирующего слоя, отнесенная к общей оцениваемой площади.

Сравнение результатов моделирования с данными 14–летних наблюдений в дельте р. Колымы и на побережье Восточно-Сибирского моря показали, что средняя абсолютная погрешность расчетов по (1) составляет 0,03 (от -0,3 до 0,3), средняя относительная погрешность – не более 4%.

Динамика криогенных комплексов побережья восточных арктических морей России в целом согласуются с изменением термических характеристик климата, о чем свидетельствуют данные наблюдений на ключевых мониторинговых участках арктического побережья (рис. 2).

До 2002 г. приведены средние скорости термоабразии берегов на участках побережья морей Лаптевых и Восточно-Сибирского [2], в 2002–2014 гг. – участки многолетних наблюдений Института мерзлотоведения СО РАН на северо-восточном берегу о. Муостах и восточном берегу Быковского п-ова моря Лаптевых.

Анализ данных по средней температуре воздуха сезона оттаивания в восточных сибирских морях [1–5] и скоростям отступания льдистых берегов на мониторинговых участках по-

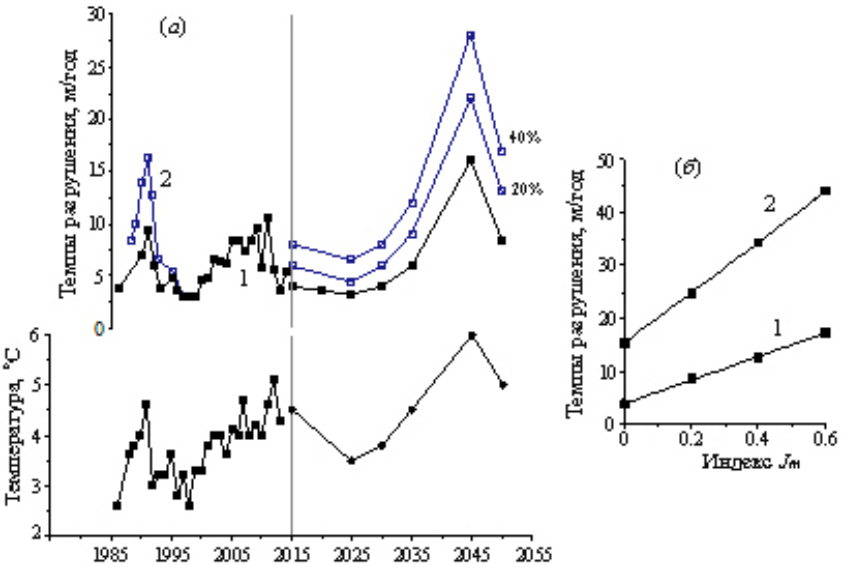


Рис. 2:

***а* – фактические и прогнозируемые изменения средней температуры воздуха сезона оттаивания в восточной российской Арктике и темпов разрушения криогенных береговых систем морей Лаптевых и Восточно-Сибирского со средней объемной льдистостью пород 50%:**

1 – в естественных условиях ($J_m = 0$), *2* – при суммарном воздействии естественных и техногенных факторов: фактическом ($J_m = 0{,}12$) – повреждено 20% изолирующего слоя, прогнозируемом ($J_m = 0{,}12$ и $J_m = 0{,}25$) – повреждено 20 и 40% изолирующего дернового слоя соответственно;

***б* – результаты моделирования динамики криогенных берегов восточных арктических морей России со средней льдистостью пород 50% в различных природно-техногенных условиях:**

1 – при среднемноголетней температуре воздуха сезона оттаивания 3 °С; *2* – при потеплении сезона оттаивания до 6 °С.

казал, что коэффициент парной корреляции между этими характеристиками (r) при $n = 23$ пары значений составил 0,6.

Оценка достоверности (надежности) коэффициента корреляции C_r определялась по формуле:

$$C_r = |r|\sqrt{n-1}/\left(1-r^2\right) \qquad (3)$$

и для приведенных данных составляет 4,4.

При $C_r > 3$ корреляционная связь является реальной и с вероятностью 95% истинное значение коэффициента корреляции находится в интервале $0{,}33 \le r \le 0{,}87$.

В условиях климатической нормы техногенные воздействия способны вызвать существенное возрастание темпов разрушения криогенных берегов до 15–17 м/год. При весьма значительных техногенных нагрузках и повышении средней температуры воздуха сезона оттаивания на 3 °С к середине XXI в. предполагаемый темп локальных разрушений криогенных береговых геосистем будет достигать катастрофических масштабов.

Сценарий предполагаемых изменений летних температур воздуха разработан Главной геофизической обсерваторией (ГГО) г. С.-Петербурга и представлен В.П. Мелешко на Московской международной конференции по климату в 2006 г.

При реализации предлагаемых сценариев изменений природно-техногенных условий (летняя температура воздуха достигнет 6 °С, индекс техногенной активности – 0,12–0,25) темпы разрушения льдистых берегов рассматриваемых арктических морей возрастут к середине XXI в. в 5–7 раз относительно современной динамики берегов в естественных условиях при климатической «норме».

В условиях более интенсивного природопользования скорость разрушения берегов может возрасти на порядок (см. рис. 2, *б*) и достигать на отдельных участках льдистых берегов 40–50 м/год.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев Г.В., Радионов В.Ф., Александров Е.И., Иванов Н.Е., Харланенкова Н.Е.* Климатические изменения в Арктике и северной полярной области // Проблемы Арктики и Антарктики. – 2010. – № 1 (84). – С. 67–80.

2. *Григорьев М.Н., Разумов С.О., Куницкий В.В., Спектор В.Б.* Динамика берегов восточных арктических морей России: основные факторы, закономерности и тенденции // Криосфера Земли. – 2006. – Т. X. – № 4. – С. 74–94.

3. *Разумов С.О.* Моделирование криогенных геологических процессов в изменяющихся природных и техногенных условиях // Проблемы инженерного мерзлотоведения: тр. IX Междунар. научн. конф. (г. Мирный, 3–7.09.2011). – М.: Изд-во Ин-та мерзлотоведения СО РАН, 2011. – С. 121–126.

4. *Schiermeier Q.* Ice loss shifts Arctic cycles // Nature. – 2012. – Vol. 489. – P. 185–186.

5. *Walsh J.E.* Intensified warming of the Arctic: Causes and impacts on middle latitudes // Global and Planetary Change. – 2014. – Vol. 117. – P. 52–63.

ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА МЕРЗЛОТНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ И ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ РИСКОВ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

***В.В. Самсонова*[*,**], *О.Е. Дручина*[**], *М.А. Самсонова*[***]**

[*]*Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, Якутск*
E-mail: vsamsonova@mail.ru
[**]*Институт криогенных ресурсов ТюмГНГУ, Тюмень*
[***]*ГКУ «Служба спасения Республики Саха (Якутия)», Якутск*

PROGNOSIS ESTIMATION PERMAFROST-CLIMATIC AND GEOCRYOLOGY GEOTECHNICAL RISKS OF BUILDING AND EXPLOITATION OF MAIN PIPELINES

The results of studies of geotechnical risks in the permafrost zone are reviewed and summarized in the present document. The analysis and assessment of risks were carried out while designing the pipelines Bovanenkovo-Ukhta, Zapolyarnoe-Urengoy, the Power of Siberia.

Выполнение анализа и оценки ряда рисков в составе проектных работ обусловлено требованиями нормативных документов (СП 11-105-97; № 384-ФЗ от 30.12.2009; СТО Газпром 2-3.1-524-2010; РД 03-418-01; СП 116.13330.2012).

Вопросы оценки геотехнических рисков (ГР) объектов в криолитозоне методически не обеспечены. Значение анализа и оценки всей совокупности или частных ГР в целях проектирования, строительства и эксплуатации магистральных трубопроводов возросло с введением ОАО Газпром Регламентов организации работ и проведения геотехнического мониторинга (ГТМ) на объектах газового комплекса в криолитозоне (СТО 2-31-071-2006; СТО 2-31-072-2006) в части проектирования сетей ГТМ (участков размещения наблюдательных скважин, марок, реперов и т.д.).

Институт криогенных ресурсов ТюмГНГУ с 2006 г. занимается разработками методов и методик анализа и оценки ГР. Результаты реализуются с 2007 г. в разделах ГТМ в составе проектной документации совместно с ОАО ВНИПИгаздобыча для объектов транспорта углеводородов и обустройства Заполярного, Бованенковского, Харасавэйского, Чаяндинского и других месторождений [1–3]. Помимо этого анализ и оценка ГР выполнялись в составе изысканий как на стадии ОИ, так и для проектов нового строительства и реконструкции объектов.

При анализе и оценке ГР дифференцируются и выделяются как инженерно-геологические, инженерно-геокриологические, так и мерзлотно-климатические ГР, которые исследуются в процессе ретроспективного и прогнозного моделирования средствами численного геокриологического прогноза. Анализ включает обработку массивов климатических данных с целью оценки тенденций и трендов изменений среднегодовой температуры воздуха, пределов изменчивости среднемесячных температур воздуха и снежного покрова. Для трубопроводов подземной прокладки особо значима динамика мощности деятельного слоя и кровли вечномерзлых грунтов (ВМГ). Выявить и оценить мерзлотно-климатические ГР в массиве грунтов можно только с учетом нестационарного теплообмена на поверхности.

С использованием среднемноголетних значений климатических характеристик исследуется «инвариант» теплообмена (рис.) на момент изысканий и в процессе эксплуатации, затем моделируется взаимодействие трубопровода с вмещающими грунтами с учетом влияния изменений снежного покрова, а также выявленной изменчивости трендов при среднемноголетних и изменяющихся характеристиках снежного покрова.

К мерзлотно-климатическим ГР относится изменчивость «снежности» зим, имеющая региональную неоднородность и неоднозначность даже для лесотундры Западной Сибири [3], где оказывает решающее воздействие на динамику кровли ВМГ (ее вклад не просто усиливает, а превосходит влияние современного повышения температуры воздуха) лесопокрытых местностей, не совпадает с тенденциями в средней тайге (по данным м/с Тарко-Сале) и тем более в южной части криолитозоны Западной Сибири (см. табл.), где в «малоснежные» и «суровые» зимы возможно «защемляющее» трубопроводы увеличение слоя сезонного промерзания и развитие новообразований многолетнемерзлых пород.

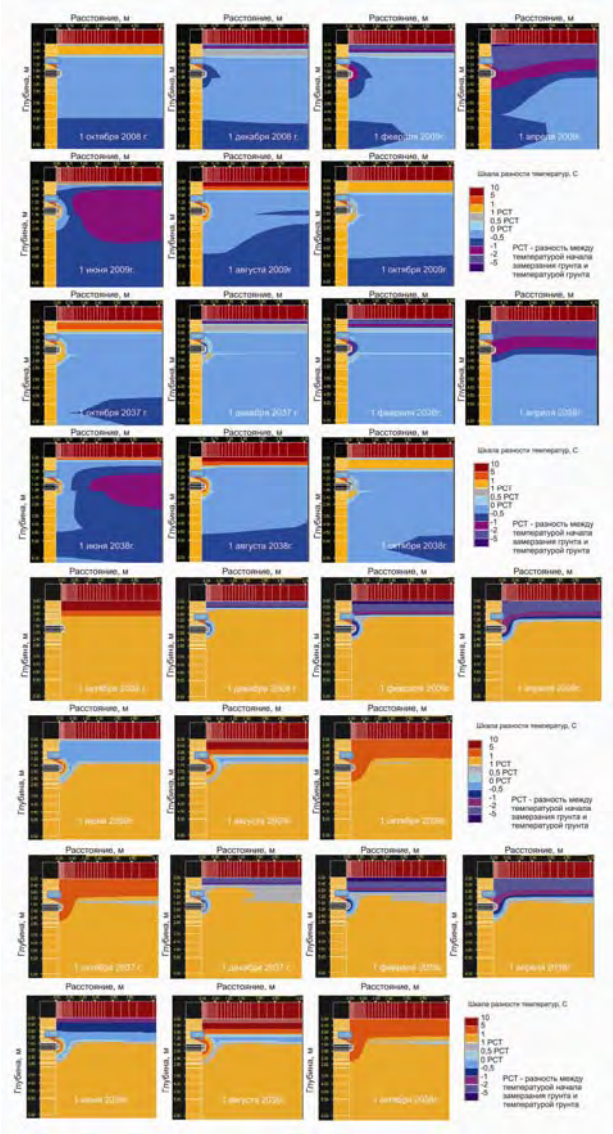


Рис. **Результаты расчетов для прогнозной оценки мерзлотно-климатических рисков при проектировании створа наблюдательных скважин ГТМ на участке с развитием многолетнемерзлых и талых грунтов основания трубопровода «Заполярное–Уренгой»**

Таблица

Средняя, максимальная и минимальная за зиму высота снежного покрова третьей декады месяцев с устойчивым снежным покровом (ноябрь-март) по данным метеостанций на территории ХМАО

Метеостанция	2005–2006			2006–2007			2007–2008			2008–2009		
	h_{cp}	h_{max}	h_{min}	h_{cp}	h_{max}	h_{min}	h_{cp}	h_{max}	h_{min}	h_{cp}	h_{max}	h_{min}
Ханты-Мансийск	34	48	15	37	**66**	4	41	**68**	20	37	**59**	7
Алтай	29	48	9	33	**54**	5	38	**62**	25	30	46	2
Угут	39	48	23	**50**	**83**	8	49	**73**	22	39	**60**	7
Таурово	40	**51**	28	**54**	**91**	12	47	**63**	23	38	**56**	3
Сытомино	40	**52**	21	41	**69**	2	46	**75**	22	40	**57**	8
Салым	32	44	19	34	**66**	3	41	**57**	23	30	48	2
Нефтеюганск	**52**	**76**	21	44	**77**	4	47	**77**	18	40	**57**	6
Сургут	45	**57**	25	45	**73**	3	44	**73**	23	**50**	**68**	10
Нижнесартымское	44	**58**	28	45	**69**	8	47	**79**	22	**51**	**73**	23
Юильск	49	**68**	22	**58**	**82**	30	43	**72**	19	**62**	**84**	32
Березово	48	**73**	19	**79**	**97**	**52**	41	**71**	16	**55**	**78**	28
Сосьва	42	**69**	2	**66**	**90**	**50**	35	**71**	15	41	**59**	18
Саранпауль	48	**89**	1	**85**	**100**	**63**	**53**	**91**	22	**61**	**89**	37
Няксимволь	40	**63**	1	**55**	**81**	35	32	**63**	18	40	**61**	7
Игрим	39	**64**	14	**55**	**75**	36	35	**59**	18	42	**60**	21
Октябрьское	48	**68**	23	**50**	**75**	17	**52**	**86**	23	**59**	**88**	25
Шаим	18	35	2	31	49	12	26	39	7	20	39	2
Леуши	28	47	9	38	**59**	5	36	**59**	18	24	**50**	5
Кондинское	22	41	8	32	**56**	2	31	**50**	11	23	46	2
Когалым	43	**61**	22	45	**78**	8	48	**97**	16	**51**	**73**	21
Нижневартовск	34	46	22	**53**	**84**	8	**57**	**95**	18	**53**	**79**	5
Ваховск	36	44	20	39	**65**	0	37	**52**	17	40	**57**	10
Ларьяк	33	42	18	39	**65**	3	38	**55**	17	49	**67**	18
Корлики	38	**51**	17	**57**	**82**	18	**54**	**84**	21	**60**	**78**	32

Мерзлотно-климатические ГР в типичной тундре Ямала представлены метелевым перераспределением снежного покрова и цикличностью трендов температуры воздуха.

Расчеты с учетом специфики формирования снежного покрова, как и выявленной по данным м/с «Марре-Сале» закономерности изменчивости трендов температуры воздуха, позволили установить влияние этих факторов на формирование криопэгов в интервале разреза с засоленными грунтами. Для территории центральной части Чаяндинского месторождения при сохранении значений тренда температуры воздуха возможно развитие процесса опускания кровли ВМГ.

Мерзлотно-климатические ГР представляет и коррозионная агрессивность ВМГ, которая в условиях циклического промерзания-протаивания в 1,5–2 раза больше по сравнению с талыми и мерзлыми грунтами [4]. При этом доля аварий на магистральном газопроводе «СВГКМ–Мастах–Берге–Якутск» за период 2000–2010 гг. по причине коррозии составила 12% (в том числе в 2000 г. – 2,4%; 2006 г. – 2,4%; 2007 г. – 2,4%; 2008 г. – 2,4%; 2010 г. – 2,4%), нарушения материалов и конструкций, вызванных длительной эксплуатацией – 14% (2003 г. – 7,0%; 2007 г. – 2,4%; 2009 г. – 2,3%; 2010 г. – 2,3%), потери устойчивости при геокриологических изменениях местности оценены в 3% (2002 г. – 1,5%; 2007 г. – 1,5%) [5].

Вместе с тем по [6] количество разрушений кольцевых сварных швов возросло с момента перехода на подземный вариант укладки этого газопровода. Как возможные причины таких отказов указываются особенности влияния мерзлых, замерзающих и оттаивающих грунтов на прочность газопровода: тепловое взаимодействие с грунтом; механическое взаимодействие с грунтом при продольном перемещении; влияние морозобойных трещин [6].

Однако причиной могут быть и процессы неравномерного пучения, в том числе при промерзании водонасыщен-

ных грунтов в замкнутом объеме, которые тоже являются следствием динамики мощности деятельного слоя и глубины залегания кровли ММП при выраженных колебаниях или межгодовой изменчивости климата.

По данным м/с «Якутск», аномально малоснежными были 1982, 1984–1987, 1990, 1996, 2001 и 2003 гг., многоснежными – 1979, 1980, 2004–2008 гг.. Сочетания «теплых» и «многоснежных» зим приводит к повышению температуры ММП и увеличению мощности деятельного слоя, «суровых» и «малоснежных» к ее сокращению, что сопровождается криогенными процессами, вызывающими напряжения в трубопроводе и/или активизацию коррозионной активности ВМГ. Именно поэтому при анализе и оценке мерзлотно-климатических ГР необходимо выполнение прогнозного моделирования взаимодействия трубопровода с вмещающими грунтами с постановкой и решением задач с учетом условий нестационарного теплообмена на поверхности.

Более того, типизация трассы по опасности разреза, активизации и развития криогенных процессов с прогнозной оценкой и выделением участков по степени ГР с учетом количества кольцевых сварных швов даст возможность оценивать не только совокупные и частные удельные риски [3; 7], но и потенциальный ущерб.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Самсонова В.В. и др.* Типизация геокриологических условий и прогнозное моделирование как основа проектирования систем геотехнического мониторинга трубопроводов // Мат-лы Междунар. конф. «Криогенные ресурсы полярных и горных регионов. Состояние и перспективы инженерного мерзлотоведения. – Тюмень, 2008. – С. 154–157.

2. *Попов А.П. и др.* Практика использования нормативов по инженерным изысканиям РСН 67-87 при проектировании линей-

ных объектов магистральной газотранспортной системы «Бованенково–Ухта» // Инженерные изыскания. – 2010. – № 4. – С. 52–67.

3. *Samsonova V., Berezhnoi M., Reutskikh N.* Geotechnical risks associated with construction and operation of gas production and transportation facilities in the Siberian permafrost regions // Journal of Engineering of Heilongjiang University (Special Edition of the 10th International Symposium on Permafrost Engineering, 2014). – 2014. – Vol. 5. – № 3. – P. 147–154.

4. *Рузов И.В., Доманский В.О.* Коррозионная агрессивность грунтов в условиях криолитозоны // Сб. тез. 69-й Междунар. молодежной конф. «Нефть и газ – 2015» (14–16 апреля 2015 г.). – М., 2015. – Т. 1. – С. 387.

5. *Чухарева Н.В., Тихонова Т.В., Миронов С.А.* Анализ причин аварийных ситуаций при эксплуатации магистральных трубопроводов в условиях Крайнего Севера в период с 2000 по 2010 г. // Нефтегазовое дело [электронный журнал]. – 2011. – № 3. – С. 231–243.

6. *Махутов Н.А., Лыглаев А.В., Большаков А.М.* Хладостойкость (метод инженерной оценки). – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. – 195 с.

7. *Рузов Ю.В., Самсонова В.В.* Криогенные процессы как фактор риска при эксплуатации трубопроводов в районах распространения многолетнемерзлых грунтов // Тр. Междунар. научно-практ. конф. по инженерному мерзлотоведению, посвященной 20-летию создания ООО НПО «Фундаментстройаркос». – Тюмень: Сити-Пресс, 2011. – С. 361–364.

ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК НА ВЫСОКОГОРНОМ РУДНИКЕ КУМТОР

И.А. Торгоев, Ю.Г. Алешин

Институт геомеханики и освоения недр НАН,
Бишкек, Кыргызстан
E-mail: geopribor@ mail.ru

GEOTECHNICAL PROBLEMS AND ECOLOGICAL RISK IN HIGHLAND KUMTOR GOLDMINE

The article includes the analysis of geoecological risk in Tien-Shan glacial and permafrost area, related with Kumtor goldmine.

Разработка высокогорного золоторудного месторождения Кумтор осуществляется в сложных ледниковых и геокриологических условиях нивально-гляциального пояса Тянь-Шаня. Район месторождения характеризуется суровым климатом со среднегодовой температурой – 7,8 °С, характерной для районов Арктики (Новая Земля). В отличие от Арктики в рассматриваемом высокогорном районе отмечается большое поступление тепла за счет суммарной солнечной радиации. Это в сочетании с происходящим потеплением климата вызывает значительный нагрев приповерхностных грунтов и горных пород и обуславливает интенсивное выветривание, термомеханические напряжения и деформации разрабатываемых многолетнемерзлых горных пород, мощность которых в районе рудника достигает 200–400 м.

В настоящее время серьезные геотехнические проблемы для дальнейшей отработки месторождения представляют собой неустойчивость, деформации, оползни и обруше-

ния бортов Центрального карьера [1], а также значительное по масштабам и скорости смещение ледово-каменной массы отвалов вниз по долинам ледников Лысый, Давыдова и Сары-Тор (рис. 1) с неблагоприятными экологическими последствиями и рисками [2; 3].

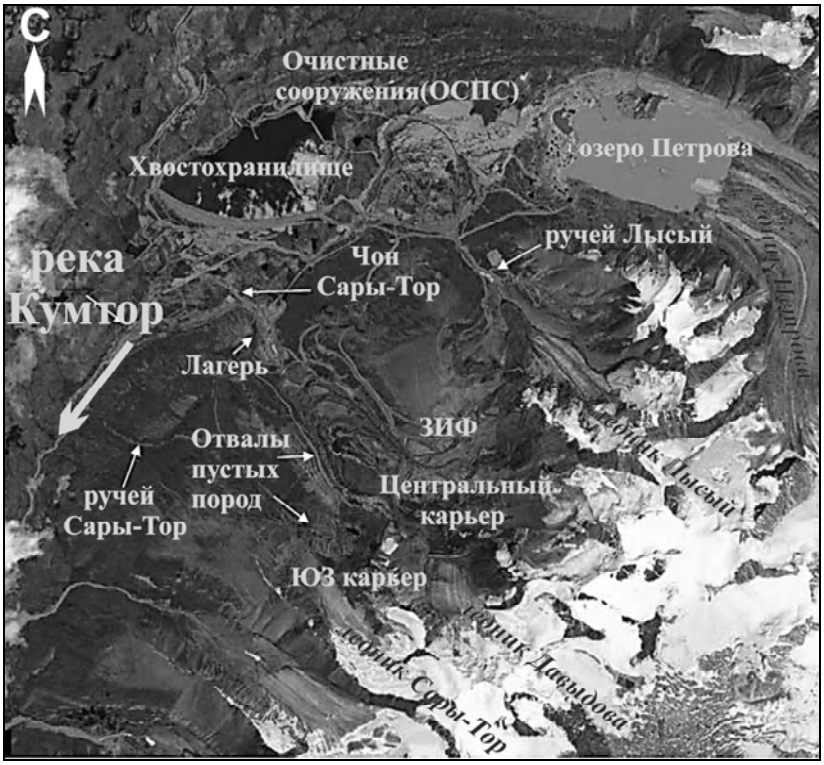


Рис. 1. **Обзорный космоснимок ледников и объектов высокогорного рудника Кумтор в верховьях р. Нарын, вытекающей из ледникового озера Петрова**

К середине 2015 г. на руднике Кумтор добыто в карьерах и перемещено на отвалы более 1,5 млрд т пустых пород, а также изъято свыше 150 млн м^3 глетчерного льда. По сиюминутным экономическим соображениям отвалы фор-

мировались непосредственно на ледниках Лысый, Давыдова (рис. 1), относящихся к ледниковой системе Ак-Шыйрака.

Впервые движение отвалов было зафиксировано в 2010 г. В июне 2012 г. каменно-ледовая масса гигантских отвалов мощностью свыше 100 м в долине ледника Давыдова стала проявлять признаки глубинной деформации. В конце 2012 г. вся это каменно-ледовая масса начала постепенно смещаться вниз по долине со скоростью около 50 мм/ч. Начиная с середины марта 2013 г. скорость движения отвала ускорилась до 5 м/сутки и масса движущихся пород в апреле достигла главного административного здания рудника [2].

По информации геотехнической службы рудника Кумтор, ледово-каменная масса отвалов смещается по наклонной высокольдистой кровле (12–16°) многолетнемерзлых пород, залегающих под слоем донной морены долины ледника Давыдова [2].

К числу прочих факторов, способствовавших смещению моренных отложений под нагрузкой грандиозных отвалов относится: техногенное оттаивание многолетнемерзлых пород под отвалами; наличие в моренных отложениях надмерзлотных подземных вод и таликов, связанных с подрусловым стоком р. Чон-Сары-Тор, вытекающей из-под ледника Давыдова (рис. 1).

В результате неразумных действий на грандиозных отвалах, отсыпанных в бассейне ледника Давыдова, сформировался «техногенный оползень» объемом около 400 млн м^3, состоящий из смеси раздробленных отвальных пород и разрыхленного глетчерного льда, складировавшегося на отвалах.

На рис. 2. представлены графики скоростей смещения верхней (№ 31), средней (№ 32) и нижней (№ 33) частей оползающей каменно-ледовой массы отвалов во взаимосвязи с сильными (M > 3,0) землетрясениями в ближней зоне от рудника. Как видно на этих графиках отмечается увеличение скорости отвалов в теплый период года, начиная с мая месяца.

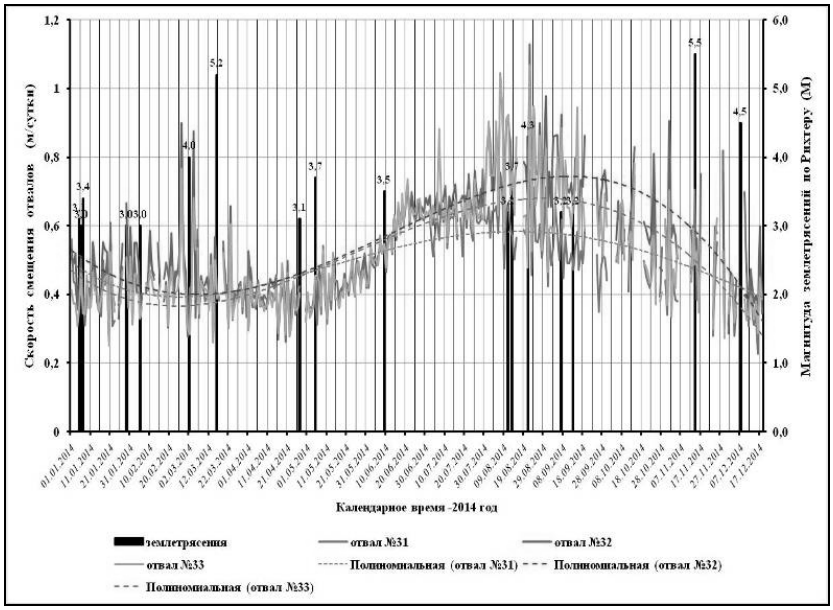


Рис. 2. **Графики скоростей движения отвалов №№ 31–33 а период 2014 г. в корреляции с землетрясениями (*M* > 3,0) в ближней зоне от рудника**

Кроме того скорости движения нижней и средней частей техногенного оползня в наиболее жаркий период года (июль–сентябрь) превышают скорость движения верхней части. Отмеченные особенности в динамике движения отвалов объясняются значительным обводнением талыми водами средней и особенно нижней части движущейся каменно-ледовой массы в теплый период года.

Как видно из взаимосвязи скорости смещения отвалов с сейсмической активностью (рис. 2), имеется тесная корреляционная связь кратковременного ускорения движения отвалов с сильными землетрясениями в ближней зоне (в радиусе 50 км) от рудника Кумтор.

Движение каменно-ледовых отвалов при экстремальных условиях (землетрясениях, аномальных осадках или их

сочетании) может принять опасный характер в виде быстрого смещения громадных масс ледово-каменного материала и/или техногенных селей. Подобный сценарий развития гравитационного смещения каменно-ледовых отвалов в условиях происходящего потепления климата таит серьезную угрозу для качества поверхностных вод, так как отвальные породы при достижении русла р. Кумтор, могут стать источником систематического и долговременного загрязнения бассейна реки Нарын-Сырдарья [3].

С экологической точки зрения проблема заключается в том, что совместное складирование отбитых и разрыхленных масс льда вперемешку с отвальными породами, содержащими попутные минералы (халькопирит – $CuFeS_2$, марказит – FeS_2, пирротин – FeS_2, ильменит – $FeOTiO_2$, сфалерит – ZnS_2, кобальтин – CoAsS), арсенопирит – FeAsS, галенит – PbS, висмутин – BiH_3, сульфосоли ртути и др.) и, обладающими потенциалом кислотообразования (до 20% пустых пород), обуславливает высокий риск долговременного загрязнения поверхностных вод в бассейнах рек Кумтор-Нарын при неизбежном таянии ледовых отвалов. Установлено, что талые воды, а также атмосферные осадки и стоки из карьеров, просачиваясь в эти водотоки через раздробленные массы отвальных пород, загрязняются широким спектром примесей и загрязняющих веществ, характерных для руд Кумторского месторождения [3].

Из-за того, что грандиозные отвалы занимают водосборные бассейны трех водотоков (ручьи Лысый, Чон-Сары-Тор и Сары-Тор), впадающих в реку Кумтор (см. рис. 1), и остаются в истоках р. Нарын «навечно» неизбежно кумулятивное накопление загрязняющих веществ в донных отложениях и последующее вторичное загрязнение речных вод в бассейне этой важнейшей водной артерии Центральной Азии при ежегодных паводках[3].

Кроме того, в случае трансформации оползающих ледово-каменных масс в селевой поток не исключено и то, что

в зону селевого поражения могут попасть объекты инфраструктуры рудника Кумтор, включая вахтовый лагерь, в котором постоянно находится свыше 1200 человек.

Основными причинами возникновения геотехнических проблем и экологического риска на движущихся каменно-ледовых отвалах стали: ошибки и просчеты при выборе мест размещения отвалов; неразумное отвалообразование на активных ледниках; недостаточно полный учет гляциологических и геокриологических особенностей и игнорирование реакции геологической среды на техногенный прессинг и изменение климата. Криогенно-гравитационные процессы, наблюдающиеся на руднике Кумтор, оказывают ощутимое влияние не только на геоэкологию района, но представляют серьезную угрозу для различных его сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Torgoev I., Torgoev A.* Rockslides in the open pit of Kumtor goldmine (Kyrgyzstan) // Sassa K. et al. Landslide Science for a safer Geoenvironment. – Springer, 2014. – Vol. 3. – P. 511–516.

2. *Torgoev I., Omorov B.* Mass movement in the waste dump of high-altitude Kumtor goldmine (Kyrgyzstan) // Sassa K. et al. Landslide Science for a safer Geoenvironment. – Springer, 2014. – Vol. 3. – P. 517–521.

3. *Торгоев И.А., Стегнар П., Нордманн Т.* Мониторинг и анализ качества поверхностных вод в районе высокогорного золоторудного месторождения «Кумтор» // Мат-лы III Международной конференции «Современные проблемы геохимической экологии и сохранения биоразнообразия». – Бишкек, 2013– С. 90–99. – URL: www.caresd.net/site.htm

ОЦЕНКА ОПАСНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ С НАРУШЕНИЕМ ГЕРМЕТИЧНОСТИ СКВАЖИН ПРИ ОСВОЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ, В ТОМ ЧИСЛЕ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ

М.К. Тупысев

Институт проблем нефти и газа РАН, Москва
E-mail: m.tupysev@mail.ru

HAZARD ASSESSMENT INDUSTRIAL PROCESSES LEAKY WELLS FOR DEVELOPMENT OF HYDROCARBON DEPOSITS, INCLUDING IN THE ARCTIC REGION

The paper describing the method of using special materials for saving of leaky wells in the Arctic region.

В последние годы все больше внимания уделяется вопросам современной геодинамики недр и техногенным процессам, протекающим при разработке нефтегазовых месторождений и эксплуатации подземных хранилищ газа (ПХГ), негативному влиянию этих процессов на элементы нефтегазового комплекса, в том числе на состояние эксплуатационных скважин. Организуются маркшейдерско-геодезические наблюдения за динамикой поверхности земли в результате разработки месторождений углеводородов и эксплуатации ПХГ, исследуется динамика напряженного состояния разреза горных пород месторождений углеводородов (УВ) в результате их разработки, в том числе с фиксацией техногенных землетрясений, изменения фильтрационных параметров коллекторов и др. [1; 2].

Однако несмотря на очевидность и доказанность техногенных деформационных процессов при разработке место-

рождений УВ и эксплуатации ПХГ, большие проблемы с герметичностью обсадных колонн и заколонных пространств эксплуатационных скважин, сооружение их продолжается в соответствии с действующими Правилами разработки нефтяных и газовых месторождений, предписывающими тампонирование скважин с использованием цементных растворов [3].

В результате развития техногенных деформационных процессов, неизбежно сопровождающих разработку месторождений УВ и эксплуатацию ПХГ, происходит растрескивание цементного камня в заколонных пространствах, нарушается их герметичность, в итоге скважинные сооружения не выполняют заявляемые при их строительстве требования по охране недр.

При освоении газовых месторождений в арктических условиях при разгерметизации заколонных пространств пластовый газ может подниматься до толщи многолетнемерзлых пород (ММП), выполняющей роль непроницаемой покрышки, и скапливаться в проницаемых пропластках под ММП с образованием техногенных залежей на больших расстояниях.

При бурении новых эксплуатационных скважин на площади осваиваемого месторождения из-за неожиданного выброса газа из этих интервалов вполне реальны аварийные ситуации. Последствия таких явлений наиболее опасны при освоении месторождений Арктического шельфа.

Предлагается при сооружении скважин вместо цементных растворов использовать в качестве тампонирующего материала вязко-пластичные составы (ВПС), которые позволяют сохранять герметичность заколонных пространств при развитии напряжений в разрезе горных пород месторождения из-за изменения в нем начального пластового давления и проявления техногенных деформационных процессов. В работах [4; 5] предложены технологии сооружения таких скважин с использованием в качестве ВПС глинистых

растворов с высокой концентрацией глинистого материала, обладающих высокими тампонирующими свойствами в процессе всего срока службы скважин.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Тупысев М.К.* Техногенные деформационные процессы при разработке газовых месторождений. – М.: ИРЦ Газпром, 1997. – 28 с. Обз. информ. Сер. Разработка и эксплуатация газовых и газоконденсатных месторождений.

2. *Кузьмин Ю.О., Жуков В.С.* Современная геодинамика и вариации физических свойств горных пород. – М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2004. – 262 с.

3. Месторождения нефтяные и газонефтяные. Правила разработки. Национальный стандарт Российской Федерации, ГОСТ Р 53713-2009.

4. *Сусоколов А.Н., Тупысев М.К.* Способ тампонирования обсадной колонны в скважине, патент РФ № 2223387, опубл. 10.02.2004.

5. *Тупысев М.К.* Вязко-пластичное тампонирование обсадных колонн // Фундаментальные проблемы разработки нефтегазовых месторождений, добычи и транспортировки углеводородного сырья: материалы Международной конференции (24–26 ноября 2004 г., Москва). – М.: ГЕОС, 2004. – С. 153–155.

УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ

Абдрахманов Р.Ф.	т. 1	с. 27
Абдуллабеков К.Н.	т. 1	с. 433
Абдыбачаев У.А.	т. 1	с. 481
Абрамов В.М.	т. 2	с. 443
Абрамова Т.Т.	т. 1	с. 33
Авдотьин В.П.	т. 2	с. 5
Азизов У.А.	т. 1	с. 40
Акбиев Р.Т.	т. 2	с. 88
Алексанян С.Н.	т. 1	с. 45
Алексеев А.Ф.	т. 1	с. 125
Алешин Ю.Г.	т. 2	с. 111
		с. 531
Алимбетов А.А.	т. 2	с. 17
Алламуратов М.У.	т. 2	с. 17
Аметов Я.И.	т. 2	с. 17
Андреев Ю.Б.	т. 1	с. 52
Аникеев А.В.	т. 1	с. 58
Аношкин А.В.	т. 1	с. 66
Антипин А.Н.	т. 1	с. 469
Анциферов А.В.	т. 2	с. 20
Аракелян Ф.О.	т. 1	с. 513
Аронов А.Г.	т. 1	с. 439
Аронов В.А.	т. 1	с. 439
Аронова Т.И.	т. 1	с. 439
Артиков Т.У.	т. 1	с. 71
	т. 2	с. 27
Артиков Ф.Р.	т. 1	с. 534
	т. 2	с. 385
Архипова Е.В.	т. 1	с. 76
Ахметшин Р.З.	т. 2	с. 303
Ахметьева Н.П.	т. 2	с. 54
Баджанов Б.М.	т. 1	с. 80
	т. 2	с. 32
Байда С.Е.	т. 1	с. 445
Байрамова И.А.	т. 1	с. 85
Бакбергенов Н.Н.	т. 1	с. 80
		с. 451
	т. 2	с. 32
Барабанов А.Т.	т. 2	с. 36
Барановский А.Г.	т. 1	с. 92
Баринов А.Ю.	т. 2	с. 42
Барская Т.В.	т. 1	с. 527
Барыкина О.С.	т. 1	с. 98
Барышников В.И.	т. 1	с. 103
Батрак Г.И.	т. 2	с. 77
Безуглова Е.В.	т. 2	с. 49
Бекбаев Р.К.	т. 1	с. 108
		с. 206
Белоусова А.П.	т. 1	с. 113
Беляев А.Ю.	т. 2	с. 54
Бимурзаев Г.А.	т. 1	с. 506
Благовещенский В.П.	т. 1	с. 120
Боборыкина О.В.	т. 1	с. 495
Богомолов А.Н.	т. 1	с. 125
Бондаренко В.И.	т. 1	с. 132
Борняков С.А.	т. 2	с. 460
Бронников В.А.	т. 2	с. 464
Бу лдакова Е.В.	т. 2	с. 130
Бурова В.Н.	т. 1	с. 137
	т. 2	с. 60
Ваганова Н.В.	т. 2	с. 499
Васютинская С.Д.	т. 1	с. 513
Вдовина О.К.	т. 1	с. 232
Верхозина В.А.	т. 1	с. 144
Верхозина Е.В.	т. 1	с. 144
Войтенко Е.В.	т. 2	с. 435
Волчек А.А.	т. 2	с. 66
Габсатарова И.П.	т. 2	с. 391
Гаврильева Т.Н.	т. 2	с. 214

Гаибназаров С.Б.	т. 2	с. 72
Гакаев Р.А.	т. 1	с. 149
		с. 154
Галай Б.Ф.	т. 1	с. 125
Галицкая И.В.	т. 2	с. 77
Гасанова Н.Ю.	т. 2	с. 82
Гасиев А.А.	т. 2	с. 88
Гаспарян Р.К.	т. 1	с. 159
Глаголев В. А.	т. 1	с. 261
Гладков А.С.	т. 2	с. 460
Гладышев Р.В.	т. 2	с. 228
Голуб В.А.	т. 2	с. 94
Голуб Г.Ф.	т. 2	с. 94
Голуб С.Н.	т. 2	с. 94
Горбова С.В.	т. 1	с. 200
Горемыкина Г.И.	т. 2	с. 5
Грановский Г.С.	т. 2	с. 88
Григорьева С.В.	т. 1	с. 165
Григорян А.Г.	т. 1	с. 70
Гяургиева М.М.	т. 2	с. 252
Давыденко Е.В.	т. 1	с. 420
Даниелов Э.Р.	т. 1	с. 405
Даукаев А.А.	т. 1	с. 154
Джамалов Р.Г.	т. 1	с. 176
Джаппуев Д.Р.	т. 2	с. 252
Джураев Н.М.	т. 2	с. 385
Дзюба А.В.	т. 2	с. 448
		с. 454
Долганов А.И.	т. 2	с. 100
Дробинина Е.В.	т. 1	с. 182
Дручина О.Е.	т. 2	с. 523
Дудлер И.В.	т. 2	с. 106
Дьяконов П.Ю.	т. 2	с. 112
Дягилева А.Г.	т. 1	с. 137
Едигенов М.Б.	т. 2	с. 118
Елохин В.А.	т. 1	с. 184
Елохина С.Н.	т. 1	с. 200
Еремина О.Н.	т. 1	с. 266
Ершов В.В.	т. 1	с. 458
Есимбетов А.Т.	т. 2	с. 17
Ёдгоров Ш.И. .	т. 2	с. 385
Ёлкин В.А.	т. 1	с. 188
Жапаркулова Е.Д.	т. 1	с. 108
		с. 206
Жигалин А.Д.	т. 1	с. 76
		с. 513
	т. 2	с. 123
Заиканов В.Г.	т. 2	с. 130
Заиканова И.Н.	т. 1	с. 212
Зайцев В.Н.	т. 1	с. 218
Закиров М.М.	т. 1	с. 354
Зверев А.В.	т. 1	с. 344
Зверев В.П.	т. 2	с. 135
Зекцер И.С.	т. 2	с. 141
Зеркаль О.В.	т. 1	с. 225
Зияева М.А.	т. 2	с. 147
Зияудинов Ф.Ф.	т. 1	с. 534
Ибрагимов А.Х.	т. 1	с. 71
Ибрагимов Р.С.	т. 1	с. 231
	т. 2	с. 27
Ибрагимова Т.Л.	т. 1	с. 231
	т. 2	с. 27
Ибраев Т.Т.	т. 2	с. 152
Иванов П.В.	т. 2	с. 158
Имаев В.С.	т. 1	с. 236
Имаева Л.П.	т. 1	с. 236
Исмаилов В.А.	т. 1	с. 242
	т. 2	с. 164
Истомин Е.П.	т. 2	с. 170
Кабиров А.М.	т. 1	с. 292
Казеев А.И.	т. 2	с. 176
Капица В.В.	т. 1	с. 120
Капралова В.Н.	т. 2	с. 477
Каримов Ф.Х.	т. 1	с. 248
Карфидова Е.А.	т. 1	с. 137
	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
Киренская Т.Л. т. 2 с. 264
Китаев А.Б. т. 2 с. 274
Клячко М.А. т. 1 с. 189
Ковалева А.А. т. 2 с. 448
Коган Р.М. т. 1 с. 261
Козлова И.А. т. 1 с. 469
Козьмин Б.М. т. 1 с. 236
Козловский Д.С. т. 1 с. 197
Козлякова И.В. т. 1 с. 58
с. 266
Козырев А.А. т. 2 с. 203
Козырева Е.А. т. 2 с. 460
Колковский В.М. т. 1 с. 439
Коломиец М.В. т. 1 с. 527
Комарова Н.Г. т. 2 с. 209
Кондратьев В.Г. т. 2 с. 464
Конечная Я.В. т. 2 с. 499
Кононова Н.К. т. 1 с. 309
Королев В.А. т. 2 с. 270
Корчагина Е.А. т. 1 с. 255
Костарев В.П. т. 1 с. 274
Костенко И.С. т. 1 с. 280
Костикова И.А. т. 2 с. 135
Костин А.В. т. 2 с. 214
Кочкин Б.Т. т. 2 с. 223
Кошкарев Д.А. т. 2 с. 460
Крестин Б.М. т. 1 с. 309
Кричевец Г.Н. т. 2 с. 54
Крымский В.В. т. 2 с. 228
Кудрик И.Д. т. 1 с. 286
Куранов П.Н. т. 2 с. 235
Куркин А.А. т. 1 с. 280

Лаврусевич А.А. т. 1 с. 292
Лаврусевич И.А. т. 1 с. 292
Лапочкин Б.К. т. 2 с. 176
Ларионов В.И. т. 2 с. 279
с. 348
Ларионова Н.А. т. 1 с. 297
Левина Т.В. т. 2 с. 158
Левкевич В.Е. т. 1 с. 303
Ли М.А. т. 2 с. 152
Липатов В.А. т. 2 с. 471
Лурьева И.И. т. 2 с. 240
Лу Шенпин т. 1 с. 292

Мавлянова Н.Г. т. 1 с. 242
с. 266
т. 2 с. 106
Магрицкий Д.В. т. 1 с. 546
Мальковский В.И. т. 2 с. 223
Мальнева И.В. т. 1 с. 309
Макаров О.А. т. 2 с. 319
Макарычева Е.М. т. 2 с. 477
Макеев В.М. т. 1 с. 165
Максудов С.Х. т. 1 с. 433
Мамонтов А.А. т. 2 с. 246
Мамонтова Е.А. т. 2 с. 246
Марченко П.Е. т. 1 с. 315
т. 2 с. 252
Марчук А.Н. т. 1 с. 475
Марчук Н.А. т. 1 с. 475
Махнатов С.А. т. 2 с. 258
Маций С.И. т. 2 с. 49
Медведков А.А. т. 2 с. 483
Медеу А.Р. т. 2 с. 264
Медовар Ю.А. т. 1 с. 176
Мележ Т.А. т. 1 с. 321
Меликулов А.Д. т. 2 с. 82
Мельникова В.И. т. 1 с. 236
Меньшикова А.М. т. 1 с. 469
Мерзляков В.П. т. 2 с. 486
Минакова Т.Б. т. 2 с. 130
Минина М.В. т. 2 с. 270
Мирзаев М.А. т. 1 с. 71
т. 2 с. 27
Миронюк С. Г. т. 2 с. 492
Михайлов А.В. т. 2 с. 274
Михайлова А.В. т. 2 с. 54
Михневич Э.И. т. 1 с. 303
Молдобеков Б.Д. т. 1 с. 481
Молотков Н.М. т. 1 с. 52
Молоткова Ж.Е. т. 1 с. 52

Морозов А.Н. т. 2 с. 499
Муминов М.Ю. т. 1 с. 437
Мухамедгалиев Б.А. т. 2 с. 399

Назаревич А.В. т. 1 с. 488
Назаревич Л.Е. т. 1 с. 488
Насонкин В.А. т. 1 с. 495
Насрулин А.Б. т. 1 с. 500
Неведрова Н.Н. т. 1 с. 540
Недядько В.В. т. 1 с. 513
Никитина О.В. т. 1 с. 327
Николаева С.К. т. 2 с. 158
Никонов А.И. т. 2 с. 505
Никонорова И.В. т. 1 с. 327
Ниязов Д.Б. т. 1 с. 333
Ниязов Р.А. т. 1 с. 338
с. 506
Новиков П.А. т. 2 с. 348
Нурматов У.А. т. 1 с. 564
Нуртаев Б.С. т. 1 с. 338

Олянский Ю.И. т. 1 с. 125
Орлов Т.В. т. 1 с. 344
Осипов В.И. т. 1 с. 7
т. 2 с. 279
Ошкадер А.В. т. 2 с. 286

Панин В.И. т. 2 с. 203
Панков Ф.Н. т. 1 с. 495
Панченко Е.Г. т. 1 с. 344
Пелиновский Е.Н. т. 1 с. 280
с. 369
Перетокин С.А. т. 1 с. 349
Петров Н.Ф. т. 1 с. 327
Петрова Е.Г. т. 2 с. 292
Петухин А.Г. т. 1 с. 132
Писаренко В.Ф. т. 3 с. 309
Подлипенская Л.Е. т. 1 с. 286
т. 2 с. 286
Подтелков В.В. т. 2 с. 49
Полканов В.Н. т. 2 с. 297
Полканова А.В. т. 2 с. 297
Полшкова И.Н. т. 2 с. 303
Попов М.Г. т. 1 с. 513
Попова О.Г. т. 1 с. 513
Постоев Г.П. т. 2 с. 176
с. 511

Радецкий А.В. т. 2 с. 5
Разумов С.О. т. 2 с. 517
Рафиков В.А. т. 1 с. 521
Рахматулаев Х.Л. т. 1 с. 71
Рашидов В.А. т. 1 с. 132
Ремнев В.В. т. 2 с. 20
Родкин М.В. т. 2 с. 309
Руми Д.Ф. т. 1 с. 359
Рыбников П.А. т. 2 с. 313
Рыбникова Л.С. т. 2 с. 313
Рыбченко А.А. т. 2 с. 460

Саватеева О.А. т. 2 с. 319
Садков С.А. т. 1 с. 344
Садыков Ф.С. т. 1 с. 354
Салямова К.Д. т. 1 с. 359
т. 2 с. 82
Самсонова В.В. т. 2 с. 523
Самсонова М.А. т. 2 с. 523
Сафаров А.С. т. 1 с. 144
Свалова В.Б. т. 2 с. 326
Семенова И.Э. т. 2 с. 203
Сенаторова Н.А. т. 1 с. 363
т. 2 с. 332
Сергеев Д.О. т. 2 с. 477
с. 486
Сергеева А.В. т. 1 с. 369
Сероглазов Р.Р. т. 1 с. 439
Сизов А.П. т. 2 с. 183
Слюняев А.В. т. 1 с. 369
Смирнов А.И. т. 1 с. 374
с. 380
Смирнов Ю.А. т. 2 с. 435
Соколов А.Г. т. 2 с. 170
Стрижельчик Г.Г. т. 2 с. 339
Стром А.Л. т. 1 с. 349

Сулайманов С.С. т. 2 с. 343
Сунгатуллин Р.Х. т. 1 с. 386
Суханов В.В. т. 2 с. 112
Сучкова К.В. т. 2 с. 141
Сущев С.П. т. 2 с. 279
с. 348

Тарасова Е.Н. т. 2 с. 246
Тарбаева В.М. т. 2 с. 353
Татаринов В.Н. т. 2 с. 357
Татаринова Т.А. т. 2 с. 357
Ташлыкова Т.А. т. 1 с. 392
Твердохлебов Н.В. т. 2 с. 362
Тетельмин В.В. т. 1 с. 400
с. 405
Тешебаева К. т. 1 с. 481
Тимофеева Е.А. т. 1 с. 363
т. 2 с. 370
Толмачев В.В. т. 2 с. 377
Толстая Ю.П. т. 2 с. 130
Торгоев И.А. т. 2 с. 11
с. 531
Туйчиев А.И. т. 1 с. 433
Туйчиева М.А. т. 2 с. 385
Туманов В.В. т. 2 с. 20
Тупысев М.К. т. 2 с. 537

Угаров А.Н. т. 1 с. 527
т. 2 с. 279
Усманова М.Т. т. 1 с. 274
с. 410
Утемова С.А. т. 1 с. 274

Фефелова И.А. т. 1 с. 414
Фокичева А.А. т. 2 с. 170
Фоменко И.К. т. 1 с. 225
Фролова Н.И. т. 1 с. 527
т. 2 с. 279
с. 391
Фрумин Г.Т. т. 1 с. 420

Хабибуллаев С.Ш. т. 2 с. 399
Хамидов Л.А. т. 1 с. 534
с. 558
Хамидов Х.Л. т. 1 с. 534
с. 558
Хамрабаева Н.А. т. 2 с. 343
Харькина М.А. т. 2 с. 404
Хасанов Р.Р. т. 1 с. 386
Хасанова О.Т. т. 2 с. 409
Хоситашвили Г.Р. т. 1 с. 424
Хребтова Т.В. т. 1 с. 286
Хусомиддинов А.С. т. 1 с. 558

Цымбалов А.А. т. 2 с. 415
с. 420

Шаазизов Ф.Ш. т. 1 с. 500
Шакуров Р.К. т. 4 с. 426
Шалагинов А.Е. т. 1 с. 540
Шведовский П.В. т. 2 с. 66
Шержуков Е.Л. т. 1 с. 546
Шешеня Н. Л. т. 2 с. 430
Шин Л.Ю. т. 1 с. 564
Ширинкин О.Ю. т. 1 с. 194
Шумакова Е.М. т. 1 с. 552

Щевьев Ю.Л. т. 2 с. 435
Щекочихина Е.В. т. 1 с. 125
Шумкин Е.А. т. 2 с. 158
Щур С.А. т. 2 с. 5

Экзарьян В.Н. т. 2 с. 197
Эргешов И.М. т. 1 с. 558
Эсенов Э.М. т. 1 с. 45

Юрков А.К. т. 1 с. 469
Юсупов Ш.С. т. 1 с. 354
с. 564
Юфа Я.М. т. 2 с. 20
Юшманов И.О. т. 1 с. 176

Ялченир А. т. 1 с. 180

СОДЕРЖАНИЕ

ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ ПРИРОДНЫМИ РИСКАМИ, ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ И РАЗРАБОТКА НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

Авдотьин В.П., Горемыкина Г.И., Радецкий А.В., Щур С.А. К вопросу об управлении катастрофическими рисками …….. 5
Алешин Ю.Г., Торгоев И.А. Природно-техногенные риски на высокогорных рудниках Тянь-Шаня ……. 11
Алламуратов М.У., Аметов Я.И., Есимбетов А.Т., Алимбетов А.А. Решение экопроблемы Аральского моря полимерными реагентами для закрепления песков …… 17
Анциферов А.В., Туманов В.В., Юфа Я.М., Ремнев В.В. Оценка возможностей методов сейсморазведки для контроля осложненных условий строительства московского метрополитена …….. 20
Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Ибрагимова Т.Л., Мирзаев М.А. Связь между периодами сейсмической активизации в различных сейсмоактивных зонах как фактор геологического риска …….. 27
Баджанов Б.М., Бакбергенов Н.Н. Риски возникновения чрезвычайных ситуаций на гидротехнических сооружениях …… 32
Барабанов А.Т. Прогнозирование поверхностного стока талых вод с целью управления весенним паводком в Волжско-Камском каскаде водохранилищ ……. 36
Баринов А.Ю. Защита олимпийских объектов в Сочи от селевых потоков гибкими барьерами …….. 42
Безуглова Е.В., Маций С.И., Подтелков В.В. Управление оползневым риском на эксплуатируемых линейных сооружениях …… 49
Беляев А.Ю., Ахметьева Н.П., Кричевец Г.Н., Михайлова А.В. Оценка эффективности мероприятий по обводнению болотных массивов с использованием математической модели ……. 54
Бурова В.Н. Карты интегрального природного риска – один из методов управления …… 60
Волчек А.А., Шведовский П.В. Особенности оценки, прогнозирования и управления природными рисками …….. 66
Гаибназаров С.Б. Снижение риска аварии при бурении нефтегазовых скважин ……. 72

Галицкая И.В., Батрак Г.И. Оценка риска загрязнения подземных вод нефтепродуктами при воздействии автотранспортного комплекса ……. 77
Гасанова Н.Ю., Салямова К.Д., Меликулов А.Д. Обоснование устойчивости и прочности массивов скальных пород как фактор управления естественными и техногенными рисками ……... 82
Гасиев А.А., Грановский А.В., Акбиев Р.Т. Сейсмоусиление стен кирпичных зданий на основе применения современных строительных материалов и технологий …… 88
Голуб В.А., Голуб С.Н., Голуб Г.С. Влияние ветровой эрозии на окружающую среду и человека в условиях радиоактивного загрязнения западного полесья Украины …… 94
Долганов А.И. Об обеспеченности ледовой нагрузки в Финском заливе ……... 100
Дудлер И.В., Мавлянова Н.Г. Актуальность и направления совершенствования нормативной базы оценки природных и природно-техногенных рисков ……... 106
Дьяконов П.Ю., Суханов В.В. Разработка нормативных документов для оценки и управления рисками в метрополитене …… 112
Едигенов М.Б. Оценка влияния подземных вод на горно-рудничные геориски ……... 118
Жигалин А.Д. Повышение риска при увеличении добычи углеводородов …… 123
Заиканов В.Г., Минакова Т.Б., Булдакова Е.В., Толстая Ю.П. Роль геоэкологических ограничений в управлении природными рисками на урбанизированных территориях ……. 130
Зверев В.П., Костикова И.А. Опасность, риск и возможность их предотвращения при возведении сооружений на хорошо растворимых горных породах …….. 135
Зекцер И.С., Сучкова К.В. Геоэкологические риски крупного отбора подземных вод …… 141
Зияева М.А. Экологическая обстановка в Узбекистане …….. 147
Ибраев Т.Т., Ли М.А. Прогнозная оценка чрезвычайных ситуаций на водохозяйственных объектах Казахстана ……... 152
Иванов П.В., Николаева С.К., Левина Т.В., Шумкин Е.А. Сукцессионный подход к оценке влияния микробиологических процессов на состав, строение и свойства грунтов и строительных материалов …….. 158
Исмаилов В.А. Геологические риски при градостроительном освоении подземного пространства г. Ташкента …… 164
Истомин Е.П., Соколов А.Г., Фокичева А.А. О некоторых вопросах управления гидрометеорологическими рисками …….. 170

Казеев А.И., Постоев Г.П., Лапочкин Б.К. Оценка масштабов оползневой угрозы путем принудительной активизации оползня …… 176
Карфидова Е.А., Сизов А.П. Методологические подходы к оценке риска негативных геологических процессов на основе взаимодействия земельно-имущественных и градостроительных информационных систем …….. 183
Клячко М.А. Универсальная модель и методика анализа и управления бедственным риском на практике …….. 189
Козловский Д.С., Экзарьян В.Н. Теоретические аспекты определения экологического риска при проектировании особо опасных объектов ……... 197
Козырев А.А., Панин В.И., Семенова И.Э. Геомеханическое моделирование для оценки и управления геодинамическими рисками при разработке удароопасных месторождений ……... 203
Комарова Н.Г. К новой идеологии противодействия природным рискам в современном мире …….. 209
Костин А.В., Гаврильева Т.Н. Использование ГИС-технологий для оценки экономического ущерба от наводнений ……... 214
Кочкин Б.Т., Мальковский В.И. Количественные прогнозы миграции радионуклидов в зависимости от долгосрочного изменения внешних условий (могильник Вао на участке Енисейский, Красноярский край) …… 223
Крымский В.В., Гладышев Р.В. Классификация мероприятий по предотвращению чрезвычайных ситуаций и затраты, связанные с предупреждением и ликвидацией ……. 228
Куранов П.Н. Проблемы риска в градопромышленной гидрогеоэкологии ……... 235
Лурьева И.И. Способы снижения техногенного воздействия разработки газовых месторождений на окружающую среду …….. 240
Мамонтова Е.А., Тарасова Е.Н., Мамонтов А.А. Оценка рисков здоровью населения от воздействия стойких органических загрязнителей в Иркутской области ……. 246
Марченко П.Е., Джаппуев Д.Р., Гяургиева М.М.. Детализированные численные оценки степени подверженности селевой опасности горных геосистем ……... 252
Махнатов С.А. Изучение оценки карстового риска для территориального планирования …… 258
Медеу А.Р., Киренская Т.Л. Оценка и картографирование селеопасности и селевого риска ……... 264
Минина М.В., Королев В.А. Обоснование типовых схем противооползневой инженерной защиты ……... 270

Михайлов А.В., Китаев А.Б. Состояние защитных и берегоукрепительных сооружений Пермского края …….. 274
Осипов В.И., Ларионов В.И., Фролова Н.И., Сущев С.П., Угаров А.Н. Мониторинг сейсмического риска с учетом техногенных аварий на примере г. Б. Сочи …… 279
Ошкадер А.В., Подлипенская Л.Е. Оценка гидроэкологического риска на территории Керченского полуострова …….. 286
Петрова Е.Г. Проблемы управления природно-техногенными рисками …….. 292
Полканов В.Н., Полканова А.В. Учет, оценка и прогнозирование геологических рисков при освоении потенциально опасных территорий Молдовы ……... 297
Полшкова И.Н., Ахметшин Р.З. Математические модели гидрогеологических процессов как инструмент прогнозирования рисков техногенной деятельности …….. 303
Родкин М.В., Писаренко В.Ф.. Новые подходы к оценке характера повторяемости редких сильных событий (катастроф) …… 309
Рыбникова Л.С., Рыбников П.А. Гидрогеоэкологические риски на горнопромышленных территориях Среднего Урала …….. 313
Саватеева О.А., Макаров О.А. Экологические риски территории г. Дубна Московской области ……... 319
Свалова В.Б. Проблемы снижения риска стихийных бедствий. Уроки Великого восточно-японского землетрясения и цунами … 326
Сенаторова Н.А. Показатели опасности и уязвимости при оценке риска суффозионных процессов на градопромышленных территориях …….. 332
Стрижельчик Г.Г. Методологические особенности оценки природного и природно-техногенного риска для строительства ……. 339
Сулайманов С.С., Хамрабаева Н.А. Разработка технических решений по снижению сейсмического риска, связанного с пожарами в разрушенной части города …… 343
Сущев С.П., Ларионов В.И., Новиков П.А. Автоматизированная система динамического анализа риска лесных пожаров …… 348
Тарбаева В.М. О создании Международного центра подготовки волонтеров (МЦПВ) для участия в ликвидации экологически опасных ситуаций ……... 353
Татаринов В.Н., Татаринова Т.А. Прогнозирование геодинамического риска в районах размещения радиационно-опасных объектов 357
Твердохлебов Н.В. Уточнение понятийного аппарата в области защиты от чрезвычайных ситуаций – важная составляющая совершенствования анализа, прогноза и управления природными рисками …….. 362

Тимофеева Е.А. Интегральный метод оценки риска наводнений и затоплений территорий …….. 370
Толмачев В.В. Учет различных аспектов карстового риска ……... 377
Туйчиева М.А., Джураев Н.М., Едгоров Ш.И., Артиков Ф.Р. Оценка комплексного геологического риска для территории Бухары с целью расчета сейсмического риска ……. 385
Фролова Н.И., Габсатарова И.П. Использование макросейсмических данных для повышения надежности оперативных оценок потерь на примере Курчалойского землетрясения …….. 391
Хабибуллаев С.Ш., Мухамедгалиев Б.А. Снижение пожаров и взрывов применением эффективных методов улавливания паров нефтепродуктов …….. 399
Харькина М.А. Состояние нормативной базы по оценке современных геологических процессов при инженерно-экологических изысканиях …….. 404
Хасанова О.Т. Разработка инженерных мероприятий в селеопасных районах для минимизации ущерба …… 409
Цымбалов А.А. Регенерация подземных источников при проведении восстановительных работ после чрезвычайных ситуаций ….. 415
Цымбалов А.А. Инженерное оборудование для аварийно-восстановительных работ водопропускных устройств в чрезвычайных ситуациях при наводнениях и катастрофических затоплениях …. 420
Шакуров Р.К. Республика Башкортостан: к вопросу оценки сейсмического риска …….. 426
Шешеня Н.Л. Прогнозирование и управление экологическими рисками в пределах городов …….. 430
Щевьев Ю.Л., Смирнов Ю.А., Войтенко Е.В. Целесообразность применения эстакад вместо высоких насыпей на подходах к мостам 435

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ И ОБЛАСТЯХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД

Абрамов В.М. Управление природными рисками при рациональном природопользовании в арктической зоне Российской Федерации в условиях изменения климата ……... 443
Дзюба А.В., Ковалева А.А. Предпосылки формирования риска контаминации подземных вод в зоне распространения многолетней мерзлоты ……... 448
Дзюба А.В. Механизмы формирования рисков, обусловленных современной динамикой неподвижных водных объектов в Приарктических регионах России ……... 454

Козырева Е.А., Рыбченко А.А., Гладков А.С., Кошкарев Д.А., Борняков С.А. Оценка состояния устойчивости борта карьера в условиях арктической зоны ……... 460
Кондратьев В.Г., Бронников В.А. Снижение рисков потери устойчивости подземного нефтепровода на участках льдистых многолетнемерзлых грунтов путем дополнительного их охлаждения ... 464
Липатов В.А. Опыт преподавания курсов дистанционного обучения по природным опасностям в Арктическом регионе для студентов российских и американских вузов …… 471
Макарычева Е.М., Капралова В.Н., Сергеев Д.О. Анализ режима водной поверхности термокарстовых озер в горах северного Забайкалья ……... 477
Медведков А.А. Мерзлотные ландшафты – источники высокой пожароопасности Сибирской тайги в условиях потепления климата …….. 483
Мерзляков В.П., Сергеев Д.О. Оценка опасности возникновения морозобойных трещин для областей с резкоконтинентальным климатом …….. 486
Миронюк С.Г. Газовыделения в арктическом регионе: идентификация и оценка опасности …….. 492
Морозов А.Н., Ваганова Н.В., Конечная Я.В. Новые данные о сейсмичности и скоростной структуре земной коры зоны перехода «континент-океан» в Баренцево-Карском регионе Арктики …. 499
Никонов А.И. Современные подходы к решению вопросов эколого-промышленной безопасности объектов нефтегазового комплекса арктических территорий …….. 505
Постоев Г.П. Опасность провала в мерзлой толще в Арктическом регионе ……. 511
Разумов С.О. Катастрофическое разрушение береговых криогенных геосистем восточной Арктики в современных и прогнозируемых природно-техногенных условиях …… 517
Самсонова В.В., Дручина О.Е., Самсонова М.А. Прогнозная оценка мерзлотно-климатических и геокриологических геотехнических рисков строительства и эксплуатации магистральных трубопроводов …….. 523
Торгоев И.А., Алешин Ю.Г. Геотехнические проблемы и экологический риск на высокогорном руднике Кумтор …….. 531
Тупысев М.К. Оценка опасных техногенных процессов с нарушением герметичности скважин при освоении месторождений углеводородов, в том числе в Арктическом регионе ……. 537

УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ ……... 540

Научное издание

АНАЛИЗ, ПРОГНОЗ И УПРАВЛЕНИЕ ПРИРОДНЫМИ РИСКАМИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

В двух томах

Том 2

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. 32,09. Тираж 320 экз. Заказ 1148

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