

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
Научный совет РАН по проблемам геоэкологии,  
инженерной геологии и гидрогеологии  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт геоэкологии им. Е.М.Сергеева РАН

МЧС РОССИИ  
Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам  
гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций  
(Федеральный центр науки и высоких технологий)

РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

---

**ПРОБЛЕМЫ СНИЖЕНИЯ  
ПРИРОДНЫХ ОПАСНОСТЕЙ И РИСКОВ**  
Материалы Международной научно-практической  
конференции «ГЕОРИСК – 2012»

**PROBLEMS OF DECREASE  
IN NATURAL HAZARDS AND RISKS**  
The International Scientifically-Practical Conference  
«GEORISK – 2012»

**Том II**

Москва  
Российский университет дружбы народов  
2012

УДК 504.06:502(063)  
ББК 20.1  
П 78

**Организационный комитет Конференции (Conference organizing committee):**  
*Н.П. Лаверов* (председатель), *В.И. Осипов* (зам. председателя),  
*С.А. Качанов* (зам. председателя), *Н.Г. Мавлянова* (ученый секретарь)

**Ответственный редактор (Editor-in-chief) –**  
*Н.Г. Мавлянова*

Издание осуществлено при поддержке Российского фонда  
фундаментальных исследований (грант 12-05-06083-г)  
The publication was sponsored by the Russian Foundation  
for Basic Research (project 12-05-0683-g)

**П 78 Проблемы снижения природных опасностей и рисков**  
[Текст] : Материалы Международной научно-практической  
конференции «ГЕОРИСК – 2012». В 2-х т. Т. 2. – М. :  
РУДН, 2012. – 311 с. : ил.

ISBN 978-5-209-

В сборник включены материалы Международной научно-практической конференции по проблемам снижения природных опасностей и рисков «ГЕОРИСК -2012», состоявшейся 18-19 октября 2012 г. в г. Москве. Материалы освещают широкий круг актуальных вопросов по количественному анализу природных и техноприродных рисков, представленных на шести секциях: методы изучения, прогноз и картирование опасных природных и техноприродных процессов; оценка уязвимости и ущербов от развития опасных природных процессов; теория и практика количественной оценки природных рисков; регулирование рисков в нормативных документах; управление природными рисками; оценка экологического риска и риска для здоровья людей.

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

Problems of Decrease of Natural Hazards and Risks: The International Scientifically-Practical Conference «GEORISK-2012» - М.: People Friendship University of Russia, 2012. – p.

The collection of articles includes the proceedings of reports submitted to the International Scientifically-Practical Conference of Problems of Decrease of Natural Hazards and Risks «GEORISK-2012» held in Moscow, October 18-19, 2012. The reports deal with the following topics: methods of research, forecast and mapping of natural and human-induced hazards; assessment of vulnerability and losses caused by natural hazards, theory and practice of quantitative assessment of natural risks; risk regulation in normative documents: natural risk management; assessment of risk to environment and human health.

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-

УДК 504.06:502(063)  
ББК 20.1

© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, 2012  
© Коллектив авторов, 2012  
© Российский университет дружбы народов, Издательство, 2012

**ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА  
КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ  
ПРИРОДНЫХ РИСКОВ**



**THEORY AND PRACTICE OF QUANTITATIVE  
ASSESSMENT OF NATURAL RISKS**

## ГЕОТЕКТОНИЧЕСКИЕ РИСКИ БЕТОННЫХ ПЛОТИН

*Алексеева О.А., Манько А.В.*

*ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет, кафедра Инженерной геологии и геоэкологии, Москва, arthur\_manko@suomi24.fi*

### GEOTECTONIC RISKS OF CONCRETE DAMS

*The article gives a brief description of potential geomechanical risks in the operation of high arch dams*

Геологическая и гидрогеологическая составляющая риска эксплуатации высоконапорных бетонных плотин определяется в соответствии с категорией сложности инженерно-геологических условий по СП 11-105-97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства». В данной классификации выделяют три категории сложности.

*I категория сложности (простая).*

Геоморфологические условия площадки (участка) в пределах одного геоморфологического элемента. Поверхность горизонтальная, нерасчлененная. Геологические факторы в сфере взаимодействия бетонной плотины с геологической средой – не более двух различных по литологии слоев, залегающих горизонтально или слабонаклонно (уклон не более 0,1). Мощность выдержана по простиранию. Незначительная степень неоднородности слоев по показателям свойств грунтов, закономерно изменяющихся в плане и по глубине. Скальные грунты залегают с поверхности или перекрыты маломощным слоем нескальных грунтов. Гидрогеологические факторы в сфере взаимодействия бетонной плотины с гидрогеологической средой – подземные воды отсутствуют или имеется один выдержанный горизонт подземных вод с однородным химическим составом. Геологические и инженерно-геологические процессы, отрицательно влияющие на условия строительства и эксплуатации бетонной плотины – отсутствуют. Специфические грунты в сфере взаимодействия бетонной плотины с геологической средой – отсутствуют. Техногенные воздействия и изменения

освоенных территорий – незначительные, и могут не учитываться при инженерно-геологических изысканиях и проектировании.

*II категория сложности (средней сложности).*

Геоморфологические условия – площадка (участок) в пределах нескольких геоморфологических элементов одного генезиса. Поверхность наклонная, слабо расчлененная. Геологические факторы в сфере взаимодействия бетонной плотины с геологической средой – не более четырех различных по литологии слоев, залегающих наклонно или с выклиниванием. Мощность изменяется закономерно. Существенное изменение характеристик свойств грунтов в плане или по глубине. Скальные грунты имеют неровную кровлю и перекрыты нескальными грунтами. Гидрогеологические факторы в сфере взаимодействия бетонной плотины с гидрогеологической средой – два и более выдержанных горизонтов подземных вод, местами с неоднородным химическим составом или обладающих напором и содержащих загрязнение. Геологические и инженерно-геологические процессы, отрицательно влияющие на условия строительства и эксплуатации бетонной плотины – имеют ограниченное распространение и (или) не оказывают существенного влияния на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов. Специфические грунты в сфере взаимодействия бетонной плотины с геологической средой – имеют ограниченное распространение и (или) не оказывают существенного влияния на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов. Техногенные воздействия и изменения освоенных территорий – не оказывают существенного влияния на выбор проектных решений и проведение инженерно-геологических изысканий.

*III категория сложности (сложная).*

Геоморфологические условия – площадка (участок) в пределах нескольких геоморфологических элементов разного генезиса. Поверхность сильно расчлененная. Геологические факторы в сфере взаимодействия бетонной плотины с геологической средой – более четырех различных по литологии слоев. Мощность резко изменяется. Линзовидное залегание слоев. Значительная степень неоднородности по показателям свойств грунтов, изменяющихся в плане или по глубине. Скальные грунты имеют сильно расчлененную кровлю и перекрыты нескальными грунтами. Имеются разло-

мы разного порядка. Гидрогеологические факторы в сфере взаимодействия бетонной плотины с гидрогеологической средой – горизонты подземных вод не выдержаны по простиранию и мощности, с неоднородным химическим составом или разнообразным загрязнением. Местами сложное чередование водоносных и водоупорных пород. Напоры подземных вод и их гидравлическая связь изменяются по простиранию. Геологические и инженерно-геологические процессы, отрицательно влияющие на условия строительства и эксплуатации бетонной плотины – имеют широкое распространение и (или) оказывают решающее влияние на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов.

Специфические геотектонические условия в сфере взаимодействия бетонной плотины с геологической средой имеют широкое распространение, оказывающее решающее влияние на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов.

Важным фактором в определении влияния геотектоники на формирование напряженно-деформированного состояния (НДС) плотин и окружающего массива является направление их главных векторов по отношению к векторам основных нагрузок. НДС массива и конструкций плотины является одно из основных в расчетах взаимного влияния породного массива и конструкций плотин. Рассмотрим геотектонические риски эксплуатации плотин на примере Саяно-Шушенской ГЭС.

Главный вектор растяжения в локальном поле тектонических напряжений определяет возможность сдвиговых смещений плотины в сторону нижнего бьефа, тем более что ИГД СО РАН определил дислокацию пород в основании, как подготовленную к левостороннему сдвигу. Геодезическими измерениями, в первые годы эксплуатации Саяно-Шушенской плотины, в проектном режиме были зафиксированы подвижки концевых участков береговых штолен на 20-30 мм, закрытие шва «плотина-ГЭС», подъём реперов нивелирного хода в нижнем бьефе на 15-20 мм за плотинной и до 5 мм на расстоянии одного километра от плотины. Это явный признак сдвиговых смещений по руслу от действия гидростатического давления на плотину. Величина этого сдвига оценивается примерно в 20-30 мм по контакту с основанием, а в глубину охватывает зону до 60 м. Якоря обратных отвесов на глубине 40 м имеют незатухающие смещения.

Наиболее убедительным доказательством влияния тектонических напряжений является постоянный рост сжимающих арочных напряжений в нижней, приконтактной части плотины, где существует постоянный температурный режим и влияние внешних техногенных и сейсмических возмущений менее заметно. Так, на напорной грани у левого берега в зоне отм. 430 м в секции 10 при равных УВБ 539 м напряжения увеличились с 5.2 в 1997 г. до 5.9 МПа в 2007 г., в симметричной секции 55 увеличились с 7.4 до 8.4 МПа. В русловой секции 18 на отм. 320 м напряжения возросли с 3 до 3.3 МПа. На низовой грани плотины напряжения возрастали с большей интенсивностью: у левого берега в секции 3, в зоне отм 512 м рост напряжений составил с 16 в 1997 г. до 19.5 МПа в 2007 г., в приконтактной части секции 18 – с 5 до 8.3 МПа; в приконтактной части ключевой секции – с 1.8 до 3.7 МПа. У правого берега в приконтактной части секции 45 напряжения увеличились с 4.9 в 1997 г. до 5.3 МПа в 2001 г., в секции 64, которая симметрична с левобережной секцией 3, напряжения арочного сжатия увеличились с 2.4 в 1997 г. до 3.9 МПа в 2001 г. При этом поле напряжений в береговых примыканиях и в плотине ещё не стабилизировалось, и ожидания стабилизации вряд ли оправдаются в регионе с нестабильной тектоникой и сейсмической опасностью в 9 баллов по карте ОСР-97.

Механизм воздействия на плотину со стороны берегов объясняется двумя главными факторами:

1) пуассоновыми деформациями от собственного веса массива по гипотезе Терцаги-Динника и при снижении параметров сопротивления сдвигу в породе от водонасыщения и обходной фильтрации;

2) разгрузкой собственных тектонических напряжений в береговых массивах от переменного УВБ, замораживания и оттаивания откосов, разогрева от инсоляции, эффекта Ребиндера (снижения адгезионной прочности пород при водонасыщении).

С точки зрения геодинамики представляет интерес эволюция осадок плотин, которая после первого периода эксплуатации начинает восстанавливаться. Наиболее убедительным доказательством этой концепции являются показания сдвигомеров в основании плотины Саяно-Шушенской ГЭС и рост сжимающих арочных напряжений в приконтактной части плотины. Многолет-

ними исследованиями [1,2] доказана «теорема существования» геодинамического воздействия на высоконапорные бетонные плотины в тектонически нестабильных регионах. Возникает естественный вопрос об оценке и учете такого влияния в проектах и при эксплуатации уникальных гидротехнических сооружений. На существующем уровне знаний по этим вопросам можно высказать только предварительные соображения. Прежде всего – это сбор, обобщение и анализ данных натурных наблюдений на существующих плотинах в орогенных областях, с целью определения геотектонической или геодинамической компоненты в НДС плотины. Знания о НДС массива и плотины даст уверенность в том, что даже при превышении расчетных параметров разрушение плотины не произойдет.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Марчук А.Н., Марчук Н.А., Манько А.В. Влияние тектонофизических напряжений на формирование напряженно-деформированного состояния бетонных плотин // Гидротехническое строительство. – 2011. – № 10.
2. Марчук А.Н., Марчук Н.А. Плотины и геодинамика. – М.: Изд. ИФЗ РАН, 2006.
3. Серова Е.А., Манько А.В. Качественный анализ геотехнического риска при возведении бетонных плотин // Геориск. – 2011.

#### **РИСКИ НА УЧАСТКАХ ЗАЛОЖЕНИЯ ВЫСОКОГОРНЫХ ХВОСТОХРАНИЛИЩ (ВНУТРЕННИЙ ТЯНЬ-ШАНЬ): ИДЕНТИФИКАЦИЯ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

*Алёшин Ю.Г., Торгоев И.А., Чукин Б.А.*

*Институт геомеханики и освоения недр НАН КР, г. Бишкек,  
Кыргызская Республика, тел. +996 (312) 56-62-18,  
факс +996 (312) 54-11-17, e-mail yuri.aleshin@gmail.com*

#### **RISKS FOR TAILINGS STORAGE FACILITIES IN HIGH-MOUNTAINOUS AREAS (INNER TIEN SHAN): IDENTIFICATION DURING OPERATING**

*Genesis and transformation in time of risks for tailings storage facilities in high-mountainous areas are considered. Three groups of risk factors are distinguished. For one of them calculations are performed using Fault Tree Analysis (FTA) method.*

Хвостохранилище ЗИФ действующего рудника Кумтор является наиболее крупным гидротехническим сооружением зоны вечной мерзлоты внутреннего Тянь-Шаня: через два года кумулятивный объём хранения твёрдых отходов достигнет 65 млн. м<sup>3</sup>, высота удерживающей дамбы ~47 м при длине гребня более 4 км. Оно заложено в долине реки Арабель выше слияния её с рекой Кумтор, являющейся источником р. Нарын (Сырдарья), в непосредственной близости (~5 км) от приледникового озера Петрова (рис. 1), зоне транзита флювиогляциальных и селевых масс в голоцене, которые прорезали среднечетвертичные морены. При выборе места закладки хвостохранилища в 1995 г., несомненно, превалировали экономические соображения, связанные с небольшим расстоянием между объектами "ЗИФ–хвостохранилище" (6–8 км) и удачной морфологией котловины [1].

Практика последующей эксплуатации объекта, детальный мониторинг состояния дамбы, инженерно-геологические и геофизические изыскания на участке заложения выявили целый ряд факторов (обстоятельств и процессов), которые могут привести к разрушению объекта с катастрофическими экологическими последствиями. Условно можно выделить три группы факторов риска: (1) – внутренние физико-геологические в основании и теле дамбы, приводящие к потере устойчивости последней; (2) – гидрогеологические и гидрологические факторы в пределах водосборной площади; (3) – гляциологические и термодинамические процессы в структурах морено-ледникового комплекса Петрова.



Рис. 1. Группы факторов риска

Генезис опасностей первой группы определяется особенностями состава, строения, свойств и термического режима грунтов аллювиальной террасы на границе с озёрными суглинисто-илистыми отложениями малой мощности (до 2 м) при слабом их уклоне (от 1° до 2°) в сторону нижнего бьефа, залегающие на глубине ~4 м. Эти отложения с тонкими линзами и прослоями льда, весьма низкими прочностными характеристиками (по данным [6] угол внутреннего трения  $\varphi$  от 1,5° до 2,5°), в начале строительства мёрзлые, но по мере возведения объекта, переходящие в талое состояние, стали причиной развития крупных деформаций и смещений на контакте дамбы с основанием со скоростью до 6 мм/месяц. Положение усугубляется ещё тем, что основание дамбы покоится на современных и древних меандрах русла р. Арабель. Несмотря на то, что воды реки отведены в искусственное русло за пределы

хвостохранилища, здесь сохранился подрусловый сток, обогащённый инфильтратом хвостовых вод. Геофизические исследования, проведённые нами недавно, выявили на участке сооружения дамбы целую систему таликовых зон, образованных этими меандрами. Реабилитация объекта, уже в ходе его строительства и эксплуатации, потребовала огромных усилий и дополнительных финансовых затрат для стабилизации дамбы посредством сооружения упорного клина.

Сразу же после завершения проекта реабилитации объекта был проведён анализ риска аварии дамбы хвостохранилища (т.е. фактически её обновлённой конструкции). Анализ опасностей, по которым имелся фактический материал (данные мониторинга по состоянию на 2011 г.), позволил выделить три основных сценария развития аварии на хвостохранилище, связанных с разрушением удерживающей дамбы:

V1. Разрушение дамбы в результате развития фильтрационных деформаций в грунтах тела дамбы и её основания.

V2. Размыв тела дамбы при переливе промышленных отходов через гребень дамбы в условиях дополнительного водопритока в бьеф хвостохранилища.

V3. Потеря устойчивости низового откоса дамбы и/или потеря устойчивости дамбы в результате сдвига по оставшимся участкам суглинистого прослоя.

Наиболее опасным является сценарий формирования гидродинамической аварии в виде прорыва пульпы на всю высоту наполнения хвостохранилища, в случае потери устойчивости дамбы. Моделирование данного вида гидродинамической аварии проводилось по программе "Tailings Flow Slide". Основные результаты расчёта следующие: длина зоны затопления от дамбы составляет 660 м, максимальная скорость потока 18,4 м/с, время распространения потока на расстояние 660 м – 70 сек. Авария по этому сценарию классифицируется как чрезвычайная ситуация *локального* характера с угрозой жизни людей до 10 человек.

Для количественной оценки риска аварии, при потере устойчивости дамбы, использован метод анализа "дерево отказов" ("Fault Tree Analysis" – FTA), рекомендованный СТП ВНИИГ 230.2.001-00 [3]. На рис. 2 представлено "дерево отказов" для сценария аварии V3 с его элементами.

В качестве элементов "дерева отказов", влияющих на устойчивость дамбы, были выбраны:

С1. Сверхрасчётное сейсмическое воздействие интенсивностью в 8 и 9 баллов.

С2. Некачественная укладка и уплотнение грунтов.

С3. Ошибка в определении особенностей инженерно-геологических условий.

С4. Отклонения в геометрических размерах дамбы и клина при строительстве.

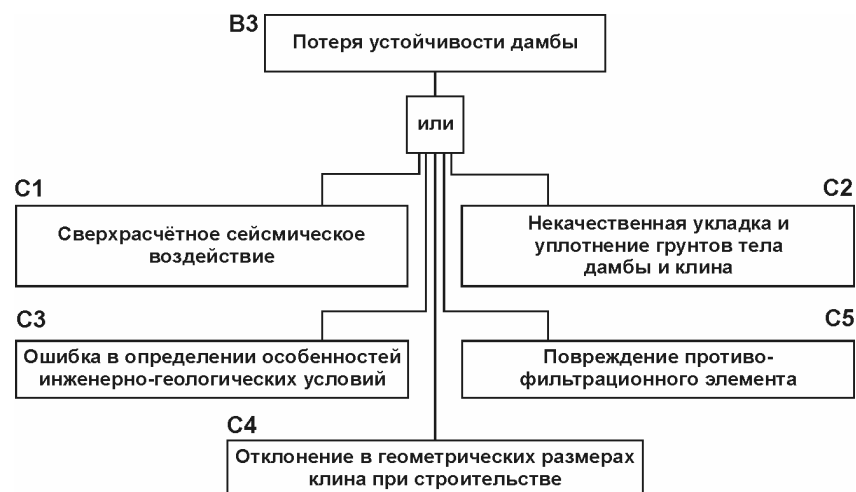


Рис. 2. "Дерево отказов" для сценария В3.

Элемент С5 – повреждение противofильтрационного элемента, был исключён из анализа риска, т.к. разрушение дамбы в результате потери фильтрационной прочности грунтов отнесено к маловероятному событию.

Коэффициент устойчивости дамбы, как случайная величина, подчиняется нормальному закону распределения. Статистические параметры определялись методом линеаризации посредством разложения нелинейной функции в ряд Тейлора. С учётом срока службы дамбы среднегодовая вероятность отказа дамбы в статиче-

ских условиях составила  $R_s = 1.76 \times 10^{-4} \text{ год}^{-1}$ ; при сейсмических воздействиях  $R_c = 3,83 \times 10^{-4} \text{ год}^{-1}$ . Допустимый нормами риск для грунтовых плотин 2 класса в период эксплуатации, согласно СНиП 33-01-2003 составляет  $5 \times 10^{-4} \text{ год}^{-1}$ .

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 [2], срочной реабилитации только что возведённого 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 объектов с геологической средой.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алёшин Ю.Г., Торгоев И.А. Мониторинг и охрана геологической среды при освоении криолитозоны высокогорья // Сергеевские чтения. Вып. 6. Инженерная геология и охрана геологической среды. Современное состояние и перспективы развития. – М.: ГЕОС, 2004. – С. 322-326.
2. Лавёров Н.П., Величкин В.И., Кочкин Б.Т. и др. Концепция оценки безопасности хранилищ отработанных ядерных материалов, размещаемых в кристаллических породах // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2010. – № 3. – С. 195-206.
3. Методические указания по проведению анализа риска аварий гидротехнических сооружений. СТП ВНИИГ 230.2.001-00 / Под ред. Е.Н. Беллендира, С.В. Сольского, Н.Я. Никитиной. – СПб.: ОАО "ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева", 2000.
4. Фалалеев Г.Н. Влияние температурного фактора на сопротивляемость сдвигу мёрзлых суглинистых грунтов // Напряжённое состояние породного массива и наведённая геодинамика недр. Труды международной конференции. – Бишкек: Изд-во ИФМГП НАН КР, 2006. – С. 278-284.

## **РИСК РАЗВИТИЯ СУФФОЗИИ НА УЧАСТКЕ КАБЕЛЬНОГО КОЛЛЕКТОРА В МОСКВЕ**

*Аникеев А.В., Козлякова И.В.*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва, Россия,  
тел. (495)6089605, 6074543; факс (495)9231886;  
e-mail: anikeev\_alex@mail.ru, kozlyakova@rambler.ru*

### **RISK OF PIPING DEVELOPMENT IN THE AREA OF CABLE MANIFOLD IN MOSCOW**

*The engineering geological conditions of underground collector construction being designed in Moscow are described. The danger of damage of a line engineering structure as a result of suffosion process development in its bed is considered and the technique of suffosion risk evaluation is suggested. The great role of geological structure analysis and the grain-size one of the Mesozoic sands in the general procedure of piping hazard and risk assessment is shown.*

Провалы и оседания земной поверхности на территории Москвы часто связывают с развитием суффозии, которая обусловлена наличием в верхней части геологического разреза разновозрастных водонасыщенных неоднородных по механическому составу песчаных отложений. Суффозионные явления нередко наблюдаются по трассам линейных подземных сооружений и коммуникаций [5]. При оценке геологического риска на участках проектируемого строительства риск развития суффозии обычно не определяется, и связано это главным образом с тем, что четкая процедура его оценки до сих пор не разработана.

Попытка оценить суффозионную опасность и риск была предпринята на территории строительства кабельного коллектора, проектируемого в районе Москворечье-Сабурово ЮАО г. Москвы между Пролетарским проспектом и ул. Борисовские пруды. Коллектор кругового сечения имеет протяженность в плане 3500 м, внешний диаметр 6 м и максимальное заглубление 34–41 м. Согласно проектным решениям проходка тоннеля коллектора осуще-

ствляется щитовым комплексом фирмы «Ловат» с грунтопригрузом забоя, что обеспечивает хорошую сохранность массива пород. Однако просачивание грунтовых вод в коллектор после его возведения не исключается. Учитывая также, что трасса коллектора проходит по территории с многочисленными подземными коммуникациями, следует ориентироваться на то, что необходимое условие развития суффозии – наличие области выноса и аккумуляции материала – выполняется. Кроме того, вследствие барражного эффекта перепад напоров грунтовых вод вблизи сооружения может достигать 5 м, и возникающее при этом гидродинамическое давление способно перемещать тонкие и мелкие песчаные фракции не только по контактной поверхности «массив пород – сооружение», но и в поровом пространстве грунтов. Таким образом, и величина действующего фактора вполне достаточна для развития процесса.

На изученной территории бурением вскрыты отложения каменноугольного, юрского, мелового и четвертичного возраста. Среднекаменноугольные известняки мячковского горизонта залегают на глубине 55 м и более, к ним приурочен водоносный горизонт с напором над кровлей до 10 м. Известняки перекрыты среднеюрскими бат-келловейскими глинами и суглинками мощностью более 10.8 м. Выше залегают мощная (более 25 м) толща глин верхней юры и нижнего мела, в которой встречаются линзы водонасыщенных песков и песчанистых супесей. Отложения мелового возраста в восточной части участка строительства представлены преимущественно мелкозернистыми песками. Мезозойские отложения перекрыты неоднородной четвертичной толщей песков, супесей и суглинков аллювиального и ледникового генезиса. К четвертичным и меловым пескам приурочен грунтовый водоносный горизонт, уровень которого располагается на глубине 4–19 м.

Выполнено районирование территории строительства по геологическому строению и литологическим особенностям пород, вмещающих подземный коллектор и залегающих на расстоянии 3 м от его стенок. В результате выделены пять районов. Опасным для сооружения является район, где под коллектором залегают нижнемеловые и верхнеюрские пески и, следовательно, возможно формирование зон разуплотнения и суффозионных воронок, нарушение сплошности обделки, деформирование и разрушение стенок коллектора.



Для оценки способности нижнемеловых и верхнеюрских песков противостоять поровой суффозии использована методика ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева [4], успешно применявшаяся и в условиях городской застройки [2]. Базируясь на расчетных зависимостях, приведенных в этой методике, нетрудно показать, что устойчивость песков сохраняется, если

$$d_5/d_{17} \geq 0.35k \cdot (K_d)^{1/6} \cdot e \Rightarrow K_s \geq 1, \quad (1)$$

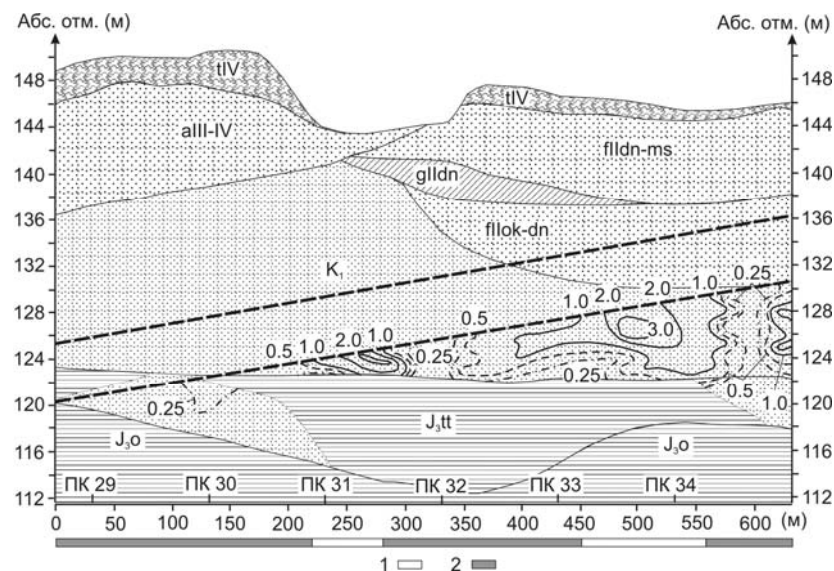
где  $K_s = d_5/(d_{17} \cdot 0.35k \cdot (K_d)^{1/6} \cdot e)$  – коэффициент суффозионной устойчивости;  $K_d = d_{60}/d_{10}$  – коэффициент неоднородности грунта ( $d_{60}, d_{10}$  – контролирующий и эффективный диаметры частиц);  $d_5, d_{17}$  – диаметры 5-процентной и 17-процентной обеспеченности;  $k = 1 + 0.05K_d$  – коэффициент неравномерности раскладки частиц;  $e$  – коэффициент пористости.

В основу оценки суффозионной устойчивости положены результаты определения состава и пористости грунтов, полученные при изысканиях. Значения  $d_5, d_{10}, d_{17}, d_{60}$ , необходимые для расчета  $K_d, K, K_s$ , снимались с построенных кривых гранулометрического состава. Из 545 определений отобраны лишь те, которые характеризуют нижнемеловые (52 определения) и верхнеюрские (10 определений) пески, залегающие в суффозионно опасном районе на отметках пола коллектора и ниже. Анализ выборки показывает, что меловые пески в большинстве своем (79 %) однородные ( $K_d \leq 3$ ), но суффозионно устойчивыми являются лишь 16 образцов, то есть 31 %. Юрские же пески, напротив, сильно неоднородны: величина  $K_d$  достигает 32.4. Хорошо отсортированные разности составляют 30 %. Все они крайне неустойчивы в суффозионном отношении:  $K_s = 0-0.28$ .

Распределение  $K_s$  в вертикальной плоскости, проходящей через ось коллектора, позволяет выделить два устойчивых участка, где изолиния  $K_s = 1$  выходит на контур сооружения (рис. 1). Их общая протяженность ( $L_y = 60 + 107 = 167$  м) составляет 26.5 % от длины коллектора в опасном районе ( $L_{os} = 630$  м).

Замечательный пример комплексного изучения поровой суффозии, на который можно опереться в наших оценках, дан Ф.В. Котловым [1]. В 1955 г. произведен отбор проб воды и суффозионного осадка из различных частей Замоскворецкого дренажа. Рассчитанная величина оседания земной поверхности в облас-

ти влияния дренажа в 1955 г. оказалась равной 0.06 мм ( $v_h = 0.06$  мм/год), а среднемноголетняя скорость оседания в 1937–1960 гг. –  $v_h = 0.09$  мм/год. При этом Ф.В. Котлов отмечает, что в действительности значения  $v_h$  должны быть заметно больше 0.06 мм/год и 0.09 мм/год, так как механический вынос происходит неравномерно по площади [1].



**Рис. 1. Изолинии коэффициента суффозионной устойчивости нижнемеловых ( $K_s$ ) и верхнеюрских ( $J_{3tt}$ ) песков в подошве коллектора:**  
1, 2 – устойчивые и неустойчивые участки;  
*tIV, all-IV, flldn-ms, glldn, fllok-dn* – четвертичные отложения.

Учитывая, что поверхность подземных сооружений является поверхностью ослабления массива, допускаем, что суффозия развивалась преимущественно вдоль труб Замоскворецкой дренажной системы, в узкой (шириной  $l = 10$  м) полосе. Тогда минимальная скорость оседания поверхности этих линейных участков составит  $v_h = 8$  мм/год, а максимальная (среднемноголетняя, 1937–1960 гг.) –  $v_h = 12$  мм/год.

Заключительный этап процедуры оценки геологических рисков – оценка экономического ущерба – выполняется в Москве согласно Рекомендациям [3]. В данном случае использовались формулы расчета полного ( $R_e$ ) и удельного ( $R_{eL}$ ) рисков потерь от так называемых перманентных опасностей с учетом того, что для линейного строительства следует оперировать не площадью, а длиной объекта  $L_o$ , протяженностью опасного участка  $L$  и, следовательно, линейной скоростью процесса  $v_L$ :

$$R_e = v_L \cdot P_v \cdot V_e \cdot D_e' \quad (2)$$

$$R_{eL} = R_e / L_o \quad (3)$$

В этих формулах  $P_v$  – это вероятность реализации скорости  $v_L$ ;  $D_e' = D_e / L_o$  – стоимость объекта  $D_e = 100$  %, отнесенная к его длине;  $V_e$  – экономическая уязвимость, оценить которую в нашем случае можно с помощью первой, наиболее общей, формулы ее расчета, приведенной в [3]. Для сооружения или конструкции, состоящей из  $n$  однородных элементов (рис. 2), способных разрушаться одинаковым образом, она записывается в виде

$$V_e = (N_i' / N_i) \cdot (i / n), \quad (4)$$

где  $N_i'$ ,  $N_i$  – размеры поврежденной части  $i$ -го элемента объекта и размеры всего  $i$ -го элемента;  $i$  – количество поврежденных или подверженных разрушению элементов (блоков).

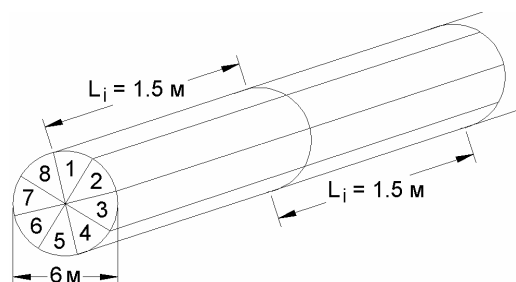


Рис. 2. Схема к расчету уязвимости коллектора ( $L_i = 1.5$  м – длина  $i$ -го элемента конструкции – блока, состоящего из 8-ми секций).

Примем в качестве нижнего и верхнего пределов  $v_l$  полученные выше значения  $(v_l)_{min} = 0.8 \cdot 10^{-2}$  м/год,  $(v_l)_{max} = 1.2 \cdot 10^{-2}$  м/год. Поскольку вероятность реализации и той, и другой скорости нам не известна, пусть она будет максимальной:  $P_v = 1$ . Допускаем также, что нижняя часть коллектора (секции 4, 5, 6 на рис. 2) не может противостоять растяжению вследствие изгиба над зоной развития суффозии, а потому полностью выходит из строя. Тогда первое входящее в формулу (4) соотношение равно:  $N_i' / N_i = 3/8 = 0.375$ . Протяженность суффозионно опасной зоны составляет  $L = L_{o5} - L_y = 630 - 167 = 463$  м (см. рис. 1). В ней расположено 309 блоков:  $i = L / L_i = 463 / 1.5 \approx 309$ , общее же число блоков составляет  $n = L_o / L_i = 3500$  м / 1.5 м  $\approx 2333$ , поэтому  $i/n = 309 / 2333 = 0.132$ .

Таким образом, уязвимость коллектора для суффозионной опасности в соответствии с (4) будет равна  $V_e = 0.375 \cdot 0.132 = 0.050$ . Подставляя в (2), (3) все найденные выше показатели имеем:  $(R_e)_{min} = 1.1 \cdot 10^{-5}$  %/год,  $(R_e)_{max} = 1.7 \cdot 10^{-5}$  %/год,  $(R_{le})_{min} = 3.3 \cdot 10^{-9}$  %/м-год,  $(R_{le})_{max} = 4.9 \cdot 10^{-9}$  %/м-год. Откуда следует, что за 50 лет эксплуатации коллектора полный ущерб составит всего  $R_e^{50} = (5.5 \div 8.5) \cdot 10^{-4}$  % от стоимости строительства.

Полученные результаты еще раз подтверждают тот факт, что в отличие от суффозии массы поровая суффозия – это длительный геологический процесс. Они показывают, что в отсутствие достаточно крупных локализованных областей выноса и аккумуляции даже самое интенсивное техногенное воздействие, которое закладывалось в вероятностно-статистические модели (2), (3), ненамного увеличивает риск повреждения сооружения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Котлов Ф.В. Изменение природных условий территории Москвы под влиянием деятельности человека и их инженерно-геологическое значение. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 264 с.
2. Мугалева В.В., Источников В.О. Оценка суффозионной опасности на примере изысканий для проекта реконструкции здания к/т «октябрь» в г. Москве // Материалы Межд. конф. «Город и геологические опасности» (17-21 апреля 2006 г.). Ч. II. Санкт-Петербург: Изд. дом «Экономика, Строительство, Транспорт», 2006. С. 257–264.

3. Рекомендации по оценке геологического риска на территории г. Москвы / Под ред. А.Л. Рагозина // Москомархитектура, ГУ ГО ЧС г. Москвы. М.: Изд-во ГУП НИИЦ, 2002. 59 с.

4. Рекомендации по расчету противодиффузионных завес и фильтрационной прочности оснований грунтовых плотин. П 21–85 ВНИИГ. Л., 1985.

5. Хоменко В.П. Закономерности и прогноз суффозионных процессов. М.: ГЕОС, 2003. 216 с.

## ОЦЕНКА ПРИРОДНЫХ РИСКОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР (НА ПРИМЕРЕ ТЕРМОКАРСТОВЫХ РАВНИН)

*Викторов А.С., Капалова В.Н.*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева  
Российской академии наук (ИГЭ РАН), Москва,  
тел. (495)624-72-57, факс (495)623-18-86, e-mail: dist@geoenv.ru

### RISK ASSESSMENT BASED ON MATHEMATICAL MORPHOLOGY OF LANDSCAPE (CASE STUDY OF THERMOKARST PLAINS)

*The paper deals with a new approach for risk assessment of impact of thermokarst processes on engineering constructions, based on the methods of mathematical morphology of landscape. The event of irregular (non circular) shape of thermokarst lake was studied. Testing plots with thermokarst lakes were digitized, where theoretical assumptions and empirical data were examined to prove their convergence. The analysis of the obtained data shows that empirical and theoretical data agree in whole.*

Ранее была показана возможность и пути использования моделей морфологической структуры ряда генетических типов территорий (равнины с развитием карстовых, просадочно-суффозионных или термокарстовых процессов) при оценке рисков поражения инженерных сооружений [2, 3]. Однако задача была решена

для наиболее простого случая, когда очаги процессов имеют круговую форму.

Цель выполненных исследований – показать решение задачи оценки риска на основе моделей морфологической структуры ряда генетических типов территорий с произвольной формой очагов опасных процессов. Исследование проведено на примере озерно-термокарстовых равнин (рис. 1, а).

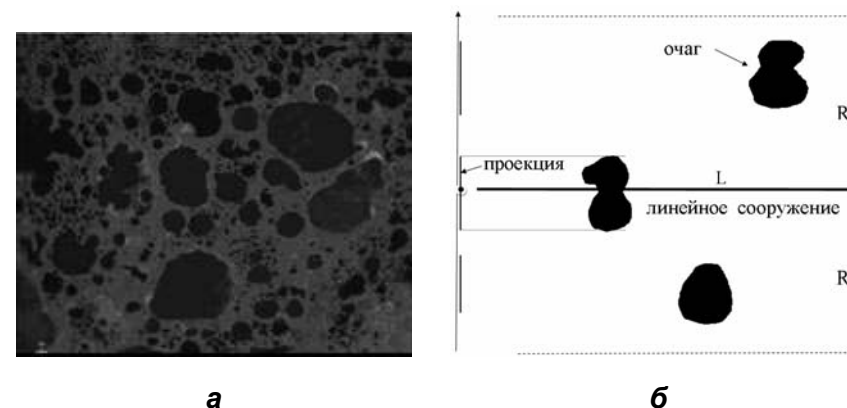


Рис. 1. Типичное изображение озерно-термокарстовой равнины на материалах дистанционных съемок (а) и схема к определению вероятности поражения термокарстом линейного сооружения (пояснение в тексте; б).

Исследуемый тип территории представляет собой слабо-волнистую субгоризонтальную поверхность с преобладанием тундровой растительности, в которую вкраплены термокарстовые озера, беспорядочно разбросанные по равнине. Исходно для возникающих очагов термокарстовых процессов (озер) характерна форма, близкая к кругу, однако в процессе развития для подобных территорий свойственно слияние очагов, и в силу этого, форма очагов в общем случае может значительно отличаться от круговой.

В основу решения задачи оценки рисков может быть положена модель морфологической структуры озерно-термокарстовой равнины. Рассмотрим участок озерно-термокарстовой равнины однородный по грунтовым и геоморфологическим условиям.

В основу модели могут быть положены следующие предположения:

1. Процесс появления первичных понижений является вероятностным и на непересекающихся площадках идет независимо,

2. Генерация термокарстовых понижений произошла одновременно, и вероятность возникновения одного понижения на пробной площадке зависит только от ее площади ( $\Delta s$ ) и она много больше, чем вероятность возникновения нескольких понижений, т.е.

$$p_1 = \mu_0 \Delta s + o(\Delta s) \quad (1)$$

$$p_k = o(\Delta s) \quad k = 2, 3, \dots, \quad (2)$$

где  $\mu_0$  – среднее число понижений на единицу площади в момент возникновения понижений.

3. Рост размеров озер благодаря термоабразионному воздействию, происходит независимо друг от друга, в процессе развития озера могут сливаться.

Предположения представляются естественными, так как вытекают из однородности рассматриваемой территории.

Созданные основания модели позволяют на основе строгого математического анализа предположений получить закономерности строения термокарстовой равнины [1, 2]. Так, распределение числа термокарстовых понижений (центров) на случайно выбранной площадке отвечает закону Пуассона, то есть,

$$P(k) = \frac{[\mu(t)s]^k}{k!} e^{-\mu(t)s} \quad (3)$$

где  $s$  – площадь пробной площадки,  $\mu(t)$  – среднее число понижений на единицу площади в момент времени  $t$ . Плотность расположения понижений зависит от времени даже при отсутствии генерации новых озер – из-за их слияния.

Оценим вероятность поражения линейного сооружения заданной длины ( $L$ ). Для этого рассмотрим сначала полосу конечной ширины  $R$  (рис. 1, б), по оси которой расположен рассматриваемый линейный объект. Построим координатную ось, перпендикулярную линейному сооружению.

В проекции на эту ось сооружение изображается точкой, очаг термокарста – отрезком, длина которого отвечает проекции очага на ось. Поражение линейного сооружения отражается как пересечение отрезка и точки. Пуассоновский характер распределения очагов влечет равную вероятность расположения центров очагов на тех или иных участках оси и их независимость друг от друга. Вероятность того, что один очаг процесса из числа названных заденет линейное сооружение, (то есть, что точка, отвечающая проекции линейного сооружения, окажется внутри проекции очага) обуславливается в силу сказанного выше отношением длины проекции очага к ширине рассматриваемой полосы с учетом вероятности различных величин проекций

$$\alpha = \int_0^{2R} \frac{x}{2R} f_p(x, t) dx, \quad (4)$$

где  $f_p(x, t)$  – распределение величины проекции очага в момент времени  $t$ . Вероятность того, что ни один из очагов процесса не заденет линейное сооружение при условии, что их на полосе –  $k$  штук, с учетом независимости очагов равна

$$P(k, R) = (1 - \alpha)^k \frac{[2\mu(t)RL]^k}{k!} e^{-2\mu(t)RL}. \quad (5)$$

Защищенность (вероятность непоражения) линейного сооружения при произвольном количестве очагов на полосе может быть получено суммированием по  $k$  и перехода к пределу при неограниченном расширении рассматриваемой полосы ( $R \rightarrow +\infty$ )

$$P(R) = \sum_{k=0}^{+\infty} (1 - \alpha)^k \frac{[2\mu(t)RL]^k}{k!} e^{-2\mu(t)RL} = e^{-2\mu(t)\alpha RL}. \quad (6)$$

Поскольку

$$\lim_{R \rightarrow +\infty} 2\alpha R = \int_0^{+\infty} x f_p(x, t) dx = \overline{pr}(t) \quad (7)$$

где  $\overline{pr}(t)$  – математическое ожидание величины проекции очага в момент времени  $t$ , то после упрощения защищенность

$$P = e^{-\mu(t)\overline{pr}(t)L} \quad (8)$$

Отсюда нетрудно получить, что *вероятность поражения линейного объекта* длиной  $L$  хотя бы одним очагом равна

$$P_{dl}(L) = 1 - e^{-\mu(t)\overline{pr}(t)L}. \quad (9)$$

Оценим вероятность поражения площадного сооружения круговой формы заданного радиуса ( $l$ ). Поражение сооружения очагом процесса в момент времени  $t$  реализуется при реализации одного из двух событий:

- Центр сооружения оказался в контуре очага,
- Центр сооружения оказался на расстоянии меньше  $l$  от очага.

Последнее означает, что центр сооружения оказался в  $l$ -буфере очага.  $l$ -буфером фигуры мы будем называть совокупность точек плоскости, не входящих в очаг, но отстоящих от него на расстояние не больше  $l$ . Таким образом, вероятность поражения площадного объекта равно произведению вероятностей двух названных выше событий.

Нетрудно получить, что вероятность центра сооружения оказаться в пределах какого-либо очага, с учетом пуассоновского характера их распределения и взаимного непересечения на данный момент составляет

$$P_1(l) = \mu(t)s(t), \quad (10)$$

где  $\mu(t)$  – среднее число очагов на единицу площади в момент времени  $t$ ,  $s(t)$  – средняя площадь одного очага в момент времени  $t$ .

Для определения вероятности второго события рассмотрим сначала круговую область конечного радиуса  $R$ , в центре которой расположен рассматриваемый объект. Вероятность того, что центр сооружения окажется в  $l$ -буфере очага (то есть очаг «заденет» сооружение) определяется с учетом отношением площади  $l$ -буфера

очага ко всей рассматриваемой площади круговой области и вероятностей формирования буферов очагов разной площади

$$\alpha = \int_0^{\pi R^2} \frac{x}{\pi R^2} f_b(x, l, t) dx, \quad (11)$$

где  $f_b(x, l, t)$  - распределение площади  $l$ -буфера очага в момент времени  $t$ . Далее, проходя описанным выше для линейных сооружений путем, – оценивая вероятность того, что ни один из очагов процесса не заденет линейное сооружение при условии, что их на полосе –  $k$  штук, переходя к произвольному количеству очагов и бесконечно расширяя рассматриваемую круговую область – получаем выражение

$$P_2 = e^{-\mu(t)s_b(l, t)}, \quad (12)$$

где  $s_b(l, t)$  – средняя площадь  $l$ -буфера очага в момент времени  $t$ , задаваемая равенством

$$s_b(l, t) = \int_0^{+\infty} x f_b(x, l, t) dx. \quad (13)$$

Таким образом, общая *вероятность поражения площадного кругового сооружения* радиуса  $l$  в рассматриваемой модели составляет

$$P(l) = 1 - [1 - \mu(t)s(t)]e^{-\mu(t)s_b(l, t)}. \quad (14)$$

Формула может быть существенно упрощена в случае, если очаги имеют выпуклую форму или выпукло-вогнутую форму, но с кривизной не менее  $-\frac{1}{l}$ . Иначе говоря, если вогнутые участки имеют меньшую кривизну, чем граница сооружения. В этом случае можно аналитически получить следующее выражение

$$s_b(l, t) = l\overline{p}(t) + \pi l^2, \quad (15)$$

где  $\overline{p}(t)$  – средний периметр очага в момент времени  $t$ .

Соответственно, вероятность поражения площадного кругового сооружения радиуса  $l$  в этом случае составляет

$$P(l) = 1 - [1 - \mu(t)s(t)]e^{-\mu(t)[l\bar{p}(t) + \pi^2]} \quad (16)$$

Полученные выражения прошли первичную проверку на эталонных участках (Западная Сибирь), которая дала положительные результаты.

Нетрудно видеть, что полученный результат может быть распространен на случай других процессов, где очаги возникают и развиваются независимо (например, заболачивание, просадочный процесс и др.).

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Викторов А.С.* Математическая модель термокарстовых озерных равнин как одна из основ интерпретации материалов космических съемок. Исследование Земли из космоса № 5 – Москва: Наука, 1995.
2. *Викторов А.С.* Основные проблемы математической морфологии ландшафта. – М.: Наука, 2006/ – 252 с.
3. *Викторов А.С., Капралова В.Н.* Применение методов математической морфологии ландшафта для оценки риска поражения линейных инженерных сооружений опасными экзогенными процессами // Геоэкология. № 2 – Москва: Наука, 2011, 165-174.

## ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ РИСКИ В СЛОЖНЫХ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ

*Габиров Ф.Г.*

*Азербайджанский Архитектурно – Строительный Университет,  
г. Баку, Азербайджан, тел. (+ 99450) 3233665,  
e-mail: farchad @ yandex.ru*

## INDIVIDUAL RISKS OF COMPLEX GEOTECHNICAL ENGINEERING AND GEOECOLOGICAL OBJECTS

*They offer the method of finding the distribution all over the area of potential danger of accidents and catastrophic in complex geotechnical, engineering and geological objects, which is expressed as the result of multiplication of 2 kinds: 1) distribution of damaging factors in the area in the of the of a negative event; 2) distribution of location of people and animals in the damaged area.*

*The probability of the death (bad injury) of people and animals in the damaged area found basing on the probit – function which is used for the “dose-effect”.*

Индивидуальные риски применяются в анализе рисков природных и техногенных катастроф, региональных и страновых рисков жизнедеятельности населения.

Для аварий и катастроф на геотехнических и инженерно – геоэкологических объектах, территориальное распределение потенциальной опасности может быть сформировано как произведение независимых распределений двух видов: распределения поражающих факторов на территории, в случае проявления неблагоприятного события (аварии) на геотехническом или инженерно – геоэкологическом объекте и распределения вероятности нахождения человека (людей) и животных на этой же территории. Вследствие этого величина индивидуального риска на произвольной точке территории, характеризующейся полярными координатами  $(\rho_k, \varphi_k)$ , может быть определена следующим выражением:

$$q(\rho_k, \varphi_k) = \sum_i \sum_j P_i P_{s_j | i}(\rho_k, \varphi_k) q_{c|s_j}(\rho_k, \varphi_k), \quad (1)$$

где  $q(\rho_k, \varphi_k)$  – вероятность гибели или серьезного увечья человека и животного в точке пространства с полярными координатами  $\rho_k, \varphi_k$ ;  $P_i$  – вероятность катастрофы (аварии)  $i$ -го типа на геотехническом или инженерно – геоэкологическом объекте;  $P_{s_j | i}(\rho_k, \varphi_k)$  – вероятность силы действия  $S_j$   $j$ -го поражающего

фактора при аварии (катастрофе)  $i$ -го типа в точке  $\rho_k, \varphi_k$  на геотехническом или инженерно – геоэкологическом объекте;  $q_{c|s_j}$  – вероятность гибели или серьезных увечий в случае воздействия на человека и животного  $j$ -го поражающего фактора силой  $S_j$ ;  $\pi(\rho_k, \varphi_k)$  – вероятность нахождения человека или животного в пространственной точке с координатами  $\rho_k, \varphi_k$ .

На основании выражения (1) может быть вычислена вероятность гибели или серьезных увечий человека или животного из-за аварии (катастрофы) на геотехническом или инженерно – геоэкологическом объекте на некоторой площади. Для этого необходимо проинтегрировать выражение (1) по координатам  $\rho$  и  $\varphi$ :

$$q = \int_0^{\rho_{\max}} \int_0^{2\pi} q(\rho, \varphi) d\rho d\varphi, \quad (2)$$

где  $\rho_{\max}$  – максимальное расстояние от источника опасности, вызванного аварией (катастрофой) на геотехническом или инженерно-геоэкологическом объекте, от которого исходит или может формироваться поражающее воздействие.

Отметим особенности определения некоторых характеристик, входящих в выражение (1) в реальных ситуациях. Значение  $P_i$  может быть определено на основе методов нахождения вероятностей природных и техногенных аварий (катастроф) на инженерно – геоэкологических геотехнических объектах, характеризующихся высвобождением значительного количества энергии – оползней, землетрясений, карстовых провалов, прорывов плотин водохранилищ, размывов грунтов оснований сооружений и т.д.

Значения  $P_{s_j|i}(\rho_k, \varphi_k)$  обычно определяются на основе физических законов распределения поражающих факторов по рассматриваемой территории. Для геотехнических и инженерно – геоэкологических объектов [1] при различных негативных событиях (природных и техногенных) эти значения характеризуют вероятность потери устойчивости, разрушения (поражения), поврежде-

ния сооружения (сооружений), территории и т.д., определяемую по различным методикам [2 – 8].

Значения вероятностей  $q_{c|s_j}$ , как правило определяются на основе пробит-функций [9], которая входит в значение вероятности поражения определенной степени тяжести в моделях «доза-эффект» обычно соответствующее функции Гаусса следующего вида:

$$P_{nop} = \Phi(P_r) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{P_r} e^{-\frac{t^2}{2}} dt. \quad (3)$$

В этой функции верхний предел является пробит – функцией, отражающей связь между вероятностью поражения и воспринятой дозой негативного воздействия. Для ее вычисления часто используется такое уравнение:

$$P_r = a + b \ln D, \quad (4)$$

где  $a$  и  $b$  константы, характеризующие специфику и меру опасности негативного воздействия;  $D$  – поглощенная сооружением (территорией), а также находящимися на этих объектах людьми и животными, сила негативного воздействия.

Значения вероятностей  $\pi(\rho_k, \varphi_k)$  оцениваются на основании среднесуточных данных о нахождении объектов, людей и животных в точках рассматриваемой территории с координатами  $\rho_k, \varphi_k$ ,  $k = 1, 2, \dots$ .

Индивидуальные риски гибели (сильных увечий), вследствие природных и техногенных аварий и катастроф, обычно применяются при анализе безопасности сложных геотехнических и инженерно – геоэкологических объектов, локальных мест расселения и других не очень значительных территорий, которые могут попасть под воздействие поражающего фактора.

Обычно, показатели индивидуальных рисков используются при анализе безопасности жизнедеятельности человека, проводимом на основе сопоставления их значений с уровнем приемлемого индивидуального риска. В мировой практике эти уровни дифференцируются для каждой страны. Причины такой дифференциации

закljučаются в различии уровней экономического развития стран и соответственно их возможностей, по проведению активной социальной политики, направленной на увеличение безопасности жизнедеятельности.

Для Азербайджанской Республики, где реальные требования безопасности жизнедеятельности в строительной, горной и природоохранной деятельности находятся на низком уровне вероятности гибели (сильных увечий) человека или животного от аварий (катастроф) на геотехнических или инженерно – геоэкологических объектах находится в пределах  $4 \times 10^{-6} - 6 \times 10^{-6}$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Габиров Ф.Г., Гусейнов Г.М.* Философские основы инженерной геоэкологии // Геомеханика, геотехника, геоэкология, гидротехника: Сборник научных трудов, посвященный 50-летию Ф.Г. Габирова, Баку, 2006, с. 87-91.

2. *Габиров Ф.Г., Амрахов А.Т., Сафарова Н.А.* Общие принципы обеспечения надежности сложных геотехноэкологических систем. Материалы III Международной научно-технической конференции «Надежность и долговечность строительных материалов и конструкций». Ч. 1. Волгоград, 2003, с. 21-24.

3. *Габиров Ф.Г., Гезалов А.А., Амрахов А.Т., Алиева Л.А.* Об использовании при решении задач геотехноэкологии элементов теории математической микроэкономической статистики: Сборник научных трудов АН Азербайджанской Республики «Экология, философия, культура». Вып. № 34. Баку, 2003, с. 11-15.

4. *Габиров Ф.Г., Амрахов А.Т.* Конструктивный метод обеспечения потенциальной устойчивости инженерно – геоэкологической системы // Надежность и долговечность строительных материалов, конструкций и оснований фундаментов». Материалы IV Международной научно-технической конференции. Ч. III. Волгоград, 2005, с. 40-43.

5. *Габиров Ф.Г., Амрахов А.Т., Мамедов Ф.Ш.* Вероятностная оценка состояния крупного сооружения в сложных геотехнических условиях // Российская геотехника шаг в XXI век». Труды Юбилейной конференции посвященной 50-ти летию РОМГГ и Ф. Т. 2. М., 2007, с. 47-50.

6. *Габиров Ф.Г., Мамедов Ф.Ш., Гусейнов Г.М.* О критериях качества сложного инженерно – геоэкологического объекта: Сборник статей VII Международной научно-практической конференции «Экология и

ресурсо и – энергосберегающие технологии на предприятиях народного хозяйства (промышленность, транспорт, сельское хозяйство)». Пенза, 2007, с. 84-86.

7. *Габиров Ф.Г., Амрахов А.Т., Мамедов Ф.Ш.* О методах контроля качества сложных инженерно – геоэкологических и геотехнических объектов // Международный год планеты Земля: задачи геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии // Сергеевские чтения. Вып. 10. М.: ГЕОС, 2008, с. 394-398.

8. *Габиров Ф.Г., Амрахов А.Т., Мамедов Ф.Ш., Махмудов К.С.* Уязвимость сооружений, проектируемых и эксплуатируемых на структурно – неустойчивых грунтах Азербайджана // Проблемы снижения природных опасностей и рисков»: Материалы Международной научно-практической конференции «Геориск – 2009». Т. 1. М.: РУДН, 2009, с. 273-277.

9. *Тихомиров Н.П., Потравный И.М., Тихомирова Т.М.* Методы анализа и управления эколого-экономическими рисками. М.: ЮНИТИ, 2003, с. 350.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ГАЗОПРОВОДЕ ЮЖНО-РУССКОЕ НГМ – КС ПУРТАЗОВСКАЯ

*Губарьков А.А.*

*Тюменский государственный нефтегазовый университет,  
Тюмень, тел. (3452)435005, e-mail: agubarkov@rambler.ru*

## SCIENTIFIC STUDY OF EXOGENOUS GEOLOGICAL PROCESSES CARRIED OUT ON PIPELINE SOUTH-RUSSIAN FIELD – KS PURTAZOVSK

*In 2006-2009 monitoring exogenous geological processes is carried out on the gas pipeline of commodity gas Southern Russian NGM – KS "Purtazovsky". Its length is 92 km. It is established that the most mass processes in construction and the initial stage of operation are two groups of processes. The first group includes an erosion and a thermoerosion. They are manifested in the form of transverse and longitudinal erosion of the shaft of the gas pipeline, the erosion of the*



*technological roads. The second group includes flooding, elevated groundwater levels and subsidence. They are connected with change of a relief and a water drain when laying gas pipeline.*

Строительство магистральных газопроводов подземным способом на севере Западной Сибири сопровождается активизацией экзогенных геологических процессов (ЭГП). В зоне распространения многолетнемерзлых пород (ММП) активность ЭГП резко возрастает за счет криогенных процессов. Их негативное влияние на геологическую среду проявляется в зоне взаимодействия с газопроводами, что может сопровождаться смещениями трубы газопровода [5 и др.]. Также, нередко, разрушаются естественные ландшафты на прилегающих к зоне отвода землях.

В начале 2000-х годов началось строительство магистральных газопроводов в северо-восточных районах Севера Западной Сибири. К ним относится газопровод товарного газа (ГТГ) Южно-Русское НГМ – КС Пуртазовская протяженностью 92 км, ввод которого в эксплуатацию проведен в 2006 г. Уже на стадии строительства проявлялась активизация ряда экзогенных геологических и криогенных процессов, таких как эрозия, термоэрозия, затопление и подтопление, солифлюкция, оползание грунтов, сезонное и многолетнее пучение грунтов. Для исследования и предотвращения их негативного влияния на протяжении 2006-2009 гг. проводился мониторинг, который основывался на применении наземных и дистанционных методов сбора первичной информации согласно существующим методикам [2 и др.].

Широкое развитие неблагоприятных и опасных ЭГП предусматривает регулярное проведение мониторинга [1, 3, 4 и др.], по результатам которого рассматриваются основные или дополнительные мероприятия, разрабатываются проекты и устанавливаются специальные конструкции предотвращающие или устраняющие ЭГП.

Мониторинг ЭГП на газопроводе товарного газа включал дешифрирование материалов дистанционного зондирования Земли и полевые натурные исследования. Дистанционные методы заключались в дешифрировании средне- и крупномасштабных космических аэрофотоснимков. Детальные исследования ЭГП проведены в 2009 г. На полевом этапе проведены маршрутные наблюдения,

описание точек наблюдения на природно-техногенных объектах и измерения морфометрических характеристик ЭГП. Обследованы газопровод товарного газа, технологические проезды вдоль газопровода и противоэрозионные конструкции. На полевом этапе работ решены две основные задачи: визуальное (наземное по маршрутам) обследование территории, прилегающей к отводу земель ГТГ в естественных природных условиях; выявление участков с проявлением неблагоприятных и опасных экзогенных геологических процессов на ГТГ.

Систематизация, анализ, интерпретация полученных результатов наблюдений были направлены на оценку современной геокриологической ситуации и выявление активности ЭГП в естественных условиях и на ГТГ. Проведен анализ причин возникновения и развития ЭГП, их пространственного распределения. Определены основные типы ЭГП и формы их проявления на газопроводе. Проведено описание последствий воздействия ЭГП на газопровод, предложены способы их устранения.

По результатам обследования газопровода товарного газа в августе 2009 г. выявлено 473 проявления ЭГП на газопроводе. На 16 участках ЭГП находятся в парагенезе, образуя комплексы из ведущего процесса и одного или нескольких сопутствующих процессов. Анализ полученных результатов мониторинга показывает, что подавляющее большинство ЭГП представлено двумя группами процессов. В первую группу можно отнести процессы водной эрозии и термоэрозии, которые проявляются в виде размыва валика, подмыва валика и размыва технологического проезда. Вторая группа процессов связана с образованием отрицательных форм рельефа. Одни из них периодически затапливаются или постоянно находятся в подтопленном состоянии, другие полностью дренированы. К ним относятся подтопление, осадка и просадка грунтов. Склоновые процессы представлены солифлюкцией и оползанием грунтов, которые проявляются локально.

Внутри первой группы абсолютное большинство процессов представлено в форме размывов валика (178). Размывы технологического проезда представлены 51 проявлением, подмывы валика составляют 31 проявление, т.е. размывы валика превышают подмывы валика и размывы технологического проезда более чем в два раза. Проявление просадок (142) без подтопления их водой пре-

вышает количество участков подтопления (69) в два раза. Термокарстовые озера с термоабразионным и термоденудационным разрушением берегов единичны и выявлены только на 3 участках. Вторая группа процессов включает солифлюкцию и оползание грунтов, то есть склоновые процессы. Их проявление локально и связано с планировкой (выравниванием) поверхности при строительстве газопровода на изрезанных овражно-балочной сетью и долинами рек территориях. Количество выявленных участков с активизацией солифлюкции незначительно и составляет 12 проявлений.

На наиболее эрозионно-опасных склонах и по берегам рек подмывы валика газопровода товарного газа предотвращают противоэрозионные дамбы и конструкции с применением георешеток. Однако размывы технологического проезда интенсивно развиваются на нескольких участках, где установлены противоэрозионные валы, так как вода, отводимая от валика ГТГ, концентрируется в колеях вдоль технологического проезда и интенсивно размывает их.

При уничтожении почвенно-растительного покрова при строительстве ГТГ незащищенные грунты подвергаются воздействию поверхностного стока, особенно на выпуклых склонах со средними уклонами, где энергия поверхностного потока в значительной мере возрастает. Интенсивный размыв грунтов наблюдается на склонах, имеющих крутизну 4-6° и более. На большей части склоновых поверхностей длиной более 500 м в полосе строительства образовались различные эрозионные (линейные) формы рельефа. Размеры эрозионных промоин и оврагов имеют протяженность от первых метров до 250-300 м, ширину до 2,5-8,0 м, глубину до 1,0-3,0 м. Размеры промоин и оврагов имеют прямую зависимость от площади водосбора, формы склона, длины склона, угла наклона поверхности, состава грунтов.

Мониторинг ГТГ показал, что его строительство и эксплуатация привели к масштабной активизации ЭГП, имеющих слабое проявление в естественных природных условиях. К ним относятся эрозия и термоэрозия. Наиболее активно в техногенно преобразованных условиях развиваются процессы термоэрозии и эрозии, затопления и подтопления. Широко развиты просадки грунтов валика газопровода. Основными формами проявления эрозии и тер-

моэрозии на ГТГ являются размывы и подмывы грунтов валика трубопровода, а также размывы грунтов технологического проезда. Менее развиты солифлюкция и оползание грунтов. Методически наиболее сложно определяется термокарст, так как для получения достоверной информации требуются режимные наблюдения, которые отсутствуют. Без их проведения отличить обычное подтопление поверхности от термокарста, в подавляющем большинстве случаев, невозможно.

### **Выводы**

1. Наземные наблюдения, проведенные в 2004-2009 гг., и материалы аэрофотосъемки, выполненной в 2008 г., показали, что в естественных условиях в районе исследований наиболее распространено заболачивание. Слабое проявление имеют термоэрозия, термоабразия, солифлюкция.

2 Анализ материалов мониторинга показывает, что подавляющее большинство ЭГП в начальный период эксплуатации газопровода товарного газа представлено двумя группами ЭГП, которые составляют более 90 % от их общего количества. К первой группе относятся процессы водной эрозии и термоэрозии, которые проявляются в виде размывов и подмывов валика газопровода, а также размывов технологического проезда. Вторая группа процессов связана с образованием отрицательных форм рельефа, которые периодически затапливаются или постоянно находятся в подтопленном состоянии.

3. По данным наблюдений максимальный рост оврагов в 2006-2009 г. составил 300 м, что характеризует темпы развития эрозии и термоэрозии при строительстве газопровода как весьма интенсивные.

4. Отрицательные формы рельефа техногенного происхождения, не связанные с эрозией, широко распространены вдоль газопровода. Они представлены подтоплениями, просадками валика газопровода и термокарстом. Количество осушенных просадок грунта значительно превышает количество подтопленных участков.

5. Применение двух типов, принципиально отличающихся противоэрозионных конструкций показало, что при установке противоэрозионных валов наблюдаются размывы технологических

проездов. Применение плоских конструкций с применением георешеток надежно защищает склоны и берега рек от размывов, и не приводит к размыву технологических проездов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Королев В.А.* Мониторинг геологических, литотехнических и эколого-геологических систем. – М.: КДУ, 2007. 416 с.
2. Методы региональных инженерно-геокриологических исследований для равнинных территорий / Под ред. Е.С. Мельникова, Г.И. Дубикова. – М.: Недра, 1986. 207 с.
3. *Павлов А.В.* Мониторинг криолитозоны. – Новосибирск: Гео, 2008. 229 с.
4. *Пендин В.В., Ганова С.Д.* Геоэкологический мониторинг территории расположения объектов транспорта газа в криолитозоне. – М.: Изд-во ПНИИИС, 2009. 236 с.
5. *Хрусталева Л.Н., Пармузин С.Ю., Емельянова Л.В.* Надежность северной инфраструктуры в условиях меняющегося климата. – М.: Университетская книга, 2011. 260 с.

## ОЦЕНКА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ НА ТЕРРИТОРИИ г. ГОМЕЛЯ

*Гусев А.П., Андрушко С.В.*

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины,  
г. Гомель, Республика Беларусь, +375(232)570033  
e-mail: [gusev@gsu.by](mailto:gusev@gsu.by), [sandrushko@list.ru](mailto:sandrushko@list.ru)*

## ASSESSMENT OF GEOECOLOGICAL RISKS IN THE TERRITORY OF GOMEL

*The technique of an assessment of geoecological risks is given in article within Gomel. The assessment is based on the accounting of factors of degradation of an ecological framework of the territory and change of a geobasis. The spatial analysis of risk factors in the territory of the city of Gomel is carried out. Urbolandscape sites with a high risk level are revealed.*

Одними из основных факторов геоэкологического риска на территории крупного города, выступают изменения, связанные с уничтожением естественных элементов экологического каркаса в ходе градостроительного развития, а так же прямые техногенные воздействия (строительство, разработка месторождений полезных ископаемых) и геолого-геоморфологические процессы, спровоцированные деятельностью человека (оползни, эрозия, суффозия, карст и др.). Данные изменения и воздействия влияют на ход экологических процессов, на геоэкологическую ситуацию в целом. Исходя из этого, оценка геоэкологических рисков проводится по факторам, обусловленным нарушением средообразующих свойств экологического каркаса и преобразованием морфолитогенной основы.

Геоэкологические риски оценивались на территории города Гомеля и примыкающих к нему участках, общей площадью 137,6 км<sup>2</sup>. На территории модельного района представлены моренно-зандровый; аллювиальный террасированный и пойменный ландшафты. Для оценки рисков, на территории модельного района были выделены 17 урболандшафтных участков (рисунок). Каждый участок характеризуется определенными природно-ландшафтными условиями и особенностями застройки. Площадь участков изменяется от 2-3 до 18,7 км<sup>2</sup>.

Для исследования использованы материалы: аэрофотоснимки масштаба 1:25 000, топографические карты 1:100 000, 1:10 000, карта четвертичных отложений 1:50 000, космоснимки Landsat (2006-2007 гг.), космоснимки Google Digital Globe (2005-2009 гг.). Современное землепользование, ареалы проявления экзогенных геологических процессов изучались маршрутным методом на ключевых участках. Для картографирования процессов подтопления и заболачивания использовался фитоиндикационный метод [1]. Уточнение литологии поверхностных отложений выполнялось с помощью изучения естественных обнажений и искусственных выработок (строительные котлованы, траншеи, шурфы).

Геоэкологические риски антропогенной трансформации геосистем оценивались при помощи двух групп факторов: первая – факторы, обусловленные деградацией экологического каркаса и нарушением его средообразующих свойств, средозащитных и сре-

достабилизирующих свойств, и вторая группа – факторы, обусловленные техногенным преобразованием морфолитогенной основы.

Оценка риска, обусловленного состоянием экологического каркаса, выполнялась по ряду показателей:  $\Phi_1$  – фрагментация (средняя площадь лесного массива, км<sup>2</sup>);  $\Phi_2$  – удельная площадь древесных насаждений (%);  $\Phi_3$  – удельная площадь зеленых зон – леса, кустарники, луга (%);  $\Phi_4$  – застроенные земли (%). Для оценки риска, связанного с техногенной трансформацией морфолитогенной основы, использовались показатели:  $\Phi_5$  – пораженность территории экзогенными геологическими процессами (%);  $\Phi_6$  – удельная площадь техногенных грунтов (%);  $\Phi_7$  – вертикальная трансформация рельефа (м);  $\Phi_8$  – удельная площадь высотной (6-18 этажей) застройки (%);  $\Phi_9$  – плотность техногенных коммуникаций (км/км<sup>2</sup>). Значения каждого показателя приводились к шкале от 0 (минимальный риск) до 1 (максимальный риск).

Предложены следующие градации ГЭР: до 0,3 – очень низкий риск; 0,3-0,5 – низкий риск; 0,5-0,7 – средний риск; более 0,7 – высокий риск.

Проведенный анализ факторов геоэкологического риска на территории города Гомеля позволил оценить риск для 17 урбо-ландшафтных участков. В начале XXI века геосистемы со средней степенью риска занимают 31% площади территории (рисунок).

В середине XX века наибольшие значения ГЭР были характерны для 14 и 15 урбо-ландшафтных участков, что связано с их интенсивным градостроительным развитием (участок № 15 – исторический центр города, участок № 14 – Залинейный район, начал формироваться во второй половине XIX века). В начале XXI века наибольшие значения ГЭР отмечаются в урбо-ландшафтных участках № 10 и 14. Эти участки характеризуются высокой плотностью застройки и транспортных коммуникаций и практически полным отсутствием элементов экологического каркаса. Максимальное значение ГЭР характерно для участка № 10, который характеризуется преобладанием многоэтажной застройки и искусственной морфолитогенной основой.

Высокие значения комплексного показателя риска на территории модельного района не отмечаются, однако, при анализе факторов риска наибольшие значения по предложенной градации установлены только по отдельным группам факторов. Так, например,

наибольший показатель риска в начале XXI века по нарушению средообразующих свойств экологического каркаса отмечен в урбо-ландшафтном участке № 14, а по степени трансформации морфолитогенной основы в урбо-ландшафтном участке № 10.

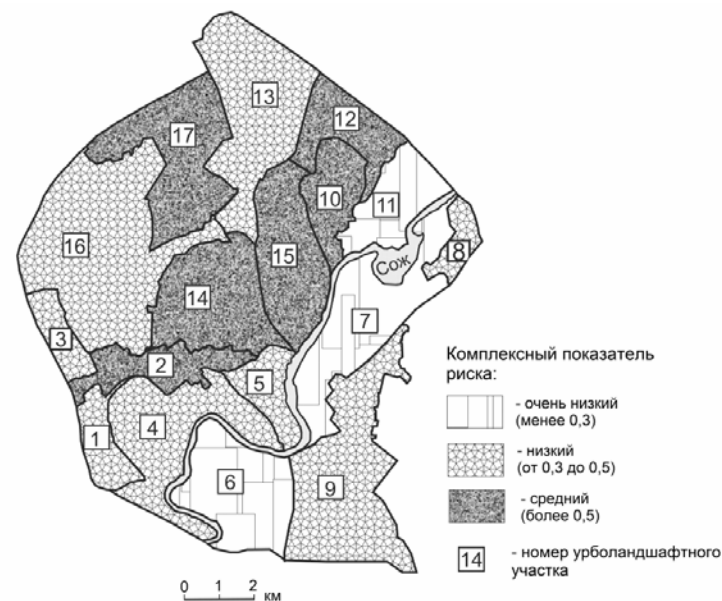


Рисунок. Геоэкологический риск (начало 21 века)

Наибольшие нарушения средообразующих свойств экологического каркаса отмечены в урбо-ландшафтном участке № 14. Участок характеризуется преобладанием усадебной застройки, где в процессе градостроительного развития, уже с середины XX века, здесь практически не создавались полуприродные элементы экологического каркаса, способные выполнять его функции.

Наибольшая степень трансформации морфолитогенной основы характерна для урбо-ландшафтного участка № 10. Здесь в последней четверти XX века, при коренном техногенном преобразовании геосистемы притеррасной поймы, вызванным намывом песков, также была создана система искусственных прудов.

Пойменные геосистемы с искусственной морфолитогенной основой характеризуются активным проявлением экзогенных геологических процессов: эоловых (в пределах песчаных намывных массивов, с крайне разреженным растительным покровом) и водно-эрозионных (развитие промоин по бортам дорожных насыпей, земляных дамб). Пораженность территории экзогенными геологическими процессами превышает 30 % площади (в 14 раз выше, чем в моренно-зандровом ландшафте, в 12 раз выше, чем в аллювиальном террасированном). Если в целом на территории города пораженность геологическими процессами за последние 50 лет снизилась (застроены участки разведываемых песков в аллювиальном террасированном ландшафте, осушена часть заболоченных земель в моренно-зандровом ландшафте), то в пределах преобразованной поймы (урболандшафтные участки № 4, 5, 7, 10) она возросла.

Таким образом, за последние 50 лет основной тенденцией в пределах моренно-зандрового ландшафта являлось разрушение природного экологического каркаса, которое не компенсировалось созданием элементов искусственного экологического каркаса. Урболандшафтные участки в пределах моренно-зандрового ландшафта характеризуются наибольшим риском, обусловленным нарушением средообразующих свойств экологического каркаса. Урболандшафтные участки в пределах пойменных и частично аллювиально-террасированных геосистем, характеризующиеся искусственной морфолитогенной основой, представляют собой зоны повышенного геоэкологического риска, связанного с техногенным преобразованием морфолитогенной основы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гусев А.П. Фитоиндикация влажности почвогрунтов на городской территории (на примере г. Гомеля) // Природные ресурсы. 2007. №2. С. 104-109.
2. Трацевская Е.Ю. Инженерно-геологические условия города Гомеля. Гомель: Гом. гос. ун-т им. Ф. Скорины, 2005. 210 с.
3. Трофимов Т.В., Зилинг Д.Г. Экологическая геология. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2002. 415 с.

## РИСКИ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ ТЕРРИТОРИЙ УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА

*Елохин В. А., Нарышкин Ю. В.*

*Уральский государственный горный университет,  
г. Екатеринбург, Россия, 922-61-57-547, elokhin.v.a@mail.ru*

### RISKS CONDITIONED OF GEODYNAMIC ACTIVITY OF THE URAL REGION

*In this article the factors of Geodynamic activity of areas that have a negative impact on the sustainability of economic facilities, and moreover the issues of ensuring their safety are discussed*

Под геодинамической активностью территорий понимаются любые сдвиги или перемещения масс горных пород, которые представляют геологическую опасность для находящихся на поверхности или в подземном пространстве людей, инженерных сооружений и коммуникаций.

Геодинамическая активность территорий обусловлена иерархически-блоковым строением земной коры. Блоки любого порядка отделены друг от друга межблоковыми зонами, имеющими различное физическое выражение: зоны повышенной удельной трещиноватости, дробления, брекчирования, смятия и интенсивного расщепления пород. Эти зоны имеют значительно более низкие эффективные прочностные и деформационные характеристики по сравнению с самими блоками. В рельефе местности межблоковые зоны отражаются, как правило, в виде линеаментов.

Инженерные сооружения и коммуникации, попадающие на «активные» блоки и межблоковые зоны, подвергаются геологической опасности и риску.

В результате взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов, а также под влиянием техногенных и космических факторов, поверхность и недра Земли находятся в постоянном движении, обуславливающим геодинамическую активность территорий.

Геодинамическая активность территорий связана не только с эндогенными процессами или космическими причинами. Сдвиге-

ния горных пород могут быть обусловлены экзогенными процессами и техногенными причинами, снижающими механическую прочность и устойчивость массивов горных пород.

Среди большого разнообразия опасностей, связанных с проявлением экзогенных геологических процессов преобладают опасности, обусловленные геодинамической активностью территорий (сдвижением или перемещением масс горных пород).

Одним из самых распространенных проявлений геодинамической активности территорий являются оползни, имеющие различный генезис.

На севере Курганской области берега реки Исеть заняты не канализированной частной застройкой, огородами. При этом береговая линия поражена многочисленными мелкими оползнями и овражной сетью. Интенсивность процессов значительно возрастает в период весеннего паводка.

В Тюменской области экзогенные геологические процессы наносят прямой и косвенный социальный и экономический ущерб: создают в освоенных в хозяйственном отношении районах угрозу безопасности населения, нормальному функционированию производственных предприятий, вызывают разрушения инженерно-хозяйственных объектов, жилых домов, приводят к потере продуктивности сельскохозяйственных и лесных угодий.

Наиболее интенсивно экзогенные геологические процессы развиваются в речных долинах, в их прирусловых частях и на террасовых уступах. Большое количество эрозионных форм образуется на правобережных коренных склонах рек Иртыш, Тобол, Тавда, Демьянка и др. Речная береговая (боковая) эрозия отчетливо фиксируется на крутых излучинах. На большом протяжении река Иртыш подмывает правый склон долины, что определило значительное эрозионное расчленение рельефа глубиной до 30-50 м и оползневую деятельность. Большинство яров здесь обваливается и сползает в реку, образуя мысы и отмели.

Провалы и просадки горных пород обычны на территориях, где развиты растворимые горные породы – наличие многочисленных разрывных нарушений, долгоживущих и омоложенных в новейшее время разломов, кавернозности, присутствие подземных полостей и пустот уменьшают прочность пород, создают неблагоприятные условия для строительства.

Карст является основным разрушающим фактором, влияющим на устойчивость зданий и сооружений для городов: Уфа, Кунгура, Каменск-Уральский. К факторам, способствующим активизации карстово-суффозионных процессов относятся и тектонические нарушения. Еще более активны процессы при совокупном воздействии природных и техногенных факторов.

Одним из наиболее распространенных и ущербноносных природно-техногенных процессов является подтопление территорий. Развитие его выражается в подъеме уровня грунтовых вод к поверхности Земли, что приводит к переувлажнению горных пород и снижению их несущей способности, заболачиванию, затоплению подвальных помещений и подземных коммуникаций. Кроме того, подтопление вызывает активизацию оползней, просадку лессовых и набухание глинистых пород, загрязнение грунтовых вод, усиление коррозионных процессов в подземных коммуникациях, деградацию почв и угнетение растительных комплексов.

Одной из проблем Уральского региона является изменение гидрогеологических и инженерно-геологических условий разработки месторождений полезных ископаемых и главное – прекращение дренажных работ во время и после ликвидации горнодобывающего предприятия. Например, на Березовском руднике в результате подъема грунтовых вод произойдет снижение несущей способности грунтов, затопление подвальных помещений и коммуникаций, затопление участков городской застройки. В Челябинской области вследствие массового закрытия угольных шахт происходит подъем уровня подземных вод, который привел к подтоплению значительных территорий, в том числе и застроенных.

В регионах широкого распространения многолетнемерзлых пород развиты геокриогенные процессы. Наиболее опасными среди них, часто вызывающими аварийную ситуацию являются: тепловая осадка оттаивающих пород и термокарст, морозное пучение пород и наледообразование, термоэрозия и термоабразия, сплывы грунтов и солифлюкция.

Грандиозное воздействие горнодобывающей промышленности на земную кору не ограничивается только изъятием из земных недр и перемещением огромных количеств горной массы, воды, нефти и газа. Из-за нарушений динамического равновесия геологическая среда вокруг горнодобывающего предприятия приходит в

неустойчивое состояние, которое может реализоваться в виде различного рода техно-природных катастроф. Наиболее распространенными среди последних являются горно-тектонические удары. Эти удары сопровождаются выбросом горных пород в выработку, сильным звуковым эффектом, возникновением мощной воздушной волны, что может повлечь за собой человеческие жертвы и большие разрушения как в горных выработках, так и на поверхности в пределах горных отводов.

Таким образом, можно говорить о сложной полигенной и многофакторной природе современной геодинамической активности территорий, без знания которой невозможно успешное решение любых вопросов инженерной геологии, связанных со строительством различных сооружений.

Выявление активных геологических неоднородностей земной коры на территории городской застройки является проблемой, которую приходится решать, применяя порой нестандартные подходы. Выполнить полный комплекс исследований зачастую невозможно из-за сложившейся градопромышленной инфраструктуры.

Тем не менее, в каждом конкретном случае изучения устойчивости объектов экономики и геодинамической опасности территорий застройки можно использовать и традиционный геологический подход, и подходящие для данного случая исследовательские методы.

Прежде всего, наличие для любой территории застройки топографических карт, аэрофото- и космических снимков позволяет провести обычное или компьютерное линеаментное дешифрирование. После создания схемы линеаментов необходимо определить, какие из них соответствуют неоднородностям земной коры и какие из неоднородностей, в свою очередь, являются активными геологическими элементами, способными влиять на объекты земной поверхности. Поэтому следующим этапом изучения делимости земной коры и активности выявленных структур является наземная заверка выявленных разломов путем проведения съемки уровня гамма-излучения и содержания радона. Как известно, для активных разломов земной коры характерны аномальные физические поля.

При построении геолого-структурной модели исследуемого участка принимаются во внимание все без исключения тектониче-

ские нарушения массива горных пород, создающие ему иерархически блочное строение.

В задачу второго этапа диагностики территорий под объекты экономики входит выявление состояния тектонических нарушений, слагающих иерархически блочную структуру массива горных пород. Необходимо выделить те нарушения, которые представляют потенциальную опасность по воздействию на объекты экономики. Для этой цели используется комплекс геофизических методов, позволяющих экспериментальным путем получить необходимые сведения о состоянии массива горных пород, тектонических нарушений и примыкающих участков структурных блоков

Применение геофизических методов производится в стадийном порядке с углублением и расширением получаемой информации:

- метод изучения распределения интенсивности радоновой эмиссии;
- методы электрометрии в различных вариантах;
- метод спектрального сейсмопрофилирования.

Таким образом, только проведение на геодинамически активных территориях разнопрофильных исследований дает возможность объективно оценить ситуацию по устойчивости объектов экономики и принять существующие предупредительные меры.

## **К ОЦЕНКАМ МАССОПЕРЕНОСА ПРИ СХОДЕ ОПОЛЗНЕЙ**

*Каримов Ф.Х.*

*Институт геологии, сейсмостойкого строительства  
и сейсмологии Академии наук Республики Таджикистан, Душанбе,  
тел. (8-992-37)2255745, e-mail: seismtadj@rambler.ru*

## **TO THE ASSESSMENT OF MASS TRANSPORT AT THE LANDSLIDE**

*The analysis of mass transport correlation with the height to transit distance ratio has been done in frames of the landslides' "drop*

model". It was found that the seismicity intensity amplifies the mass transport. The analytical calculations are in a quality agreement with the field observations had been conducted on the some regions.

Оползневая опасность занимает одно из первых мест в оценках геориска, особенно для горных, сейсмически и активных районов, к которым относится и территория Таджикистана [1]. Именно оползневые явления, как вторичные эффекты в проявлениях землетрясений, привели к многочисленным потерям человеческих жизней при Каратагском 1907 г., Хаитском 1949 г. и Гиссарском 1989 г. землетрясениях. К настоящему времени достаточно подробно изучены и классифицированы типы оползней, выявлены многие закономерности их проявления, и на этом основании построены карты оползневой опасности для многих территорий, в том числе с использованием технологий ГИС [2-5]. Однако великое разнообразие характера проявления оползней требует дальнейших исследований в этой области. В настоящей работе обсуждается проблема зависимости объёмов и масс переноса оползней от геометрии склонов, физических и инженерно-геологических параметров пород, слагающих горные склоны. В ряде исследований проводится корреляция между объёмом оползней и отношения высоты отрыва к длине транзита [3-7]. Например, по А.Е. Шейдеггеру объём массы увеличивается с уменьшением отношения высоты отрыва к длине транзита [3]. В работе Х. Очяи и др. эмпирическим путём на основании анализа десятков оползней найдено, что расстояние транзита существенно больше в случаях крупных оползневых тел [7]. Ряд исследований показал также, что объём оползневых тел зависит и от сейсмической интенсивности (см., например, [1]). В настоящей работе представлены теоретические расчёты для оценок массопереноса для консеквентных оползней в рамках «капельной модели», в том числе в условиях действия сейсмических колебаний [1].

Рассматривается модель оползневого тела, расположенного на плоской поверхности с углом наклона  $\alpha$ . В основу процесса скольжения положен физический закон Кулона-Амонтона. В рамках этой модели на тело массой  $M$  действуют сила гравитации  $P$ , её компонента – «сдвигающая» сила  $T$ , сила реакции опоры  $N$ , и

сила сопротивления, которая складывается из силы трения  $F_f$  и сцепления тела с поверхностью  $F_c$  (рисунок).

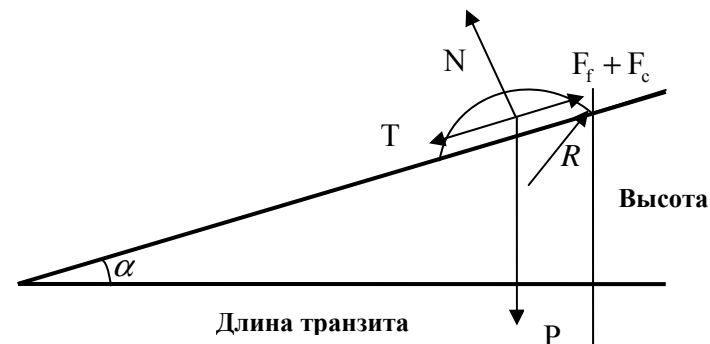


Рисунок. «Капельная модель» оползня [1]

Такой склон называется консеквентным. Для анализа вводится объём тела  $V$  и площадь контакта тела с плоской поверхностью склона  $S$ . После рассмотрения условий предельного равновесия вводится фактор действия гармонических горизонтальных колебаний в плоскости поверхности скольжения на нарушение устойчивости потенциального оползневого тела. На основании анализа устойчивости в общем виде рассматривается «капельная модель» для частного случая тела, имеющего форму сферического сегмента радиуса  $R$  с фиксированным телесным углом  $\beta$ .

Рассмотрим условия равновесия и нарушения устойчивости тела, находящегося на наклонной плоскости в рамках метода предельного равновесия [2]. Критические условия для нарушения равновесия тела определяются с помощью сравнения составляющих сил тяжести, трения и сцепления в наклонной плоскости. С помощью известных выражений закона Кулона-Амонтона и законов статики можно записать условие равновесия в виде:

$$T = F_f + F_c, \quad (1)$$



где  $T = P \cdot \sin \alpha$ ,  $F_f = k \cdot N$ ,  $N = P \cdot \cos \alpha$ ,  $F_c = c \cdot S$ ,  $k$  – коэффициент трения,  $c$  – сцепление.

Тогда из выражения (1) после выполнения элементарных преобразований можно получить следующее выражение для критического угла склона, при выполнении которого тело находится в устойчивом равновесии–

$$\alpha_{кр} < \arcsin \frac{cS}{\rho V g \sqrt{1+k^2}} + \arcsin \frac{k}{\sqrt{1+k^2}}, \quad (2)$$

где  $\rho$  – плотность тела,  $g$  - гравитационное ускорение.

В рамках «капельной модели» для случая тела, имеющего форму сферического сегмента, выражение (2) приводит к критическому условию для нарушения равновесия:

$$\alpha_{кр} \leq \arcsin \frac{c}{\rho \cdot g \cdot \sqrt{1+k^2}} \cdot \sqrt[3]{\frac{9\pi}{4V}} + \arcsin \frac{k}{\sqrt{1+k^2}}. \quad (3)$$

Из выражений (2) и (3) следует, чем меньше значения коэффициента трения, сцепления и чем больше плотность тела и его объём, тем при меньших углах склона происходит нарушение устойчивости. Физический смысл этого состоит в том, что при малых размерах тела в равновесии тела превалирует поверхностный фактор, представленный силами трения и сцепления, а при больших его размерах – объёмный, обусловленный весом [1].

Поскольку отношение высоты местности отрыва оползневого тела на поверхности скольжения к длине транзита представляет собой тангенс угла уклона  $\alpha_{кр}$ , а тангенс есть монотонная функция от этого угла то из (3) следует, что при меньших отношениях высоты к длине транзита критический объём оползневого тела больше. Это находится в качественном соответствии с результатами работ [3,5,7].

Рассмотрение действие вибраций на устойчивость тела проводится для частного случая гармонических колебаний, действующих в горизонтальном направлении в плоскости скло-

на:  $x = a \cdot \sin(\omega \cdot t)$ , где  $a$  - амплитуда колебаний,  $\omega$  - круговая частота,  $t$  - время. Критические условия принимают вид:

$$\frac{a \cdot \omega^2}{g} \geq \cos \alpha \cdot \sqrt{\left(k + \frac{c \cdot S}{\rho \cdot g \cdot V \cdot \cos \alpha}\right)^2 - \text{tg}^2 \alpha}. \quad (4)$$

Формула (4) показывает, чем больше амплитуда и частота колебаний, тем при больших трениях и сцеплениях и меньших углах наклона происходит сход оползня.

Из выражения (4) для склонов в рамках «капельной модели» следует, что

$$\frac{a \cdot \omega^2}{g} \geq \cos \alpha \cdot \sqrt{\left(k + \frac{c}{\rho \cdot g \cdot \cos \alpha} \cdot \sqrt[3]{\frac{9\pi}{4V}}\right)^2 - \text{tg}^2 \alpha}. \quad (5)$$

Выражение (5) показывает, чем больше интенсивность землетрясения, тем сход более малых по объёму оползней может происходить. Значит с ростом интенсивности землетрясений в оползневый процесс вовлекаются больше оползней, с объёмами от максимального до минимального, определяемого соотношением (5) и общий их объём возрастает в соответствии с результатами полевых наблюдений работы [7].

Следует отметить, что из-за широкого разнообразия условий образования оползней можно ожидать большой разброс в зависимостях отношения высоты отрыва к длине транзита и объёма оползневого тела. Например, из-за различий в поверхности сбора осадков и селевых потоков, геометрии русла, по которому происходит сход – с расширением, сужением или с постоянной шириной, различий в экзогенных свойствах грунтов, в условиях обводнения склонов подземными водами, в объёмах и скоростях выпадения атмосферных осадков.

Результаты исследований связи объёмов оползневых тел с длиной транзита оползневых масс имеют большое значение для оценок риска схода оползней и разработок инженерных мероприятий по снижению такого риска.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Каримов Ф.Х. Сейсмогенные оползни на территории Таджикистана: от оценки опасности до снижения риска // Душанбе: Контраст, 2011, 68 с.
2. Маслов Н.Н. Механика грунтов в практике строительства (оползни и борьба с ними) // М.: Стройиздат, 1977, 320 с.
3. Шейдеггер А.Е. Физические аспекты природных катастроф // М.: Недра, 1981, 230 с.
4. Landslides from massive rock slope failure // Ed. G. Evans, G.S. Mugnozza, A. Strom, R.L. Hermanns. Dordrecht: "Springer", 2002, 662 p.
5. Хромовских В.С., Никонов А.А. По следам сильных землетрясений // М.: Наука, 1984, 144 с.
6. Hsu, K. Catastrophic debris stream (struzstroms) generated by rock falls // Bull. of Geological Society of America, Vol.86, 1975, P.129-140.
7. Ochiai H., Hayashi Sh., Umemura J., Iryo T. Slope stability of the Mt. Mayuyama under the volcanic activity of Unzen volcano // In Unzen Volcano: The 1990-1992 Eruption. Fukuoka, Japan: the Nishinippon and Kyushu Univ. Press, 1992, 137 p., P. 110-116.

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПРИРОДНЫХ РИСКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Ларионов В.И., \* Суцев С.П., \*\* Фролова Н.И.,  
\*\* Малаева Н.С. \*

\*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН,  
Москва, РФ, [lar@esrc.ru](mailto:lar@esrc.ru)

\*\*НОЦ ИЭС МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, РФ, [frolova@esrc.ru](mailto:frolova@esrc.ru)

## QUANTATIVE ESTIMATION OF NATURAL RISK WITH GIS TECHNOLOGY APPLICATION

*The paper addresses the practical experience of quantitative natural risk assessment and mapping at different levels with GIS technology application. At the country level the most hazardous natural processes, which may results in fatalities, injuries and economic loss in*

*the Russian Federation, are considered. The examples of federal natural and regional seismic risk assessment are given.*

Территория Российской Федерации подвержена различным видам природных опасностей. В докладе рассматриваются наиболее опасные природные процессы, которые могут привести к гибели людей, ранениям и потери здоровья, а также к значительным материальным ущербам, такие как землетрясения, наводнения, штормы, оползни, сели и снежные лавины.

Для оценки и картирования природного риска для населения Российской Федерации разработан специальный ГИС проект и использованы методические подходы, описанные в [2], [3]. Полученные значения интегрального природного риска:  $R_e1$  – смертельный исход в случае реализации упомянутых процессов;  $R_e2$  – смертельный исход и травмы различной тяжести;  $R_e3$  – смертельный исход, травмы различной тяжести и понесшие материальные убытки, для отдельных городов и населенных пунктов осреднялись в пределах административных районов РФ. Наибольшие значения индивидуального природного риска  $R_e1$ , как и для случая индивидуального сейсмического риска  $R_s1$ , получены для Камчатского и Забайкальского краев, Республики Бурятия, Иркутской области, Алтайского края, а также для Краснодарского края и Чеченской Республики. Этот факт объясняется тем, что из рассматриваемых шести природных опасностей к гибели людей, как правило, приводят землетрясения и реже другие виды природных опасностей. Наибольшие значения индивидуального природного риска  $R_e3$  получены для Камчатского края, Республики Алтай, Краснодарского и Забайкальского краев, Республик Бурятия и Тыва, Сахалинской области, Алтайского Края и Северной Осетии. На рис. 1 показана карта интегрального природного риска  $R_e3$  для территории РФ.

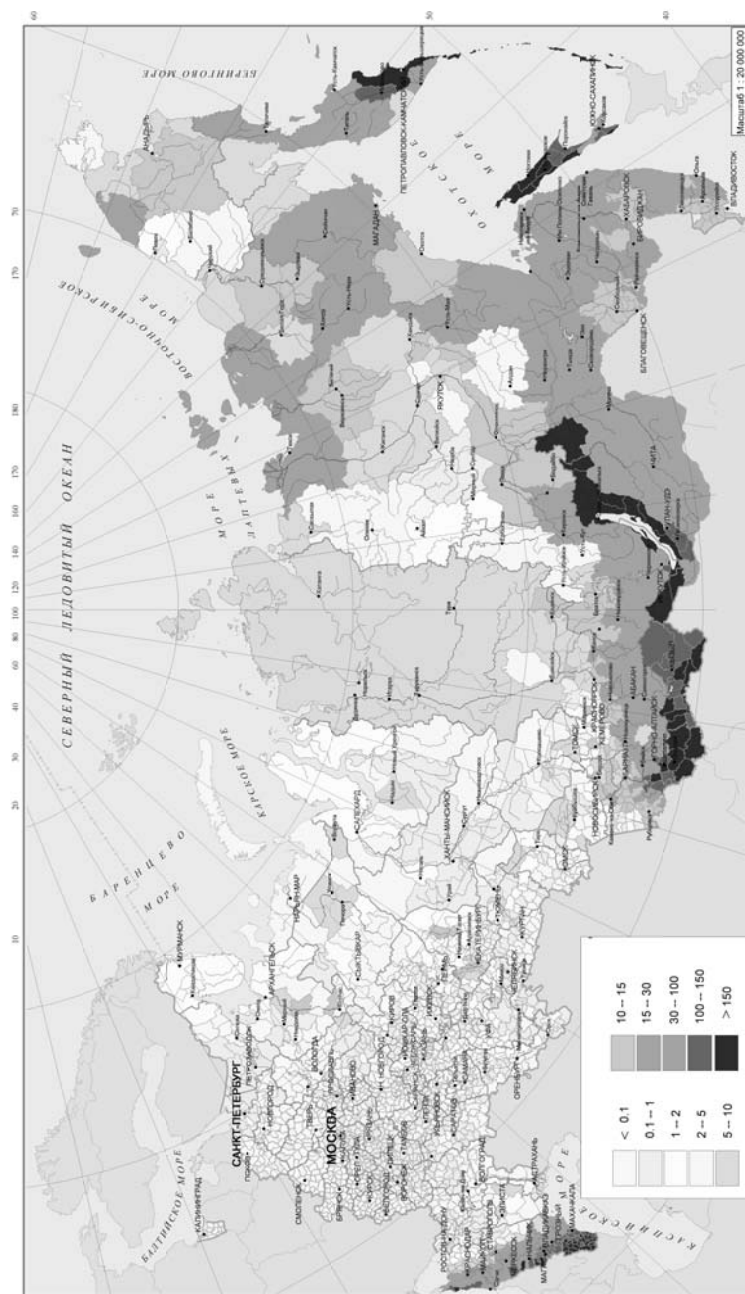


Рис. 1. Карта интегрального индивидуального природного риска  $R_e3$ ,  $10^{-5}$ /год для населения Российской Федерации

Полученные оценки индивидуального природного риска от шести видов природных опасностей изменяются от пренебрежимо малых значений – близких к нулю, до весьма высоких – более  $30.0 \cdot 10^{-5}$  для смертельного исхода (карта  $R_e1$ ), более  $100.0 \cdot 10^{-5}$  для смертельного исхода и травм различной тяжести (карта  $R_e2$ ), более  $150.0 \cdot 10^{-5}$  для смертельного исхода, травм различной тяжести и понесших материальные убытки (карта  $R_e3$ ). В табл. 1 приведены размеры площадей зон с разным уровнем риска.

Таблица 1

Интервалы изменения значений природного риска и размеры площадей зон с разным уровнем риска

Границы интервалов риска, $10^{-5}$ /год	Площади зон по карте $R_e1$		Площади зон по карте $R_e2$		Площади зон по карте $R_e3$	
	$10^6$ км <sup>2</sup>	%	$10^6$ км <sup>2</sup>	%	$10^6$ км <sup>2</sup>	%
менее 0.1	7.9	48	5.7	34	1	6
0.1 – 1.0	3.3	20	5	30	1.9	11
1.0 – 2.0	0.9	5	0.5	3	1.6	10
2.0 – 5.0	1.6	10	1.2	7	2.6	16
5.0 – 10.0	1.1	7	1.4	8	3.5	21
10.0 – 15.0	0.5	3	0.4	2	1.6	10
15.0 – 30.0	0.7	4	1.1	7	1.6	10
30.0 – 100.0	0.6	4	1.2	7	2.1	13
100.0 – 150.0	-	-	0.1	1	0.2	1
более 150.0	-	-	-	-	0.5	3

На рис. 2 и 3 приведен пример региональной карты индивидуального сейсмического риска  $R_s1$  для населения Иркутской области, республики Бурятия и Читинской области. В информации об уровне сейсмической опасности использовалась карты общего сейсмического районирования ОСР-97 А, В и С (масштаба 1:5 000 000), соответствующих 10%-ной (А), 5%-ной (В) и 1%-ной (С) вероятности превышения расчетной интенсивности для фиксированного интервала времени  $t=50$  лет или, 90%-ной вероятности не превышения указанных на картах значений интенсивности в течение следующих фиксированных интервалов времени, соответственно  $t=50$  (А), 100 (В) и 500 (С) лет [1] и матрица цифровой информации о повторяемости сотрясений, предоставленная Институтом земной коры СО РАН. Расчеты риска произведены с исполь-

зованием специализированного ГИС проекта для рассматриваемого региона, разработанного Центром исследований экстремальных ситуаций совместно с Сейсмическим центром ИГЭ РАН. Для определения показателей риска были реализованы следующие этапы: оценка количественных характеристик сейсмической опасности для каждого населенного пункта; оценка распределения степеней повреждений для зданий различного типа по вероятностям для каждого значения интенсивности; оценка возможных социальных потерь – распределение числа погибших для каждого населенного пункта; оценка вероятности гибели одного человека за весь прогнозируемый период и за год для каждого населенного пункта. Для оценки возможных социальных потерь в больших населенных пунктах город разбивался на элементарные площадки, а их координаты представлялись точкой, расположенной в центре площадки. Затем показатели, полученные для отдельных площадок, суммировались.

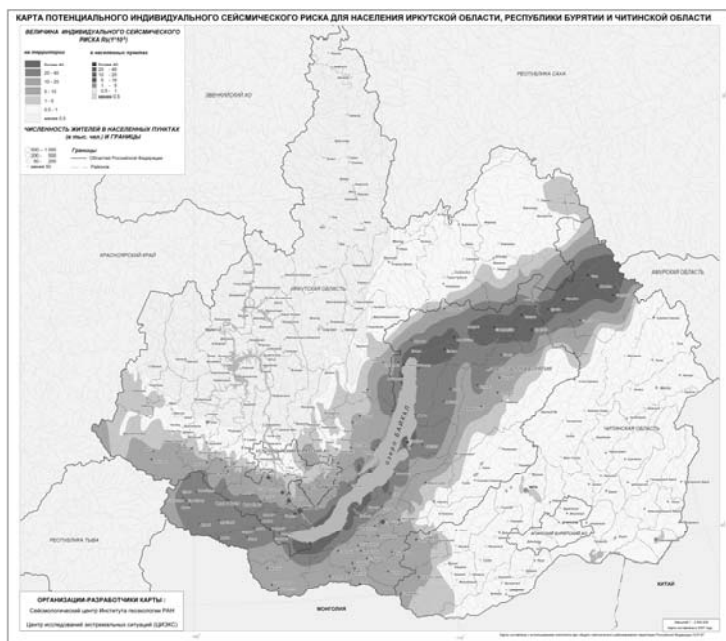


Рис. 2. Карта сейсмического риска с использованием комплекта карт ОСР-97

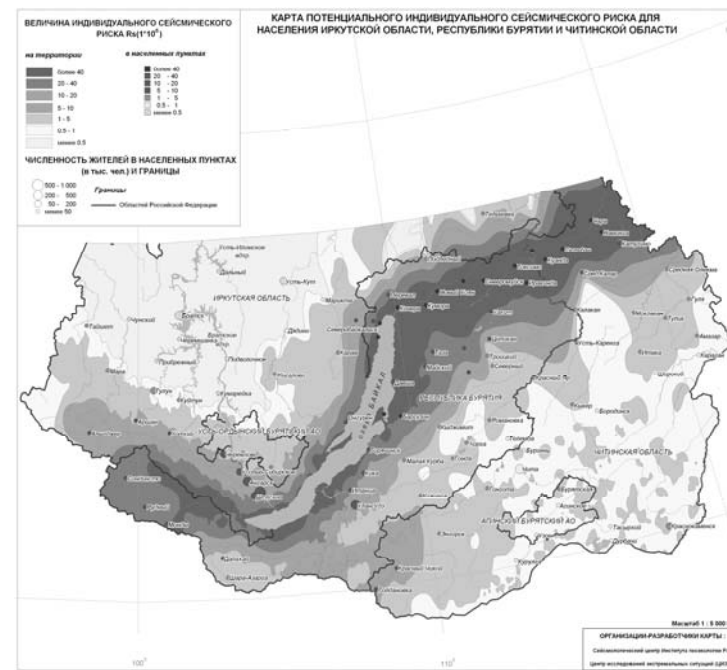


Рис. 3. Карта сейсмического риска с использованием матрицы повторяемости

Для большинства населенных пунктов значения риска, полученные с использованием матрицы повторяемости, ниже значений, полученных с использованием карт ОСР-97 (табл. 2).

Для оценки сейсмического риска на локальном уровне, как правило, используются карты сейсмического микрорайонирования, выполняются работы по уточнению базы данных о существующей застройке и созданию специализированного ГИС проекта на рассматриваемую территорию. Оценка риска проводится для сценариев, при которых воздействие поражающих факторов на людей будет максимальным, т.е. для ночных сценариев бедствия.

При проведении расчетов сейсмического риска на локальном и региональном уровнях учитываются возможные последствия аварий на пожаро-взрывоопасных и химически опасных объектах.

Таблица 2

Сейсмический риск по матрице повторяемости землетрясений различной балльности и по картам ОСР для наиболее крупных населенных пунктов Байкальского региона

Населенный пункт	Субъект РФ	Население, тыс. чел	Риск по матрице, $10^{-5}$ 1/год	Риск по картам, $10^{-5}$ 1/год
Иркутск	Иркутская область	583	13,09	42,14
Улан-Удэ	Бурятия	367	19,06	28,28
Чита	Читинская область	300	0,86	6,51
Ангарск	Иркутская область	247	17,25	30,62
Шелехов	Иркутская область	48	20,52	61,24
Гусиноозерск	Бурятия	28	14,19	28,28
Северобайкальск	Бурятия	27	78,16	56,56
Слюдянка	Иркутская область	19	65,38	61,24
Кяхта	Бурятия	18	17,80	28,28
Селенгинск	Бурятия	17	60,51	56,55
Байкальск	Иркутская область	14	58,92	61,24
Токсимо	Бурятия	12	72,25	56,55

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в соответствии с постановлением Правительства РФ № 218 от 09.04.2010 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологического производства».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Комплект карт ОСР-97-А,В,С и другие материалы для Строительных норм и правил – СНиП "Строительство в сейсмических районах". – М.: ОИФЗ, 1998.
2. Методика прогнозирования последствий землетрясений. – М.: ВНИИ ГОЧС-ЦИЭКС-СЦ ИГЭ РАН, 2000. – 27 с.
3. Методика комплексной оценки индивидуального риска ЧС природного и техногенного характера. – М.: ВНИИ ГОЧС-ЦИЭКС-СЦ ИГЭ РАН, 2000. – 35 с.

## ОЦЕНКА ФОРМИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГУЖУМСАЙ

Мамараимов З.У.

Государственное Предприятие «Институт гидрогеологии и инженерной геологии» при Госкомгеологии Республики Узбекистан, Ташкент, тел. +998977034009, факс (+99871)2624763; e-mail: [rudnik85@rambler.ru](mailto:rudnik85@rambler.ru).

### EVALUATION HAZARD OF FORMING ENGINEERING-GEOLOGICAL PROCESSES IN UNDERGROUND EXPLOTATION GUJUMSAY DEPOSITS

*Assessment of engineering-geological processes in underground exploitation hard rock deposits for example gold deposits Gujumsa considering in this article. Exposing, studying basic engineering-geological processes and estimating influent this processes on prospecting and exploitation deposits.*

Одним из основных задач инженерно-геологических исследований является оценка инженерно-геологических условий месторождений твёрдых полезных ископаемых, с целью дальнейшего прогноза в связи с разведкой и разработкой месторождений. Под термином «инженерно-геологические процессы и явления» понимаются процессы и явления, возникающие в результате взаимодействия инженерных сооружений с геологической средой (по Г.Н. Каменскому и П.Н. Панюкову). Эти процессы, также как и геологические процессы, могут стать опасными и угрожать сохранности, если они не были учтены при разработке представлений о геодинамической обстановке.[3]

При строительстве шахт, штолен и карьеров естественное состояние горных пород нарушается, происходит их разгрузка, а иногда их разуплотнение, разрушение и другие виды процессов и явлений, которые серьёзно влияют на **эффективность и безопасность** ведения горнопроходческих работ. Эти инженерно-геологические процессы и явления требуют применения специаль-

ных способов проходки горных выработок, различных видов их крепления и других инженерных мероприятий, обеспечивающих безопасную разработку полезных ископаемых [2].

Золоторудное месторождение Гужумсай Зармитанского рудного поля административно входит в состав Кошрабадского района Самаркандской области Республики Узбекистан. Рельеф в районе месторождения низкогорный, слаборасчленённый с абсолютными отметками от 900 м до 1200 м. Относительные превышения колеблется от 40-100 м до 150 м. Крутизна склонов 10-40°. Вся площадь месторождения покрыта четвертичными отложениями мощностью от 40 до 140 м, район относится к категории сейсмоопасных (с возможной интенсивностью до 7 баллов).

В геологическом строении месторождения Гужумсай участвуют интрузивные скальные породы палеозоя и перекрывающие их рыхлые неоген-четвертичные отложения мощностью до 100 м. Интрузивные скальные породы представлены **граносиенитами, сиенитами, гранитами**, верхнеплиоценовые – **алевролитами, глинами с прослоями гравелитов и конгломератов**. Четвертичные образования перекрывают породы неогена и представлены аллювиально-пролювиальными щебнистыми отложениями с мелкоземом [1]. Вся площадь месторождения перекрыта чехлом неоген-четвертичных отложений. Его положение в структуре рудного поля определяется мощной зоной дорудных разрывов восток-северо-восточного простирания, являющейся, в целом, западной границей Чармитанского месторождения. Зона разрывов и рудомещающие структуры представляют сопряжённую систему выдержанных сколовых трещин, возникающих при перемещениях больших блоков пород по Караулхона–Чармитанской зоне разломов глубокого заложения и рудоконтролируют структуру всего района.

Формация представлена одним геологическим комплексом – граниты, гранодиориты, относящиеся к группе скальных пород, плотным на глубине и частично выветрелым с поверхности. Коэффициент крепости, по Протодьяконову – 8-10 и более, а в коре выветривания ниже 6.

Из современных геологических процессов развиты осыпи, выветривание, эрозия, склоновый смыв и оврагообразование. Про-

явление последнего связано с тем, что вся площадь Гужумсайского месторождения с поверхности перекрыта мощной толщей рыхлых неоген-четвертичных отложений (суглинки с обломками коренных пород, гравий, глины), склонных к размыву, особенно при подрезке (дорога, промплощадка и др.) склонов. При горных работах развиты вывалы, обрушение, куполение. Обрушения и вывалы в подземных горных выработках происходили, в основном, по поверхности тектонических трещин с углом падения 60-80°. Они приурочены как к продольным, так и диагональным секущим тектоническим нарушениям, а также обводненным зонам дробления, интенсивной трещиноватости. Такие ослабленные участки закреплены в виде металлических стоек с деревянными затяжками. В разведочных выработках они составляют около 70%. Кроме того, отмечены прорывы подземных вод в горные выработки с расходом до 15 л/с.

Таблица

Средние значения физико-механических показателей (граносиениты)

Предел прочности, мПа	65-72
Удельный вес, г/см <sup>3</sup>	2,6-2,8
Объёмный вес, г/см <sup>3</sup>	2,6-2,7
Водопоглощение, %	0,35-0,4
Пористость, %	0,8-1,5
Коэффициент крепости, по Протодьяконову	8-12

На прочностные характеристики горных пород, в основном, влияют: микротрещиноватость, вторичные минералы (гидроокислы железа, пелит, хлорит, эпидот, серицит, альбит), которые часто замещают внутренние зоны полевых шпатов, находятся в сростках с ними, и кроме того, очень часто заполняют мелкие трещины. Так же сильно влияют темноцветные минералы (биотит, роговая обманка), часто преобразованные вторичными процессами (хлоритизация и др.), иногда замещаются карбонатом и гидрослюдой (см. табл.).

Особенности геологического строения, геоморфологических условий определяют разработку месторождения подземным способом. Из вышесказанного, следует отметить, наиболее **ослабленные зоны**, где формируются инженерно-геологические процессы – это в основном **зоны разломов и дробления горных пород, а также участки сильнотрециноватых пород и сопряженные участки** горных выработок. Именно эти участки являются объектами исследований при инженерно-геологических исследованиях при разведке и разработке месторождений твердых полезных ископаемых, т.к. эти участки более подвержены к формированию инженерно-геологических процессов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Арипова Ф.М., Мирасланов М.М.* др. Физико-механические свойства горных пород рудных месторождений Узбекистана (Справочник). Ташкент: Институт Гидроингео, 2006. С. 101-107.
2. *Ломтадзе В.Д.* Инженерная геология месторождений твердых полезных ископаемых. Ленинград: Недра, 1986. 159-183 с.
3. *Сергеев Е.М.* Инженерная геология. МГУ, 1978. С. 143-144.

#### ПРИПОВЕРХНОСТНЫЕ СКОПЛЕНИЯ ГАЗА В ОСАДОЧНОЙ ТОЛЩЕ ШЕЛЬФА – ФАКТОР РИСКА ДЛЯ МОРСКИХ СООРУЖЕНИЙ

*Миронюк С.Г.*

ООО «Петер Газ», Москва, Россия, тел. (495)657-85-72, доб.3293,  
e-mail: [Mironyuk.Sergey@petergaz.com](mailto:Mironyuk.Sergey@petergaz.com)

#### SHALLOW GAS IN THE SEDIMENTAION MASS OF THE SHELF-A RISK FACTOR FOR OFFSHORE FACILITIES

*One of the natural risk factors offshore oil-gas field developments considered. Statistic accidents caused shallow gas eruption shows. A classification of accidents deal with eruption under open-*

*ing-out of gas pockets accomplished and the probability of accidents calculated. Geophysical methods to detect gas pockets described. Examples of gas shows in the Barents and Okhotsk seas are shown.*

В процессе проходки инженерно-геологических, поисково-разведочных и эксплуатационных скважин нередко возникают аварийные ситуации, обусловленные наличием в верхней части разреза приповерхностного газа (газовых карманов), с повышенным пластовым давлением. При их случайном вскрытии в процессе бурения происходит неконтролируемое выделение пластовых флюидов – газовый выброс.

Аварии и инциденты, вызванные прорывами газа к поверхности дна за последние 50 лет произошли в различных регионах шельфа Мирового океана, в том числе на российском шельфе Азовского, Каспийского, Восточно-Сибирского, Печорского и Черного морей.

Наиболее серьезные аварии за период 1963-2003 гг. произошли в Северном и Норвежском морях, Тихом океане (у берегов Калифорнии), Мексиканском и Гвинейском (у берегов Нигерии) заливах [7,9-12].

Аварии сопровождалась загрязнением морской среды, атмосферы, формированием крупных антропогенных котлованов (до 500 м в диаметре и глубиной до 100 м). Причинами аварий явились: недостаточная длина обсадной колонны, отказ противовыбросового устройства и др. Однако, как правило, аварии происходят до установки кондуктора и противовыбросового оборудования.

Данные по авариям на морских буровых платформах, связанных с наличием приповерхностного газа, показывают, что в десяти случаях происходили серьезные повреждения буровых агрегатов и гибель людей. Несколько аварий привели к потере устойчивости и разрушению морских сооружений, при этом только прямой ущерб от катастроф составил от 1-3 до нескольких сотен миллионов долларов США [5]. Несмотря на меры по профилактике аварийных ситуаций, из 172 аварий обусловленных выбросами газа 22 % приходилось на выбросы, связанные со скоплениями мелкозалегающего газа [8].

По данным, приведенным в [1] аварии на самоподъемных буровых установках (СПБУ), вне зависимости от их причин, про-

исходят с вероятностью  $2,8 \times 10^{-2}$  в год. При этом аварии, связанные с выбросами при бурении скважин, составляют 23%. Отсюда вероятность выброса при бурении одной скважины оценивается величиной  $6,4 \times 10^{-3}$  в год. Соответственно вероятность аварии по причине выброса приповерхностного газа составит  $1,4 \times 10^{-3}$  в год. Относительная частота воспламенения при выбросах на газовых скважинах 30-35%. Отсюда вероятность пожара при выбросе  $0,5 \times 10^{-4}$  в год.

Имеется несколько вариантов сценария аварийных ситуаций, на поверхности моря связанных с выбросами при вскрытии газовых карманов:

- Сценарий аварии с наиболее тяжелыми последствиями для буровых гравитационных платформ: выброс газа под или вблизи платформы, образование котлована и его рост в процессе развития аварийной ситуации, нарушение остойчивости сооружения, опрокидывание платформы.

- Сценарий аварии с наиболее тяжелыми последствиями для плавучих буровых установок: выброс газа, образование газодляного шлейфа, снижение/потеря плавучести судов попавших в зону выхода газодляного шлейфа на поверхность воды.

- Общий сценарий с наиболее тяжелыми последствиями для буровых платформ и судов: выброс газа, образование над поверхностью моря взрывоопасного газоздушного облака, возможное его возгорание или взрыв в замкнутой зоне морских сооружений. / К числу сценариев с тяжелыми гуманитарными последствиями следует отнести таковой, сопровождающийся выбросом токсичного газа (например, сероводорода  $H_2S$ ), на палубу бурового судна.

- Наиболее вероятный сценарий: выброс и падение в рабочей зоне оборудования, спущенного в скважину, бурового раствора и шлама в связи с газопроявлениями, изменение динамических характеристик гребных винтов и рулевых устройств судов, частичная потеря их плавучести.

С целью повышения безопасности проходки скважин до точки входа в продуктивный пласт, рядом стандартов предписывается выполнение процедуры идентификации и оценки риска, организационно-технические мероприятия и другие меры [2,3,6].

Впервые задачу обнаружения скоплений приповерхностного газа мелкого залегания специалисты компании «Питер Газ»

решали в ходе геофизических исследований на площади Штокмановского газоконденсатного месторождения (ШГКМ) в 2007 г.

В качестве основного метода изучения верхней части осадочного чехла и изучения поверхности морского дна было выбрано сейсмоакустическое профилирование. Применяемая аппаратура и выбранные параметры съемки обеспечили получение информации о строении верхней 100-метровой толщи грунтов.

Геофизическими исследованиями было установлено наличие в четвертичных отложениях свободного газа (метана), в том числе был обнаружен газовый карман на глубине 30 м от поверхности дна. Отражения от границ газосодержащих слоев отличаются очень высокой амплитудой сигнала, во много раз превышающей амплитуды отражений от границ раздела грунтов, не содержащих газа.

В 2010 г. задача по обнаружению газовых карманов в местах заложения эксплуатационных скважин была успешно решена на площади Кириновского газоконденсатного месторождения (КГКМ) (Охотское море), путем выполнения сейсмической съемки высокого разрешения (СВР) и сейсмоакустического профилирования. Как и на ШГКМ добычу углеводородов на КГКМ планируется осуществлять с использованием подводной инфраструктуры.

По данным СВР над сводовой зоной центрального участка месторождения выявлены 4 аномальные зоны, связанные с газом – одна «газовая труба» и сопряженные с ней три горизонта скопления газа. Пример газопроявления на площади КГКМ представлен на рис. 1.

С целью оценки степени опасности зон газонасыщения для сооружений ПДК, рассматривался следующий комплекс аномальных эффектов отраженных волн:

- резкое возрастание амплитуд и уменьшение их частоты;
- изменения полярности волн (с положительной на отрицательную);
- прогибание под «яркими пятнами» границ ниже залегающих отражающих горизонтов (за счет уменьшения скорости прохождения волн в газосодержащих грунтах);
- глубина залегания газового «кармана».



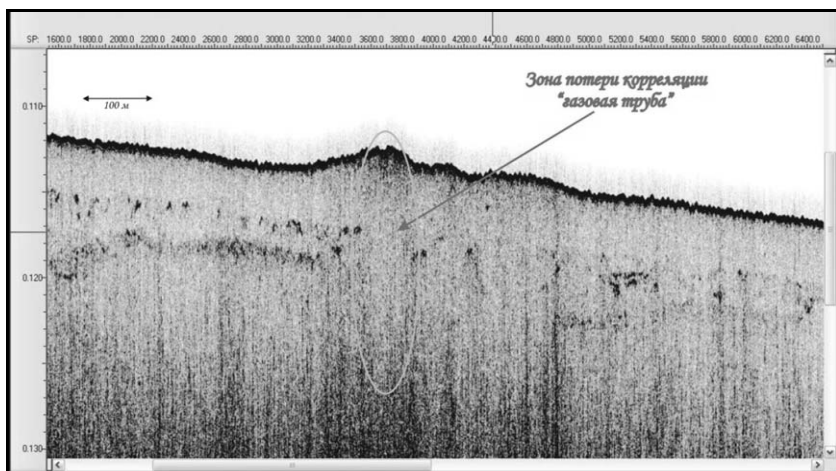


Рис. Зона потери корреляции («газовая труба») (профилограмма)

Принимая во внимание указанные критерии опасности газопроявлений, литературные данные и опираясь на опыт ООО «Питер Газ» [4] считаем, что условно можно выделить следующие категории (степени) опасности газопроявлений:

- **Большая** – зона потери корреляции (газовая «труба»), характеризуется полным затуханием сейсмического сигнала (отсутствием отражающих границ), резким (на 200-300 м/с) понижением интервальных скоростей упругих волн ( $V_p$  и  $V_s$ ) и частот, изменение полярности отражений от кровли газонасыщенного пласта (газового кармана). Коэффициент повышения амплитуд – 8-10.

- **Средняя** – коэффициент повышения амплитуд – 8-5, пониженные значения скоростей  $V_p$  и  $V_s$  в газонасыщенных отложениях по сравнению с вмещающими породами

- **Малая** – коэффициент повышения амплитуд 5-4, незначительное уменьшение скоростей  $V_p$  и  $V_s$ . Отсутствие или слабо проявление аномальных эффектов отраженных волн.

Как показала практика, для обнаружения скоплений газа в верхней 100 м толще осадков, наилучший результат дает применение непрерывного сейсмоакустического профилирования двумя системами одновременно: с частотами 250-500 Гц и 1000-7000 Гц.

Для обеспечения безопасной проходки глубоких скважин разного назначения, требуется применение высокоразрешающей сейсмоакустической съемки. При этом, наиболее эффективным методом является объемная сейсморазведка 3D. Её применение позволяет избежать неоднозначности идентификации аномалий волнового поля (нередко аномалии возникают из-за литологической неоднородности разреза, а не в связи с загазованностью осадков) и, в случае обнаружения, более точно определить пространственное положение газовых карманов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Александров М.Н. Безопасность человека на море. Л.: Судостроение, 1983. 206 с.
2. ГОСТ 17.1.3.02-77. Правила охраны вод от загрязнения при бурении и освоении морских скважин на нефть и газ. Госстандарт СССР. 5 с.
3. ГОСТ Р ИСО 17776-2010. Менеджмент риска. Руководящие указания по выбору методов и средств идентификации опасностей и оценки риска для установок по добыче нефти и газа из морских месторождений. 67 с.
4. Миронюк С.Г., Клецин С.М. Опыт применения геофизических методов с целью идентификации морских геологических опасностей // ГеоИнжиниринг. 2010. №1. С. 48-54.
5. Рокос С.И. Газонасыщенные отложения верхней части разреза Баренцево-Карского шельфа. Автореф. дис...канд. географ. наук. Мурманск., 2009. 21 с.
6. ПБ 08-624-03. Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности. Госгортехнадзор РФ. 2003. 112 с.
7. Bryant, W. R. and Roemer, L. B., Structure of the continental shelf and slope of the northern Gulf of Mexico and its geohazards and engineering constraints. In Geyer, R. A. and Moore, J. R. (eds.), CRC Handbook of Geophysical Exploration at Sea. Florida, CRC Press. 1983. p. 123-184.
8. 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.
9. McCulloh, T.H. Geologic characteristics of the Dos Cuadras offshore oil field: U.S. Geological Survey Professional Paper 679-C, 1969, p. 29-46.

10. Sieck, H. C., Gas charged sediment cones pose a possible hazard to offshore drilling. Oil and Gas Journal, 1973, July 16, 148–63.

11. Thatje, S., Gerdes, D., and Rachor, E. A seafloor crater in the German Bight and its effects on the benthos. Helgoland Marine Research, 1999, 53, p. 36–44.

12. Worzel, J. L. and Watkins, J. S. Location of a lost drilling platform. Proceedings of the Offshore Technology Conference, Houston, TX, 1974. OTC Paper 2016.

### ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЖИЗНЕННО-ВАЖНЫХ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА С ПОМОЩЬЮ СЕСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ОТ ЕСТЕСТВЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ

*Попова О.Г.\* , Жигалин А.Д.\* , Аракелян Ф.О.\*\**

*\*Федеральное государственное бюджетное учреждение  
науки Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева  
Российской академии наук (ИГЭ РАН), Уланский пер., 13 (2),  
Москва, 101000 Россия; e-mail: oksana-p@list.ru*

*\*\* ООО «Атомсейсмоизыскания», ул. Скаковая 32 (2),  
Москва, 125040 Россия; E-mail: [asi\\_47@mail.ru](mailto:asi_47@mail.ru)*

### EVALUATION OF THE STRESS STATE OF THE ENVIRONMENT IN THE DESIGN OF VITALLY IMPORTANT OBJECTS OF CONSTRUCTION WITH THE HELP OF SEISMIC MONITORING

*The results of studying of geodynamics of the geophysical environment in the areas Seversky and Nizhny Novgorod NPP are considered. It is noted that changes of geodynamic characteristics in time for both regions are weak.*

Напряженно-деформированное состояние среды – это важнейшая характеристика верхней части земной коры. Изучение локальных полей тектонических напряжений и факторов, влияющих

на их состояние, является приоритетной задачей в проблеме прогноза и предотвращения природных катастроф (землетрясений, оползней, извержений вулканов, цунами). Эта задача особенно важна при проектировании жизненно – важных объектов строительства, таких как строительство гидроэлектростанций (ГЭС) и атомных станций (АЭС), а также при эксплуатации этих объектов. В последнее время для оценки геодинамической активности и напряженного состояния среды на объектах такого рода проводят геофизический, и как частный случай, сейсмический мониторинг от искусственных источников (взрывов, ударов, сейсмодибраторов). Однако в густонаселенных урбанизированных районах проведение мониторинга с искусственными источниками вызывает много организационных трудностей. Поэтому встал вопрос о возможности использования сейсмического мониторинга, регистрирующего волны от естественных источников (землетрясений).

Институтом Геоэкологии РАН и Центром ГЕОН совместно была разработана методика изучения геодинамики среды по энергетическим характеристикам обменных волн PS от далеких землетрясений [1]. Согласно разработанной методике напряженное состояние среды в некоторой точке пространства оценивается следующими параметрами:

– показателем анизотропности среды (безразмерная величина) под каждой точкой наблюдения  $\gamma = E_R/E_V$ , где  $E_V$  и  $E_R$  – энергия радиальной и тангенциальной составляющих на записи PS-волн, соответственно;

– интегральным показателем напряженного состояния среды S (безразмерная величина) в районе наблюдений, определяемым расчетным путем на основе изучения характера распределения параметра  $\gamma$  по площади наблюдательной сети мониторинга

$$S = \int_{x_1 y_1 \delta}^{x_2 y_2 \infty} \int \int \gamma(x, y) dx dy d\gamma / \int_{x_1 y_1}^{x_2 y_2} \delta \cdot x \cdot y \cdot dx dy ,$$

где  $x, y$  – координаты района мониторинга;  $\delta$  – пороговый уровень, превышение которого указывает на возрастание анизотропных свойств и напряженного состояния среды в районе исследования.

Для определения геодинамических характеристик среды строятся карты-схемы распределения величины показателя  $\gamma$  по

площади наблюдения для разных интервалов времени длительно-стью от 12 дней до 1,5 месяцев в зависимости от количества и качества записи зарегистрированных далеких землетрясений.

Такого рода карты-схемы позволяют в пределах исследуемой территории выделить участки с потенциально более высокой степенью сейсмического риска. С этой же целью дополнительно строятся графики зависимости интегрального показателя напряженного состояния среды  $S$  от времени наблюдения. Показатель  $S$ , как отмечалось выше, определяется по составленным для каждого интервала наблюдений картам-схемам распределения показателя анизотропности среды  $\gamma$ .

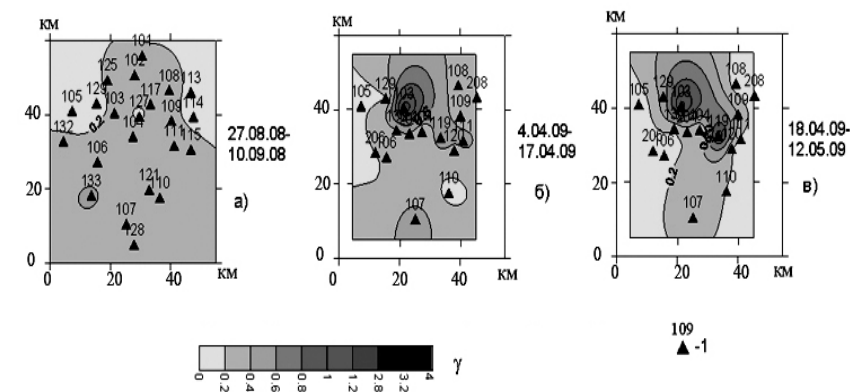
В настоящей статье представлены результаты применения описанной выше методики к материалам сейсмического мониторинга, использующего естественные источники возбуждения колебаний (а именно, далекие землетрясения) в районах проектируемой Северской АЭС (в 100 км к северу от г. Томска) и проектируемой Нижегородской АЭС с целью изучения геодинамики среды, изменения напряженности среды во времени для обоих регионов и выявления опасных для строительства и эксплуатации участков в пределах областей исследования.

Сейсмический мониторинг с использованием естественных источников для изучения геодинамики среды во времени в обоих регионах проводился организацией ООО «Атомсейсмоизыскания». В районе Северской АЭС (Томский сейсмический полигон) период наблюдения составил с июля 2008 г. по апрель 2010 г. Использовалась площадная расстановка трехкомпонентных цифровых станций «Дельта-Геон», равномерно размещенных на площади размером 55\*60 км, расположенной севернее г. Томска. В районе планируемой Нижегородской АЭС (Нижегородский полигон) сейсмический мониторинг проводился в течение 2011 г. и продолжается в настоящее время. Записи далеких землетрясений регистрируются площадной расстановкой станций, размещенных на площади размером 60\*70 км.

В соответствии с применявшейся методикой обработки, полученный за каждый год материал, в обоих исследуемых районах делился по нескольким интервалам времени. Длительность каждого интервала времени варьировала от 12 дней до месяца в зависимости от количества и качества зарегистрированных сигналов да-

লেখক ভূমিক দৃষ্টিভঙ্গি এবং প্রাপ্য সিস্টোগ্রামের জন্য পরবর্তীকালে প্রক্রিয়াকরণের জন্য প্রস্তুত করা হয়েছে।

В дальнейшем, для каждого интервала времени (или временного интервала) строились карты-схемы показателя анизотропности  $\gamma$  (рисунок) и вычислялся показатель напряженного состояния среды  $S$  (соответственно, определялась степень возможной сейсмической опасности).



**Рисунок. Пример карт-схем распределения показателя анизотропности среды  $\gamma$  по площади Томского полигона (Северская АЭС) в разные интервалы времени:**  
1 – пункты наблюдений

Материал 2008 г. по Томскому полигону был разбит на 7 временных интервалов, 2009 г. – на 10 интервалов и 2010 г. – на 4 интервала. Материал мониторинга по Нижегородскому полигону за 2011г. был разбит на 5 временных интервалов.

Оценки геодинамических характеристик и их вариаций во времени, полученные в результате сейсмического мониторинга на Томском полигоне, свидетельствуют об изменениях напряженного состояния геофизической среды в районе Томского сейсмического полигона в течение всего времени проведения наблюдений.

Однако, геодинамические параметры: показатель анизотропности  $\gamma$  и интегральный показатель напряженного состояния среды  $S$  изменялись в незначительных пределах. Величина показателя

теля анизотропности  $\gamma$  при фоновых изменениях в пределах 0.2-0.6 только дважды существенно превысила фоновый уровень, увеличившись до 1.4 и 2.8. Закономерно возросли в этих временных интервалах и значения интегрального показателя  $S$  до 0.18 и 0.542, выявив появление участков аномального напряженного состояния среды в пределах территории полигона (рис. 1б, в).

В течение года исследований на Нижегородском сейсмическом полигоне значения геодинамических показателей состояния среды также изменялись, но еще в меньших пределах. Значение показателя анизотропности  $\gamma$  только в сентябре-октябре 2011 г. на небольшом участке полигона достигло величины 0.8. При этом показатель напряженного состояния  $S$  для всего полигона равен значению 0.061. В основном, значения показателя анизотропности  $\gamma$  варьировали от 0 до 0.4, а показателя напряженного состояния  $S$  – от 0 до 0.012.

Интересно провести сопоставление результатов мониторинга на Томском и Нижегородском сейсмических полигонах с данными длительных сейсмических наблюдений в 2002, 2004 и 2005 гг. в сейсмоактивном регионе Северного Кавказа (Кавминводский полигон) [1]. Показатель анизотропности среды  $\gamma$  в районе Кавминвод, при фоновом уровне 0.2-1.0, увеличивался в отдельных интервалах времени до 2.4 и даже до 8.0, что приводило к унаследованному возрастанию величины интегрального показателя напряженного состояния пород  $S$  до 2.1 и 5.3. Такое соотношение величин сравниваемых параметров, полученных для трех полигонов, показывает существенное различие сейсмической обстановки в этих регионах, спокойном (Нижегородский полигон), слабо активном (Томский полигон) и сейсмически активном (Кавминводский полигон).

Таким образом, изучение геодинамики среды в районе Нижегородской планируемой АЭС показало, что среда за время исследования находилась в спокойном, не активном состоянии. В районе Северной АЭС, в некоторые интервалы времени, на небольших участках изучаемого полигона могут возникать области с повышенными значениями показателя анизотропности  $\gamma$ , которые, однако, не создают опасного напряженного состояния в среде всего полигона, поскольку значения показателя напряженного со-

стояния  $S$  при этом не превышают 0,5. Однако опасная ситуация на этих участках может возникнуть при дополнительном внешнем воздействии техногенном или природном, например, таком как солнечное затмение, магнитная буря и др. [2]. Все это приводит к выводу о том, что на энергетических объектах необходим постоянный мониторинг слежения за геодинамикой среды.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Попова О.Г., Серый А.В., Коновалов Ю.Ф. Результаты долговременного сейсмического мониторинга в сейсмоопасном районе Кавказских Минеральных Вод. Геоэкология. №2, 2008, С.135-140.

2. Попова О.Г., Жигалин А.Д., Коновалов Ю.Ф. Связь изменения напряженного состояния земной коры с солнечными затмениями и магнитными бурями Геоэкологи. № 2, 2011, С. 157-164.

## ОЦЕНКА РИСКОВ И ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ГЛЯЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ВЫСОКОГОРНОМ РУДНИКЕ КУМТОР (КЫРГЫЗСТАН)

*Торгоев И.А, Алёшин Ю.Г, Айтматов И.Т.*

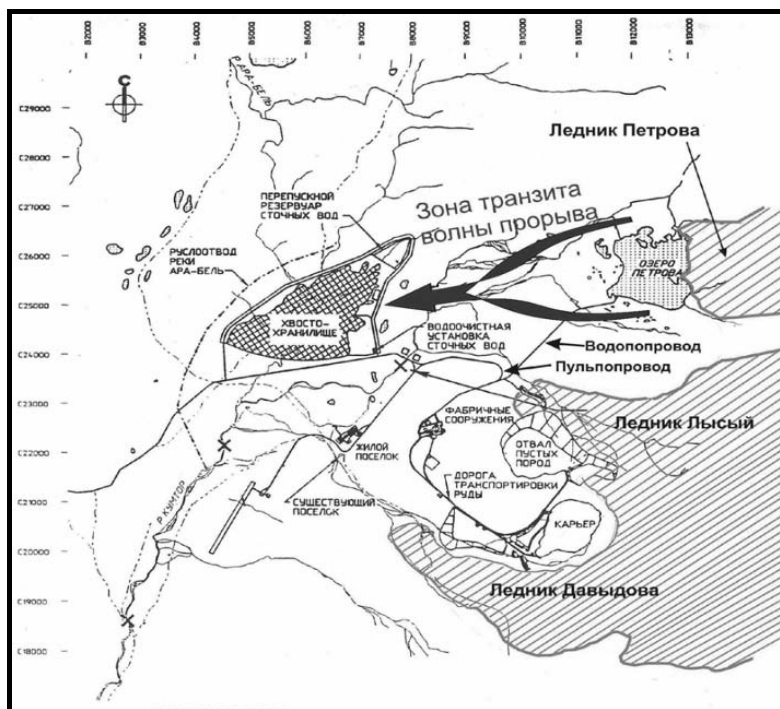
*Институт геомеханики и освоения недр НАН Кыргызстана,  
Бишкек, тел. (+996 312)54-11-31, E-mail: geoprabor@mail.ru*

## ASSESSMENT OF RISK AND PREDICTION OF THE GLACIAL PROCESSES IN HIGHLAND KUMTOR GOLDMINE (KYRGYZSTAN)

*The paper includes the information about dangerous geoeological processes in Tien- Shan high mountains, related with Kumtor goldmine*

За время многолетней (1993-2012 гг.) эксплуатации высокогорного рудника Кумтор, расположенного в нивально-гляциальном поясе Центрального Тянь-Шаня (массив оледенения Ак-Шыйрак), несмотря на все принимаемые меры, отмечено появление и активизация ряда опасных гляциальных и криогенных про-

цессов, которые в условиях происходящего потепления климата могут привести к катастрофическим экологическим последствиям, включая трансграничное загрязнение бассейна р. Нарын (рис. 1).



**Рис. 1. Карта расположения природных и техногенных объектов высокогорного рудника Кумтор в истоках р. Нарын-Сырдарья**

К числу подобных процессов в первую очередь относятся: неустойчивость и подвижки удерживающей дамбы хвостохранилища, обусловленные техногенным оттаиванием мёрзлых грунтов в её основании, начавшимся при наполнении чаши хвостохранилища в 1998 г. [1]; нарастание вероятности прорыва моренно-ледникового озера Петрова с угрозой разрушения нижерасположенного хранилища цианосодержащих «хвостов» (рис. 1), объём которых в 2011 г. превысил 50 млн. м<sup>3</sup>; неоднократное оползание и

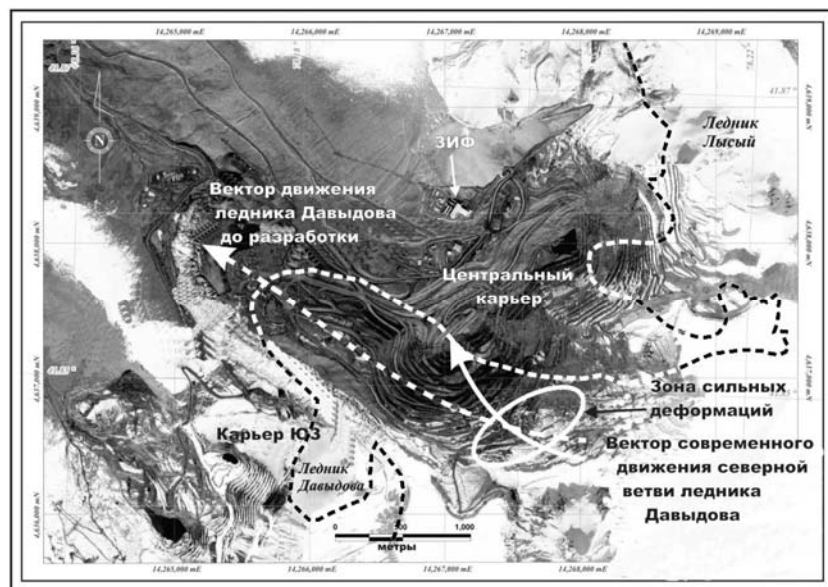
обрушение оттаявшего северо-восточного борта Центрального карьера; непредсказуемое изменение режима ледников за счет складирования на них гигантских масс отвальных пород.

Из-за существенного потепления климата высокогорья, и вызванного им отступления ледника Петрова, происходит рост площади акватории и объёма одноимённого озера (рис. 1), объём которого по данным батиметрической съёмки в 2009 г. превысил 69 млн. м<sup>3</sup>. Одновременно с нарастанием объёма воды в озере активизировались процессы таяния ледяного ядра в моренно-ледниковой плотине озера, сопровождающегося процессами термокарста и деформаций, зарождением трасс инфильтрации, уменьшением высоты и ширины гребня плотины над урезом воды. Сочетание указанных процессов обуславливает нарастание вероятности прорыва плотины озера, которая по расчётам, основанным на эмпирической системе рейтинговых оценок, в настоящее время оценивается как средняя [2].

В ближайшие годы, наиболее опасным вариантом развития событий, может стать внутриморенный (подземный) прорыв оз. Петрова с трансформацией гидродинамической волны прорыва в разрушительный селевой поток, угрожающий затоплением хвостохранилища и размывом его неустойчивой дамбы, с катастрофическими экологическими последствиями регионального масштаба в виде загрязнения цианидами бассейна р. Нарын-Сырдарья. Вероятность реализации подобного сценария существенно возрастёт, а катастрофические последствия усугубятся, если к моменту прорыва плотины оз. Петрова долина р. Кумтор (Нарын), вытекающей из озера и по которой будет распространяться волна прорыва (рис.1), заполнится „свежими” селевыми накоплениями, принесёнными водными потоками, из-под ледника «Лысый» и отвалов, размещённых на нём. На техногенных массивах типа отвалов на ледниках, в условиях потепления климата, могут формироваться так называемые "техногенные каменные глетчеры и сели".

В целях предотвращения или снижения риска прорыва оз. Петрова предложено, в качестве первоочередной меры, осуществить регулируемое снижение уровня воды в озере до безопасного объёма при одновременном мониторинге прорывоопасного участка плотины у Голубого залива [2].

Наряду с нарастанием вероятности прорыва оз. Петрова, в настоящее время особую обеспокоенность вызывает кардинальное изменение режима пульсирующего ледника Давыдова, происходящее за счёт складирования на нём гигантской массы вскрышных и отвальных пород, выдавивших лёд из-под отвалов. Подпруживание ледника Давыдова вскрышными породами общей массой свыше 300 млн. тонн привело к коренному изменению естественного режима глетчера: изменению скоростей и направлений смещения различных его частей; постепенному сужению живого сечения ледникового потока в средней и нижней частях (рис. 2); ускорению смещения суженного потока льда, особенно в языковой части с одновременным её вспучиванием и дефрагментацией. По данным мониторинга за период 2002-2010 гг. язык ледника продвинулся вниз по долине на 1.1-1.5 км [3], перевалив за пределы конечной морены.



**Рис. 2. Карьер и отвалы на ледниках Лысый и Давыдова: пунктирной линией выделены контуры ледников до начала разработки месторождения**

Одним из неблагоприятных последствий отсыпки отвалов на леднике стало изменение его гидротермического режима с последующим усилением таяния льда, что стало причиной неподвижно большого водопритока в карьер.

В настоящее время южный борт Центрального карьера врезан непосредственно в тело ледника Давыдова и его донную морену, что стало причиной, начавшегося в 2007 г. смещения льда и ползучести отвалов в сторону карьера на участке южного борта протяжённостью около 800 м (рис. 2).

Основным механизмом сильной деформации отвалов и юго-восточного борта карьера является скольжение ледника Давыдова по кровле донной морены, вызванное сочетанием повышенного напряжения сдвига, развивающегося на контакте ледник-морена от огромного веса отвалов горных пород в верхней части ледника и притока подледниковой талой воды, действующей как смазка. Средняя скорость движения льда и размещённых на нём отвалов в сторону карьера, несмотря на ряд принятых мер (разгрузка отвалов, дренаж подледниковых вод) возросла неожиданно в феврале 2012 г. с 5 до 50 мм/час. Очевидно, что подпруживание ледника Давыдова в сочетании с врезкой юго-восточного борта карьера непосредственно в зону ледника (рис.2) спровоцировало ускорение движения ледника в сторону карьера. Это в какой-то мере «разрядило» напряжения в верхней части, тем самым отодвинув сроки очередной пульсации ледника, которая в естественных условиях, не нарушенных техногенной нагрузкой прогнозировалась на 2014-2015 гг. [3].

Здесь следует отметить, что одной из целей отсыпки отвалов на леднике Давыдова являлось формирование буферной зоны между движущимся потоком льда и активной областью добычи. Однако достичь этой цели не удалось, что значительно усложнило работу в карьере, в частности заблокировало доступ к богатой зоне оруденения SB на неопределённый период времени.

Анализ нынешних проблем освоения высокогорного месторождения Кумтор, в частности, анализ взаимодействия отвалов и ледника Давыдова позволяет сделать прогнозные оценки возмож-

ных последствий подпруживания ледника на будущее, с учётом современных тенденций потепления климата.

После завершения эксплуатации рудника верхняя подпруженная часть южной ветви ледника Давыдова, со временем, может вызвать формирование между отвалами и склоновым висячим ледником «техногенного глетчера», который будет смещаться в русло р. Кумтор. Верхняя подпруженная часть северной ветви ледника будет смещаться в виде ледопада по крутому борту в глубокий карьерный водоём, объём которого до начала перелива по расчётам составит около 37 млн. м<sup>3</sup>. Неизбежный перелив воды, может вызвать со временем, во-первых, размыв и обрушение отвалов с формированием техногенных селей в бассейне рек Кумтор-Тарагай-Нарын. Во-вторых, дренажные (сульфидные и кислотные) воды, изливающиеся из карьера в тёплое время года, как и отвальные породы, оказавшиеся в русле р. Кумтор, станут источником систематического долговременного загрязнения бассейна реки Нарын-Сырдарья.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Торгоев И.А., Алёшин Ю.Г. Проблемы и уроки проектно-изыскательских работ в криолитозоне высокогорья // Сергеевские чтения. Вып. 12. – М.: ГЕОС, 2010. – С. 291-295.
2. Торгоев И.А., Алёшин Ю.Г. Оценка вероятности и последствий возможного прорыва морено-ледникового озера Петрова // Современные проблемы механики сплошных сред. Институт геомеханики и освоения недр НАН КР. – Бишкек, 2012. – С. 112-128.
3. Кузьмичёнок В.А. Отвалы горной породы на леднике Давыдова (хр. Акшыйрак, Тянь-Шань) // Лёд и снег. – 2012. – № 1. – С. 95-104.

#### ПРИРОДНЫЕ МУЛЬТИРИСКИ: ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ

*Тягунов С.А., Ворогушин С., Паролаи С., Флеминг К., Шай Й.*

*Германский Центр Наук о Земле им. Гельмгольца, Потсдам, Германия, (Helmholtz-Centre Potsdam – GFZ German Research Centre for Geosciences), Telegrafenberg, 14473, Potsdam, Germany.  
тел. +49 (331) 28828671, факс +49 (331) 2881204,  
e-mail: tyagunov@gfz-potsdam.de*

#### NATURAL MULTIRISKS: PROBLEMS AND METHODS OF HOLISTIC ASSESSMENT

*The paper is dedicated to the problem of risk assessment in multi-hazard prone areas and presents some methodological aspects and preliminary results of a study being implemented in the frame of the EU FP7 project MATRIX (New Multi-Hazard and Multi-Risk Assessment Methods for Europe), which is aimed at harmonising different single-type risk assessment approaches and developing a holistic multi-risk assessment methodology. One of the case studies of MATRIX is the city of Cologne, Germany, where, in particular, possible interactions and inter-influences of earthquake and flood hazards are investigated.*

Оценке рисков, связанных с разнообразными видами природных опасностей, включая землетрясения, наводнения, цунами, ураганы, вулканы, оползни, лавины, сели и др., посвящено множество научных и практических исследований, число которых постоянно возрастает во всем мире, что отражает жизненную важность и глобальную актуальность этой проблемы. Как показывает анализ прошлых и современных опубликованных работ, подавляющее большинство исследований рассматривает различные природные опасности и риски отдельно и лишь в последние годы проблемам комплексной оценки природных мультирисков стало уделяться серьезное и систематическое внимание. Вместе с тем необходимо подчеркнуть, что зачастую, даже для территорий подверженных нескольким различным видам опасностей, анализ мультирисков

ограничивается либо простым сравнением полученных оценок вероятного ущерба от отдельных опасностей, либо их элементарным суммированием, пренебрегая возможными эффектами взаимодействия и взаимовлияния различных видов опасностей.

Проблемы взаимовлияния природных опасностей и необходимость комплексного анализа мультирисков, в частности, особенно наглядны в сейсмически активных районах, где сильные землетрясения могут ускорить или непосредственно инициировать возникновение других видов опасностей (например, цунами или оползней), приводя к так называемым каскадным эффектам, которые могут многократно увеличить размеры катастрофы и совокупного ущерба. Кроме того необходимо принимать во внимание, что совпадение (как во времени, так и в пространстве) различных видов опасностей, вызывающих неоднократное повреждающее воздействие на здания и сооружения и возможное накопление повреждений, оказывает негативное влияние на несущую способность конструкций и повышает их физическую уязвимость, что, соответственно, ведет к увеличению уровня общего риска.

Вышеуказанные вопросы, а также спектр других аспектов, связанных с природными мультирисками, рассматриваются в проекте MATRIX (New Multi-Hazard and Multi-Risk Assessment Methods for Europe), который в настоящее время выполняется в рамках программы EU FP7 [1] и основной целью которого является гармонизация существующих подходов к оценке различных природных опасностей и рисков, а также разработка методики комплексной оценки мультирисков. Проект MATRIX разрабатывается научно-исследовательским консорциумом, состоящим из двенадцати организаций; его программа охватывает семь рабочих пакетов и рассматривает различные виды опасных природных процессов геологического, гидрологического и метеорологического происхождения. Программа проекта включает три реальных ситуационных исследования, в частности, города Кельн (Германия), Неаполь (Италия), Пуант-а-Питр (Гваделупа), которые подвержены различным видам природных опасностей, а также так называемый виртуальный город (Virtual City), который позволяет моделировать совокупность различных видов опасностей во времени и пространстве.

Город Кельн – один из крупнейших городов Германии с миллионным населением, высокой плотностью застройки и развитой городской инфраструктурой. Территория города, подверженная воздействию землетрясений, наводнений, ураганов, представляет большой интерес для научных и прикладных исследований и ранее уже рассматривалась в качестве ситуационного исследования для оценки различных видов природных рисков, в том числе для сравнения рисков [2], не учитывая, однако, возможное взаимодействие различных видов опасностей.

Настоящее исследование направлено на дальнейшее развитие методики комплексной оценки природных мультирисков и на примере Кельна, в частности, учитывает возможное взаимное влияние наводнений и землетрясений, рассматривая эту проблему с двух сторон: с одной стороны, как существующая сейсмическая опасность может повлиять на уровень риска от наводнений и, с другой стороны, как опасность затопления территории может изменить уровень сейсмического риска.

В первом случае рассматривается сценарий потенциального сильного землетрясения, которое может вызвать повреждение системы защитных дамб вдоль реки Рейн, защищающих городские территории от наводнений. С этой целью, учитывая пространственную конфигурацию существующей системы береговых защитных сооружений, для участков их расположения выполнены расчеты сейсмической опасности и для разных уровней вероятности получены оценки пиковых ускорений грунта. Сейсмическая уязвимость существующих земляных дамб оценивается исходя из возможности возникновения разжижения песчаных элементов в теле насыпей под действием сейсмических нагрузок. Расчетные геометрические и физические характеристики земляных дамб принимаются в соответствии с [3]. Комбинируя оценки сейсмической опасности и сейсмической уязвимости защитных дамб, рассчитывается вероятность их прорыва при сильном землетрясении с целью количественного уточнения вероятных потерь в случае последующего наводнения.

Во втором случае оценка сейсмического риска выполняется в соответствии с методикой [4, 5], причем, принимая во внимание



более крупный масштаб и большую детальность исследований, расчеты сейсмической опасности выполняются с учетом влияния локальных грунтовых условий. Для той части территории города, которая подвержена опасности затопления, принимается во внимание возможное изменение сейсмических свойств грунтов и, в частности, оценивается вероятность их разжижения. Оценка сейсмической уязвимости зданий выполняется на основе классификации Европейской Макросейсмической Шкалы EMS-98 [6], причем при оценке сейсмической уязвимости кирпичных зданий, которые преобладают в городской застройке Кельна, в том числе в районах подверженных затоплению, предлагается принимать во внимание повышение их уязвимости в результате влияния предыдущих наводнений. Следует отметить, что для обоих вышеописанных случаев оценка рисков выполняется только для жилой городской застройки и представляется как в виде удельного ущерба, так и в виде вероятных экономических потерь.

Применение данной методики для комплексной оценки мультирисков в районах подверженных нескольким видам опасностей позволит уточнить пространственно-временные оценки вероятного совокупного ущерба, в частности, для событий, характеризующихся малой вероятностью возникновения, но потенциально большими последствиями. Полученные результаты могут служить основой для управления риском и оптимизации решений, направленных на подготовку к возможным будущим чрезвычайным ситуациям и снижение вероятных социально-экономических потерь от стихийных бедствий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Catalogue of EU funded projects in Environmental research, FP7 – Theme 6 – Environment, European Commission, 2011, 344 pp.
2. *Gruenthal, G., Thieken, A.H., Schwarz, J., Radtke, K.S., Smolka, A., Merz, B.* Comparative Risk Assessments for the City of Cologne – Storms, Floods, Earthquakes. *Natural Hazards*, 38, 2006, pp.21-44.
3. *Vorogushyn S.* Analysis of flood hazard under consideration of dike breaches. Dissertation, Potsdam, 2009, 165 pp.

4. *Tyagunov, S., Grünthal, G., Wahlström, R., Stempniewski, L., and J. Zschau.* Seismic risk mapping for Germany. *Natural Hazards and Earth System Sciences (NHES)*, 2006, 6, 4, pp. 573-586.

5. *Тягунов С.А., Штемпишевски Л., Грюнталь Г., Вальстрём Р., Шай Й.* Сейсмическая уязвимость и сейсмический риск в Германии. Проблемы анализа риска. 2007, 4, 3, с.258-265.

6. *Gruenthal, G.* (Ed). *European Macroseismic Scale 1998, EMS-98, Cahiers du Centre Europeen de Geodynamique et de Seismologie*, 7, Luxembourg, 99 pp.

**РЕГУЛИРОВАНИЕ РИСКОВ  
В НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТАХ**



**RISK REGULATION  
IN NORMATIVE DOCUMENTS**

## ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ КРИТЕРИЕВ ОПАСНОСТИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ ХОЛОДНОГО ПЕРИОДА

*Гаврилова С.А.*

*НИЛ снежных лавин и селей географического факультета  
МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, тел. (495)9391521,  
e-mail: gavrilova@gmail.com*

### THE DIFFERENTIATION OF CRITERIA OF HYDROMETEOROLOGICAL HAZARD OF WINTER PERIOD

*The article includes the analysis of database on emergency situations, caused by hydrometeorological phenomena of winter for last 20 years in Russia.*

Перечень опасных явлений погоды (ОЯ), приводящих к стихийным бедствиям и чрезвычайным ситуациям на территории России, очень велик. Проблема прогноза опасных явлений была и остается наиболее сложной в гидрометеорологии, а задача повышения качества и заблаговременности прогнозов ОЯ – одной из важнейших.

Согласно руководящим документам Росгидромета, гидрометеорологические явления оцениваются, как ОЯ при достижении ими определенных значений гидрометеорологических величин (далее – критериев) [1].

На законодательном уровне разработан и внедрен типовой перечень опасных природных явлений и их критериев. Чрезвычайно важно ответить тот факт, что этот перечень носит рекомендательный характер, и критерии опасных природных явлений должны быть пересмотрены и уточнены в соответствии с климатическими особенностями региона. Этот вопрос должен решаться на уровне УГМС РФ.

На основании типовых перечней, территориальные органы должны разрабатывать региональные перечни и критерии ОЯ по обслуживаемым ими территориям, с учетом природно-климатических особенностей и хозяйственно-экономических условий, по-

скольку критерии ОЯ могут сильно различаться в зависимости от особенностей региона и масштабов их последствий в каждом регионе. При необходимости, допускается выделение районов, значительно отличающихся по климатическим условиям от остальной части обслуживаемой территории, с установлением для них критериев ОЯ [1].

Однако, анализ руководящих документов УГМС на территории России показал, что фактической дифференциации критериев, практически не происходит, т.е. на всей территории страны действуют одни и те же значения, независимо от физикогеографических или социально-экономических различий регионов. Исключения составляют температурные ОПЯ – очень сильная жара и очень сильный мороз. В предлагаемом перечне Росгидромета нет типовых критериев для этих видов ОПЯ.

Так, например, «очень сильный снег» – это «выпавший снег, ливневый снег с количеством не менее 20 мм за период времени не более 12 ч», а сильная метель «перенос снега с подстилающей поверхности (часто сопровождаемый выпадением снега из облаков) сильным (со средней скоростью не менее 15 м/с) ветром и с метеорологической дальностью видимости не менее 500 м продолжительностью не менее 12 ч» [1].

Безусловно, сам факт, что присутствуют попытки внедрения различных значений в зависимости от ландшафтных и климатических особенностей региона (в Северо-Кавказском УГМС, Сибирском) подтверждает неактуальность и неоправданность использования одинаковых критериев ОПЯ на территории УГМС и тем более, на территории всей страны.

В НИЛ снежных лавин и селей на протяжении последних 15 лет идет составление базы данных ЧС, вызванных различными видами опасных явлений. Каждая ЧС характеризуется рядом показателей, в том числе и интенсивностью проявления. Каждая ЧС имеет пространственную локализацию, что позволяет использовать геоинформационные методы исследования [2].

Проведенный анализ выявил большое количество ЧС, произошедших в условиях, когда интенсивность проявления природного процесса не достигла установленных пороговых значений опасности.

Так, например, в июне 1991 года град диаметром в 15 мм в Зольском районе Кабардино-Балкарии уничтожил 100% урожая на площади в 51 тыс. га. Град такого же диаметра в Самарской области в 2006 году нанес сильный вред сельскохозяйственным культурам на площади в 1000 га ( критерии ОПЯ в обоих случаях – 20мм). Морозы в -35 – -37<sup>0</sup> приводят к отключениям электроэнергии в Алтайском крае, Томской и Кемеровской областях (в ЗС УГМС критерии ОЯ -40<sup>0</sup> и ниже в течении 3 дней и более), осложняют деятельность предприятий ТЭК, автотранспорта, коммунальных служб, нефтегазовой промышленности на протяжении нескольких зим. В Республики Карелия, Ленинградской и Новгородской областях мороз в -25 – -30<sup>0</sup> приводит к отключению электроэнергии в жилых домах и административных учреждениях (критерий ОЯ -35 в течение 5 суток и более)

Более 50% процентов ЧС, вызванных снегопадами за период 2001-2011 год, происходили при критериях ниже установленных норм. Так, например, в центре европейской части России ЧС, вызванные сильными снегопадами, происходят в большинстве случаев при интенсивности до 10 мм за 12 часов. В Забайкалье – при 20 мм за 12 часов, а вот на Камчатке и на Сахалине, эти значения даже превышают установленные нормы.

Проведенный анализ наглядно показал, что на территории России критерии опасности гидрометеорологических явлений должны быть про дифференцированы в зависимости от ландшафтных и социально-экономических условий в регионе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. РД 52.88.699 – 2008
2. Грязнова В.В., Данилина А.В., Шнытарков А.Л., Гаврилова С.А. Анализ распределения чрезвычайных ситуаций природного характера в конце XX начале XXI века на территории России. Геориск, 4/2011, с. 58-64.

## ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ И ТЕРРИТОРИЙ ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА С УЧЕТОМ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ РЕГИОНОВ СТРАНЫ

*Глебов В.Ю., Азанов С.Н., Савченков С.Н.*

*Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций (федеральный центр науки и высоких технологий) МЧС России, г. Москва, Российская Федерация, (499) 449-90-44, e-mail: 14\_otdel@mail.ru*

## THE LEGISLATIVE FRAMEWORK FOR THE PROTECTION OF THE POPULATION AND TERRITORIES FROM EMERGENCY SITUATIONS OF NATURAL AND MAN-MADE ORIGIN, TAKING INTO ACCOUNT THE CLIMATIC CHARACTERISTICS OF THE REGIONS

*The paper considers the legal framework that regulates relations in the field of population and territories from emergency situations of natural and man-made, taking into account the climatic features of the country. The proposals for its improvement are given.*

Нормативное регулирование районирования Российской Федерации позволяет выделить четыре группы территорий:

- Север Российской Федерации;
- территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению;
- территории, подразделяющиеся по условиям природно-климатической комфортности проживания населения;
- территории, выделенные для целей градостроительной деятельности (климатическое, гляциологическое, сейсмологическое, экологическое и водохозяйственное районирование).

Правовое регулирование в сфере социально-экономического развития регионов страны с учетом их природно-климатических особенностей рассматривается на примере Севера Российской Фе-

дерации и территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению.

Действующая система государственной поддержки районов Севера включает в себя: федеральные целевые региональные и отраслевые программы, государственные гарантии и компенсации для лиц, работающих и проживающих в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях, систему завоза продукции в эти районы, меры государственной поддержки отдельных объектов, хозяйственных комплексов и населенных пунктов. Наряду с другими регионами, северные территории получают трансферты из Федерального фонда финансовой поддержки субъектов Российской Федерации, а также помощь из других специальных фондов.

Правовым фундаментом государственной поддержки выступает нормативная правовая база (НПБ), регулирующая отношения в области обеспечения районирования территорий, социально-экономического развития, социальной защиты граждан и миграционных процессов регионов Севера Российской Федерации, которая представлена более, чем 30 федеральными законами, около 10 Указов Президента Российской Федерации, более 30 подзаконными актами Правительства Российской Федерации, нормативными правовыми актами федеральных органов исполнительной власти.

Основные направления правового регулирования в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях осуществляются в областях, связанных с социальной защитой граждан, проживающих на этих территориях, оказанием государственной поддержки коренным малочисленным народам Севера Российской Федерации, государственным регулированием рынков труда в районах Севера.

Например, постановление Правительства Российской Федерации от 31 декабря 1997 г. № 1664 «О реформировании системы государственной поддержки районов Севера» принято в целях повышения эффективности государственной поддержки районов Севера и создания условий для их социально-экономического развития в период формирования рыночных отношений. Оно определяет поэтапное реформирование системы государственной поддержки районов Севера с целью усиления роли государства в развитии экономики; повышения адресности и эффективности государст-

венной поддержки; создания эффективной системы социальной защиты коренных малочисленных народов; пересмотра существующей системы гарантий и компенсаций для северян по мере формирования системы дифференцированных по регионам общегосударственных социальных стандартов; повышения ответственности работодателей в решении социальных проблем районов Севера; обеспечения реструктуризации экономики районов Севера с учетом потребности народного хозяйства в производимой продукции на перспективу; совершенствования межбюджетных отношений и отношений в области природопользования между федеральным центром и северными территориями.

НПБ, регулирующая отношения, связанные с социальной защитой граждан, проживающих в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях устанавливает льготы и компенсации в области трудовых правоотношений (доплата районного коэффициента и процентной надбавки к заработной плате, выплата пособий по безработице с учетом районного коэффициента, предоставление дополнительного оплачиваемого отпуска); пенсионного обеспечения (выплата пенсий на льготных условиях); жилищных правоотношений (бронирование жилья, гарантия предоставления жилья по месту жительства и компенсация сдаваемого жилья); защиты прав детей, женщин и учащейся молодежи (в области образования, труда, отдыха, медобслуживания); защиты прав коренных малочисленных народов Севера.

Необходимо отметить, что вопросы природопользования и охраны окружающей среды в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях регулируются в рамках общего федерального законодательства за исключением вопросов, затрагивающих традиционное природопользование и защиту исконной среды обитания коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации.

С нашей точки зрения, основным концептуальным недостатком подходов Правительства Российской Федерации к вопросу развития Севера на ближайшую перспективу, отраженных в указанных нормативных правовых актах (НПА), является ориентация на осуществление мер государственной поддержки северных территорий, а не на обеспечение их самодостаточности и саморазвития.

Далее рассмотрим состояние правового регулирования в сфере социально-экономического развития регионов, подвергшихся радиационному загрязнению.

НПБ, регулирующая отношения связанные с радиационной безопасностью населения и социальной защитой граждан, подвергшихся воздействию радиации, состоит из 11 федеральных законов, 2 Указов и распоряжения Президента Российской Федерации, около 30 постановлений Правительства Российской Федерации и ряда ведомственных НПА.

Анализ НПБ показал, что совокупность НПА, регулирующих отношения в области радиационной безопасности населения можно условно разделить на три группы – концептуальные, специальные НПА и НПА социального блока.

К группе концептуальных НПА относятся – Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» и Федеральный закон от 09 января 1996 г. № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения».

К группе НПА социальной направленности относятся – Закон Российской Федерации от 15 мая 1991 г. № 1244-1 «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС»; Федеральный закон от 26 ноября 1998 г. № 175-ФЗ «О социальной защите граждан Российской Федерации, подвергшихся воздействию радиации вследствие аварии в 1957 году на производственном объединении «Маяк» и сбросов радиоактивных отходов в реку Теча»; Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 2-ФЗ «О социальных гарантиях гражданам, подвергшимся радиационному воздействию вследствие ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне»; Федеральный закон от 17 июля 1999 г. № 178-ФЗ «О государственной социальной помощи»; Закон Российской Федерации от 11 октября 1991 г. № 1738-1 «О плате за землю»; Закон Российской Федерации от 9 декабря 1991 г. № 2003-1 «О налогах на имущество физических лиц»; Налоговый кодекс Российской Федерации, часть вторая от 5 августа 2000 г. № 117-ФЗ (НК РФ). Группа рассмотренных НПА устанавливает комплекс мер социальной защиты граждан, подвергшихся воздействию радиации в виде предоставления набора социальных услуг, выплат и компенсаций, льгот

по налогам на имущество физических лиц, налоговых вычетов и др.

К группе специальных НПА следует отнести Федеральный закон от 10 июля 2001 г. № 92-ФЗ «О специальных экологических программах реабилитации радиационно-загрязненных участков территории», которым установлены особенности государственного регулирования отношений в области разработки и реализации специальных экологических программ реабилитации радиационно-загрязненных участков территории. А также ряд других федеральных и региональных НПА, развивающие нормы и положения этого закона.

Таким образом, проведенный анализ законодательства показал, что НПБ, регулирующая отношения, связанные с обеспечением радиационной безопасности населения, проживающего на радиоактивно-загрязненных территориях, представлена совокупностью НПА, практически полностью охватывающих вопросы защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Таким образом, с целью осуществления системного подхода к вопросам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, назрела необходимость в усовершенствовании НПБ, таким образом, чтобы она содержала нормы и положения, учитывающие природно-климатические особенности регионов Севера Российской Федерации, приравненных к ним территорий и других местностей с неблагоприятными климатическими или экологическими условиями.

## **ШКАЛА БЕДСТВИЙ И КРИТЕРИИ УСТОЙЧИВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

*Клячко М.А.*

*ФГУП Научно-технический центр по сейсмостойкому  
строительству и инженерной защите от стихийных бедствий,  
Санкт-Петербург, т/ф. (812)710-07-85, e-mail: office@cendr.org*

## DISASTER MAGNITUDE SCALE AND SUSTAINABLE SAFETY CRITERIA

*Measuring the magnitude and severity of disasters, as well as the development and use of criteria for sustainable safety are under consideration. Developed in 1990 the disaster magnitude scale of Klyachko (DIMAK) quantities and for use in the improvement of the numerical risk analysis is described. Basic parameters DIMAK scale are social losses (dead, injuries, homeless people, etc.) and economic damages. Additional parameters are the index of relative social vulnerability, and an index of economic self-sustainability of the urban area to probable disasters (an index of relative resilience). The complex criteria (comprehensive indicator) of sustainable safety for the specific area consist of three DIMAK's parameters and significance of individual risk. The proposed complex criteria are well-tested and are recommended to apply in urban planning codes.*

**Введение.** В Токийской Декларации экспертов и в принятой на её основании в 1988г. международным сообществом концепции безопасности человеческих поселения от стихийных бедствий на 1990-1999гг. (Международное Десятилетие по уменьшению стихийных бедствий – МДУСБ) подчеркивается, что «важнейшим аспектом любого бедствия является не породившее это бедствие явление, а его социальные и экономические последствия». Таким образом, главный объект изучения и управления – не само явление, а описываемые ущербами и потерями последствия техногенных аварий или стихийные бедствия. Чтобы квалифицированно смягчать, уменьшать, сравнивать бедствия, необходима единая мера их измерения, т.е. шкала бедствий. Многочисленные шкалы для оценки землетрясений и цунами, ветра и морского волнения, ледовых и пожарных воздействий характеризуют только опасность тех или иных явлений и не пригодны для измерения их последствий. Даже шкалы для оценки интенсивности землетрясений, например, шкалы ММ и EMS, непосредственно опирающиеся на ущербы в виде повреждений зданий и ощущения людей, не дают представления о размерах бедствия. Примером могут служить последствия «несильных» землетрясений  $M=5.6$  уничтожившее г. Агидар (Алжир, 1960) и  $M=6.3$  Килари (Индия 29.09.93г) погу-

бившее 22 тыс. человек. Точно также неудовлетворительны ветровые шкалы (Бофорт Симсон и Фюджет), шкала цунами (Иида, 1970) и др. Нельзя не учесть, что реальные бедствия зачастую усугубляются или даже определяются вторичными опасностями. Вот почему нужна универсальная шкала бедствий, причём «универсальность» должна заключаться в том, что параметры шкалы и система классификации бедствий не зависели бы от первопричины бедственных последствий. Понимание профессиональной необходимости единой оценки бедствий появилась у автора в 1987 г., в самом начале разработки и осуществления программы подготовки к прогнозируемому разрушительному землетрясению на Камчатке, поскольку без этого невозможно количественно определить цели и доказать эффективность реализуемой программы. Основные понятия и критерии реального и прогнозируемого ущерба и риска появились и использовались при работе по реабилитации легкой промышленности Армении после Спитакского землетрясения 1988г., окончательно сформулированы [1] в процессе работы по ликвидации последствия землетрясения Манжил (Иран) в 1990г. и доложены на Всесоюзной конференции «Сейсмостойкость эксплуатируемых сооружений» (СЭС-90). Шкала DIMAK (DIaster MAgnitude of Klyachko) была успешно представлена в Тегеране в мае 1992г. на 1-ой Международной конференции по предупреждению бедствий на урбанизированных территориях, а после Всемирной конференции по уменьшению бедствий в Вашингтоне, благодаря поддержке проф. Хаузнера, получила международное признание и распространение.

**Базовые параметры шкалы DIMAK.** Как указано [1,2] в шкале DIMAK в качестве базовых параметров, характеризующих любое бедствие используются обобщенные потери людей  $F$  (убитые  $K$ , раненые  $I$ , оставшиеся без крова  $H$  и др. пострадавшие), описываемые *фэтами* и экономические потери ( $S$ , млн.\$ США), описываемые *лоссами*. Потери людей могут оцениваться также в денежном эквиваленте; в шкале DIMAK для этого условно принято страховое покрытие в 1 млн. \$ за три безвозвратные потери, а минимальная компенсация за одного пострадавшего (легко раненые) – 10 тыс.\$ . Каждое бедствие представляется графически точкой  $M$  на поле бедствий в ортогональной системе координат с началом в точке  $O$ , где по оси ординат откладывается логарифмиче-

ский показатель  $F$  в денежном эквиваленте, а по оси абсцисс логарифмический показатель  $S$ , то есть любое бедствие определяется двумя основными параметрам:

- величиной бедствия  $M_d$ , измеряемой длиной луча  $OM$ ;
- индексом относительной социальной уязвимости населения  $p$ , которая есть  $\arctg$  угла между лучом  $OM$  и осью абсцисс.

Напомним, что, если  $p=0$ , бедствие называется чисто экономическим, а когда  $p = \infty$  бедствие называют чисто социальным. На расположенном ниже рисунке изображено «Поле бедствий», где нанесены 12 характерных известных событий.

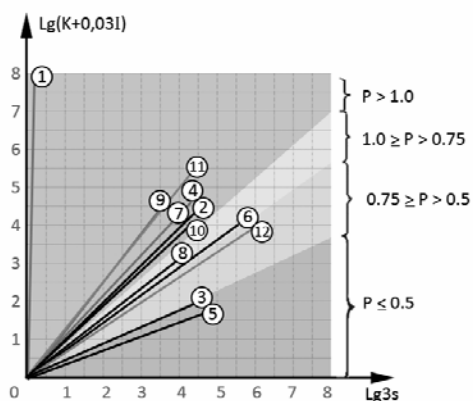


Рис. Поле бедствий

- |   |  |
|---|--|
| 1. Чума, Европа, 1337-1352,<br>$M_d=7.4$ ; $p=0$        | 7. Измит, Турция, 17.08.99,<br>$M_d=5.75$ ; $p=1.06$         |
| 2. Спитак, СССР, 07.12.88,<br>$M_d=6.45$ ; $p=0.94$     | 8. Тайвань, 21.10.99, 04.10.94,<br>$M_d=5.15$ ; $p=0.83$     |
| 3. Лома Приета, США, 17.01.89,<br>$M_d=4.80$ ; $p=0.42$ | 9. Пхудж, Индия, 27.01.01,<br>$M_d=5.64$ ; $p=1.17$          |
| 4. Манжил, Иран, 21.06.90,<br>$M_d=6.3$ ; $p=1.06$      | 10. Террорист. атака, США, 11.09.01,<br>$M_d=5.52$ ; $p=0.9$ |
| 5. Нортридж, США, 17.01.94,<br>$M_d=4.93$ ; $p=0.38$    | 11. Гаити, 12.01.10,<br>$M_d=6.88$ ; $p=1.24$                |
| 6. Кобе, Япония, 17.01.95,<br>$M_d=6.67$ ; $p=0.68$     | 12. Тахоку, Япония 11.03.11,<br>$M_d=7.29$ ; $p=0.77$        |

В зависимости от значения  $M_d$  бедствия подразделяются на 6 степеней: 0 (нет бедствия,  $M_d$  менее 1); 1 (незначительное бедствие,  $M_d$  от 1 до 2,5); 2 (значительное бедствие,  $M_d$  от 2,5 до 4,5); 3 (тяжелое бедствие,  $M_d$  от 4,5 до 6); 4 (жестокое бедствие,  $M_d$  от 6 до 7); 5 (катастрофа,  $M_d$  от 7 и выше).

**Дополнительные параметры шкалы DIMAK.** Знание магнитуды бедствия  $M_d$ , являющейся главным параметром шкалы бедствия не достаточно, чтобы полностью охарактеризовать то или иное бедственное событие. Одинаковое по величине бедствие окажет существенно различное влияние на страны (самостоятельные штаты, провинции) обладающие разным экономическим потенциалом. Показательным примером является Япония, которая в отличие от Гаити, страны, которая не оправилась ещё от ужасной беды ( $M_d$  около 7), очень быстро восстановилась после бедствия в Кобе ( $M_d=6.6$ ) и катастрофы Тохоку ( $M_d=7.29$ ). Чтобы оценить экономический потенциал территории подверженной бедствию способствующий быстрой ликвидации ЧС и полной реабилитации этой территории после бедствия, в шкале DIMAK предусмотрен дополнительный параметр  $d_m$ , называемый индексом относительной экономической устойчивости территории, или индексом живучести/восстанавливаемости территории. Для нахождения безразмерного индекса  $d_m$  приведённое значение полных экономических потерь делится на величину валового продукта этой территории за предшествующий бедствию год; при этом также используется, как, калибровочная величина, размер валового продукта Ирана в 1990г. (начало МДУСБ). Таким образом, в шкалу DIMAK включён очень важный параметр, характеризующий возможности и готовность территории противостоять бедствию собственными силами, способность быстро восстанавливаться после бедственного воздействия. Используя сегодняшние международные термины показатель  $d_m$  можно назвать index of resilience.

**Критерии безопасного развития.** Последние 15 лет существенно расширилась сфера практического использования шкалы DIMAK. Если в начале 90-х гг. шкала использовалась преимущественно для оценки произошедших или вероятных бедствий [1-3], то по мере развития ГИС – технологий и риск-анализа с широким применением различных сценариев бедствий роль и значимость шкалы DIMAK, как эффективного инструмента риск-анализа, су-



ественно выросли [4-6]. Позже появилась необходимость мониторинга и контроля природно-техногенного риска на урбанизированных территориях, и долгосрочная проблема устойчивой безопасности стала неотъемлемой и важной частью проектов территориального планирования и социально-экономического развития. Повсеместное развитие урбанизации, поиск наилучших мест для человеческого обитания, необходимость оценки инвестиционной привлекательности территорий, их ранжирование потребовали разработки необходимых и достаточных критериев безопасного развития [7]. Именно такими критериями для той или иной заранее определённой самостоятельной территории (провинции, штата, страны) стали вышеупомянутые базовые и дополнительные параметры, используемые в шкале DIMAK, то есть:

– величина, или *магнитуда  $M_d$  вероятных бедствий* с оценкой масштабности этого бедствия;

– «социальность» вероятного бедствия, то есть величина *индекса социальной уязвимости «р»* урбанизированной территории; при этом значение **р** менее 0,75 считается допустимым для развивающихся стран, **р** менее 0,5 допустимым для развитых стран, а значение **р** менее 0,25 абсолютно приемлемым;

– *индекс  $d_m$  относительной экономической устойчивости* территории или индекс живучести/восстанавливаемости территории (сообщества).

В качестве четвёртого индикатора безопасного развития, целесообразно использовать значение *индивидуального риска  $R_i$* , допускаемый размер которого (например,  $10^{-5}$  1/год) надо обсуждать отдельно. Критерии безопасного развития желательно включить в градостроительные нормы, так как они являются эффективным инструментом мониторинга и контроля риска и нужны для повседневной деятельности градостроительной деятельности и долгосрочной стратегии безопасного развития урбанизации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Клячко М.А. Основные положения и практика использования шкалы бедствий // «Специальное и подземное строительство». М.: ЦНИИпромзданий. 1994. С.56-64

2. Клячко М.А.. Шкала бедствия // Ж. «Гражданская защита» №2. 1994. С.53-56

3. Klyachko M. The Scale for Disaster Magnitude Measurement as Applied to EQs // Proc. of 9th Int. Seminar on EQ Prognostics, San Jose, Costa Rica, Sept., 1994

4. Klyachko M. The development of GIS, EQ-DISC and DIMAK as the best tools for seismic risk analysis on the urban areas // 5th Int. Conf. on Seismic Zonation, Oct. 17-19, Nice, Quest Editions. 1995 v. 1, p. 158-165

5. Klyachko M. DIMAK Scale as applied to Urban Seismic Vulnerability Assessment and Risk Analysis // World Conf. on Natural Disaster Mitigation, Cairo. 1996. P. 85-86

6. Klyachko M. The DIMAK Scale for Disaster Magnitude Measuring in service // Natural Disaster Reduction. Proc. of Conf. (Ed. By George W. Houser and Riley M. Chunf), ASCE. 1996. P. 76

7. Klyachko M. Multifactorial risk analysis and sustainable urban safety // 1-st European Conference on Earthquake Engineering and seismology. Geneva, Switzerland. 2006. P. 343

## МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ «ШКАЛА МАКРОСЕЙСМИЧЕСКАЯ»

Клячко М.А., \* Шестонёров Г.С., \*\* Стром А.Л. \*\*\*

\* ФГУП «Научно-технический центр по сейсмостойкому строительству и инженерной защите от стихийных бедствий», Санкт-Петербург, (812)7100785, e-mail: office@cendr.org;

\*\* ООО «Инженерный центр «Поиск», г. Москва, тел. (495)9787274, e-mail: sgs1985@rambler.ru;

\*\*\* Центр службы геодинимических наблюдений в энергетической области – филиал ОАО «Институт гидропроект», г. Москва, тел. (495)7273674, e-mail: a\_strom2002@yahoo.co.uk

## ABOUT REGIONAL STANDARD “MACROSEISMIC SCALE”

*New improvement of Macroseismic Scale MSK and EMS is under consideration. Previous Soviet standard #6249-52 was developed 60 years ago. Offered project of modernized standard of EMS (ModEMS-10), keeping the heredity, has following developments and achievements: aims, tasks and application of Macroseismic Scale is increased; list of sensors of built environment is extended due to*

*transportation structures; most of typical buildings and structures are classified according to their vulnerability; three ranges of information reliability are given to each sensor (people and their artificial and natural surrounding); quantity categories and terms are extended and defined more exactly; appointed that the intensity assigning procedure has to realize in a few stages by informants, inspectors, analysts and experts consistently; conformity assessment of assigned intensity is additionally included. The Standard is accompanied by commentaries for best understanding and practical applying.*

**Введение.** Отсутствие официально принятого государственного стандарта шкалы сейсмической интенсивности в РФ и других странах ЕАС/СНГ мешает развитию инженерной сейсмологии, препятствует улучшению взаимопонимания и совместной работе сейсмологов и инженеров, способствует потере нашими сейсмологами и инженерами ведущих позиций в мире, затрудняет практику понимания сейсмического риска и обеспечение сейсмотехнической безопасности территорий стран ЕАС/СНГ.

Макросейсмическая шкала необходима для:

- назначения интенсивности произошедших землетрясений;
- районирования территорий по сейсмической опасности;
- определения расчетной сейсмичности и назначения сейсмических нагрузок при проектировании строительных сооружений (прежде всего, для зданий массового строительства);
- разработки сценариев вероятных последствий землетрясений, задаваемых интенсивностью, и соответствующих оценок сейсмического риска, что необходимо для градостроительной деятельности с позиции устойчивого развития.

Основанием разработки Межгосударственного стандарта (МС) является решение № 8 п.8.9 двадцать девятого заседания Межправительственного Совета по сотрудничеству в строительной деятельности стран СНГ 10-11.06.10 в г. Минске.

Базовая НИР «Исследовать проблему и разработать макросейсмическую шкалу нового поколения» была выполнена ФГУП НТЦСС в 2000 г. в рамках ФЦП «Сейсмотехника Республики Бурятия». Одновременно в рамках ФЦКП «Сейсмозащита» по заданию НТЦСС Ф.Ф. Алтикаевым была выполнена НИР [2] по инструментальной шкале. Эти разработки позволили не просто при-

нять EMS-98 в странах ЕАС/СНГ, как идентичный стандарт, а улучшить его, то есть создать модернизированный по отношению к EMS-98 стандарт макросейсмической шкалы – «ModEMS».

МС является модифицированным стандартом, разработанным на основе Европейской Макросейсмической Шкалы (EMS-98), с учетом шкалы MSK-64 и последующих ее модификаций, взамен ГОСТ 6249-52 «Шкала для определения силы землетрясения в пределах от 6 до 9 баллов».

**Основные положения.** Структура МС модифицирована по отношению к базовому региональному стандарту EMS-98, разработанному для использования в странах ЕС. При этом введены следующие модификации и улучшения:

1. В МС использованы определения, принятые в РФ, а также термины, гармонизированные с международной практикой и, в частности, с европейскими нормами. Все определения сопровождаются эквивалентными терминами на английском языке.

2. Типы зданий, как главных сенсоров, классифицируются только и строго по единому аспекту – их уязвимости [5,11], в которую при классификации включены, в отличие от EMS-98, все определяющие ее признаки (регулярность, этажность, симметричность, качество, физическое состояние и др.)

3. Эффекты, наблюдаемые в строительных сооружениях, описываются так же, как и в зданиях через их конструктивную уязвимость, которая является аспектом стандартизации.

4. Классификация повреждений зданий представлена в более общем виде, позволяющем лучше реализовать экспертный подход и расширить представительство сенсоров на перспективные для назначения интенсивности строительные сооружения.

5. Здания с каменными и монолитными ж/б стенами, как наиболее известные типы зданий-сенсоров, отнесены к 1-му рангу надежности. МС может быть расширен путем добавления наблюдаемой повреждаемости новых строительных сенсоров разного ранга надежности. Шкала уязвимости и процедура классификации избранных примеров уязвимости зданий приведены в приложении МС.

6. Количественные категории сенсоров и их эффектов дополнены альтернативной классификацией вероятностных (по частоте проявления) категорий.

7. Введен новый аспект – ранг надежности, касающийся всех сенсоров, а также их аспектов, определяющих интенсивность, что представляется очень существенным и важным. Соответственно, появилась возможность ввести раздел 8, касающийся оценки соответствия, и раздел 9, касающийся дальнейшего развития шкалы. Объекты и аспекты второго ранга должны во многом уточняться и дорабатываться, дополнительно дифференцироваться и классифицироваться, прежде чем они частично или полностью могут получить 1-й ранг надежности; эти сенсоры и их аспекты не могут быть изъяты из шкалы или даже переведены в 3-й ранг при развитии шкалы. Объекты и аспекты третьей категории надежности, по мере накопления базы данных и совершенствования шкалы, могут быть оставлены в ней как угодно долго в этом ранге, переведены в более высокий второй ранг или даже изъяты из шкалы.

8. Снижена крупномасштабность шкалы путем использования дополнительного количественного параметра («отдельные» – very few), применяемого пока в ранге «подопытные».

9. Существенно уменьшен учет эффектов человека при назначении интенсивности. Таким образом, мы уменьшаем роль человеческого фактора (уязвимости населения), увеличивая соответственно роль конструктивной уязвимости при анализе и назначении интенсивности землетрясений в средней/инженерной части шкалы.

10. Расширено число сенсоров – инженерных сооружений, в которое дополнительно включены дорожно-транспортные сооружения, также характеризуемые классом их конструктивной сейсмической уязвимости.

11. Шкала предполагает еще более явный, чем в EMS-98, экспертный подход при назначении интенсивности. При этом подразумеваются современные интеллектуальные технологии, то есть экспертные подходы [6], использующие математический аппарат теории неопределенных множеств и «размытых образов». При этом грунтовые условия [1,3,10] и демографические факторы не учитываются, так как именно таким образом можно оценить их влияние на степень повреждения.

12. МС даёт возможность оценивать влияние афтершоков на ущербобразование и оценку I (интенсивности).

13. Подтверждается и даже усиливается соблюдение принципа отдельной стандартизации и использования макросейсмической и инструментальной шкал [7,10]. Подчеркивается противоположность трендов развития макросейсмической шкалы, как все более глобальной, и инструментальной, как все более локальной. При этом МС предполагает одновременно оценивать и сопоставлять макросейсмическую и инструментальную интенсивности с тем, чтобы изучать и понимать причины расхождения их оценок, если такие несоответствия есть.

14. Расширена область применения шкалы и, в частности, в целях риск-анализа сейсмических бедствий [4,6,8].

#### **Ожидаемая эффективность применения МС.**

МС (ModEMS-10) «Макросейсмическая шкала» позволит:

- лучше обобщать и унифицировать единую процедуру инженерного обследования последствий землетрясений;

- более широко и надежно использовать в сейсмических нормах и практике сейсмостойкого строительства всемирную базу опыта и знаний, получаемую из результатов инженерного обследования сейсмических бедствий;

- создать унифицированную практическую методику сейсмического детального и микрорайонирования;

- улучшить проектирование сейсмобезопасных зданий и сооружений (прежде всего, массовой застройки);

- разработать и использовать территориальные каталоги конструктивной уязвимости зданий массового строительства [8] во всех странах ЕАС/СНГ;

- оценить/уточнить сейсмический риск на урбанизированных и производственных территориях, организовать его постоянный анализ, мониторинг и контроль в сейсмических районах стран ЕАС/СНГ в целях безопасного развития [8,9];

- организовать систему унифицированного ранжирования сейсмобезопасности в сейсмостойком строительстве, развитие стимулирования процесса снижения сейсмического риска (в том числе страхования).

*С января 2011 г., когда вступил в силу ФЗ № 384 «Технический регламент «Безопасность зданий и сооружений», нормируется безопасность эксплуатируемых строительных сооружений,*

в связи с чем объём использования шкалы интенсивности землетрясений значительно возрастает.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Ambraseys, N.* The correlation of seismic intensity with ground // 14<sup>th</sup> General Assembly Europ. Seismol. Commis. Trieste. 1974. p. 120-135
2. *Aptikaev, F.* Development of instrumental part of seismic intensity scale, Scientific Report, Fed. Prog. "Seismoprotection", Project # 4, Div. 7, Institute of Earth Interior Physics, Moscow, 2000
3. *Klyachko M.* Soil Conditions Effect on the Earthquake Vulnerability of the Civil Building // IDEEA-Two Conf. Growth & Environment Challenging Extreme Frontiers, Canada, 24-27 Oct.1993
4. *Klyachko M.* The development of GIS, EQ-DISC and DIMAK as the best tools for seismic risk analysis on the urban areas// 5<sup>th</sup> Int.Conf. on Seismic Zonation, Oct.17-19 1996, Nice, Quest Editions, v.1, p.158-165.
5. *Klyachko M.* Urban Disaster Vulnerability Assessment and Lessening is a Key for Save Development. Natural Disaster Reduction, Proc.of Conf. (Ed. By George W.Houner and Riley M.Chunf), ASCE, 1996, p.11-12.
6. *Klyachko M.* An Integrated Apparatus for Seismic Risk Control // 6<sup>th</sup> Int. Conf. on Seismic Zonation, Palm-Springs, 2000
7. *Клячко М.А.* О макройсеймической шкале интенсивности землетрясений//ж. «Сейсмостойкое строительство» № 5 2003, p. 31-33.
8. *Klyachko M.* Urban Disaster Scenarios Guidelines and Application for Risk Management // 13WCEE, Vancouver, 2004
9. *Klyachko M., and others.* Risk Mapping and Disaster Scenarios Development For Urban Seismo-Prone Areas of Russia // Proc. of 250th Anniversary of the 1755 Lisbon Earthquake, Lisbon, 2005
10. *Klyachko M.* Developing the Macroseismic scale of new generation // pros. Of 9<sup>th</sup> CCEE, Ottawa, 2007.
11. *Petrovski, J., Bahrainy, H.* Vulnerability Functions and Seismic Risk Analysis // SEE-1, Tehran, 1991

#### ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ РИСКА ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗОЛЯЦИИ ДОЛГОЖИВУЩИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

*Кочкин Б.Т.*

*Институт геологии рудных месторождений, петрографии,  
минералогии и геохимии Российской академии наук,  
Москва, Россия. тел. (499)2308425, факс (495)9511587,  
e-mail: btk@igem.ru.*

#### PROBLEMS OF RISK ASSESSMENT FOR GEOLOGICAL DISPOSAL OF LONG-LIVED RADIOACTIVE WASTES

*The article characterizes problems, associated with increasing uncertainties in evolution models of the waste disposal system in longer-term predictions. The problems arise in the development a safety case for geological repositories of long-lived radioactive wastes.*

Разработка основ технологии изоляции опасных видов радиоактивных отходов (РАО) в глубоких геологических хранилищах относится к концу 80-х гг. До сих пор остаются нерешенными некоторые важные проблемы, которые тормозят практическую реализацию этой технологии. Среди нерешенных проблем – обоснование долговременной безопасности глубоких геологических хранилищ.

Хранилища для окончательной изоляции высокорadioактивных отходов, отработавшего ядерного топлива (ВАО, ОЯТ) и других видов РАО, содержащих долгоживущие радионуклиды, проектируются как системы, которые состоят из инженерных барьеров (СИБ) и геологической среды, причем из-за естественной деградации инженерных барьеров уже через несколько тысяч лет начнется поступление загрязнителей в геологическую среду. Она призвана обеспечить изоляцию радионуклидов от биосферы на более длительный срок.

В российских нормативных документах [1], которые, в целом, следуют общепринятым на международном уровне рекомен-

дациям, закреплены общие критерии безопасности геологических хранилищ в виде определенных допустимых значений эффективной дозы и радиологического риска для критических групп населения.

Выполнение оценки безопасности хранилища должно осуществляться путем математического моделирования утечек радионуклидов в среду обитания и численного расчета доз и рисков. Прогнозируемые дозы и риски, можно использовать для сравнения с существующими нормами. Этический принцип ответственности перед будущими поколениями положен в основу требования выполнять прогнозные расчеты на период потенциальной опасности изолируемых радионуклидов.

Именно в последнем требовании кроется ловушка для практического использования доз и риска. Абсурдность подхода, при котором численный прогноз доз и рисков предписывается вести, пока отходы будут представлять опасность, показывают расчеты, из которых следует, что через  $5 \times 10^9$  лет, когда Солнце уже превратится в красного гиганта, ОЯТ все еще будут опаснее природных урановых руд [3].

Хотя радиотоксичность веществ, содержащихся в РАО, в целом снижается со временем благодаря естественному распаду, долгоживущие радионуклиды сохраняют свою опасность на многие миллионы лет в будущем. За такой период в хранилище и его окружении произойдут различные события и процессы. Возможность достоверного прогноза всех этих процессов и оценки их последствий падают по мере отдаления в будущее. Соответственно, со временем также растут неопределенности в оценке надежности хранилища и безопасности будущих поколений, что снижает доверие к самой технологии геологической изоляции ВАО и ОЯТ с позиций достижимости поставленных целей.

Предмет текущих дискуссий – период, на который должны распространяться общепринятые критерии безопасности, а именно доза и риск, и разработка адекватной стратегии обоснования безопасности на необходимый период изоляции долгоживущих РАО [3].

Радиологический риск, связанный с РАО, зависит от дозы радиоактивности, поглощенной отдельными индивидами, проживающими в окрестностях хранилища. Показатель эффективной

дозы тесно связан с привычками, обычаями и образом жизни населения. Очевидно, что привычки и образ жизни могут быть предсказаны только на очень короткий период времени. Уже по этой причине “...дозы и риски, как измерения вреда здоровью, не могут быть спрогнозированы с какой-либо определенностью на периоды более нескольких сотен лет в будущее,, [4].

Кроме упомянутого способа облучения индивидов, плохо предсказуемы процессы в биосфере, подверженные изменениям климата, экологии и антропогенной деятельности. Пределы надежной предсказуемости элементов системы изоляции представлены на рисунке.

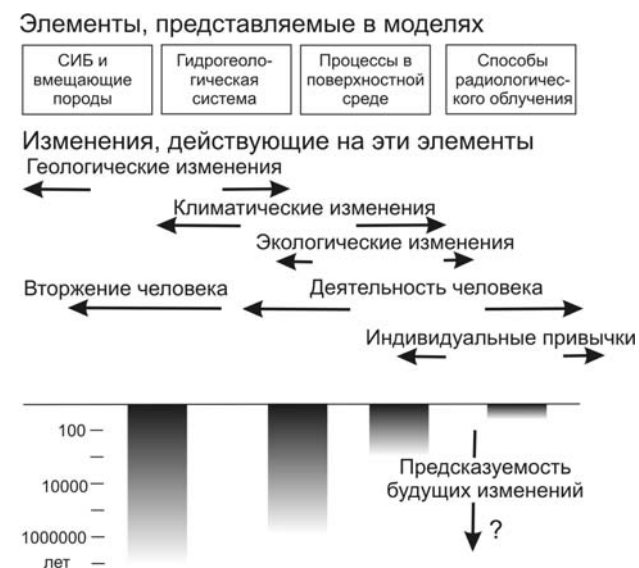


Рис. Схематическая иллюстрация пределов надежной предсказуемости системы геологической изоляции (по [5])

Таким образом, практическое использование дозы и риска в качестве критериев безопасности сталкивается с проблемой быстрого роста неустранимых неопределенностей при количественной оценке безопасности хранилищ долгоживущих РАО по мере увеличения периода прогноза.

Отсюда проистекает практический вопрос нормативного регулирования указанного периода. В рекомендациях международных организаций принят нижний предел обязательного использования дозы и риска для оценки безопасности – 10 000 лет. Главная дискуссия касается подходов к периоду после этого срока: продолжать вычислять те же индикаторы “на все времена,, т.е. без верхнего предела, или устанавливать верхний предел из-за того, что со временем падает радиотоксичность, растут неопределенности, затраты на вычисления и дальнейшие расчеты теряют здравый смысл.

Разумным основанием для верхнего ограничения периода количественных вычислений доз и рисков служит наличие неких важных внешних событий, разделяющих будущую эволюцию хранилища в долгосрочной перспективе на периоды, отличающиеся в чем-либо по существу.

Так в Швеции и Финляндии основанием для верхнего предела расчетов служит предстоящее похолодание климата, которое произойдет за пределами следующих нескольких тысяч лет и вызовет промерзание близповерхностных водоносных горизонтов и оледенение на поверхности [3]. При таком подходе период количественных расчетов доз и рисков может быть сокращен практически до нижнего предела. Этот подход актуален и для российского участка “Енисейский,, который расположен близко к возможному фронту предстоящего оледенения [2].

В целом, можно сказать, что ограниченный и сравнительно короткий период для расчета доз и рисков представляется более разумным с разных точек зрения.

Содержание дискуссий о сущности оценки безопасности на более отдаленные периоды касается введения других критериев, а также привлечение дополнительных аргументов к обоснованию долгосрочной надежности хранилища. При таком подходе в качестве объекта для оценки защищенности берется не представитель населения, а сама биосфера, как среда обитания всего живого, или граница геологической среды и биосферы. Предлагались следующие виды индикаторов [3]: концентрация радионуклидов в биосферной воде, поток радионуклидов на границе геосферы и биосферы и др. “не рисковые,, индикаторы. Они позволяют избежать трудности, с которыми сталкивается оценка безопасности в усло-

виях неограниченных неопределенностей. Их значение может расти или даже доминировать для наиболее отдаленных периодов.

Кроме риска и дозы, а также “не рисковых,, количественных индикаторов безопасности нормативные документы могут требовать дополнительные геологические аргументы для обоснования долгосрочной безопасности. Эти аргументы должны демонстрировать длительную стабильность района хранилища на период количественных расчетов доз, рисков или других индикаторов и даже после того, как будут исчерпаны разумные основания для любых количественных расчетов. Достоверный прогноз стабильности геологических условий возможен на периоды в миллионы лет, что намного дальше в будущее, чем прогноз биосферы и тем более образа жизни людей. Это делает геологический прогноз стабильности района важным дополнительным аргументом в обосновании безопасности геологических хранилищ.

Возможные решения в сложившейся ситуации: (1) совершенствовать действующие в РФ нормативные документы применительно к ВАО, ОЯТ и др. долгоживущим РАО, (2) оставить все как есть, а компромисс между оператором проекта захоронения и регулятором в отношении безопасности должен достигаться в рабочем порядке. В любом случае задача науки – показать реальные пределы достоверного прогнозирования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Захоронение радиоактивных отходов. Принципы, критерии и основные требования безопасности. НП-055-04. М.: Ростехнадзор, 2004. 21 с.
2. Лобанов Н.Ф., Бейгул В.П., Камнев Е.Н. и др. Федеральный объект окончательной подземной изоляции долгоживущих РАО на Горнохимическом комбинате // [www.atomic-energy.ru/articles/2011/06/15/23447](http://www.atomic-energy.ru/articles/2011/06/15/23447)
3. Considering Timescales in the Post-closure Safety of Geological Disposal of Radioactive Waste. NEA № 6424. Paris: OECD, 2009. 159p.
4. Radiation Protection Recommendations as Applied to the Disposal of Long Lived Solid Radioactive Waste // Ann. ICRP. Publication 81. Oxford and New York: Pergamon Press, 2000. 25p.
5. The Role of the Analysis of the Biosphere and Human Behaviour in Integrated Performance Assessments. OECD PAAG document NEA/RWM/PAAG(99)5. Paris: NEA, 1999. 12p. ([oecd-nea.org/rwm/docs/1999/rwm-paag1999-5.pdf](http://oecd-nea.org/rwm/docs/1999/rwm-paag1999-5.pdf))

**О МЕЖГОСУДАРСТВЕННОМ СТАНДАРТЕ  
«ЗДАНИЯ, СООРУЖЕНИЯ И ТЕРРИТОРИИ.  
ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ  
ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЦУНАМИ»**

**Максимов В.В. \*, Нуднер И.А. \*\*, Клячко М.А. \*\*\*, Фильков В.Ю. \*\***

*\*Санкт-Петербургский государственный университет,  
(812)2721800, e-mail: wmaximov@mail.ru;*

*\*\* 23 Государственный морской проектный институт филиал  
ОАО «31 Центральный проектный институт специального  
строительства», (812)273-2297, e-mail:Igor\_nudner@mail.ru;*

*\*\*\* ФГУП Научно-технический центр по сейсмостойкому  
строительству и инженерной защите от стихийных бедствий,  
Санкт-Петербург, т/ф. (812)710-07-85, e-mail: office@cendr.org*

**ON REGIONAL STANDARD “BULLDINDS,  
STRUCTURES AND AREAS. SAFETY REQUIREMENTS  
UNDER TSUNAMI IMPACT”**

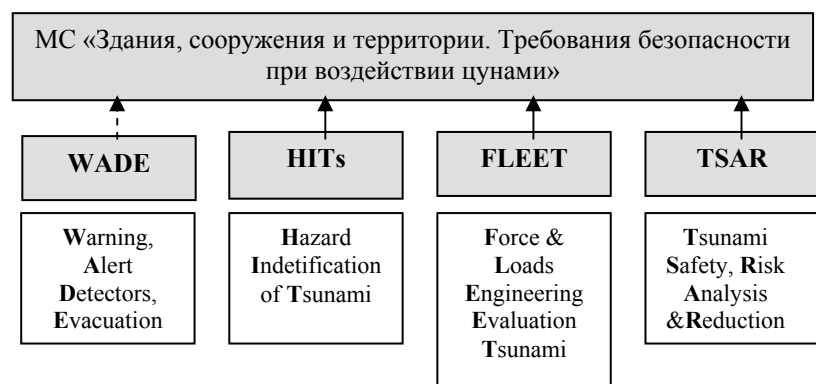
*A new conception of comprehensive tsunami safety and regional (interstate) standard, related to tsunami engineering are under consideration. Safety requirements concern to Pacific and Black sea coasts where a run-up exceeds 0.5 m. Requirements are related to, port & marine and to coastal structures. Rules for assigning the tsunami loads on structures of various shapes, permeability and streamlining are offered. For city planning formulae to assess the inundation area is applied. All of given formulae are based on a lot of hydraulic tests, on physical and mathematical simulation of long wave propagation and their interaction with water area, structures, and coastal line. These experiments basically were fulfilled by the end of 1980th. Permissible tsunami risk criteria are offered. Planning and engineering measures of buildings and areas protection against tsunami impact have elaborated and are given. Standard is accompanied by supplements among which examples of effective tsunami protection are shown.*

Проблема цунамибезопасности заинтересовала специалистов нашей страны в «инженерном» аспекте после катастрофического

цунами 1952 г. на Камчатке и о. Парамушир. Градостроительные способы цунамизащиты применялись под руководством Л.Н. Пу-термана при переносе Усть-Камчатска на высокую террасу в нача-ле 1960-х гг. Однако Постановление Совета Министров РСФСР №19 от 08.01.64 г. запретило строительное освоение цунамио-пасных побережий, чем нанесло большой вред, поскольку, именно морские побережья (особенно устья крупных рек) являются наи-более привлекательными для развития экономики и торговли. С другой стороны, формальное запрещение застраивать цунами-опасные районы (ЦОР) не позволяло создавать нормы для защиты прибрежных и береговых сооружений. И все же с начала 70-х гг. первые инженерные задачи взаимодействия различных преград с волнами типа цунами были поставлены и решались с использо-ванием натуральных и модельных экспериментов при активном участии И.С. Нуднера [7]. Попытки разработать полноценные СНиП для повышения безопасности плавучих прибрежных и береговых со-оружений при воздействии цунами, неоднократно инициировались с 1982 г. в Госстрое СССР М.А. Клячко. По поручению ГКЧС РСФСР от 28.10.91г. № 48-СШ Д.В. Ассоциация «Надежность и безопасность» подготовила среди прочих программу №3 «Цуна-ми», которая в 1993 г. стала частью программы «Защита при-морских территорий от опасных морских воздействий». В июне 2000 г. в Москве от имени НТЦСС на Международном семинаре по смягчению цунами был представлен новый концептуальный подход к управлению цунамириском для устойчивого развития. В 2000 г. в результате работы НТЦСС с руководителями ДФО появилось Поручение Правительства РФ от 26.08.2000 № ХВ 119–23942 Госстрою России разработать ФЦП по защите городов, на-селенных пунктов и производственных объектов от воздействия цунами. Однако программа «Сейсмозащита» не была включена в перечень ФЦП, финансируемых в 2002г., всё же новая концепция и парадигма цунамириска была доложена в сентябре 2002 г. на сессии ЮНЕСКО в Картахене (Колумбия), а в 2003 г. в Стамбуле на семинаре по передовым исследованиям цунами в Мраморном море. Вернуться к этому вопросу удалось только после катастро-фического цунами 27.12.04 г. в Индийском океане и соответст-вующих поручений Президента и Правительства РФ, но и после этого в РФ были профинансированы только проблемы приборного

обеспечения системы предупреждения цунами, а вопросы смягчения последствий воздействия цунами инженерными методами по-прежнему серьёзно не рассматривались, хотя анализ цунами риска выполнялся [3]. Только в 2010 г. благодаря решению Межправительственного Совета по сотрудничеству в строительной деятельности стран СНГ (29-е заседание в г. Минске) Комиссия по сейсмостойкому строительству и уменьшению природно-техногенных последствий вместе с НТЦСС приступила к разработке МС «Здания, сооружения и территории. Требования безопасности при воздействии цунами».

Этот стандарт является практической реализацией новой парадигмы цунами риска (см блок – схему ниже).



**Рис. Блок-схема комплексной программы цунамибезопасности**

Смысл и содержание этого подхода заключается в том, что стандартную программу цунамибезопасности необходимо дополнить 3-мя блоками: HITs – определение опасности цунами; FLEET – нагрузки и воздействия от цунами и инженерные расчеты; TSAR – анализ и уменьшение цунами риска для цунамибезопасности.

Под цунамибезопасностью понимается состояние прибрежных и береговых сооружений, а также занимаемых ими и примыкающих к ним ЦОР, при котором воздействие цунами не влечет за собой угрозу жизни и здоровью людей, не вызывает вторичных

техногенных бедствий, не нарушает функционирования объектов специального жизнеобеспечения, а риск экономических потерь не превышает допустимого для этого ЦОР значения.

В межгосударственном стандарте (МС) реализованы инженерные блоки FLEET и TSAR. Блок HITs представлен Приложением А к МС, где на основании [2,1,4,5,6] приведены параметры расчетных вертикальных заплесков цунами с повторяемостью 1 раз в 100 лет, привязанных к акваториям и населенным пунктам на тихоокеанском и черноморском побережьях. Для побережий с резким изменением батиметрии и негладким очертанием береговой линии, а также для ответственных сооружений расчетные параметры цунами должны назначаться на основании результатов математического и физического моделирования.

Блок WADE затронут только в части разработки инженерных сооружений для вертикальной эвакуации людей.

В блоке FLEET для оценки воздействия цунами на сооружения и территории предусматривается также разработка сценариев бедствия, с рассмотрением различных расчётных ситуаций. Для каждой расчётной ситуации оценивается возможность наступления предельных состояний и производится оценка уровня риска (блок TSAR). Если уровень риска превышает допустимое значение, принимается решение о превентивных инженерных и планировочных мероприятиях по защите зданий, сооружений и территорий от цунами.

В МС разработаны критерии безопасности, условия и требования, предъявляемые к портовым (причальным, оградительным и судоподъемным) сооружениям и к береговым объектам промышленного и гражданского назначения. Разработаны правила назначения нагрузок от обрушенных и необрушенных волн цунами на сооружения различной формы, обтекаемости и проницаемости. Даны правила и требования для расчета прибрежных и береговых сооружений на воздействие цунами. Перечислены основные инженерные и планировочные методы защиты зданий, сооружений и территорий от цунами.

Все ГТС в ЦОР делятся по ответственности на четыре класса и сертифицируются по четырем уровням цунамибезопасности [8].



Пригодность сооружения к эксплуатации оценивается по наступлению предельного состояния (эксплуатация недопустима, затруднена, ограничена или нецелесообразна).

При расчётах морских ГТС на воздействие цунами необходимо рассматривать ситуацию, обусловленную понижением расчётного уровня моря, а также процессами суффозии и оттока воды.

В случае невозможности обеспечения конструктивной прочности и устойчивости здания при проектном цунами, его эксплуатация не допускается. Даны рекомендации по использованию нижних этажей, находящихся в ЦОР гражданских зданий, требования к системам жизнеобеспечения, к транспортным сооружениям (прежде всего к цунамистойкости опор и высоте пролётных строений мостов). Много внимания уделяется планировке ЦОР, начиная с их зонирования по степени цунамиопасности, вторичной опасности, уязвимости, защищенности, а заканчивая различными способами землепользования страховыми и иными методами стимулирования безопасности. Все цунамизащитные мероприятия, включая способствование быстрой эвакуации населения, реализуются через проект территориального планирования

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Dotsenko S.F., Ingerov A.V. Spectra of the Black-sea tsunamis // Physical Oceanography. 17:5, 2007. С. 269 – 277.
2. Go Ch.N., Kaistrenko V.M., Pelinovsky E.H., Simonov K.V. A quantitative estimation of tsunami hazard and the tsunami zoning scheme of the Pacific coast of the USSR // Pacific Annual. 1988. Vladivostok. С.7-15.
3. Klychko M., Larionov V., Sutshev. Risk mapping and disaster scenarios development for urban seismo-prone areas of Russia // International Conference 250-th anniversary of the 1755 Lisbon earthquake (1-4 of Nov. 2005, Lisbon Portugal), p. 188-193
4. Pelinovsky E. Preliminary estimates of tsunami danger for the northern part of the Black Sea // Phys. Chem. Earth. 1999. A24.
5. Rangelov, B., Spassov, E., and Dotsev, N. A model of tsunami generation from Bulgarian earthquake sources in the Black Sea Area and prediction of their possible effects // Bulgarian Geophys. J. 1983.
6. Yalciner A., Pelinovsky E., Talipova T., Kurkin A., Kozelkov A., Zaitsev A. Tsunamis in the Black Sea: comparison of the historical,

instrumental and numerical data // J. Geophys. Research. 2004. 109: C12, C12023 10.1029/2003JC002113.

7. Худнер И.С., Максимов В.В. Воздействие волн цунами на морские гидротехнические сооружения // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2008. № 2. С.45-56.

8. РД 33.05.01-2003. Инструкция по проектированию морских, причальных и берегоукрепительных сооружений.

### РИСК И БЕЗОПАСНОСТЬ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

*Потапов А.Д., Дьяконов П.Ю.*

*ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет», 129337 Москва, Ярославское шоссе, д. 26 МГСУ,  
каф. Инженерной геологии и геоэкологии,  
тел./факс. +7499 1881587, e-mail: geolog305@yandex.ru*

### THE RISK AND SAFETY OF EARTHEN DAMS UNDER SEISMIC IMPACTS

*Only safety of dams during earthquakes is governed by regulating documents. The comparison with an acceptable risk is necessary for risks regulation.*

Статистика повреждений и аварий на грунтовых плотинах, в том числе возведенных и эксплуатируемых с использованием самых современных методов, свидетельствует о практической невозможности достижения абсолютной безопасности.

В соответствии с [2] «оценку эксплуатационного состояния сооружения и его безопасности следует осуществлять путем сравнения измеренных (или вычисленных на основе измерений) количественных и качественных диагностических показателей с их критериальными значениями К1 и К2» (п.2.5). А «количественные критериальные значения К1 и К2 диагностических показателей следует устанавливать на основе оценок реакции сооружения при основном и особом сочетании нагрузок» (п. 2.7), и «преимущест-

венно в детерминистической форме ... с использованием системы коэффициентов надежности» действующих нормативных документов (п.2.8).

В этих документах для грунтовых плотин при действии сейсмической нагрузки можно условно выделить три направления:

1. определение интенсивности сейсмического воздействия;
2. определение расчетной сейсмической нагрузки;
3. расчеты на основные и особые сочетания нагрузок с учетом сейсмических воздействий, прилагаемых статически.

По первому направлению целесообразно определиться с сейсмичностью (в баллах) рассматриваемого района и ускорениями поверхности, соответствующими принятой балльности для нормативных документов разных лет.

Как видно из табл.1 интенсивность сейсмического воздействия в баллах для всех населенных пунктов по СНиП II-7-81\* возросла по сравнению со СНиП-А.12-69\* и ПСП-101-51.

Таблица 1

Расчетная сейсмическая интенсивность для населенных пунктов РФ

Название населенного пункта	Сейсмичность в баллах				
	ПСП-101-51	СНиП-А.12-69*	СНиП II-7-81* Карты ОСР-97		
			А	В	С
Бийск	6	6	7	8	9
Сочи	6	7	8	9	9
Абакан	6	6	7	7	8
Ессентуки	7	7	8	8	9
Пятигорск	7	7	8	8	9
Черкесск	7	7	8	8	9
Магадан	7	7	8	8	9
Петропав.-Камчат.	8	9	9	10	10
мыс Лопатка	9	9	10	10	10
Иркутск	8	8	8	9	9
Оха	6	7	9	10	10
Южно-Сахалинск	7	7	8	8	9
Курильские о-ва	9	9	9-10	10	10

Ускорения грунта, соответствующие одинаковой балльности землетрясения в нормативных документах разных лет, значительно отличаются между собой. Так приведенные в табл. 2 шкалы – двенадцатибалльные, однако значения ускорений поверхности земли, определяемые по разным методикам, имели тенденцию, как к увеличению, так и к уменьшению. При этом заложенные в последней редакции СНиП ускорения возросли.

Кроме того в ПСП-101-51 и СНиП-А.12-69\* для вычисления расчетной величины сейсмических сил инерции (значения сейсмической нагрузки) рекомендован коэффициент сейсмичности  $K_c$ , величина которого равна 1/40, 1/20 и 1/10 (0,025, 0,05 и 0,1) соответственно для сейсмичности 7, 8 и 9 баллов. Это соответствует коэффициенту сейсмичности статической теории Омори и Сано, где  $K_c$  доля от ускорения свободного падения. (В скобках приведены точные наименования и численные значения  $K_c$  для СНиП-А.12-69\*). В СНиП II-7-81\*  $K_c$  подразделен на ряд коэффициентов, и этим он лишен физического смысла.

Таблица 2

Характеристики колебаний грунта при землетрясениях различной силы

Тип шкалы сейсмической интенсивности	Зависимость ускорений грунта $A_0$ , см/с <sup>2</sup> от интенсивности сейсмического воздействия $J_s$ , баллы				
	5	6	7	8	9
ОСТ ВКС 4537	–	5-10	10-25	25-50	50-100
ГОСТ 6245-52	–	35-70	70-140	140-280	280-560
MSK-64	12-25	25-50	50-140	100-200	200-400
ПСП-101-51			25	50	100
СНиП-А.12-69*			25	50	100
СНИП-II-7-81*	25	50	100	200	400

Методики определения расчетной сейсмической нагрузки в каждом из нормативных документов свои. Так, например, методика ПСП-101-51 ближе к теории Омори-Сано, согласно которой:

$$S = K_c Q, \quad (1)$$

сейсмические ускорения во всех точках сооружения равны ускорению грунта. А динамические характеристики сооружения учитываются введением соответствующего коэффициента  $\alpha$ .

Методика расчета по СНиП-А.12-69\* близка к методике, предложенной проф. Н.Мононобэ в 1920г. в соответствии с которой:

$$S = K_c \beta Q, \quad (2)$$

где:  $S$  – расчетная сейсмическая нагрузка;  $K_c$  – сейсмический коэффициент;  $\beta$  – коэффициент динамичности, принятый для системы с одной степенью свободы при колебаниях грунта по гармоническому синусоидальному закону без затухания;  $Q$  – силовая нагрузка, вызывающая инерционные силы.

Максимальная величина  $\beta$  в СНиП, назначена исходя из среднего значения затухания 0,1, откуда получены максимальные значения  $\beta$ , равные примерно шести. При этом считалось, что сейсмический толчок вызывает однотонные колебания поверхности земли. Поскольку сейсмические колебания неоднотонны, сооружение может находиться в резонансе только с одной составляющей многотонного колебательного процесса, и максимально возможный динамический эффект принимается с поправочным коэффициентом 0,5.

Коэффициент  $\beta$  определялся в предположении, вязкого сопротивления колеблющейся системы. Тогда, с учетом фактических затуханий, для железобетонных и бетонных сооружений, работающих без раскрытия швов, максимальное значение  $\beta$  соответствует 3, для деформирующихся с частичным раскрытием швов 2,5, а для земляных и каменно-набросных сооружений 2.

Как показано в [3], для грунтовых плотин при сейсмическом воздействии наблюдается простое гармоническое движение, как в случае вязкого сопротивления, но при действии постоянной силы трения  $F$ . Для такой системы максимальная величина коэффициента динамичности не может превышать 1,5.

Устойчивость откоса плотины определяют по возможным поверхностям сдвига, с нахождением наиболее опасной призмы обрушения. При поиске опасной поверхности сдвига призмы обрушения, в качестве критерия устойчивости, используется коэффициент устойчивости  $k_s$ , который включает ряд коэффициентов,

зависящих от класса сооружения, сочетания нагрузок, метода расчета. Максимальное значение этого коэффициента может быть 1,25 [4].

Для оснований плотин допускается в некоторых областях (размеры которых не ограничиваются) предельное напряженное состояние с коэффициентом 1. Некоторые исследователи считают, что при наших представлениях о природных основаниях, коэффициент запаса должен быть больше [1].

Таким образом, в СНиП, с помощью коэффициентов запаса, регулируются не риски, а степень безопасности сооружения. Как видно из табл. 3 для управления риском необходимо определиться с мероприятиями поименованными в п/п 3, 4, 5 и 6. Это представляется непростым и очень ответственным делом.

Таблица 3

Блок – схема «Управление рисками» по R. Fell и E. Leroi.

1	Управление риском	Оценка риска	Анализ риска	Характеристика явления
2				Повторяемость явления
3		Сценарий развития процесса		
4		Определение вероятности и величины ущерба		
5		Расчет риска		
6		Определение критерия приемлемого риска		
		Сопоставление величины риска со значением приемлемого риска		
7		Защитные мероприятия		
	Защитные мероприятия и управленческие решения			
	Реализация защитных мероприятий			
8	Мониторинг, контроль, обратная связь			

Вероятность возможной ошибки здесь слишком велика. Экономическая эффективность допущения повреждения плотины может быть «копеечной», последствия же аварии катастрофическими. Пример – разрушение плотины Титон в США. Где только

прямые убытки от аварии в десятки раз превысили стоимость объекта.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мгалобелов Ю.Б. Об оценке безопасности ГТС. Безопасность энергетических сооружений. «Глобус». М., 1998, Вып. 2-3. с. 25-32.
2. «Методика определения критериев безопасности гидротехнических сооружений» РД 153-34.2-21.342-00, М., 2000.
3. Потапов А.Д., Дьяконов П.Ю. К вопросу о нормативной величине коэффициента динамичности в оценках уязвимости грунтовых плотин при землетрясениях. Всероссийский научно-аналитический журнал «ГеоРиск», №3 2011. 6с.
4. СНиП 2.06.05-84 Плотины из грунтовых материалов. М.: Госстрой СССР. 1985.

## ОСОБЕННОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ РИСКА РАЗВИТИЯ ОПАСНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ИЗЫСКАНИЯХ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

*Стрижельчик Г.Г.*

*Государственное предприятие «Украинский государственный головной научно-исследовательский и производственный институт инженерно-технических и экологических изысканий», ГП «УкрНИИНТИЗ», Украина, Харьков, тел. 38 (057) 7026234, факс: 38 (057) 7026241, e-mail: niintiz@kharkov.ukrtel.net*

## FEATURES OF PROGNOSTICATION AND ESTIMATION OF RISK OF DEVELOPMENT OF DANGEROUS PROCESSES AT PRECONSTRUCTION SURVEY

*During the work new approaches for prognostication forecasting and a risk assessment are offered at engineering and geological researches for building. Examples of such prognoses and estimations are given. It is assumed that new approach will assist not only the increase of building reliability but also the self-organization of the system " Person – geological environment".*

Несмотря на огромное количество научно-методических разработок, в области прогнозирования и оценок риска возникновения, и развития опасных инженерно-геологических процессов, эти проблемы остаются актуальными для практики изысканий. Причиной этому является как провал традиционных методов количественного прогнозирования в условиях высокой неопределенности, так и недостаточное изложение требований в нормативно-методической литературе.

В связи с этим, предлагается взять за основу, что инженерно-геологические прогнозы характеризуются двумя группами признаков, это достоверность и точность. Достоверность оценивается вероятностью события и полнотой прогнозируемых событий, а точность – временем и параметрами. Опыт показывает, что большая часть инженерно-геологических прогнозов может иметь вполне приемлемую для практики оценку по достоверности и совершенно неприемлемую по точности. Более того, бесперспективными являются попытки обеспечить требуемую (нормами) точность при объективно большом количестве значимых переменных.

Учитывая эту реальность, в украинских нормах сделана попытка перехода на известное в прогностике «поисковое» и нормативное прогнозирование, в сочетании с методикой оценки риска выхода системы из допустимого состояния.

Особенности предлагаемой трехступенчатой системы заключаются в следующем. В поисковом прогнозе определяется (известными методами) возможное состояние системы в будущем, при сохранении имеющихся тенденций или новых планируемых воздействиях. Причем, планируемые воздействия могут приниматься даже на основе численного моделирования в рамках инженерной логики.

На основе поискового прогноза, выполняется элементарная оценка возможности выхода системы из нормативно допустимого состояния, известная из теории живучести сложных систем.

В методическом отношении мы придерживаемся классических определений понятий «оценка» и «риск», т.е. под «оценкой риска» мы подразумеваем способ установления опасности для строительства и жизнедеятельности населения (а не величины экономического ущерба). Иными словами – риск определяется в зависимости от величины угрозы и необходимости принятия мер.

**Примеры применения системы прогнозирования и оценки риска при инженерно-геологических изысканиях для конкретного строительства**

Процессы	Параметры			Оценка риска	Решение по устранению риска (нормативный прогноз)
	установленные при изысканиях	прогнозные (поисковый прогноз)	допустимые (нормативные)		
1	2	3	4	5	6
Оползни	$K_{уст} > 1,25$ (коэффициент устойчивости)	$K_{уст} > 1,25$	$K_{уст} \geq 1,25$	<b>риск слабый</b>	<b>Мероприятия не требуются</b>
	$K_{уст} = 1,10$	$K_{уст} < 1,00$	$K_{уст} \geq 1,25$	риск существенный	
	$K_{уст} < 0,80$	$K_{уст} < 1,00$	$K_{уст} \geq 1,25$	экстремальная ситуация	Мероприятия по эвакуации населения и восстановление нормативной устойчивости склона

Процессы	Параметры			Оценка риска	Решение по устранению риска (нормативный прогноз)
	установленные при изысканиях	прогнозные (поисковый прогноз)	допустимые (нормативные)		
1	2	3	4	5	6
Обвалы	Крутизна склона $< 60^0$	$< 45^0$	$< 60^0$	<b>риск слабый</b>	<b>Мероприятия не требуются</b>
	$> 60^0$ , имеются следы обвалов	$> 60^0$	$< 60^0$	риск существенный	
	$> 60^0$ , обвалы частые (частота 1 раз на 3-4 года)	$> 60^0$ , обвалы частые	$< 60^0$	экстремальная ситуация	
Подтопление	УГВ глубже 5,0 м	УГВ $> 5,0$ м	УГВ $> 2,0$ м	<b>риск слабый</b>	<b>Мероприятия не требуются</b>
	УГВ глубже 5,0 м	УГВ $\leq 1,5$ м	УГВ $\geq 2,0$ м	риск существенный	
	УГВ на глубине меньше чем 1,0 м	УГВ 0,0 м	УГВ $\geq 2,0$ м	экстремальная ситуация	

1	2	3	4	5	6
Сейсмические воздействия	Сейсмичность < 6 баллов	≤ 6 баллов	6 баллов	<i>риск слабый</i>	<i>Мероприятия не требуются</i>
	7 баллов	8 баллов	< 6 баллов		
	> 9 баллов	9-10 баллов	< 6 баллов	экстремальная ситуация	Инженерная подготовка территории (дренирование). Обустройство грунтовых подушек из крупнообломочных (щебенистых) пород. Конструктивные мероприятия Отселение людей или разработка специальных мероприятий по защите
Примечание. Баллы приведены с учетом заданной вероятности					
Прочность грунтов	Реальные нагрузки ниже начального просадочного давления. Замачивание отсутствует	Замачивание возможно. Оседание не прогнозируется	Допускается в пределах нормы	<i>риск слабый</i>	<i>Мероприятия не требуются</i>

1	2	3	4	5	6
	II тип грунтовых условий по прочности (просадка от собственного веса > 5 см)	Общая осадка 15 см, неравномерная осадка – 12 см	Общая осадка 15 см, неравномерная осадка – 4,0 см	риск существенный	Исключение замачивания. Уплотнение тяжёлыми трамбовками, прорезка просадочных грунтов фундаментами, со специальными конструктивными мероприятиями
	Имеются просадочные деформации домов и сооружений	Осадки выше допустимых	Допускается в пределах нормы	экстремальная ситуация	Ремонтно-восстановительные работы, усиление оснований и конструкций

*Примечание.* Практически все случаи, которые приведены в таблице имеют реальную основу, однако, материалы, которые внесены в таблицу имеют методический характер, в связи с тем, что допустимые параметры воздействия на разные объекты приведены в соответствующих нормативных документах [2-6].

Оценка риска, естественно, носит качественный характер, т.к. в действительности все попытки количественных прогнозов и оценок делаются, как правило, для качественных выводов. Это также отражено в приводимых ниже примерах.

На основе полученных оценок риска должны разрабатываться нормативные прогнозы, в которых отображаются пути достижения (сохранения) требуемых состояний. Эти прогнозы могут носить однозначный и многовариантный характер (исходя из наличия двух стратегий – «предотвратить» или «защититься»). Хотя в нашем понимании нормативный прогноз должен обеспечивать такие цели экологического уровня, как саморегулирование и гармонизация взаимодействия человека с окружающей средой.

На наш взгляд такой подход соответствует представлениям о развитии сложных систем и выводит теоретические и методические положения инженерной геологии на современный синергетический уровень.

### О ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЙ ОЦЕНКЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ И АКТУАЛИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ НОРМ В РОССИИ

*Уломов В.И.*

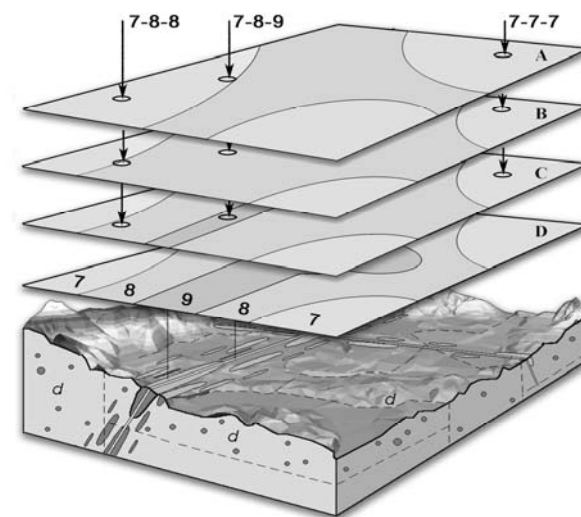
*Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН, Москва, тел. 8(916)4331972, e-mail: ulomov@ifz.ru*

### ON THE DIFFERENTIATED SEISMIC HAZARD ASSESSMENT AND UPDATING BUILDING CODES IN RUSSIA

*The article deals with updating the general seismic zoning maps of the Russian territory. Recommendations on updating the building codes are made.*

Появление в 2000 г. в составе СНиП II-7-81\* «Строительство в сейсмических районах» трёх вероятностных нормативных карт сейсмического районирования территории страны – ОСР-97 (А, В

и С) [1] вместо привычной и традиционно одной карты неожиданно осложнило «воззрения» некоторых проектировщиков и строителей на адекватность обеспечения сейсмостойкости зданий и сооружений. В частности, обнаружилось, что одни и те же населенные пункты нередко имели как бы одну и ту же балльность на двух, а иногда и на всех картах комплекта ОСР-97, предназначенных для строительных объектов разных категорий ответственности и сроков службы. При этом неправомерно пренебрегалось различием в оценках вероятности возникновения в этих пунктах сейсмических воздействий по каждой из карт.



**Рис. 1. Пример различных сочетаний расчетной сейсмической интенсивности  $I$  (баллы) в условных пунктах на картах А, В и С**

Вместе с тем, одну из причин таких «совпадений» иллюстрирует рис. 1. Здесь над объемной моделью источников землетрясений приведены условные карты ОСР-97 (А, В, С и D), рассчитанные на разные периоды  $T$  (500, 1000, 5000 и 10000 лет) повторяемости сейсмических воздействий и, соответственно, характеризующиеся разной вероятностью  $P\%$  (10, 5, 1 и 0.5%) возникновения и возможного превышения расчетных сейсмических воздействий.

вий в течение 50-летних интервалов времени. В данном примере указаны сочетания сейсмического эффекта 7-8-8, 7-8-9 и 7-7-7 баллов для одних и тех же условных населенных пунктов на картах А, В и С. Как видно на рис. 1, к подобным «совпадениям» балльности приводят достаточно большие площади сейсмических зон на каждой из карт, обусловленные использованием целочисленных значений баллов сейсмической интенсивности и слишком крупным шагом в градации сейсмических воздействий.

Следует подчеркнуть, что каких-либо «совпадений» в прежней практике сейсмического районирования не происходило и не могло происходить, поскольку традиционно, начиная с 1937 г., всегда создавалась и использовалась на практике лишь одна карта ОСР, а для учета степени ответственности проектируемых строительных объектов авторами СНиП в расчеты на сейсмостойкость вводились соответствующие, так называемые, «коэффициенты сейсмичности». В результате же смены парадигмы в 1991-1997 гг. и появления вместо одной детерминистской карты целого набора современных вероятностных карт ОСР-97, которые уже сами указывали на различную степень сейсмической опасности и предназначались для объектов разных категорий ответственности и сроков службы, необходимость применения каких-либо коэффициентов отпала. Однако, с целью избежать якобы одинаковых оценок сейсмической опасности для одних и тех же пунктов, в актуализированной версии СНиП и в Своде правил (СП), появилась таблица, в которой приведены 12 различных «сейсмических коэффициентов», приписанных разным сочетаниям карт А, В и С, на которых так или иначе совпадают оценки балльности [2]. Эта таблица, как и ряд других положений в СП, подверглись критике со стороны сейсмологов и строителей.

В 2010-2011 гг., с целью избежать обнаруженных и других негативных ситуаций, нами была осуществлена актуализация базы исходных данных и карт ОСР-97, в результате которой создан расширенный комплект карт ОСР-97\* [3]. В частности, было показано, что в случае представления сейсмической интенсивности не в целочисленных единицах, а с шагом 0.5 балла, указанных выше «совпадений» будет меньше, а при построении карт в десятых долях балла они вообще могут исчезнуть.

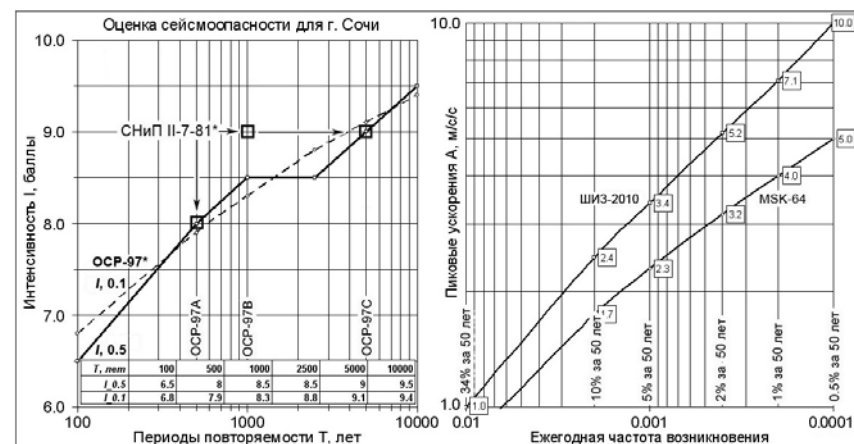


Рис. 2. Оценка сейсмической опасности для города Сочи

На рис. 2, в качестве примера, приведены оценки сейсмической опасности для города Сочи, выраженные в целочисленных и дробных баллах сейсмической интенсивности, а также в пиковых ускорениях по каждой двух шкал – нормативной MSK-64 и новой шкалы интенсивности землетрясений – ШИЗ-2010. На графике слева приведена таблица расчётов интенсивности с шагом 0.5 и 0.1 балла для всех шести рассматриваемых периодов  $T$  повторяемости сейсмических воздействий – 100, 500, 1000, 2500, 5000 и 10000 лет, а значками в форме квадратов указаны данные о балльности по картам А, В и С, согласно СНиП II-7-81\* и СП. В индексации, приведённой на этом графике, они соответствуют сочетанию 8-9-9 и отражают «совпадение» балльности на картах В и С. По карте же ОСР-97\*, градуированной с шагом 0.5 баллов (жирная линия), таких совпадений для карт ОСР-97 не наблюдается, т.к. им теперь свойственны сочетания 8-8.5-9. Вместе с тем, и здесь не удалось избежать «совпадений», поскольку дважды встречаются значения балльности  $I=8.5$ . На кривой же сейсмической опасности, построенной с шагом 0.1 балла (пунктирная линия), нет ни одного совпадения значений сейсмической интенсивности ни на одной из шести карт актуализированного комплекта ОСР-97\*.



С целью более детального картирования сейсмических воздействий на картах ОСР-97\* все расчеты выполнены по более густой равнобедренной треугольной сетке со стороной 15 км, по сравнению с квадратной решёткой с размером ячеек 25x25 квадратных километров, использованной при ОСР-97 и менее корректной по отношению к сферической земной поверхности.

Многие из этих и других нововведений ОСР-97\* уже сегодня могут найти применение в строительной практике:

– расширенный комплект карт ОСР-97\*, дополнительно учитывающий периоды 100 и 2500 лет повторяемости сейсмических воздействий, соответствующие вероятностям 34% и 2% возможного их превышения в течение 50 лет и отвечающие рекомендациям нового градостроительного кодекса России и международных стандартов;

– широкий набор электронных карт с дифференцированными оценками сейсмической интенсивности, представленной расчетными значениями с шагом 0.5 и 0.1 балла для всех шести рассматриваемых периодов повторяемости сейсмических воздействий – 100, 500, 1000, 2500, 5000 и 10000 лет;

– карты сейсмических воздействий, представленные в пиковых ускорениях для всех шести принятых периодов повторяемости и в соответствии с соотношениями баллов и ускорений в шкалах MSK-64 и ШИЗ-2010;

– новый перечень городов и населенных пунктов Российской Федерации, расположенных в сейсмоопасных районах, представленный с точностью до 0.5 балла и предназначенный для замены устаревшего во многих отношениях списка в СНиП и в проекте СП «Строительство в сейсмических районах».

Наиболее полная информация о новых результатах сейсмологических исследований опубликована в журнале «Вопросы инженерной сейсмологии» в статье автора [3] и выставлена в Интернете на портале Единой информационной системы (ЕИС) «Сейсмобезопасность России»: <http://seismorus.ru/>

По единогласному мнению многих сейсмологов, инженеров и строителей, оценки сейсмического эффекта с точностью до 0.5 балла вполне отвечают точности реальных определений, а карты ОСР-97\* в такой градации необходимо признать нормативными и

внедрить в инженерную практику, что будет иметь не только научное, но и большое социальное и экономическое значение.

Карты ОСР-97\* с шагом 0.1 балла можно использовать в качестве справочных для уточнения воздействий при сейсмическом микрорайонировании (СМР), когда с такой же точностью оценивается сейсмическая интенсивность, ожидаемая в конкретных грунтовых условиях. Карты, представленные в пиковых ускорениях, предназначены для адаптации в сейсмостойком строительстве и выработки формата их отображения на картах следующего поколения – ОСР-2012 [3].

Новый список населенных пунктов с указанием ожидаемой в них максимальной сейсмической интенсивности с точностью до 0.5 балла опубликован на упомянутом выше портале ЕИС.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Уломов В.И., Шумилина Л.С. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97. Масштаб 1:8000000. Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах. М.: ОИФЗ РАН. 1999. 57 с.

2. Айзенберг Я.М. Нормативная база сейсмостойкого строительства. К вопросу актуализации СНиП II-7-81\* «Строительство в сейсмических районах. Нормы проектирования» // Строительный эксперт. № 19-20 311. 2010. С. 19-21.

3. Уломов В.И. Актуализация нормативного сейсмического районирования в составе Единой информационной системы "Сейсмобезопасность России" // Вопросы инженерной сейсмологии. 2012. Т. 39, № 1. С. 5 – 38.

**ИНФОРМАЦИОННАЯ ОСНОВА ОЦЕНКИ  
И РЕГУЛИРОВАНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА  
В РАЙОНЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ В СВЯЗИ  
С ДИНАМИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ**

*Шумакова Е.М.*

*Институт водных проблем РАН, Москва, тел. (985)1943728,  
факс (499)1355456, e-mail: [spectr56@list.ru](mailto:spectr56@list.ru)*

**INFORMATION BASIS OF THE ASSESSMENT  
AND REGULATION OF GEOECOLOGICAL RISK  
AROUND THE LARGE HYDRAULIC ENGINEERING  
CONSTRUCTION IN CONNECTION  
WITH THE DYNAMIC INFLUENCE**

*The results of seismic monitoring in the region of Zhigulevsk hydroelectric power station allow to say about its dynamic influence upon territory and necessity of consideration of this phenomenon – near hydronot constructions. However, the modeling of situation, the estimation of risks, the forecasting is the difficult task, so many of monitoring results don't correspond to generally accepted theoretic statements.*

Проблема динамического воздействия гидросооружений на окружающие территории нова. Пожалуй, она наиболее изучена на примере Жигулевской ГЭС, где в 2000-2010 гг. показаны основные черты возникающих динамических эффектов, их количественные характеристики, выявлены причинно-следственные связи, показаны отрицательные последствия динамического воздействия на приплотинные территории и др. [1-7].

Различные схожие эффекты проявляются и на других крупных гидросооружениях – Рыбинской и Волжской ГЭС, Загорской ГАЭС, с большой степенью вероятности на других объектах России и зарубежья.

По экспертным оценкам, результаты проведенных в районе Жи-гулевской ГЭС исследований достаточны для начала разработки новых регламентов эксплуатации приплотинных территорий. В связи с этим ИВП РАН выступил в 2012 г. с обращением во

ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева (С.-Пб.) о необходимости учета гидродинамических эффектов в прогнозе береговых переформирований, о необходимости разработки соответствующих рекомендаций.

Практическое использование результатов научных работ сталкивается с определенными трудностями, в том числе, и методическими, так как факты во многом не стыкуются с общепринятыми теоретическими положениями.

С учетом динамических (волновых) эффектов в водной среде ситуация, с одной стороны, понятна, так как имеется опыт учета длинноволновых возмущений для окраинных зон морей и океанов. С другой стороны, количественные характеристики возникающих волн во многом определяются морфометрическими характеристиками конкретного водного объекта (в данном случае, приплотинных участков), то есть будут иметь региональные особенности. Также пока не ясна роль динамических эффектов в водной среде в возникновении динамических эффектов в грунтах. Скорее всего, следует говорить о единой (хотя и неоднородной) геофизической среде, в которой распространяются волновые возмущения, параметры которых определяются, в том числе, и свойствами водной среды [2, 4, 5].

Еще сложнее дело обстоит с учетом динамических эффектов в слагающих берега грунтах, проявляющихся в виде вибраций их приповерхностных слоев. Установлено, что интенсивность вибраций линейно зависит от объемов попусков водосливной плотины в период пропуска половодья, попусков через гидроагрегаты вне половодья, что позволяет прогнозировать интенсивность динамического воздействия по этому фактору [3, 7].

С другой стороны, происходящий рост интенсивности вибраций при равных объемах попусков – скачкообразный в 2003 г. (в ~ 3 раза), и постепенный в другие годы с 1999 г., приводит к неустойчивости количественного соотношения, которое потребуется применять в прогнозах и расчетах. Оно носит общий характер, так как характерно как для периода половодья, так и для периода межени. По экспертным оценкам, рост связан с изменением условий распространения упругих волн в результате масштабных изменений геологической среды в зоне Жигулевского разлома, имеющего признаки современной активности. Характер изменения зависимо-

сти не оставляет вероятности возврата к первоначальному состоянию, что важно при прогнозе интенсивности динамического воздействия [3, 5].

На характер зависимости накладывают свой отпечаток особенности реакции плотины на попуски – на спаде половодья вибрации плотины и грунтов окружающей территории более интенсивны, чем в начале; возможно, потребуется учитывать и эти эффекты.

Экспериментально установлена неэффективность маневрирования затворами и перераспределения половодного стока по фронту водосливной плотины в качестве мероприятия по снижению интенсивности вибраций грунтов, применявшегося четверть века вместо соблюдения проектных объемов холостых попусков, нарастало динамическое воздействие на территории.

Первоначальное представление о возможности интенсивных вибраций только при пропуске экстремальных половодий малой обеспеченности не исключало возможности активной эксплуатации приплотинной территории, тогда как ежегодное воздействие создает иную ситуацию, последствия которой до конца не ясны.

Казалось очевидным, что интенсивность резонансных колебаний зданий на собственных частотах определяется их этажностью – факты говорят, что этот показатель может быть одинаков для 5- и 16-этажных зданий, что изменяет представления о возможности строительства вблизи плотины.

Модель распространения высвобождающейся энергии попусков в виде полусферических упругих волн оказалась несоответствующей фактам. Еще в 2000 г. было замечено несоответствие реальной картины интенсивности динамического воздействия теоретической кругообразной. Спектральный анализ вибраций грунтов показал, что область динамического воздействия плотины имеет «гантелеобразную» форму, соответствующую направленному излучению [7]. Соотношение интенсивности ортогональных составляющих скорости показывают наличие вертикальной поляризации, но в сочетании с направленным характером излучения нельзя однозначно сказать, можно ли при моделировании ситуации использовать аппарат волн Релея, как считалось ранее.

Изменение представления о форме области рассеивания энергии попусков изменяет конфигурацию зоны наиболее интенсивного динамического воздействия. Особенно это важно для районов других гидросооружений, не обеспеченных наблюдениями [7].

Нет ясности, является ли динамическое воздействие плотины основным действующим фактором или индикатором состояния среды, усиливая иные негативные явления (гравитационную неустойчивость прибрежных склонов, явления, сопровождающие подработку территории в зоне городского водозабора), связанные с особенностями инженерно-геологического строения местности [1, 5, 6, 7]. Взаимодействие двух и более факторов сейсмического воздействия приводит к нелинейному усилению относительно слабых микросейсм, аномальной реакции грунтов на кратковременное действие высокочастотной динамической нагрузки, источником которой может являться транспорт, различные механизмы. Здесь экспериментально показано, что в период пропуска половодья и наиболее интенсивной динамической нагрузки на грунты их реакция на прохождение транспортных средств резко, неадекватно, усиливается, как и реакция близкорасположенных зданий.

Не наблюдается зависимость коэффициента передачи сигнала от частотных характеристик, что расходится с общепринятыми теоретическими положениями о том, что высокочастотные колебания затухают по мере удаления от источника сигнала быстрее.

Многие другие вопросы в связи с динамическим воздействием еще ждут своего решения, по ходу исследований возникают новые вопросы. Несмотря на это, многие имеющиеся результаты уже активно используются.

Так, результатом работ в районе Рыбинской ГЭС стали рекомендации по изменению режимов ее работы (переход в базовый режим).

Внесены серьезные изменения в режим работы Жигулевской ГЭС – существенно ограничены мгновенные расходы через водосливную плотину, в том числе и за счет работы ранее не использовавшихся донных водосбросов в здании ГЭС [3, 4].

Часть мероприятий направлена на ликвидацию последствий воздействия – мониторинг и текущий ремонт зданий, ремонт имеющихся и строительство новых берегоукреплений.

До настоящего времени использование их носит региональный характер. Все мероприятия в связи с динамическим воздействием пока осуществляются в районе двух конкретных гидроузлов. Требуется пересмотр порядка проектирования и строительства на подобных территориях, порядка использования территорий в целом.

**Выводы.** При попусках через гидросооружения имеет место сложный процесс, в котором взаимодействуют природные и техногенные факторы. Динамическое воздействие гидросооружения, с одной стороны, является мощным дестабилизирующим фактором среды, с другой – служит индикатором состояния среды и позволяет выявить и оценить неоднородности инженерно-геологических условий местности [7].

Назрела необходимость разработки методов оценки динамического воздействия не только в связи с проблемами в районе Жигулевской ГЭС, подобные проблемы с большой степенью вероятности характерны и для других гидроузлов. При этом требуется пересмотр многих общепринятых представлений, разработка новых методов получения и оценки экспериментальных данных, построения моделей, прогноза.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Котляков А.В., Шумакова Е.М., Артемьев С.А.* Воздействие крупного гидротехнического сооружения на склоновые процессы на урбанизированных территориях (на примере склона микрорайона «Прибрежный» Комсомольского района г. Тольятти // *Инженерная экология*. №3. 2008. С. 3-15.

2. *Котляков А.В., Шумакова Е.М.* Длинноволновые процессы в нижних бьефах гидроузлов: особенности, последствия, перспективы изучения // *Труды ГОИН*. Вып. 213. М., 2011. С.333-342.

3. *Котляков А.В., Шумакова Е.М., Шумаков Г.В.* Пространственно-временные геодинамические особенности попусков через Жигулевскую ГЭС // *Научные и образовательные проблемы гражданской защиты*. 2010 г. № 3. С. 14-19.

4. *Симак С.В., Шумакова Е.М.* Гидрологические аспекты безопасности Жигулевской ГЭС и прилегающих к ней территорий // *Известия Самарского научного центра РАН*, т. 12, №1 (9), 2010. С. 2255-2260.

5. *Шумакова Е.М., Котляков А.В., Артемьев С.А.* Деформации береговой зоны в районе г. Тольятти и их связь с режимом работы Жигулевской ГЭС // «Водные ресурсы». т. 34, №6. 2007. С.694-699.

6. *Шумакова Е.М., Котляков А.В.* Микросейсмические колебания грунтов на берегах р. Волги и меры по предотвращению разрушений // IV н.-пр. конференция «Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций». Докл. и выст. М., 2005. С. 292-297.

7. *Шумакова Е.М., Петрашко С.Б., Шумаков Г.В.* Геоэкологическая ситуация в зоне динамического воздействия гидротехнического сооружения федерального значения // III Междунар. конференция «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов». Сб. тр. Т. 7. Тольятти, 2011. С. 182-186.

**УПРАВЛЕНИЕ  
ПРИРОДНЫМИ РИСКАМИ**



**NATURAL RISK MANAGEMENT**

## ПАВОДОЧНАЯ ОПАСНОСТЬ В НИЗОВЬЯХ РЕКИ ТЕРЕК И ПУТИ ЕЕ ПРЕОДОЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ДАГЕСТАНА

Аксянов Т.М.

Государственный Гидрологический Институт,  
г. Санкт-Петербург, тел. (812) 3231139, факс (812) 3231028,  
mail:aragon1982@mail.ru

### FLOOD RISKS IN THE TEREK RIVER DOWN STREAM AND THE PREVENTIVE MEASURES ON THE TERRITORY OF DAGESTAN

*The assessment of the floodplain area floodings over the Terek River down stream was carried out. It was considered the ways to overcome these risks on the Dagestan Republic territory.*

На сегодняшний день в зоне риска затопления от ежегодных паводков в низовьях реки Терек находится 165 тыс. га земель, на которых расположено 9 населенных пунктов с общей численностью населения 5,5 тысяч человек. И это только на территории, непосредственно прилегающей к основному руслу. А если учесть, что при прохождении паводков и прорывах ограждающих валов возможно затопление значительных площадей, то в данную область попадает большая часть территории Кизлярского и Бабаюртовского районов Республики Дагестан, с населением порядка 150 тысяч человек.

В 2002 и 2005 гг. в бассейне реки Терек прошли катастрофические паводки, вызвавшие затопление около 70 тыс. га земель, 5 населенных пунктов (в период паводка 2002 года стояла реальная опасность затопления города Кизляра). Общий ущерб от наводнений превысил 3,5 млрд. рублей.

О том, что проблема паводков и затопления территорий в низовьях реки Терек не нова, говорят различные исторические факты. Так, например, при своем образовании, станицы Гребенских казаков располагались непосредственно у берега реки, но ежегодные её разливы вынудили перенести их вглубь степи на

5 км; из-за частых подтоплений несколько раз менял свое местоположение город Кизляр.

Основной причиной наводнений является неспособность русла основного магистрального рукава дельты пропустить весь поступающий к его вершине сток. В результате своего развития, русло оказалось приподнятым на несколько метров над окружающей его территорией, а отметки гребней валов превысили отметки прилегающей местности на расстоянии до 20 км от русла реки.

Сопровождающие паводок наводнения являются естественными спутниками процесса развития дельты реки Терек. Исследования показывают, что ее развитие носит циклический характер, каждый цикл длится порядка 50 – 70 лет (рис. 1). Цикл включает в себя образование нового магистрального рукава путем прорыва берегов в период паводка, полное либо частичное отмирание старого, постепенное заиливание нового, являющееся подготовкой к началу нового цикла [2,3,4].

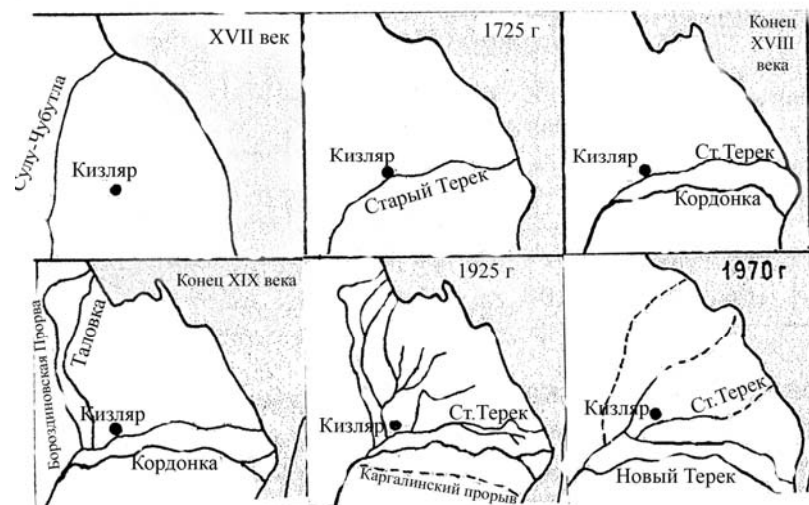


Рис. 1. Формирование дельты реки Терек [1]

Наиболее хорошо изучен цикл, протекавший в первой половине XX века, в результате которого был сформирован современный главный магистральный рукав дельты – Новый Терек [2,3,4].

Начало ему положил паводок 1914 г., в результате которого был прорван правый берег реки в районе станицы Каргалинской и затоплены огромные территории Терско-Сулакской низменности. К середине 60-х годов, пройдя все классические стадии в своем развитии (озерно-плавневая, наложенно-причлененная), сформировалась, так называемая, многорукавная дельта Аликазгана. Процесс аккумуляции наносов в русле обусловил быстрый рост отметок дна. В результате чего, пропускная способность русла за период 1930 – 1960 гг. снизилась более чем в четыре раза – до 200 – 250 м<sup>3</sup>/с. К концу 60-х годов Терек был «готов» начать новый цикл развития своей дельты. Но в этот естественный процесс вмешался человек [7].

Для предотвращения данного процесса было сооружено искусственное русло через Аграханский полуостров, сбрасывающее терские воды напрямую в Каспийское море, минуя Аграханский залив. На тот момент это считалось наиболее верным решением. Искусственное русло дало некоторый эффект: начался интенсивный размыв русла и понижение отметок дна. Но повышение уровня Каспийского моря во второй половине XX века привело к ухудшению условий транзита наносов и развитию волны регрессивной аккумуляции [8]. Активное отложение наносов и повышение отметок дна русла продолжается и в настоящее время, а пропускная способность русла в пределах дамб обвалования снизилась до уровня максимальных расходов обеспеченностью 10% и ниже.

Стабилизация уровня моря в 90-е и 2000-е гг. привела к тому, что с 2002 г. вблизи морского края дельты Терека формируется мощный устьевой бар. Фактически, река сама запирает себя в русле [5].

С 2002 по 2009 гг. ГОИНОм производился комплексный мониторинг устьевой области Терека, который показал, что к концу XX века вновь возникли условия для нового цикла дельтообразования. Паводки, прошедшие в 2002 и 2005 гг., могли положить начало естественному процессу развития дельты, но он опять был приостановлен вмешательством человека [5,6,7,8].

Рядом авторов (Эльдаров Э.М.) высказываются опасения, что в результате прохождения очередного катастрофического паводка, новый рукав реки может образоваться в районе головных

сооружений канала имени Дзержинского (см. рис. 2). В случае реализации данного сценария, русло нового рукава пересечет всю Терско-Сулакскую низменность и найдет себе выход в море намного южнее нынешнего своего положения. В результате будут залиты огромные территории наиболее густонаселенных районов республики, разрушены населенные пункты и дороги, уничтожены сельскохозяйственные угодья [11].

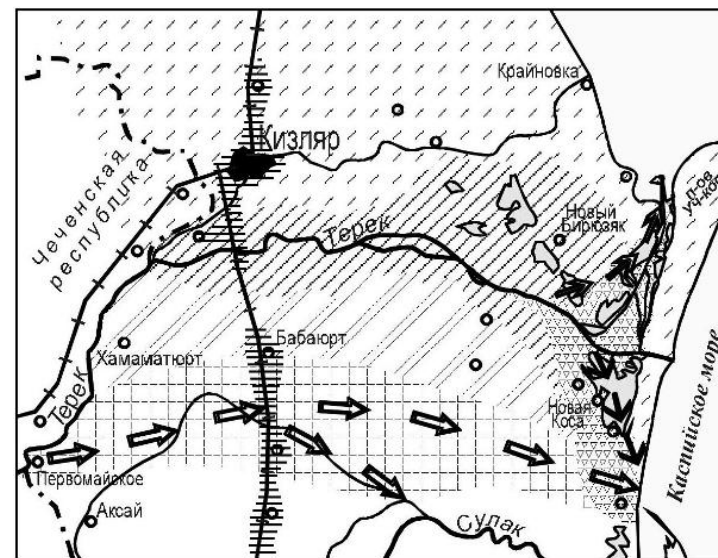


Рис. 2. Возможные сценарии развития дельты реки Терек [11]

В настоящее время предложены (ГОИН, РегионГидроПроект) различные пути решения проблемы пропуска паводочных вод в низовье р. Терек. Основная суть их состоит в следующем:

- 1) увеличение пропускной способности русла посредством дноуглубительных работ; а также формирование пойменных емкостей путем переноса оградительных валов на расстояние 1 – 5 км от современного межженного русла;
- 2) уменьшение стока наносов, поступающего к голове магистрального рукава. Данный путь предлагается реализовать с по-

мощью формирования емкостей (водохранилищ) для аккумуляции аллювиальных отложений;

3) снижение паводковых расходов в русле магистрального канала за счет перераспределения стока по всей территории дельты. Перераспределение должно осуществляется с помощью существующих гидротехнических сооружений, путём создания новых искусственных трактов для сброса и переброски вод и использования естественной сети дельтовых водотоков [7,10].

К данным решениям возникает ряд претензий. В первую очередь, их реализация затребует значительных капиталовложений. Строительство водохранилищ для аккумуляции наносов при равнинном рельефе данной местности невозможно без затопления значительных участков поверхности.

Эффективное перераспределение стока в настоящее время также представляется слабореализуемым, ввиду практически полной деградации гидромелиоративной сети данного района (гидротехнические сооружения частично непригодны к эксплуатации, магистральные каналы заилены и неспособны принять весь объем воды). Если ранее суммарный максимальный водозабор оросительными системами (Терско-Кумской, Дзержинской, Каргалинской и др.) по проектным показателям достигал 450-500 м<sup>3</sup>/с, то в настоящее время в каналы можно сбрасывать не более 180 – 200 м<sup>3</sup>/с.

Исходя, из всего выше перечисленного, можно прийти к выводам, что проблема паводков и сопровождающих их наводнений в низовье реки Терек будет актуальной еще на протяжении многих лет. А в условиях роста численности населения, проживающего в его дельте, только усугубляться. И остается только предполагать, кто одержит победу в этой борьбе – река, стремящаяся к своему естественному развитию или человек.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Акаев Б.А., Атаев З.В., Гаджиев Б.С.* Физическая география Дагестана. М.: Школа, 1996. 383 с.
2. *Алексеевский Н.И., Михайлов В.Н., Сидорчук А.Ю.* Процессы дельтообразования в устьевой области Терека // Вод. ресурсы. 1987. №5. С. 123-128.

3. *Байдин С.С., Скриптунов Н.А., Штейнман Б.С., Ган Г.Н.* Гидрология устьевых областей рек Терека и Сулака // Тр. ГОИН. 1971. Вып. 109. 198 с.

4. *Беляев И.П.* Гидрология дельты Терека. М.: Гидрометеиздат, 1963. 208 с.

5. *Горелиц О.В., Землянов И.В., Павловский А.Е., Артемов А.К., Яготинцев В.Н.* Катастрофический паводок в дельте Терека в июне-июле 2002 года // Метеорология и гидрология. 2005. №5. с.62-71.

6. *Горелиц О.В., Землянов И.В., Павловский А.Е.* Формирование современных гидрологических условий в дельте Терека // Труды Международной конференции «Основные факторы и закономерности формирования дельт и их роль в функционировании водно-болотных экосистем в различных ландшафтных зонах». Улан-Удэ.: ГУЗ РЦМП МЗ РБ, 2005. с. 44-51.

7. *Горелиц О.В., Землянов И.В., Павловский А.Е., Сапожникова А.А., Поставик П.В., Яготинцев В.Н.* Катастрофические паводки 2002 и 2005 гг. в дельте Терека // Труды Международной научной конференции «Экстремальные гидрологические события в Арало-Каспийском регионе». Москва, 2006. с. 144-148.

8. *Землянов И.В., Горелиц О.В., Павловский А.Е., Яготинцев В.Н.* Исследование сезонной динамики гидролого-морфологических процессов в дельте Терека // Тр. VI конф. «Динамика и термика рек, водохранилищ и прибрежной зоны морей». М.: ИВП РАН, 2004. с.533-536.

9. *Никулин А.С., Поволоцкий М.Я., Алексеевский Н.И., Сидорчук А.Ю.* Перестройка продольного профиля русла р. Терека в условиях увеличения уклона водной поверхности // Антропогенные процессы и охрана геологической среды в предкавказском регионе. Пятигорск, 1981. с.147-174.

10. *Самохин М.А., Чалов С.Р.* Многолетний режим и принципы регулирования пойменно-озерных разветвлений (на примере Янцзы и Терека) // География и природные ресурсы. № 3. 2008 с. 17-25.

11. *Эльдаров Э.М.* Южный Аграхан: озеро проблем // Новое дело. №33. 2011. с. 11.



## МОНИТОРИНГ И ОЦЕНКА УЩЕРБА ЗАТОРНЫХ НАВОДНЕНИЙ

*Банщикова Л.С., Волкова Н.В.*

*Государственное учреждение «Государственный гидрологический институт», г. Санкт-Петербург, тел. (812) 323-32-64, факс (812) 323-10-28, e-mail: gu\_ggi@mail.ru.*

### MONITORING AND EVALUATION OF DAMAGE CAUSED BY ICE JAM FLOODS

*The methods of determining of water levels in the formation of ice jams in the channels of the rivers on sections not covered by the observations are proposed. Considered the opportunities assessment the risk of flooding for coastal areas from floods and damage from flooding for specific sections of the rivers.*

Многолетние наблюдения на реках России показывают, что в последние годы на ряде рек отчетливо прослеживаются тенденции к увеличению повторяемости, продолжительности и мощности заторных наводнений, что вызывает затопление значительных по площади прибрежных территорий, а соответственно возрастает риск затоплений, причиняющих значительный ущерб.

Численные характеристики риска затопления прибрежных территорий важны при решении множества задач, таких как оценка возможного ущерба на уровне речного бассейна, региона или муниципального образования, обоснования инвестиций на прибрежных территориях, зонирование паводкоопасных территорий, установление страховых тарифов для затапливаемых территорий.

На практике наиболее часто для оценки численных характеристик риска принимаются величины ущерба (экономическая составляющая) и индекс потенциального ущерба (гидрологическая составляющая).

Оценка ущерба связана с оценкой риска. Риск затопления (R) определяется как произведение вероятности наступления рассматриваемого события или процесса (P) на величину ожидаемого ущерба N [1]:

$$R = P \cdot N \quad (1)$$

Величина ущерба от затопления – это потери. Ущерб от наводнений подразделяются на: по – факторные, которые отражают комплексную экономическую оценку причиненного вреда по основным факторам воздействия, и пореципиентные, которые отражают комплексную экономическую оценку причиненного вреда по основным факторам воздействия.

Определяющим гидрологическим фактором величины потерь при затоплении территории является глубина и продолжительность затопления территории. В общем случае риск наводнения оценивается по зависимости ущербов от обеспеченности уровней воды, что эквивалентно вероятности превышения самих ущербов. Гидрологической задачей в оценке риска заторных наводнений является выделение участков затопления прибрежных территорий по длине реки, определение отметок начала выхода воды на пойму, глубины и продолжительности затопления и соответствующих им площадей.

По гидрологическим условиям в руслах рек (с учетом особенностей прилегающей территории) предложен параметр, учитывающий превышение заторного уровня воды над бровкой берега и вероятности наступления этого события – это индекс потенциального ущерба заторных наводнений.

Метод индексов используется при оценке потенциального ущерба, если требуется оценить риск интегрально. Он позволяет некоторым числовым значением, в частности, индексом потенциального ущерба (D) оценить степень ущерба для рассматриваемой системы [1]:

$$D_{p\%} = (H_{з,p\%} - H_{п})(1 - P_{з.п}), \quad (2)$$

где  $H_{з,p\%}$  – максимальный заторный уровень воды заданной вероятности превышения;  $H_{п}$  – отметка начала затопления поймы;  $P_{з.п}$  – вероятность затопления поймы в долях от единицы.

Расчет индекса потенциального ущерба (D) целесообразно проводить не только для 1%-ной обеспеченности, но и для других обеспеченностей, что позволит выделить зоны потенциального ущерба для различных нужд при строительстве, страховании и т.д., в рамках реализации предлагаемой программы страхования.

Для участков реки, на которых ведутся наблюдения за уровнем воды, мера потенциального ущерба от наводнений рассчитывается достаточно просто, поскольку можно надежно определить вероятность максимального заторного уровня по данным наблюдений и отметку начала затопления поймы.

Ниже предлагается методика определения уровней различной вероятности превышения и индекса потенциального ущерба на участках рек, неохваченных наблюдениями.

В основе методики лежат уравнения Сен-Венана, решение которых предполагает, что при незначительном изменении скорости водного потока по длине речного участка и во времени, изменение уровня воды находится по решению системы уравнений с помощью полного дифференциала от уровня (H).

При решении систем уравнений скорость продвижения изолинии уровня воды с отметкой (H) исходя из уравнения (3) составит [2]:

$$C_H = -\frac{1}{B} \left( \frac{\partial H}{\partial L} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left[ \frac{\partial K}{\partial L} - \frac{K}{2} \left( -\frac{\partial H}{\partial L} \right)^{-1} \left( -\frac{\partial H^{-1}}{\partial L} \right) \frac{\partial^2 H}{\partial L^2} \right] \quad (3)$$

где K – модуль расхода, I – уклон водной поверхности, v – скорость течения воды, L – продольная координата, H – отметка свободной поверхности водного потока,  $C_H = \frac{\partial L}{\partial t}$  – скорость продвижения изолиний водной поверхности с постоянной отметкой H<sub>i</sub> (по Железнякову В. Г. [3]).

При формировании затора в русле реки, происходит «деформация» профиля водной поверхности, проявляющаяся на графиках H=f(L, t) в виде схождения – расхождения изолиний уровня воды, построенных по данным наблюдений за уровнями на водомерных постах. Совместное рассмотрение данных наблюдений за уровнями воды по цепи постов на реке, в период формирования затора, позволяет выявить природу изменения уровней воды на ее отдельных участках. При свободном ото льда русле изменения уровня – однонаправленные. В то время как при развитии ледовых процессов в русле реки, в частности, формировании затора, характер хода уровня не зависит от уровней в смежных точках, по-

скольку при образовании затора уровни воды выше по течению поднимаются, а ниже затора падают.

В настоящее время происходит активное освоение горных и предгорных территорий Северо-Кавказского региона. Планируется строительство дорог к горнолыжным центрам Адыгеи, развитие инфраструктуры района в целом, увеличение объемов сельскохозяйственных угодий и животноводческих ферм. Все эти объекты (проектирующиеся и существующие) из-за особенностей рельефа располагаются, главным образом, на пойменных участках рек. Гидрологические наблюдения на реках бассейна р. Белой эпизодически велись на 11 постах. Для определения величины уровней различной обеспеченности, на участках рек, неохваченных наблюдениями, по всей длине реки за весь период наблюдений (с 1937 г. по 2005 г.) были построены графики изменения хода уровней воды в период формирования половодья. Для количественной оценки параметров заторов были построены продольные профили на различные даты формирования заторов льда в руслах рек, позволяющие определить вероятностные уровни на участках рек и фактические уклоны водной поверхности.

По построенным графикам выделены участки реки, где заторные скопления льда вызывали наибольший подъем уровней воды выше головы затора. Для этих участков произведен расчет уровней и величины индекса потенциального ущерба заданной обеспеченности. По рассчитанным уровням и поперечным профилям выделены зоны потенциального ущерба различной обеспеченности, в частности, при максимальном уровне P=1%. В качестве примера рассмотрен участок р. Белая от Сюсюковской поляны до с. Даховское. По результатам расчетов выявлено, что при уровнях воды 1%-ной обеспеченности, будет затоплена левобережная пойма, на которой расположены поля, фермы, жилые постройки, линии ЛЭП, дороги и т.д., т.е. достаточно важные хозяйственные объекты, что повлечет значительный ущерб хозяйствующим субъектам. При проектировании и строительстве любых хозяйственных структур в долинах рек необходимо вводить гибкую программу страхования, как для строящихся объектов, так и уже введенных в эксплуатацию. Эта система, сочетающая как обязательное, так и добровольное страхование имущества от наводнений, как для частного сектора, так и промышленных сооружений позволит ра-

ционально использовать пойменные участки, сопоставляя риски и экономическую прибыль.

Использование предложенного метода позволяет исследовать динамику заторов по длине реки, определять повторяемость заторов льда на участках между створами в различные годы; определять уровни воды на участках рек, неохваченных наблюдениями. Графики изменения уровня воды по длине реки на конкретные даты достаточно информативны в отношении изменения водного режима во времени и пространстве, поскольку содержат сведения об уровне воды, времени добегания, продолжительности стояния уровня, о продольном уклоне водной поверхности на любую дату, о месте и времени образования затора и продолжительности его существования. Наличие данных о морфометрических параметрах русла, а так же картографического материала по прибрежным территориям позволяет выделить зоны затопления на участках рек неохваченных наблюдениями.

Использование предлагаемой методики определения уровня воды позволяет при расчете индексов потенциального ущерба оценить риск для территории от наводнений и рассчитать ущерб от затопления при заторных наводнениях для конкретных участков, что обеспечит рациональное регулирование землепользования на паводкоопасных территориях.

*Работа выполнена в рамках Конкурса 2012 года по государственной поддержке молодых российских ученых-кандидатов наук, № МК-954.2012.5*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бузин В.А. Заторы льда и заторные наводнения на реках. – СПб.: Гидрометеиздат, 2004. – 204 с.
2. Винников С.Д. Гидравлический метод оценки заторных масс льда в речных потоках // Метеорология и гидрология. – 1978. – № 6. – С. 62-70.
3. Железняков Г.В. Пропускная способность русел каналов и рек. – Л.: Гидрометеиздат, 1891. – 264 с.

#### ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ ЧС В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

*Джаманкулова Г.М. \*, Абдрахматов К.Е. \*\**

*\*Кыргызский Экономический университет, Бишкек,  
Кыргызская Республика, тел.(996) 312 325198,  
e-mail: gulnara\_mj@yahoo.com;*

*\*\*Институт сейсмологии Академии Наук  
Кыргызской Республики, Бишкек, тел.-факс (996) 312 52 38 26,  
e-mail: kanab53@rambler.ru*

#### PROBLEMS OF RISK MANAGEMENT IN KYRGYZ REPUBLIC

*Problems of risk management of natural and artificial hazards are discussed. Noted that a main problem of national system of hazard mitigation is lack of scientific background.*

Как известно, эффективная современная государственная политика в области защиты населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера основывается на управлении рисками ЧС на основе концепции приемлемого риска. При этом, понятие “управление рисками ЧС” включает в себя целенаправленную деятельность органов государственной власти и управления всех уровней, органов местного самоуправления, организаций, предприятий и граждан (как человеческого фактора, существенно влияющего на риски) по реализации наилучшей из возможных систем взаимосвязанных мер по уменьшению рисков до уровня, который общество считает приемлемым исходя из существующих ограничений на ресурсы и время. (Акимов и др., 2004).

Организационной основой управления рисками ЧС в Кыргызской Республике является единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЕГСЧС).

К сожалению, эффективность управления в области защиты населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера, которая зависит от совершенства его нормативно-правового обеспечения, в Кыргызской Республике весьма невысока. Анализ основных законодательных актов в этой области (Закон о гражданской обороне, Закон о защите населения и территорий от чрез-

вычайных ситуаций природного и техногенного характера, Закон об аварийно-спасательных службах и статусе спасателя и другие нормативно-правовые акты) показывает, что практически ни в одном из них не упоминается понятие – “управление риском”.

В структуре Министерства чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики отсутствует специальное подразделение, призванное управлять риском ЧС. В основном деятельность Министерства ограничивается заключением хозяйственных договоров с научными Институтами Республики, которые оценивают и прогнозируют риск, исходя из собственных понятий о риске и часто только на качественной основе. А между тем научный подход требует взвешенного и непредвзятого мышления, основанного на количественном анализе риска и последствий от принимаемых решений. При этом часто упускается из виду тот факт, что никакая страна, даже самая продвинутая и богатая не может выделять неограниченное количество средств и ресурсов для устранения последствий ЧС и на меры по снижению риска ЧС. Главнейшей составляющей процесса управления риском является процесс оптимального распределения ограниченных ресурсов на снижение различных видов риска, с целью достижения такого уровня безопасности населения и окружающей среды, какой только возможен с точки зрения экономических и социальных факторов. Таким образом, процесс управления риском является не только проблемой одного Министерства чрезвычайных ситуаций или некоторых других, но проблемой Государства.

Отсутствует научно-техническая политика государства в области защиты населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера. Практика показывает, что без должного научного обеспечения, разработки и привлечения новейших технологий и технических средств эффективность противодействия ЧС низка.

Рассматривается ряд мер, призванных повысить эффективность управления риском в Кыргызской Республике.

#### 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.

## ВЕРОЯТНЫЕ ОБЛАСТИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОГО УЗБЕКИСТАНА НА БЛИЖАЙШИЕ ГОДЫ

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

*Институт сейсмологии им. Г.А. Мавлянова АН РУз, г. Ташкент,  
Узбекистан, тел: +998 (71)241-49-64, факс: +998(71) 241-74-98,  
e-mail: tashkent@seismo.org.uz*

## PROBABLE AREAS OF SEISMIC ACTIVITY OF THE EAST OF UZBEKISTAN IN NEAR FUTURE

*On the basis of studying of the seismic regime of powerful earthquake source zone in Uzbekistan it was developed the methodology of revealing seismic activation for forthcoming years and several possible seismic activation zones were determined.*

В работе приводятся результаты мониторинга сейсмологической обстановки территории Узбекистана с целью выявления областей, где велика вероятность наступления в ближайшие годы сейсмической активизации. Прогноз базируется на ретроспективном изучении пространственно-временных изменений параметров сейсмического режима в очаговых зонах происшедших землетрясений. Было проанализировано свыше сорока сейсмических событий с магнитудой  $M \geq 5$ , возникших на территории Узбекистана и в прилегающих к нему областях за последние 40 лет.

Основные результаты проведенного исследования сводятся к следующему:

– в процессе подготовки сильного землетрясения в области его подготовки меняется структура потока слабых и умеренных землетрясений, что находит отражение в изменении типа пространственно-временной группировки сейсмических событий [1];

– практически все сильные землетрясения произошли в области сейсмических брешей, не считая повторных толчков землетрясений-двойников, которые расположены на платформенной части исследуемой территории;

– поведение прогностических параметров сейсмического режима различно вблизи очаговой области и на периферии;

– нет единого сценария развития сейсмического процесса в период его подготовки, описывающего последовательность проявления совокупности сейсмологических предвестников для всех изучаемых землетрясений. Вместе с тем, землетрясения, происшедшие в пределах единой сейсмогенирующей структуры, характеризуются подобием в проявлении прогностических признаков, что, по всей видимости, связано со сходством геолого-тектонических условий формирования очагов и единством действия геодинамических факторов. Поэтому, в основе выделения потенциально опасных зон на ближайшие годы заложены алгоритмы, использующие результаты дифференциального изучения особенностей проявления процесса подготовки сильных землетрясений для конкретных сейсмогенирующих структур территории Узбекистана.

В качестве потенциально опасных зон на ближайшие десятилетия мы рассматриваем области с высокой плотностью эпицентров слабых землетрясений, в которых не происходило до сих пор сильных землетрясений – это, так называемые, области сейсмических брешей [2-3]. На рис. 1а приведена карта всех землетрясений, происшедших в Восточном Узбекистане в период с 1955-го по 2010-й годы, землетрясений. Видно, что они, хотя и с разной плотностью, заполняют основные сейсмогенирующие структуры. На следующем рисунке (рис. 1б) изображены очаговые зоны уже происшедших землетрясений со всеми сейсмическими событиями, происшедшими как до основного толчка, так и после него. Следующая карта (рис. 1в) получена путем вырезания из общей карты эпицентров карты очаговых областей уже реализовавшихся землетрясений. Эллипсами с разными размерами полуосей и различной ориентацией в пространстве показаны связанные области, где плотность эпицентров слабых землетрясений достаточно велика, а сильных землетрясений не наблюдалось. Эти области сейсмических брешей мы рассматриваем как зоны долгосрочного прогноза сильных землетрясений на ближайшие десятилетия. Для проверки перспективности такого подхода была построена аналогичная карта на 1990-й год (рис. 1 г). Видно, что единственное происшедшее за период с 1991-го года землетрясение с  $M \geq 5.5$

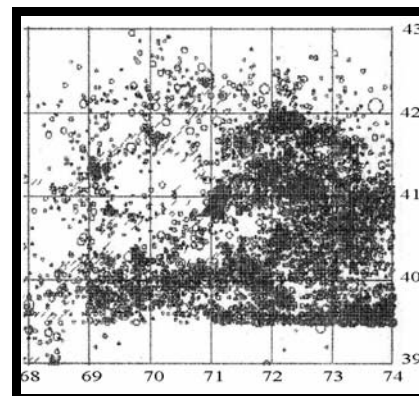


Рис. 1 а. Карта эпицентров инструментальных землетрясений Восточного Узбекистана с 1955 до 2007 гг.

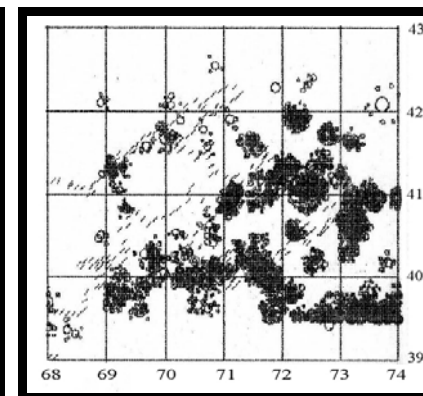


Рис. 1 б. Очаговые области происшедших сильных землетрясений и их афтершоков территории Восточного Узбекистана

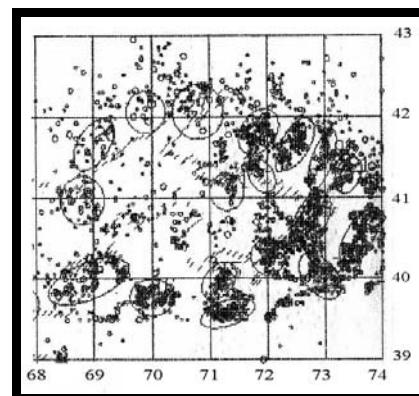


Рис. 1 в. Области скопления эпицентров слабых землетрясений при отсутствии сильных для территории Восточного Узбекистана на 1.1.2007.

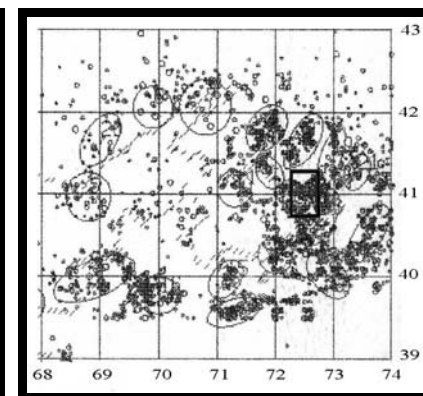


Рис. 1 г. Области скопления эпицентров слабых землетрясений при отсутствии сильных для территории Восточного Узбекистана на 1.1.1990 года. Рамкой отмечена очаговая зона Избаскентского землетрясения с  $M=5,9$  1992 года.

(Избаскентское землетрясение 1992-го года с  $M=5.9$ ) четко заполнило одну из имевшихся сейсмических брешей. На рис. 1 г эта область помечена рамкой.

Наиболее продуктивными подходами уточнения времени наступления сейсмической активизации в областях сейсмических брешей являются методы, основанные на мониторинге состояния земной коры и степени близости ее к моменту разрушения по временным флуктуациям параметров сейсмического режима.

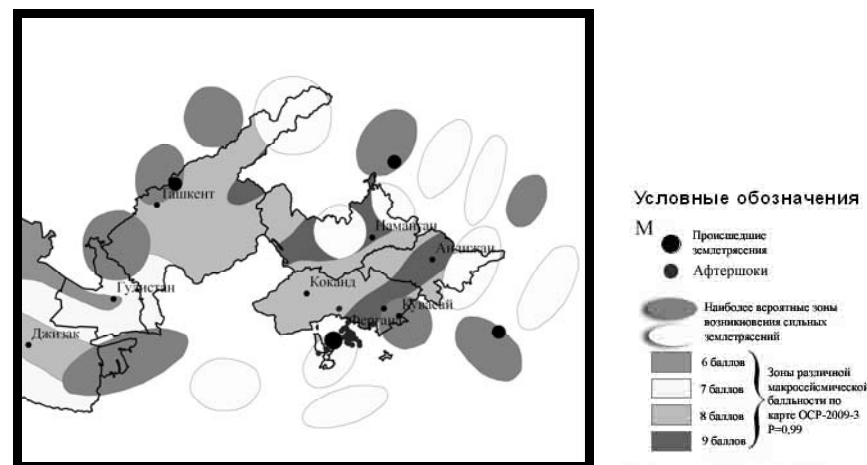
На первом этапе были определены значения параметров сейсмического режима в зонах происшедших сильных землетрясений и построены эталонные векторы, характеризующие сейсмологическую обстановку в период их подготовки. Рассматривалось 20 прогностических параметров, описывающих ход сейсмичности в области подготовки землетрясения, вблизи очаговой области и на периферии.

На втором этапе по тому же принципу были рассчитаны векторы с различными характеристиками параметров сейсмического режима в зонах сейсмических брешей.

На третьем этапе каждый из рассчитанных в зонах сейсмических брешей векторов сопоставлялся с эталонными. В качестве потенциально опасных, рассматриваются зоны не с наибольшим числом проявившихся прогностических признаков, и не по проявлению отдельных наиболее информативных признаков, а по близости наблюдаемой ситуации к той, которая фактически реализовалась в виде землетрясения.

Учитывая, что особенности проявления предвестников различны для различных сейсмогенерирующих структур и подобны внутри единой структуры, мы провели исследование отдельно для зоны Каржантау, Северо-Ферганской и Южно-Ферганской сейсмоактивных зон.

Таким образом, в Восточном Узбекистане мы выделяем 8 зон, в которых ситуация по динамике развития сейсмического процесса наиболее близка к той, которая в соответствующих структурах уже наблюдалась перед сильными землетрясениями. Именно эти зоны (рис. 2) мы и рассматриваем как потенциально опасные на ближайшие несколько лет.



**Рис. 2. Потенциально опасные области на ближайшие годы и эпицентры сильных землетрясений (залитые черные кружки), происшедших после передачи данной карты в МЧС РУз**

После передачи этой карты в МЧС Республики Узбекистан в декабре 2007-го года произошло несколько сильных землетрясений с магнитудой выше прогнозируемого порога. Все они произошли в области сейсмических брешей, причем три из них в областях, где вероятность их проявления была достаточно высокой.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Ибрагимов Р.С., Артиков Т.У.* Структура сейсмического процесса очаговых зон сильных землетрясений. ДАН РУз, №1, 2002, с.44-49.
2. *Мого К.* Предсказание землетрясений. М., 1988, 382 с.
3. *Соболев Г.А.* Основы прогноза землетрясений. М.: Наука, 1993, 313 с.

## ФАКТОРЫ И ПОКАЗАТЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ И УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНЫМИ РИСКАМИ

*Карлин Л.Н., Музалевский А.А.*

*Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт Петербург, Россия, тел. (812) 4444163, e-mail: [muzalev@rshu.ru](mailto:muzalev@rshu.ru), [rector@rshu.ru](mailto:rector@rshu.ru)*

### FACTORS AND INDICATORS FOR ASSESSMENT AND MANAGEMENT OF NATURAL RISKS

*The paper is considering some primary factors causing origin of natural risks. On this basis the main properties which indicators with which help the subsequent assessment and management of natural risks is possible should possess are discussed. The variant of ordering and structurization of these indicators is offered.*

**Вводные замечания.** Опасные природные явления и катастрофы – это неизбежный атрибут нашей жизни. Некоторые из них вызываются хозяйственной деятельностью человека [1-3,6-8].

Риск опасных природных явлений, и связанных с ними возможных чрезвычайных ситуаций (ЧС), в некоторых случаях может быть снижен в результате таких превентивных мер, как создание сооружений и специальных средств защиты человека и природы с учетом их социально – экономических аспектов. Этот подход известен как инженерно-технический и широко используется на практике [2,3,8].

Более значимую роль в снижении природного риска должна играть информация о нем. Своевременная информация об угрозе и развитии опасного явления, знание о том, как вести себя в период критической ситуации, могут минимизировать риск. Риск будет также близок к минимуму, если регионы, концентрации населения и очаги опасных явлений будут достаточно разобщены пространственно.

Как показывает опыт, природные угрозы можно предупредить и предотвратить, а в некоторых случаях предсказать, последствия

можно минимизировать, что оправдывает затраты на исследования различных видов природных рисков, с целью принятия первоочередных мер при планировании мероприятий, направленных на снижение рисков ЧС [4,5].

В настоящем сообщении формулируются информационные блоки и базовые элементы решения задачи управления природными рисками, основанные на системном подходе. Под системным подходом понимается набор идей, представлений, методов, способов, приемов, специальных показателей, в том числе интегральных, объединенных в единое целое.

**1. ЧС и связанные с ними природные риски.** Обычно ЧС, обусловленные опасными природными явлениями, различают по генезису, а также масштабам ущерба. Эти классификации широко известны [5,7]. На основе этих классификаций определяются состав и организация применения на различных уровнях сил и средств гражданской защиты населения при ликвидации ЧС.

Следует отметить, что четкого разграничения между разновидностями природного риска нет, так как возникающие ЧС практически всегда имеют смешанное происхождение. Например, затопление можно рассматривать как геологическое (по происхождению), так и гидрологическое и экологическое (по последствиям) явление [7].

Особенностью всех таких классификаций ЧС является констатация случившегося, то есть эти классификации относятся к третьей стадии ЧС. Что тут имеется в виду? Совокупность причин, приводящая к катастрофе, очень редко возникает мгновенно. Многие события, которые мы потом характеризуем как ЧС, "готовятся" годами, десятками, а может быть и сотнями лет. Это тот этап, который сейчас интенсивно изучается с целью построения теории прогноза таких явлений. В большей части этот этап продолжает оставаться для нас практически не обнаруживаемым.

Второй этап связан с развитием (динамикой) самой ЧС от момента ее возникновения до момента окончания.

Наконец, третий этап, это когда уже все случилось и надо заниматься ликвидацией последствий опасного природного явления (ЧС) [5,7].

## 2. Первичный анализ факторов, влияющих на природные риски.

На риск от опасных природных явлений существенно влияют *внезапность, интенсивность, скорость, продолжительность и частота их развития*. Развитие и масштабы экологически опасного природного или техногенного явления нередко зависят от условий природного фона, который может благоприятствовать или, наоборот, препятствовать распространению явления и, следовательно, усиливать или ослаблять его поражающее воздействие.

Во многом главные составляющие рисков, определяющие масштабы природного бедствия, зависят от экономических и социальных факторов, информации о нем, заблаговременных мер защиты, оперативности мер по преодолению последствий ЧС [2,3,8].

Усилению риска способствуют также резкое расширение территорий, освоенных человеком, и их расселение в опасных для жизнедеятельности регионах. В настоящее время около половины глобального населения планеты проживает в подверженных воздействию опасных природных явлений прибрежных регионах.

Среди социальных причин усиления природного риска от ЧС выделяются бедность людей и экономическая отсталость государств, а также особенности восприятия риска опасных явлений. Это восприятие неодинаково у различных групп населения и связано с их *социальным положением, образованием и информированностью*. Особенно чревато последствиями неадекватное восприятие ситуации возникшего природного риска у администрации города или района.

Для анализа природных рисков необходимо определить, по каким видам (типам) риска этот анализ надо проводить [3- 5,7,8].

### 3. Структуризация и свойства системы показателей для анализа природных рисков.

Системы таких показателей могут строиться разными методами. Один из них может быть представлен как совокупность целенаправленных шагов, с помощью которых отбираются эти показатели. При этом, необходимо двигаться с учетом требований, которым должны отвечать эти показатели. Рядом авторов такие показатели предлагались [4,6,7].

Правила отбора нужных показателей заключаются в указании их свойств, которыми они должны обладать. Эти обязатель-

ные свойства следующие: 1) научная обоснованность, 2) требуемая чувствительность,

3) способность к агрегативности (возможность свертки и генерализации информации), 4) простота интерпретации.

Отобранные по п.п. 1) – 4) показатели можно упорядочить по разным признакам, например: 1) по функциональному признаку, 2) по структурному признаку, 3) по массовому признаку, 4) по энергетическому признаку, 5) по информационному признаку.

Целесообразность того или иного выбора диктуется спецификой опасных природных явлений. Информационное (семантическое) содержание этих показателей должны быть таким, чтобы отражать по возможности:

1) Количественные характеристики опасного явления (объекта).

2) Качественные характеристики опасного явления (объекта).

3) Основные свойства опасного явления и степень его опасности.

4) Основные возможные угрозы человеку и окружающей среде, исходящие от опасного природного явления (объекта).

С другой стороны, мера степени опасности может включать в себя ряд показателей, например:

1) Вероятность возникновения опасного фактора.

2) Оценку сценариев развития опасного процесса.

3) Оценку степени опасности уже происшедшего события для человека и окружающей среды.

4) Ранжирование степени опасности по качественной шкале: «пренебрежимый», «приемлемый», «средний», «высокий», «чрезмерной» и т. д.

Поиском и обоснованием таких показателей нового типа активно занимаются ученые и специалисты в странах Азии, Европы и Америки, а также России. Среди них, в последнее время, все чаще упоминаются в литературе различного рода индикаторы и индексы, в том числе, индикаторы устойчивого состояния и индексы качества компонентов природной среды, а также индикаторы экологической уязвимости [7].



## ЛИТЕРАТУРА

1. Ваганов П.А. Человек. Риск. Безопасность. СПб.: Изд. СПбГУ, 2002. 159 с.
2. Воробьев Ю.Л. Основы формирования и реализации государственной политики в области снижения рисков чрезвычайных ситуаций. Москва. "Деловой экспресс". 2000. 247 с.
3. Григорьев А.А., Кондратьев К.Я. Экодинамика и геополитика. Том 2. Экологические катастрофы. Санкт-Петербург, 2001. 687 с.
4. Музалевский А.А., Яйли Е.А. Управление безопасным функционированием сложных систем в условиях ЧС с использованием инструмента риска // Безопасность жизнедеятельности. № 7. 2006. С. 33-39.
5. Музалевский А.А., Яйли Е.А. Риск: анализ, оценка, управление. Научное издание. РГГМУ. Санкт-Петербург, 2008. 232 с.
6. Музалевский А.А. Экология. Учебное пособие. СПб.: Изд. РГГМУ, 2008. 604 с.
7. Музалевский А.А., Карлин Л.Н. Экологические риски: теория и практика. Научное издание. РГГМУ. Санкт-Петербург, 2011. 480 с.
8. Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций. Уч. пос. для Органов управления РСЧС. Под общей ред. Ю.Л. Воробьева. Москва, 2002. 340 с.

### УПРАВЛЕНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИМИ РИСКАМИ В ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

**Козырев А.А., Панин В.И., Федотова Ю.В.,  
Семенова И.Э., Журавлева О.Г.**

*Горный институт Кольского научного центра РАН, г. Апатиты  
Мурманской обл., Россия, тел. (81555)79678, факс (81555)74625,  
e-mail: [kozar@goi.kolasc.net.ru](mailto:kozar@goi.kolasc.net.ru); [fjulia@mail.ru](mailto:fjulia@mail.ru);  
[innas@goi.kolasc.net.ru](mailto:innas@goi.kolasc.net.ru), [olga@goi.kolasc.net.ru](mailto:olga@goi.kolasc.net.ru)*

### GEODYNAMICAL RISKS MANAGEMENT AT MINING-TECHNICAL SYSTEMS

*Some system-wide laws and regularities within the meaning of prediction and preventive measures of mining-induced seismicity are presented. The ways of geodynamic risks decrease in geological envi-*

*ronment of natural-engineering and mining-engineering systems are shown.*

Среди множества проблем современной горнодобывающей промышленности острой остается техногенная сейсмичность, которая определяет геодинамические риски. Эта проблема актуальна как для ряда регионов России, так и для многих горнорудных провинций мира.

Управление геодинамическими рисками сводится, в основном, к прогнозу и профилактике техногенной сейсмичности, для чего привлекают нередко модели и методологию сейсмологии, поскольку природа тектонических и техногенных землетрясений одна и та же. Как тектоническая сейсмичность является отражением эволюционных процессов в «живой» Земле [1], так и техногенная сейсмичность является реакцией геологической среды в горнотехнических системах на крупномасштабные горные работы [2].

Для определения стратегии и тактики управления геодинамическими рисками представляется целесообразным рассмотреть некоторые общесистемные законы и закономерности применительно к горнотехническим системам [4].

Во-первых, в настоящее время можно считать аксиомой, что техногенная сейсмичность является отражением эволюции напряженно-деформированного состояния (НДС) геологической среды в природно-технических системах.

Во-вторых, для многих систем характерна иерархическая структура, особенно для литосферы Земли. Иерархичность обусловливает наличие слабых мест в системе, поэтому общеизвестным фактом является приуроченность большинства сейсмических событий к различным тектоническим структурам.

В-третьих, для открытых неравновесных систем характерно трехэтапное развитие системы: адаптация-изменчивость-отбор. При этом на этапах изменчивости и отбора большое значение могут иметь различного рода случайные события, выполняющие роль триггер-эффекта, влияние которых будет тем больше, чем в более неравновесном состоянии находится система.

В-четвертых, цикличность геофизических процессов в сочетании с ритмичностью горного производства является важным фактором нестабильности системы. Известно, что мощные техно-

логические взрывы, особенно отбойка при очистных работах, оказывают значительное влияние (эффект «потряхивания» системы) на геодинамический режим геологической среды в горнотехнической системе.

Таким образом, геомеханическую эволюцию геологической среды в горнотехнических системах можно представить в виде триады: системность-динамизм-самоорганизация. Системность означает системный подход; динамизм – невозможность существования открытых неравновесных систем вне развития; самоорганизация – присущее всем развивающимся системам свойство [5].

С позиции универсального эволюционизма и современной концепции развития мира эволюцию НДС геологической среды в горнотехнической системе можно представить в виде чередования стадий адапционного развития  $T_{дг}$  и бифуркаций (кризисов)  $T_{кр}$  (рис. 1), что определяет диалектическое единство закономерного и случайного в системе.

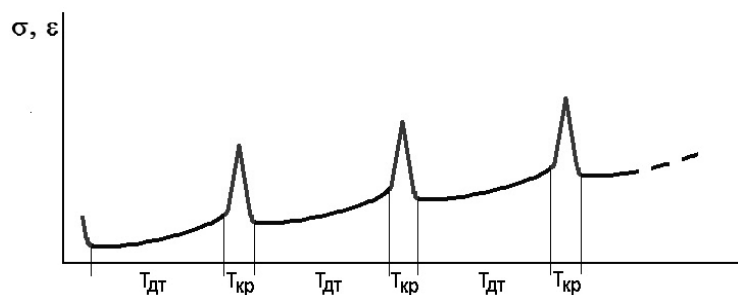


Рис. 1. Схематическое представление эволюции НДС в системе

Важной особенностью статистической модели динамических неравновесных систем, имеющей большое методологическое значение, является их «негауссовость», или распределения с «тяжелыми хвостами». Как справедливо отмечается в [6], эта статистика является универсальной и применима ко многим наукам и видам человеческой деятельности. Из этой модели следует два важных следствия.

Во-первых, неизбежность различного рода катастроф. Движение и развитие в мире определяются соотношением:  $m \approx 1/\lambda_i$ , где

$m$  – количество факторов или параметров фазового пространства, воздействующих на ход событий;  $\lambda_i$  – вероятность судьбоносного события в течение какого-то характерного времени. Благодаря усложнению системы со временем  $m$  растёт, а  $\lambda_i$  становится всё меньше.

Во-вторых, из этой статистики следует «фоновый принцип» или фоновая общесистемная закономерность, которая дает возможность при определенных условиях по изучению фона судить о состоянии всей системы.

Таким образом, общесистемные законы и закономерности показывают, что динамические явления в геологической среде при ведении горных работ в высоконапряженных массивах пород неизбежны, поэтому геодинамический риск не может быть нулевым. Для снижения этого риска, то есть для обеспечения геодинамической безопасности, необходимо:

- на основе инженерно-геологических, геомеханических и технологических моделей осуществлять геодинамический прогноз;
- определять прогностические модели геомеханической эволюции в конкретных горнотехнических системах по данным геодинамического мониторинга, который должен стать неотъемлемой составной частью технологического процесса;
- выявлять индикаторы критического состояния участков геологической среды;
- разрабатывать мероприятия по выводу этих участков из критического состояния.

Некоторые фрагменты изложенной методологии проиллюстрируем на примере Хибинских апатитовых рудников, где возрастание количества техногенных землетрясений свидетельствует об усилении взаимного влияния геомеханических пространств соседних рудников на геодинамический режим геологической среды.

Разработанная геомеханическая модель Хибинского массива позволила определить поле напряжений в переходной зоне между подземным Расвумчоррским рудником и карьером рудника «Центральный» с учетом всех особенностей её тектоники; рассмотреть формирование зон концентраций напряжений и деформаций при применении этажной и подэтажной систем разработки. На основании результатов расчетов НДС рекомендована система с этажным обрушением.

Для оценки геодинамической ситуации во всем мире широко используют автоматизированные системы контроля сейсмичности массива. На настоящее время в условиях Хибинского массива для выделения сейсмоактивных зон предложена методика комплексной оценки баз данных зарегистрированных сейсмических событий, рассчитываемой по формуле:

$$X'' = \frac{I}{N} \sum_{j=1}^N X'_j,$$

где  $N$  – количество отдельных прогностических критериев,  $X'_j$  – значение прогностического критерия [3].

На основании проведенных исследований выполнена классификация сейсмоактивных зон по типам их вероятного развития: растущая, пульсирующая, устойчивая и затухающая, при этом наиболее опасными по динамическим проявлениям горного давления являются первые две.

На рис. 2 показан пример определения типа сейсмоактивной зоны на основе анализа динамики комплексной оценки.

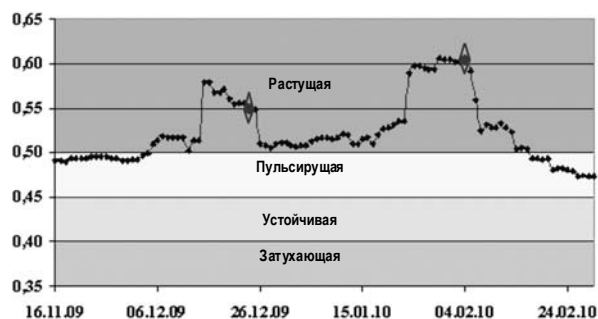


Рис. 2. Пример определения типа сейсмоактивных зон

Анализ динамики комплексной оценки и конфигурации сейсмоактивных зон позволяет определить периоды перехода участков массива пород в опасное или безопасное состояние: уменьшение значений, как правило, свидетельствует о начале перехода участка массива горных пород в безопасное состояние.

Таким образом, управление геодинамическими рисками при разработке месторождений полезных ископаемых – совокупность целенаправленных мероприятий с целью обеспечения безопасности и технико-экономической эффективности горных работ. При этом в некоторых случаях требуется обеспечить устойчивость массива пород и сформированных в его пределах инженерных сооружений на всё время существования горнодобывающего предприятия, например, обеспечение устойчивости бортов карьеров. В других случаях необходимо обеспечить условия самообрушения, либо принудительного обрушения, как при некоторых системах подземной разработки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гольдин С.В. Дилатансия, переупаковка и землетрясения // Физика Земли. – 2004. – № 10.
2. Козырев А.А., Панин В.И., Савченко С.Н. и др. Сейсмичность при горных работах. Коллектив авторов. – Апатиты: КНЦ РАН, 2002.
3. Козырев А.А., Федотова Ю.В., Журавлева О.Г., Звонарь А.Ю., Запорожец В.Ю. Выделение зон повышенной сейсмоопасности по комплексу прогностических критериев // Горный журнал. – 2010. – № 9.
4. Панин В.И. Системные законы и закономерности в геомеханике // Проблемы и тенденции рационального и безопасного освоения георесурсов. – Апатиты-СПб., 2011.
5. Ровинский Р.Е. Самоорганизация как фактор направленного развития // Вопросы философии. – 2002. – № 5.
6. Стаховский И.Р. Самоподобная сейсмогенерирующая структура земной коры: обзор проблемы и математическая модель // Физика Земли. – 2007. – № 12.

**СИСТЕМА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОГО  
МОНИТОРИНГА КАК ОСНОВА УПРАВЛЕНИЯ  
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИМИ РИСКАМИ  
ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОЙ АВТОДОРОГИ  
«АМУР» ЧИТА – ХАБАРОВСК**

**Кондратьев В.Г.**

*Забайкальский государственный университет, Чита,  
тел./факс (3022)265901; НПП «ТрансИГЭМ»,  
Москва, тел./факс (495)7089495, e-mail: v\_kondratiev@mail.ru*

**ENGINEERING-GEOCRYOLOGICAL MONITORING  
SYSTEM AS THE BASE TO CONTROL ENGINEERING-  
GEOCRYOLOGICAL RISKS DURING OPERATION  
OF FEDERAL HIGHWAY “AMUR” CHITA – KHABAROVSK**

*The highway "Amur" is one of the largest modern construction in Russia. Road develops for security of resistance and reliability during its exploitation TransEGEM the methodical document "The concept of system engineering-geocryological monitoring of highway "Amur" (SEGMA "Amur"). In it are in detail described: the frame the SEGMA "Amur" which is powering up blocks: observation; the collecting, handling, analysis, an estimation and storage of the information; the forecast and preparing of protective measures; realization of protective measures; the scheme of operation in time the SEGMA "Amur" providing series of sequenced procedures, organized in cycles of data acquisition of observation, estimations of hazard engineering-geocryological processes, the forecast of their further development, control of unfavorable processes.*

Федеральная автодорога «Амур» Чита – Хабаровск является одной из крупнейших современных строек в России. Ее строительство было начато еще в 1978 г., завершено в 2010 г. Дорога имеет протяженность 2165 км и пересекает с запада на восток Забайкалье и Приамурье – территории с весьма неоднородными геоморфологическими, геолого-тектоническими и ландшафтно-климатическими условиями, что в свою очередь предопределяет значитель-

ную неоднородность инженерно-геокриологических условий трассы. На трассе имеются районы с очень сложными, сложными, относительно сложными и относительно простыми инженерно-геокриологическими условиями. Причем сложность условий в основном определяется наличием и льдистостью многолетнемерзлых пород, их просадочностью при оттаивании, а также пучинистостью при промерзании сезонно-талых и сезонно-мерзлых грунтов.

При строительстве и эксплуатации дороги происходят существенные изменения мерзлотной обстановки и активизируются неблагоприятные инженерно-геокриологические процессы и явления, в частности, термокарст, пучение, солифлюкция, термоэрозия, наледи и др., разрушающие дорогу и создающие предпосылки к снижению скорости и безопасности движения автомобилей. Уже сейчас, всего лишь через 2 года после сдачи дороги в эксплуатацию, около 25% дороги нуждаются в капитальном ремонте и реконструкции и не обеспечивают проектную скорость движения автомобилей 100 км/час.

Для обеспечения устойчивости и надежности автодороги «Амур» необходимы: своевременное выявление закономерностей развития мерзлотных условий на трассе, систематический контроль их динамики и криогенного воздействия на элементы дороги, осуществление защитных мероприятий. Наиболее эффективно это возможно в рамках системы инженерно-геокриологического мониторинга автодороги «Амур» (СИГМА «Амур») [1], краткое изложение которой приводится ниже.

По материалам изысканий ОАО «Иркутскгипродорнии» и других организаций составлена обзорная схема мерзлотно-геоморфологического районирования трассы в масштабе 1:1000000 – 1:2000000 и крупномасштабные врезки на наиболее характерные участки трассы в виде инженерно-геокриологических схем микрорайонирования в масштабе 1:8300 – 1:20000, продольных профилей по автодороге и таблиц, приведенные в [1].

На схеме выделены 6 геоморфологических областей и 5 мерзлотных зон (сплошного распространения вечной мерзлоты, несплошного распространения вечной мерзлоты с островами таликов, островного распространения вечной мерзлоты, редкоостровного распространения вечной мерзлоты, глубокого сезонного промерзания грунтов).

В концепции СИГМА «Амур» разработаны и описаны:

- структура СИГМА «Амур», включающая блоки: наблюдений; сбора, обработки, анализа, оценки и хранения информации; прогноза и разработки защитных мероприятий; защиты (реализации защитных мероприятий);

- схема функционирования СИГМА «Амур», предусматривающая упорядоченные процедуры, организованных в циклы наблюдений, оценки опасности инженерно-геокриологических процессов, прогноза их дальнейшего развития, управления неблагоприятными процессами;

- функциональная структура СИГМА «Амур», состоящая из нескольких подсистем различного назначения и функций: иерархической, объектов мониторинга, функциональной, производственных работ, научно-методического обеспечения и технического обеспечения;

- объект исследований в СИГМА «Амур», состоящий из трех взаимосвязанных частей: геолого-географических условий трассы, мерзлотной обстановки, автодороги;

- комплексная программа организации СИГМА «Амур», призванная обоснованно определить оптимальный состав и последовательность практических действий по организации и функционированию СИГМА «Амур»;

- план реализации комплексной программы организации СИГМА «Амур», предусматривающий три этапа: подготовительный этап, этап создания информационной базы данных, этап функционирования СИГМА «Амур»;

- предложения по организационному обеспечению функционирования СИГМА «Амур».

Регламент инженерно-геокриологического сопровождения эксплуатации автодороги «Амур» предусматривает решение следующих основных задач:

- предупреждение опасного проявления инженерно-геокриологических процессов на основе наблюдений за состоянием земляного полотна и искусственных сооружений и наблюдений за возникновением и развитием этих процессов в полосе отвода земель, а также на основе прогноза их динамики;

- разработку рекомендаций по защите автодороги, преимущественно превентивной, от неблагоприятных инженерно-геокриологических процессов.

На основе [1] необходимо разработать проект создания СИГМА «Амур», в котором следует предусмотреть все организационные, финансовые, методические и технические аспекты инженерно-геокриологического сопровождения эксплуатации автодороги «Амур», в том числе текущего содержания, ремонта, капитального ремонта и реконструкции. Сделать это надо незамедлительно, поскольку автодорога во многих местах уже разрушается под воздействием инженерно-геокриологических процессов.

Вот характерный пример. Участок перехода автодороги «Амур» через руч. Чичон, 247 км, где деформации насыпи высотой до 20 м отмечаются с мая 2001 г., вскоре после сдачи участка в эксплуатацию, по настоящее время. За 12 лет просадка дороги местами составила около 5 м (рисунок), что требовало периодическую досыпку грунта и выравнивание профиля.



**Рисунок. Деформации федеральной автодороги «Амур» Чита-Хабаровск, км 247, вследствие оттаивания льдистых многолетнемерзлых грунтов в основании, апрель 2012 г.**

Поперечными и диагональными трещинами шириной до 15-20 см разбиты проезжая часть дороги, обочины, откосы насыпи, а также поверхность, непосредственно прилегающая к насыпи.

Участок аварийный. Скорость движения автомобилей ограничена до 30-50 км/час при проектной – 100 км/час.

В 2002 г. ТранСИГЭМ обследовал участок и установил, что деформации земляного полотна автодороги здесь происходят из-за деградации льдистых вечномёрзлых грунтов в основании насыпи.

Последующие визуальные мониторинговые наблюдения участка, проведенные в течение 2002-2012 гг., а также материалы буровых (2002, 2005, 2011 и 2012 гг.) и геофизических (2005 и 2011 гг.) работ полностью подтверждают этот вывод.

В основании дороги на участке все еще остается 15-20 м многолетнемерзлого грунта, большей частью льдистого, просадочного и текучего при оттаивании, поэтому деградация вечной мерзлоты и, соответственно, деформации дороги в сложившихся условиях могут продолжаться десятки, если не сотни лет, о чем свидетельствует опыт Забайкальской железной дороги, параллельно которой и проходит автодорога «Амур». Стабилизационные мероприятия на участке должны быть направлены, прежде всего, на прекращение дальнейшей деградации вечной мерзлоты в основании автодороги.

И таких примеров по автодороге «Амур» множество.

Учитывая, что с начала изысканий прошли десятки лет, а строительство автодороги заняло более трёх десятилетий необходимо провести специальное инженерно-геокриологическое обследование автодороги «Амур» для установления реальной геокриологической обстановки в теле и основании земляного полотна, полосе отвода и на прилегающей территории, на площадках искусственных сооружений и выявить закономерности формирования и развития геокриологических условий в зависимости от геолого-географических факторов, конструктивных и технологических особенностей автодороги.

Это позволит разработать мероприятия по управлению инженерно-геокриологической обстановкой на трассе, цель которого – создание оптимальных условий эксплуатации дороги.

Без этого автодорога «Амур», сравнивая с Транссибом и БАМом по значению для развития Забайкалья и Дальнего Востока, будет обречена на перманентный ремонт, постоянные ограничения скорости движения автомобилей и колоссальные в связи с этим финансовые и материальные потери государства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кондратьев В.Г., Соболева С.В. Концепция системы инженерно-геокриологического мониторинга автомобильной дороги «Амур» Чита – Хабаровск: Монография. – Чита: Забтранс, 2010. – с. 176.

## ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНЫМИ РИСКАМИ

*Миронов О.К.*

*Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева, РАН, Москва, Россия,  
495-624-8021, [geoinf@geoenv.ru](mailto:geoinf@geoenv.ru)*

## ECONOMICAL-MATHEMATICAL MODEL OF OPTIMAL NATURAL RISKS MANAGEMENT

*Mathematical model of optimal risk management is based on scenario analysis of protection measures. Optimality criteria are minimization of expenses or minimization of some aspect of the natural risk. Constraints are admissible levels of risks and/or expenses.*

Цель анализа природных рисков – принятие оптимального управленческого решения в условиях неопределенности возможных проявлений опасных природных процессов и ограниченности ресурсов. Разнообразные исследования природных и техногенных опасностей, методов защиты территорий и объектов, способов обеспечения прочностных свойств конструкций, средств предотвращения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, в конечном счете, должны предоставлять информацию для экономического анализа рисков.

Далее рассматривается экономико-математическая модель оптимального планирования в условиях риска.

Риск в описываемой модели понимается как математическое ожидание ущерба. Различные аспекты ущерба выражаются в соответствующих единицах измерения, например:

- экономический – в стоимостном выражении;
- технологический – в натуральных показателях, описывающих функционирование объекта – доля повреждений, время, в течение которого не функционировало важное оборудование и т. п.;

- социальный – число погибших или пострадавших людей.

Предполагается, что в сфере управления находится некоторое количество объектов, подверженных воздействию опасных процессов. В качестве объектов могут выступать отдельные объекты техногенной инфраструктуры (дома, дороги, промышленные предприятия) или территории, на которых находятся эти объекты. Объекты считаются разбитыми на классы, для каждого из которых и каждого аспекта рисков расчет производится независимо. При желании все аспекты риска могут быть сведены к одному, как правило, стоимостному, однако правила приведения требуют дополнительного обоснования.

Для расчета риска индивидуального объекта (класса объектов) должны быть определены следующие величины:

$I$  – число сценариев развития опасного процесса. Сценарии должны образовывать множество элементарных событий в смысле теории вероятности, то есть один сценарий должен полностью исключать другие. Например, корректное множество сценариев землетрясений может состоять из ситуаций "землетрясение силой от  $n$  до  $(n+1)$  баллов,  $n=0,1,\dots,11$ ", а некорректное – "землетрясение силой более  $n$  баллов".

$p_i$  – вероятность реализации  $i$ -го сценария,  $i=1,\dots,I$ .

$J_i$  – число сценариев воздействия опасного процесса на объект при реализации  $i$ -го сценария развития опасного процесса,  $i=1,\dots,I$ .

$q_{ij}$  – вероятность реализации  $j$ -го сценария воздействия при реализации  $i$ -го сценария развития процесса,  $i=1,\dots,I$ ,  $j=1,\dots,J_i$ .

$A_{ij}$  – ущерб в единицах выбранного аспекта риска при реализации  $j$ -го сценария воздействия на объект при реализации  $i$ -го сценария развития опасного процесса,  $i=1,\dots,I$ ,  $j=1,\dots,J_i$ .

Тогда риск (математическое ожидание ущерба) для данного объекта рассчитывается по формуле

$$R = \sum_{i,j} p_i q_{ij} A_{ij} \quad (1)$$

Сценарии развития опасных процессов и соответствующие вероятности определяют специалисты по опасным процессам (сейсмологи, метеорологи, инженер-геологи и др.).

Сценарии воздействия процессов на объекты (в том числе и синергетические) определяют специалисты по промышленной и социальной безопасности.

Величины материального ущерба определяют экономисты, технологи и специалисты спасательных служб.

С точки зрения лица, принимающего решение (ЛПР), управление рисками происходит в одной из следующих ситуаций.

1. Имеется совокупность находящихся в опасности объектов. Задача состоит в определении оптимальной стратегии проведения мероприятий по уменьшению риска и выработке соответствующего бюджета.

2. Проектируется объект, подлежащий эксплуатации в опасных условиях. Задача состоит в оптимальном выборе проектного решения, в том числе и на время создания объекта.

В 1-м случае в распоряжении ЛПР имеется некоторый набор мероприятий, каждое из которых характеризуется своей стоимостью и способом и результатом воздействия на ситуацию:

а) воздействие на процесс – изменение набора сценариев развития опасного процесса и распределения соответствующих вероятностей реализации сценариев развития процесса;

б) воздействие на защищаемый объект – изменение набора сценариев воздействия опасного процесса на объект и распределения соответствующих вероятностей;

в) воздействие на последствия воздействия процесса (страхование, усиление спасательных служб и т. п.).

Далее в модели управления рисками предполагается, что все эти 3 типа мероприятий могут проводиться независимо друг от друга, то есть для реализации управляющего воздействия может быть выбрана любая их комбинация. Для анализа рисков варианты в каждой группе мероприятий считаются взаимоисключающими, то есть должен быть выбран единственный вариант. В каждой группе должен присутствовать вариант отказа от воздействий.

Для нового объекта действия по управлению рисками должны включаться в проект как составная часть.

Для каждого варианта мероприятий и проектных решений должен быть рассчитан риск по формуле (1).

В краткосрочной модели управления рисками расчет оптимального решения проводится на один период планирования (например, год).

В распоряжении ЛПР имеются следующие виды мероприятий по снижению рисков:

1. Воздействие на опасный природный процесс –  $K$  вариантов. Если воздействие на процесс невозможно или не рассматривается, то  $K=1$ . Результатом воздействия на процесс является изменение величин вероятностей для сценариев развития опасного процесса.

Обозначим

$p_i^{(k)}$  – вероятность реализации  $i$ -го сценария развития процесса при  $k$ -м варианте воздействия на процесс,  $i=1, \dots, I$ ,  $k=1, \dots, K$ ;

$T_k$  – стоимость  $k$ -го варианта воздействия на процесс,  $k=1, \dots, K$ .

2. Воздействие на восприятие опасного процесса –  $L$  вариантов. Если воздействие на восприятие опасного процесса невозможно или не рассматривается, то  $L=1$ . Результатом воздействия на процесс является изменение величин вероятностей реализации сценариев воздействия для различных сценариев развития опасного процесса. Обозначим

$q_{ij}^{(l)}$  – вероятность реализации  $j$ -го сценария воздействия на объект при реализации  $i$ -го сценария развития опасного процесса при применении  $l$ -го варианта воздействия на восприятие опасного процесса  $i=1, \dots, I$ ,  $j=1, \dots, J_i$ ,  $l=1, \dots, L$ ;

$U_l$  – стоимость  $l$ -го варианта воздействия на восприятие опасного процесса,  $l=1, \dots, L$ .

3. Воздействие на результат восприятия опасного процесса –  $M$  вариантов. Ущерб от воздействия опасного процесса рассчитываются в  $N$  аспектах. Обозначим

$A_{nij}^{(m)}$  – ущерб  $n$ -го аспекта при реализации  $j$ -го сценария воздействия на объект  $i$ -го сценария развития опасного процесса при применении  $m$ -го варианта воздействия на результат восприятия опасного процесса  $i=1, \dots, I$ ,  $j=1, \dots, J_i$ ,  $m=1, \dots, M_i$ ,  $n=1, \dots, N$ .

$V_m$  – стоимость  $m$ -го варианта воздействия на результат восприятия опасного процесса.

Доступные варианты управления рисками описываются наборами индексов вариантов воздействия на опасный процесс, его восприятие и результат восприятия  $(k, l, m)$ ,  $k=1, \dots, K$ ;  $l=1, \dots, L$ ;  $n=1, \dots, N$ . Для каждого варианта мероприятий рассчитываются:

Стоимость  $S_{(k, l, m)} = T_k + U_l + V_m$

Риск в  $n$ -м аспекте  $R_{n,(k, l, m)} = \sum_{i,j} p_i^{(k)} q_{ij}^{(l)} A_{nij}^{(m)}$

В качестве ограничений модели могут быть заданы величины приемлемого риска  $B_n$  для  $n$ -го аспекта риска,  $n=1, \dots, N$ , и величина максимальных допустимых затрат  $C$ .

Предлагаются 2 постановки задачи оптимального управления рисками:

1. Определить набор мероприятий (найти набор индексов  $(k, l, m)$ ), при которых достигается минимум затрат

$$S_{(k, l, m)} = T_k + U_l + V_m \Rightarrow \min,$$

при соблюдении условий приемлемости рисков во всех аспектах:

$$R_{n,(k, l, m)} \leq B_n, \quad n=1, \dots, N.$$

2. Определить набор мероприятий (найти набор индексов  $(k, l, m)$ ), при которых достигается минимум риска  $q$ -го аспекта

$$R_{q,(k, l, m)} \Rightarrow \min$$

при соблюдении приемлемых величин остальных аспектов рисков:

$$R_{n,(k, l, m)} \leq B_n, \quad n=1, \dots, N, \quad n \neq q$$

и ограничения затрат:

$$S_{(k, l, m)} = T_k + U_l + V_m \leq C.$$

В обоих случаях задача решается полным перебором вариантов индексов  $(k, l, m)$ . Общее число вариантов равно  $K \cdot L \cdot M$ .

Объем исходной информации для задачи пропорционален  $K+L+M$ . На практике рассматриваемое число вариантов воздействия не слишком велико, поэтому решение задачи оптимизации не должно встречать вычислительных трудностей.

При переходе к долгосрочному (перспективному) управлению рисками необходимо преодолеть следующие дополнительные содержательные трудности.



1. Модели должны описывать сценарии развития опасного процесса как случайные *процессы*, а не только вероятностные пространства. Важно учесть возможные корреляции между развитием процесса в разные моменты времени.

2. При определении затрат для разных вариантов управляющего воздействия они должны быть разделены на капиталовложения и текущие эксплуатационные затраты.

3. Требуется процедура учета разновременных затрат и ущерба (дисконтирование).

## ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНЫМИ РИСКАМИ

*Музалевский А.А., Карлин Л.Н.*

*Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт Петербург, Россия, тел.(812) 4444163,  
e-mail: [rector@rshu.ru](mailto:rector@rshu.ru) e-mail: [muzalev@rshu.ru](mailto:muzalev@rshu.ru)*

## PRINCIPLES OF CONSTRUCTION AND ORGANIZATIONAL STRUCTURE OF NATURAL RISK-MANAGEMENT SCHEME

*In the article base elements and a configuration of the scheme of an assessment and management of natural risks are presented. The scheme is developed taking into account two basic concepts of management by risks – behavioural and structural. The scheme includes actions, steps, procedures and actions with which help in case of realisation of any scenario of development of the dangerous natural phenomena the decision-making system will be capable to organise process of identification of an assessment and management of risks and to provide comprehensible level of safety of controllable territory and the people living on it.*

**1. Возможные подходы к решению задачи управления природными рисками ЧС.** В соответствии с двумя главными факторами природного риска – *характером опасного явления и*

*уязвимостью населения* существуют и две основные концепции управления природными рисками [1-5].

Согласно первой из них, называемой *поведенческой* (ныне господствующей), снижение риска следует осуществлять путем борьбы с самими опасными явлениями, применяя для этого разнообразные технические и технологические средства. Последние, и только они, как полагают приверженцы этой концепции, могут "улучшить", "исправить" опасный феномен и минимизировать риск.

Вторая концепция, получившая название *структурной*, исходит из того, что решение проблемы аварий, катастроф и стихийных бедствий следует обеспечивать путем оптимизации социально-экономических условий и, таким образом, уменьшения уязвимости населения.

Среди элементов такого управления риском природных опасных явлений должны быть следующие шаги или этапы [3,4]:

- 1) зонирование территории по степени опасности;
  - 2) организация хозяйственного освоения территории с учетом природных рисков;
  - 3) регулярный мониторинг опасных явлений;
  - 4) сооружение защитных средств;
  - 5) оперативное противодействие опасному явлению (всеми доступными мерами) со стороны администрации накануне и во время его развития;
  - 6) адекватное образование, обучение и информация лиц, отвечающих за безопасность территории.
- В случае управления природным риском следует обратить внимание на компоненты риска, которые важны в практическом плане. Эти компоненты следующие:
- Вероятность возникновения опасного события (фактора).
  - Неопределенность в оценке этой вероятности.
  - Величина возможного ущерба вследствие возникновения того или иного опасного фактора.
  - Неопределенность в оценке возможного ущерба.

**2. Принципы построения общей схемы управления природными рисками.** Организованные в единое целое действия, мероприятия, шаги, процедуры и т.д. по оценке и управлению рисками

ми можно рассматривать в виде некоторой схемы. В основу построения такой схемы предлагается положить ряд принципов [3,4].

1. Принцип целостности – действия, условия и мероприятия должны быть направлены на достижение одной конкретно поставленной цели.

2. Принцип системного подхода – территория, расположенные на ней объекты и проживающее население должны рассматриваться как единое целое – система.

3. Стратегия при планировании мероприятий по снижению рисков – минимизация числа человеческих жертв.

4. Тактика при планировании мероприятий по снижению рисков – минимизация материального ущерба, ущерба здоровью человека и ущерба окружающей среде.

5. Принцип экологического императива – планируемые мероприятия должны строиться на минимизации наносимого окружающей среде ущерба.

6. Принцип приоритета здоровья человека – планируемые мероприятия должны организовываться так, чтобы обеспечивалась минимизация ущерба здоровью человека, попавшего в опасное природное явление.

7. Принцип управления: риск – затраты – выгода.

8. Принцип локального реагирования – проведение мероприятий и ответственность за их последствия ложатся на местные органы власти.

9. Принцип упреждения и предотвращения опасных природных явлений – оценка источников опасности и связанных с ними рисков, с последующим возможным прогнозированием и предотвращением, должны лежать в основе всех планируемых и проводимых мероприятий по снижению рисков.

10. Принцип осознанного выбора риска – мероприятия должны строиться на признании права людей и организаций идти на сознательное проживание и осуществление определенных видов деятельности в условиях повышенной опасности.

Решение проблемы управления природными рисками и надежного прогнозирования природных катастроф требует создания эффективной информационной технологии для ее внедрения в системы мониторинга окружающей среды и интересующих нас явлений и объектов.

### **3. Содержание схемы оценки и управления природными рисками**

Разработка общей схемы научно-методических основ планирования мероприятий по снижению природных рисков требует формулировки следующих положений [3,4]:

1. Определение и структуризация целей при планировании мероприятий по снижению природных рисков;

2. Определение основных структурных уровней в общей схеме;

3. Определение основных подсистем общей схемы по планированию мероприятий по снижению рисков;

4. Определение возможных механизмов снижения рисков на современном уровне знаний;

5. Определение основных этапов реализации мероприятий по снижению рисков;

6. Определение приоритетов при реализации каждого основного этапа в процессе осуществления намеченных мероприятий.

Схема управления природными рисками должна быть построена с учетом следующих требований:

1. Предлагаемая схема не должна быть громоздкой.

2. Количество подсистем и количество элементов системы должно быть минимальным.

3. Каждый элемент и каждая подсистема общей схемы должны иметь четкое функциональное назначение.

4. Между элементами и подсистемами общей схемы должны быть выделены четко определенные прямые и обратные связи.

5. Жизнеспособность схемы должна быть обеспечена достаточным количеством необходимых данных.

6. К числу мероприятий по снижению рисков должны быть отнесены только такие, которые реально могут быть обеспечены органами власти соответствующего уровня.

Одновременно с этим следует отметить, что наибольший эффект и наилучшая работоспособность предлагаемой схемы могут быть достигнуты в том случае, если будет совершен переход к:

1) новой организационной структуре системы управления природными рисками;

2) новой системе показателей, адекватно отражающих природу и динамику развития опасного природного явления;

3) новым информационным системам поддержки принятия решений;

4) новым форматам представления информации для систем поддержки принятия решений.

**Заключение.** Реальное воплощение предлагаемых идей требует дальнейших скоординированных усилий представителей различных наук. Для успешного продвижения к достижению цели требуется провести дополнительные исследования и решить ряд организационно-технических задач, связанных с особенностями конкретного опасного природного явления.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев Ю.Л. Основы формирования и реализации государственной политики в области снижения рисков чрезвычайных ситуаций. Москва: "Деловой экспресс", 2000. 247 с.

2. Григорьев А.А., Кондратьев К.Я. Экодинамика и геополитика. Том 2. Экологические катастрофы. Санкт-Петербург, 2001. 687 с.

3. Музалевский А.А., Яйли Е.А. Риск: анализ, оценка, управление. Научное издание. РГГМУ. Санкт-Петербург, 2008. 232 с.

4. Музалевский А.А., Карлин Л.Н. Экологические риски: теория и практика. Научное издание. РГГМУ. Санкт-Петербург, 2011. 480 с.

5. Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций. Учеб. пособие для Органов управления РСЧС. Под общей ред. Ю.Л. Воробьева. Москва, 2002. 340 с.

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ТЕРРИТОРИЯХ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЮ ОПОЛЗНЕЙ

*Ранова С.У.*

*ТОО "Институт Географии", Алматы, Казахстан  
тел. 8(727)2939648, факс 8(727)2918102,  
e-mail: [Sandu2004@mail.ru](mailto:Sandu2004@mail.ru)*

## ASSURANCE OF PERSONAL AND SOCIAL SAFETY IN THE TERRITORIES SUBJECTED TO LANDSLIDES INFLUENCES

*In the article measures for management of landslides risks during the periods before landslide occurrence, in the period of danger and of the main stage of landslide development and during the periods after landslides occurrence are considered.*

Оползни широко распространены в низкогорной и предгорной зонах Алтая, Жетысуского Алатау и Тянь-Шаня, а также по долинам крупных рек: Ертыса, Тобыла, Есиля, Жайыка и на чинках плато Устирт. В зонах массового проживания людей, вблизи населенных пунктов и дачных массивов Юго-Восточного Казахстана насчитывается 106 оползнеопасных участков, в зонах непосредственного воздействия оползней постоянно проживает более 2600 человек.

Формирование оползневых явлений, в горных районах Юго-Восточного Казахстана, в одних случаях связаны непосредственно с сейсмическим воздействием, в других они обусловлены геолого-геоморфологическими, гидрогеологическими условиями и атмосферными осадками, и, наконец, большое влияние на развитие оползней оказывают техногенные факторы [1]. Наблюдающаяся в последнее время активизация оползневых явлений связана с увеличением техногенной нагрузки в ходе интенсивного освоения горных и предгорных районов, которое сопровождается строительством жилых комплексов и объектов инфраструктуры на оползнеопасных участках.

До последнего времени мероприятия по защите от оползней в горных районах Юго-Восточного Казахстана проводились в весьма ограниченном масштабе. Они осуществлялись в основном при строительстве объектов линейного типа.

Следует отметить, что не все они достигли намеченной цели. Уже сегодня ясно, что здесь необходимо проведение исследований в отношении устойчивости оползнеопасного склона и осуществление постоянного наблюдения – мониторинга за характером ее развития. На рисунке приведен пример разрушения здания канатной дороги на горе Коктобе в окрестностях г. Алматы. Эти разрушения

произошли под действием вибродинамического эффекта (работа канатной дороги), который активизировал оползневой процесс.



Рис. Разрушение строений на вершине г. Коктобе.

В ноябре 2011 г. на северо-западном склоне горы Коктобе, сложенном лессовидным суглинком, образовалась трещина отрыва глубиной 2,5-3 м, шириной 30 см. Спускным механизмом для смещения грунта стало переувлажнение, подрезанного дорогой склона, дождевыми и талыми водами.

Управленческие противооползневые мероприятия весьма разнообразны по задачам, масштабам, объектам и субъектам управления и по времени их реализации.

Превентивные управленческие мероприятия осуществляют-ся **до возникновения оползня и активной стадии его развития**. К ним относятся:

- Пространственно-временная оценка оползневого риска, с формированием геоинформационной базы данных по оползнеопасным территориям и созданием комплекса специализированных тематических оценочно-прогнозных и рекомендательных карт.
- Осуществление комплекса природоохранных и лесомелиоративных работ.
- Регулирование поверхностного стока водоотводами для уменьшения увлажненности.

- Планировка рельефа, которая включает в себя срезку различных выступов, валов, бугров, засыпку ям, углублений, впадин, а также заделку трещин с целью повышения устойчивости склонов.

- Комплекс инженерно-технических мероприятий по уменьшению сдвигающих сил.

*Перераспределение масс горных пород* является одним из широко применяемых приемов обеспечения устойчивости оползней. Для этого производят срезку пород в активной части оползня или одновременно срезку в активной и отсыпку в пассивной (подошвенной) части оползня в виде банкета или контрбанкета [2].

*Укрепление склонов подпорными сооружениями.* Опыт борьбы с оползнями показывает, что во многих случаях весьма эффективным является устройство различных упоров, противодействующих движению масс горных пород.

*Приложение внешних сил. Контрфорсы и упорные призмы.*

Проектируя контрфорсы или упорные призмы для обеспечения устойчивости откоса, предполагают создать достаточный объем искусственных масс в подошве неустойчивого массива грунта, чтобы воспрепятствовать его движению.

*Свайные конструкции.*

Во многих городских районах уположение откосов или возведение упорных насыпных призм для их укрепления неосуществимо. Строгое соблюдение границ отчуждения, присутствие частных жилых и промышленных зданий предъявляют особые требования к решению проблем устойчивости. В этом случае хорошим мероприятием является создание до проходки котлована предохранительных ограждений из свай большого диаметра. Свайные стены проектируются с таким расчетом, чтобы полностью воспринять давление грунта, возникающее при проходке котлована.

*Комбинированные способы укрепления.*

На практике во многих случаях применяют одновременно несколько описанных выше укрепительных мероприятий. Для увеличения удерживающих сил в дополнение к водоотводам устраивают подпорные грунтовые призмы; такое сочетание способствует увеличению устойчивости откосов во времени [3].

- Мониторинг, страхование, контроллинг, консалтинг.

Система управления оползневыми рисками должна включать:

- участие в разработке градостроительных и иных планов освоения территорий с целью учета в них оползневой опасности;
- участие в согласовании отводов земель для использования в сельскохозяйственных и строительных целях с учетом степени подверженности воздействию оползневым процессам, оценки потенциального оползневого риска;
- выявление несанкционированного размещения объектов в зонах возможного воздействия оползней, и принятие мер по их передислокации;
- контроль антропогенных факторов, способных активизировать оползневые процессы и принятие мер по их снижению;
- контроль подготовленности к действиям служб оповещения, экстренного реагирования и ликвидации последствий на случаи активизации оползневых процессов и схода оползней;
- контроль выполнения предписаний о необходимости проведения индивидуальных оползнезащитных мероприятий на объектах в зоне оползневой опасности; контроль своевременности выполнения защитных мероприятий;
- контроль состояния противооползневых защитных сооружений.

**В период угрозы и основной стадии развития оползней** проводится комплекс оперативных и организационно-хозяйственных действий экстренного характера.

**Оповещение** об ожидаемом сходе оползней проводится путем передачи информации лицам, принимающим решения по управлению оползневыми рисками, а затем по их распоряжению – до реципиентов.

**Аварийно-спасательные работы.** При оползневых процессах, характеризующихся малыми скоростями движения (оползни скольжения, выдавливания, выплывания и др.), аварийно-спасательные мероприятия, вводимые в действие с момента поступления информации об активизации оползневых процессов, должны быть направлены на изменение траекторий их распространения и вывод объектов из зон воздействия. В случае возникновения оползней с большими скоростями смещения (оползни те-

чения, сплывы, оплывины и т.д.) главной целью действий сил экстренного реагирования является спасение жизни людей, ликвидация чрезвычайных ситуаций и предотвращение возникновения вторичных опасных процессов природного и техногенного характера.

**В постоползневой период** выполняется комплекс мероприятий по оценке и возмещению ущерба, ликвидации последствий, анализу работы противооползневой системы защиты и корректировке схемы.

Целью работ по *ликвидации последствий схода оползней* является создание условий жизни населения и функционирования объектов хозяйствования, адекватных существовавшим до схода оползня.

**Оценки ущерба**, нанесенного оползневыми явлениями, должны производиться в зонах как прямого, так и косвенного их воздействия.

**Возмещение ущерба** должно осуществляться на основе произведенных его оценок из средств страховых и специальных государственных фондов.

**Анализ произошедшего оползневого явления** должен проводиться в целях получения новых знаний о природе явления и характеристиках, извлечения уроков из действий существующей системы управления оползневой опасностью, выявления необходимости и путей ее совершенствования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Емельянова Е.П. Основные закономерности оползневых процессов. – М.: Недра, 1972. – 308 с.
2. Баринев А.В. Чрезвычайные ситуации природного характера и защита от них. – М.: ВЛАДОС-ПРЕСС, 2003. – 496 с.
3. Шустер Р., Кризек Р. Оползни. Исследование и укрепление. – М.: Мир, 1981. – 368 с.

## УПРАВЛЕНИЕ ПРИРОДНЫМИ РИСКАМИ

*Светлосанов В.А., Кудин В.Н.*

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
Географический факультет, Москва, Россия, тел. (8903)1293679,  
факс (499)9392115, e-mail: [ysvetlos@mail.ru](mailto:ysvetlos@mail.ru); тел. (8916)4332411,  
e-mail: [kudin\\_vn@mail.ru](mailto:kudin_vn@mail.ru)*

### MANAGEMENT OF NATURAL RISKS

*The interaction between risk and sustainable development of regions is considered. The calculation of risk and sustainable development for Kirovsk – Apatite region is discussed.*

Проблема рационального природопользования является проблемой управления состояниями окружающей среды на основе детального изучения человеком существующих в системе динамических процессов. Общепринято считать, что риск – неотъемлемая часть функционирования всех живых существ. Риск того или иного нежелательного события сопровождает практически каждое действие человека. Поэтому следует научиться оценивать «риск» возможного нежелательного события.

К природным рискам относятся риски, связанные с загрязнением окружающей среды, истощением природных ресурсов, различные природные катаклизмы.

Существует три разных подхода к определению понятия «риска» [3]: 1 – Риск это вероятность наступления некоторого события, причиняющего социальный или материальный ущерб. Для риска часто характерны неожиданность, относительная внезапность наступления опасной ситуации. 2 – Риск это ущерб (потери, убыток), полученный в результате наступления какого – либо события. 3 – Риск это произведение вероятности какого либо события на величину ущерба, полученного в результате свершения этого события.

Как видно из второго и третьего определений понятие риска тесно связано с величиной ущерба.

Понятие риска также тесно связано с понятиями опасности и безопасности [9]. Опасность – это возможная реализация нежелательных событий и процессов. Экологическая опасность – это возможная реализация в окружающей среде процессов, ухудшающих состояние окружающей среды.

Нас интересуют проблемы безопасности человека и окружающей среды. Для количественного измерения опасностей используется «шкала», проградированная в единицах риска. Усредненной единицей измерения экологической безопасности общества в целом может служить показатель, который объединяет в себе здоровье нации. Одним из таких показателей здоровья может служить средняя продолжительность жизни населения [1]. Эта характеристика является функцией социально-экономического развития общества, уровня медицины, качества окружающей человека среды. В качестве конкретной характеристики используют величину  $(89 \pm 5)$  лет. Здоровье нации тем хуже, чем дальше от этой величины (в меньшую сторону) находится средняя продолжительность жизни населения.

Если взять за основу первое вышеприведенное определение «риска», то количественная оценка риска – это численное значение вероятности появления нежелательных процессов, явлений, событий. Вопрос в том, как делать количественный расчет этой характеристики.

Предположим, что есть возможность рассчитать риск проявления некоторого явления, которое несет определенный экономический ущерб. Рассмотрим стратегии, которые могут быть выбраны лицом, принимающим решение (ЛПР). Рассмотрим следующие варианты: 1 – риск мал, причиненный ущерб тоже мал; 2 – риск мал, ущерб большой; 3 – риск большой, ущерб малый; 4 – риск большой, ущерб большой.

Практический интерес представляет 2 и 4 варианты. В тех случаях, когда возможно управление в системе, следует попробовать в варианте 4 либо уменьшить риск, либо уменьшить ущерб. Если ущерб уменьшить невозможно, то следует проанализировать варианты уменьшения риска. Для этого, скорее всего, потребуются определенные финансовые затраты. Поэтому надо понять, насколько приемлемы эти затраты.

Если ущерб чисто экономический, то возможен следующий вариант решения. Предположим, что имеется предприятие, работа которого может нанести вред окружающей среде в результате какого – либо ЧП (авария на производстве, аварийный выброс, пожар и т.п.). Ущерб требует компенсации, т.е. экономических затрат.

Предположим, что потенциальная оценка возможного ущерба составит 1 млн. рублей. Т.к. ущерб надо компенсировать, то один из вариантов заключается в том, что руководство производством данную сумму «замораживает», т.е. не использует в производстве, а держит на некотором резервном счету. Однако, такая стратегия предприятию экономически невыгодна. Предприятие может поступить по-другому – заключить экологическое страхование. Суть данного действия в том, что, если риск мал (скажем 0.05), а ущерб большой (1 млн. руб.), то предприятие может отдавать сумму в размере 50000 руб. ежегодно страховой компании, которая в случае наступления нежелательного события возьмет на себя покрытие нанесенных убытков.

В принципе, это означает, что деятельность предприятия должна быть экономически выгодной, т.е. прибыль предприятия должна легко компенсировать расходы, в том числе и потенциальные, связанные со страхованием.

Рассмотрим теперь гипотетическую ситуацию, когда предприятие имеет несколько рисков, каждый из которых несет определенный экономический ущерб. Пусть суммы, которые надо платить страховой компании, соизмеримы с доходами, которые имеет предприятие. Это означает, что страховать все риски экономически трудно, можно застраховать только часть из них. Какая стратегия может быть выбрана в этом случае?

Выбор стратегии можно сделать, используя теорию игр. Для решения задачи надо составить так называемую матрицу игры, элементами которой будут цифры, полученные в результате произведения вероятности неблагоприятных событий на величину ущерба, который будет нанесен предприятию в случае свершения тех или иных аварий. Страхование неблагоприятных событий изменит некоторые коэффициенты матрицы. Теория игр позволяет найти оптимальную стратегию и рассчитать оптимальное количе-

ство средств, необходимых для страхования на случай возможных аварий на производстве.

Попробуем теперь установить связь между риском и устойчивым развитием какой-либо территории.

Большой интерес представляют работы, связанные с количественной оценкой результатов антропогенного воздействия и разработками моделей перехода территорий на устойчивое развитие. Структура региональной математической модели социального и экономического развития с учетом экологических факторов на примере Кировско-Апатитского региона рассмотрена в работах [8], [2]. Имеются некоторые предельные значения характеристик Кировско-Апатитского региона, достижения которых соответствует резкому ухудшению состояния системы, т.е. система теряет свою устойчивость. Предположим, что в системе есть возмущения, которые могут привести систему в состояние неустойчивости. Требуется оценить риск перехода экосистемы в состояние неустойчивости за определенный интервал времени. В рассматриваемом случае риск соответствует вероятности перехода системы из одной точки фазового пространства, где находится система в начальный момент времени, в критическую область пространства, где система становится неустойчивой. На модели разыгрываются различные сценарии и оцениваются вероятности перехода системы в неустойчивые области.

Численное значение данной вероятности характеризует «риск» системы стать неустойчивой. Управление риском заключается в оценке экономических затрат, необходимых, чтобы риск перехода Кировско-Апатитского региона в неустойчивую область не превышал значения, определенного как «приемлемый риск».

При моделировании природных систем следует добиваться устойчивого развития природных процессов. Раз речь идет об «устойчивом» развитии, то надо понять, какое развитие следует считать «устойчивым» [5-6].

В последние годы все большее внимание исследователей, использующих обыкновенные дифференциальные уравнения, привлекают так называемые «странные аттракторы», которые имеют дело с порогами устойчивости и с «точками бифуркации», т.е. связаны с понятием устойчивости. Особенностью является то, что в

«точках бифуркации» динамическая система становится неустойчивой относительно флуктуаций [7].

Переход через точку бифуркации во многом может быть рассмотрен как случайный процесс, сравнимый с бросанием монеты. Случайность (хаос) в какой – то степени всегда управляет динамикой экосистем. Роль хаоса в точках бифуркации весьма велика. Анализ вопросов взаимоотношения хаоса и порядка дается в книге Нобелевского лауреата И. Пригожина с соавтором [4].

Для оценки устойчивого развития могут быть успешно использованы математические методы и подходы. Примером могут служить мировые динамические модели. При анализе мировых моделей имеется немало трудностей, но, если определить критические значения компонентов и величин, то сценарные варианты мировых моделей могут быть использованы для оценки устойчивого развития.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вацалова Т.В., Петрова Е.,Г., Кудин В.Н., Светлосанов В.А., Симакин В.В. Расчет средней продолжительности жизни как функции состояния окружающей среды. В материалах международной конференции InterCarto 8, 2002, с. 384-387.
2. Куликов А.Н., Светлосанов В.А. Методика построения математической модели социально-экономического развития Кировско-Апатитского района Мурманской области с учетом экологических последствий // Экологические системы и приборы. – 2005. – № 5. – С. 41-43.
3. Мягков С.М. География природного риска. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – С. 221.
4. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса (Новый диалог человека с природой). – М.: изд-во «Едиториал УРСС», 2003. – 310 с.
5. Светлосанов В.А., Кудин В.Н., Куликов А.Н. О критериях оценки устойчивого развития региона. Юг России: Экология, развитие. – 2008. – №1. – С. 6-14.
6. Светлосанов В.А., Кудин В.Н., Куликов А.Н. О понятиях «устойчивость» и «устойчивое развитие» // Экологические системы и приборы. – 2006. – №7. – С. 11-15.
7. Светлосанов В.А., Куликов А.Н., Кудин В.Н. Логистическая кривая – порядок и хаос в природных системах // Экологические системы и приборы. – 2009. – №7. – С. 31-41.

8. Светлосанов В.А., Мыслев И.Б. Математическая модель социально – экономического развития Кировско – Апатитского района (компьютерные эксперименты) // Вестник МГУ, сер. геогр. – 1991. – №4.

9. Экология. – М.: Изд-во «Знание», 1999. – 287 с.

#### ПРОБЛЕМА ИНДУЦИРОВАННОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ ГЛУБОКОВОДНЫХ АНГАРСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ

*Таилыкова Т.А.*

*Институт земной коры СОРАН, Иркутск  
89645441803, tta1964@mail.ru*

#### PROBLEM OF INDUCED SEISMISITY IN ANGARA DEEP RESERVOIRS

*The creation and the performance operation of Angara deep-water reservoirs have disturbed the existing balance of nature (isostasy), and served as trigger for the regular discharge of the accumulated elastic energy in the form of creation and manifestation of low and high induced seismicity.*

Создаваемые человеком водохранилища представляют собой сложные природно-технические водные объекты, имеющие разные назначения. Кроме того, они динамично развиваются и как природные объекты, хотя создаются и управляются человеком. Изменения в природной среде от создания водохранилищ проявляются практически во всех частях геосферы, приводя к значительной трансформации.

По мере увеличения числа создаваемых водохранилищ в мире (особенно больших) стали накапливаться материалы, позволяющие предполагать, что наполнение некоторых из них интенсифицировало сейсмический процесс на прилегающих к ним территориях [4]. В первые годы после создания таких водохранилищ было трудно установить их роль в изменении сейсмической активности территории, так как специальных наблюдений в этих районах не проводилось. Предположение о зависимости землетрясений от создаваемых водохранилищ впервые было высказано Кар-



дером [1], на основании проведенных исследований в районе наполненного водохранилища Мид с водным объемом порядка  $35 \text{ км}^3$  и глубине до 140 м, являющимся в середине 40-х годов XX века крупнейшим антропогенным водоемом в мире.

В дальнейшем тесная связь между режимом уровней воды и сейсмичностью района установлена в 60-х годах прошлого века в зоне глубоководного (более 250 м) водохранилища Вайонт на р. Пьяве в Италии. Десятью годами позже с наполнением Нурекского водохранилища отмечено резкое увеличение сейсмической активности прилегающей к водоему территории [2].

Привлечение внимания к изучению появившегося в результате техногенной деятельности данного нежелательного явления способствовали нередко катастрофические последствия землетрясений, вызванные наполнением водохранилищ на реках Ахелоос в Греции (1965 г.), Койна в Индии (1967 г.).

После окончания Великой Отечественной войны в нашей стране, как и в мире, начался новый этап строительства водохранилищ, в том числе и в азиатской части страны. Началось интенсивное освоение массовых водных и дешевых гидроэнергетических ресурсов Восточной Сибири путем строительства каскада ГЭС на Ангаре и размещения на прилегающей территории ряда центров энергоемкого производства, сопутствующей инфраструктуры на фоне дальнейшего освоения природных богатств края.

Гидроэнергетика – современная отрасль, осваивающая перспективные и экологически чистые источники энергии для развития производительных сил общества. При этом она более эффективна, когда при гидроузле расположено напорное водохранилище, которое увеличивает степень энергетического использования природного стока и обеспечивает гарантированную выработку электроэнергии путем сработки уровня водоема в течение всех сезонов года. В такой ситуации повышается экономическая эффективность и рентабельность самого гидроузла. Однако в результате эксплуатации водохранилищ именно энергетического назначения происходит особый техногенный прессинг геологической среды с соответствующим ее откликом.

С созданием и последующей эксплуатацией крупнейших в мире глубоководных Братского и Усть-Илимского водохранилищ нарушилась геодинамическая обстановка территории, с регистра-

цией порядка 150 сейсмособытий 7-11 энергетических классов (Кэ), что является общепризнанным фактом. Однако доказательств присутствия индуцированной сейсмичности в районе ангарских водохранилищ до сих пор не было!

Существует три точки зрения на природу возникновения произошедших сейсмособытий в районе Средней Ангары с начала 60-х годов прошлого столетия по настоящее время [3, 5, 7, 9]: 1) тектонического происхождения, 2) промышленные взрывы, 3) индуцированные землетрясения в результате создания и последующей эксплуатации глубоководных водохранилищ. Последняя точка зрения сформировалась после получения автором доказательств индуцированной сейсмичности в результате проведенных исследований по анализу режимов эксплуатации водоемов и одноименных гидроузлов в сопоставлении с произошедшими сейсмособытиями [8, 10]. В рассмотрении данного вопроса автор использует комплексный географический подход.

Образованные путем перекрытия р. Ангары высоконапорными плотинами, Братское и Усть-Илимское водохранилища принадлежат к крупнейшим водохранилищам мира, расположенных друг за другом в каскаде ГЭС. Так, образованное Братское водохранилище занимает второе место в мире среди антропогенных водоемов, полный водный объем которого равен  $169,3 \text{ км}^3$  на занимаемой площади в  $5470 \text{ км}^2$ . Примыкающее к нему с севера Усть-Илимское водохранилище в три раза меньше и по площади, и по объему Братского. Напор воды у плотины Братской ГЭС составляет порядка 106 м, у плотины Усть-Илимской ГЭС – около 100 м [6], что позволяет отнести эти водоемы к категории глубоководных.

Первое сейсмособытие 6-7 энергоклассов (Кэ) зарегистрировано в верхней ангарской русловой части в 1966 г, на завершающей стадии наполнения крупнейшего в мире Братского водохранилища, четыре других – в первые годы его эксплуатации. Так, три сейсмособытия зарегистрированы в 1968 г в районе верхней ангарской русловой части и еще одно – в 1972 г на левобережье в районе Братского гидроузла.

Далее, 4 февраля 1977 г в ночное время на левобережье Окинской русловой части Братского водохранилища зарегистрировано первое крупное сейсмособытие 10 Кэ. В результате прове-

денного исследования автор замечает, что именно практически наполненное к этому времени Усть-Илимское водохранилище способствовало проявлению данного сейсмособытия в районе Братского, как результат от возникшей дополнительной нагрузки на территорию Средней Ангары, которая осложнена геологическими разломами разного порядка. В ходе исследований выяснено, что за период 2,5 лет наполнения глубоководного Усть-Илимского водохранилища его уровень достиг линии уровня мертвого объема (УМО), что свидетельствует о фактически уже созданном глубоководном водоеме, расположенном ниже уже эксплуатирующегося также глубоководного Братского. Однако в результате увеличивающегося давления на геологическую среду от наполнения Усть-Илимского в первый год оно возросло на 2,13 атм, во второй год – на 2,35 атм, в то время как нарастание давления при наполнении Братского водохранилища в среднем составляло 0,8 атм/год. Таким образом, возрастающее давление на территорию Средней Ангары, от созданных природно-технических водных объектов, нарушило изостатию, способствуя перераспределению нагрузки и выходу формирующейся энергии.

Анализируя произошедшие сейсмособытия, выяснено, что в районе приплотинных глубоководных зон обоих ангарских водоемов сейсмособытия происходят при режимных сработках уровня на фоне увеличения сбросных расходов гидроузлов. Такая ситуация отмечена весной и осенью 1978 г по обеим сторонам Усть-Илимского гидроузла, в июне 1979 и в межсезонье 2000 гг. в районе Братского гидроузла. Как доказательство формирования именно индуцированной сейсмичности в районе Средней Ангары в ходе исследования, было выяснено, что в октябре 1978 г. Усть-Илимская ГЭС как раз вырабатывала «юбилейный» 50-й миллиард кВт·ч электроэнергии, что в условиях социалистической экономики являлось достаточным основанием для усиленной эксплуатации ГЭС. Поэтому вполне понятны и объяснимы выход на повышенные сбросные расходы Усть-Илимского гидроузла как в сентябре-октябре 1978 г., так и периодически в течение всего этого ударного года.

Хочется отметить, что глубоководные ангарские водохранилища входят в состав уникального инженерного водно-хозяйственного комплекса мира, эксплуатация которых осуществляется в сложном компенсационном, взаимозависимом режиме.

Таким образом, ключ к пониманию воздействия глубоководных ангарских водохранилищ на геологическую среду лежит в человеческом факторе, проявившемся в создании этих глубоководных водохранилищ и их последующей эксплуатации с формированием такого негативного явления как индуцированная сейсмичность. Причем, режим эксплуатации выбирает, задает и осуществляет сам человек. Данное обстоятельство лишний раз подтверждает, что антропогенный фактор (на примере создания глубоководных водохранилищ Ангарского каскада ГЭС) является мощным фактором техногенного воздействия на земную поверхность, с формированием индуцированной сейсмичности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Водоохранилища и их воздействие на окружающую среду. М.: Наука, 1986. 368 с.
2. *Голенецкий С.И.* Редкое землетрясение на юге Сибирской платформы // Доклады Академии наук. 1998. Т. 363, № 3. С. 392–395.
3. *Николаев Н.И.* Водоохранилища и землетрясения // Физика Земли. 1972. № 8. С. 113–117.
4. *Павленов В.А.* Проблемы сейсмической безопасности каскада ГЭС на р. Ангаре // Исток. Водохозяйственная газета. 1999. № 4–5 (10–11).
5. *Савельев В.А.* Современные проблемы и будущее гидроэнергетики Сибири. – Новосибирск: Наука, 2000. – 200 с.
6. *Семинский К.Ж., Радзиминович Я.Б.* Сейсмичность юга Сибирской платформы: пространственно-временная характеристика и генезис // Физика Земли. 2007. № 9. С. 18–30.
7. *Ташлыкова Т.А.* Наведенная сейсмичность Ангарского каскада: миф или реальность? // IX Росс.-Монг. конф по астрон. и геофизике. – Иркутск, 2011. – С. 24.
8. *Ташлыкова Т.А.* Триггерные эффекты активизации сейсмичности при заполнении и эксплуатации водохранилищ Ангарского каскада // Триггерные эффекты в геосистемах: Мат-лы семинара-совещания. – М., 2010. – С. 97–98.
9. *Ташлыкова Т.А.* Экологическая опасность, возникшая с созданием некоторых крупных водохранилищ // «Экологический риск и экологическая безопасность». Мат-лы III Всеросс. науч. конф. с междунар. участием. Иркутск, 24–27 апреля 2012. – Иркутск, Изд-во ИГ, 2012. – С. 265–267.

10. Carder D.S. Seismic investigations in the Boulder Dam area? 1940-44? And the influence of reservoir loading on local earthquake activity. – Bull. Seismol. Soc. Amer., 1945, vol. 35, p. 175-92.

## **К РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ И ВЫЯВЛЕНИЮ ОПАСНЫХ ЗОН ЗАТОПЛЕНИЙ**

**Шаазизов Ф.Ш.**

*Институт Водных проблем АН РУз, Ташкент, Узбекистан,  
тел.: +(99871)2691270, факс: +(99871)2691270,  
e-mail: [shosfarruh@mail.ru](mailto:shosfarruh@mail.ru)*

## **TO ELABORATION OF DECISION-MAKING SUPPORT SYSTEM FOR REVEALING AND PREVENTION OF DANGEROUS ZONES OF FLOODING**

*In the article are given the results of the carried out approached calculations by definition of dangerous zones of flooding on the Pskem and Koksu river basins at break of dams of high-mountainous lakes, situated up streams of considered river basins in the Tashkent oblast.*

Анализ аварий, произошедших в результате разрушения плотин, указывает на их относительно высокую надежность, однако на каждую тысячу плотин приходится одна крупная авария или авария с тяжелыми последствиями (человеческие жертвы, большие материальные потери, экологические нарушения и др.) [1,2,3].

Кроме того, в природе существуют озера, образованные в результате перекрытия русла рек большим объемом горной массы. Например, естественная плотина на высокогорном озере Сарез, образованная в результате смещения большой горной массы при сильном землетрясения. Высокогорные озера такого типа, как правило, образуются в результате происхождения стихийных бедствий (ЧС) природного характера – сильных землетрясений, оползневых процессов, селевых явлений.

Определить прочность и долговечность существования естественных плотин, преграждающих русло высокогорных озер, представляет большие трудности ввиду неизвестности структуры горной массы тела естественной плотины. Разрушения такого рода естественных плотин могут вызвать крупномасштабные разрушения и образование прорывной волны, которая проходя вниз по течению реки, может затапливать большие территории и приводить к человеческим жертвам.

Горные районы Ташкентской области насчитывают порядка десятка такого рода опасных высокогорных озер. К наиболее крупным озерам относятся высокогорные озера завального типа: Шаворкуль, Большой Ихнач, Нижний Ихнач и Коксу. Основной целью, проведенных исследований, является оценка степени опасности, зон риска и оценка возможного ущерба, исходящего от угроз возможного прорыва указанных высокогорных озер. Поставленная цель преследовала решение следующих задач:

- определение современного технического и безопасного состояния перегораживающих естественных плотин высокогорных озер;
- определение параметров прорывной волны, образующейся в результате прорыва естественных плотин данных озер;
- определение зон затопления в случае прохождения волны прорыва.

На первом этапе проведения исследований была организована экспедиция и проведены (совместные со службами Узгидромет и МЧС РУз) облеты и визуальные обследования общего технического состояния естественных плотин высокогорных озер Ташкентской области. Вместе с этим, на данном этапе проведения исследований были уточнены координаты их расположения, с целью нанесения указанных высокогорных озер и их оцифровки на платформе ArcView 3.2.a.

Для определения основных параметров прорывной волны, которая может образоваться в результате прорыва естественных плотин высокогорных озер Ташкентской области Шаворкуль, Большой Ихнач, Нижний Ихнач и Коксу, на реках и саях были намечены расчетные створы.

Для проведения предварительной оценки зон затопления и выявления опасных зон затоплений, для целей безопасной за-

стройки прибрежных территорий долин рек, была использована методика приближенного расчета основных параметров прорывной волны.

Согласно нижеприведенной формуле определялось время прихода волны прорыва на заданные расстояния:

$$t_{np} = \frac{R}{V}, \text{ ч}, \quad (1)$$

где  $R$  – заданное расстояние от плотины заданное в км;

$V$  – средняя скорость движения волны прорыва.

В данной методике приближенного расчета были использованы графические эмпирические зависимости, выявленные ранее в результате проведения экспериментальных исследований по определению высоты прорывной волны на различных расстояниях вниз по течению после плотины в лабораторных условиях (рис. 1).



Рис. 1. Высота волны прорыва на различных расстояниях от плотины

Продолжительность прохождения волны прорыва, на заданных расстояниях, определялась по следующей формуле:

$$T = \frac{W}{Q \times V_B \times 3600}, \quad (2)$$

где  $W$  – объем водохранилища,  $\text{м}^3$ ;

$V_B$  – средняя скорость движения волны прорыва;

$Q$  – максимальный расход воды на 1 м погонный ширины прорыва, который определяется по таблице.

Таблица

**Определение расхода в зависимости от ширины прорыва и имеющегося напора в водоеме**

H, м	5	10	25	50
Q, $\text{м}^3/\text{с}$ на 1 м	10	30	125	350

Для конкретных условий, т.е. для двух сценариев возможного происхождения чрезвычайной ситуации (при полном разрушении естественной плотины и при разрушении плотины на половину), были определены параметры прорывной волны для полного и частичного разрушения плотины соответственно.

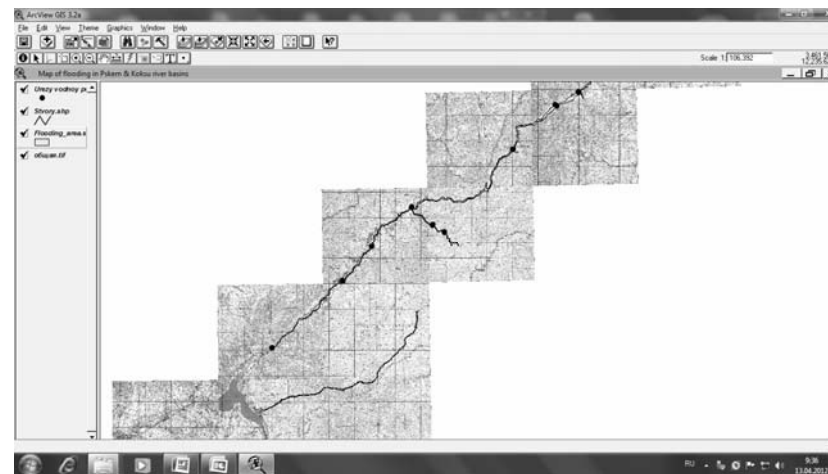


Рис. 2. Компьютеризированная система поддержки принятия решений по предупреждению и выявлению опасных зон затопления по рекам Пскем и Коксу на платформе ArcView 3.2.a

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ РИСКАМИ В ПРЕДЕЛАХ ГОРОДОВ

*Шешеня Н.Л.*

*Открытое акционерное общество «Производственный  
и научно-исследовательский институт инженерных изысканий  
в строительстве» г. Москва, e-mail: [sheshenya@mail.ru](mailto:sheshenya@mail.ru)*

### FORECASTING AND MANAGEMENT OF ENVIRONMENTAL RISKS IN URBAN AREAS

*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 экологических 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.

На основе использования ГИС технологий, была произведена оцифровка карты, определены масштабы и последствия прохождения прорывной волны и зоны затоплений на территории Ташкентской области до Чарвакского водохранилища.

Результаты проведенных исследований показывают, что максимальная волна прорыва, образующаяся при полном разрушении естественных плотин озер Шаворкуль, Ихнач большой и нижний в створе у входа в Чарвакское водохранилище составляет 7,5 м. Минимальное и реально возможное время добегания волны прорыва до данного створа по реке Пскем составляет 1,058 час. По реке Коксу – максимальная волна прорыва, образующаяся при полном разрушении естественной плотины озера Коксу в створе у входа в Чарвакское водохранилище, составляет 16,6 м. Минимальное и реально возможное время добегания волны прорыва до данного створа по реке Коксу составляет 0,3125 час.

Следует отметить, что все рассматриваемые высокогорные реки и саи протекают в глубоких и узких ущельях, и высота волны, образующаяся при прорыве высокогорных озер, не представляет особой опасности в зоне расположения данных рек, за исключением мест вливания рек Пскем и Коксу в Чарвакское водохранилище, где расположены населенные пункты.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Пчёлкин В. И. Безопасность зданий и сооружений в зоне гидродинамических аварий на гидротехнических сооружениях // Технологии гражданской безопасности // Вестник ФЦ "ВНИИ ГОЧС". – 2004. – № 2(4). – С. 66-69.
2. Шангареев С. Инженерная защита гидротехнических сооружений // Гражданская защита. – 2003. – № 5. – С. 25-26.
3. Шаазизов Ф.Ш. Computer supported system for the risk assessment and action recommendation for the water objects in Uzbekistan based on the databank already developed // Сб. Трудов международной конференции «Biosaline agriculture & high salinity tolerance». – Тунис, 2006.

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:

$$M[U] = \sum p_i U_i, \quad (1)$$

где  $U_i$  – материальный ущерб в денежном выражении, соответствующий  $i$ -ому ущербному проявлению опасного процесса. Вероятности таких процессов не должны превышать заданного значения  $p_i$ :  $p_i < p^*$ ; критерий максимального экономического эффекта имеет вероятностное выражение:

$$\max \{M[P_k] - M[Z_k] - M[U]\}, \quad (2)$$

здесь:  $M[P_k]$ ,  $M[Z_k]$  – математические ожидания результата и затрат. Конечные результаты  $Z_k$ , оцениваемые на стадии проектирования, включают затраты на проведение инженерно-экологических изысканий и инженерной подготовки территории, которые обеспечивают 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:

$$R_r = M[U] / M[P_k] - M[Z_k]. \quad (3)$$

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:

$$R_{ij}^T = V_{1i} * V_{2i} * V_{ij}^T, \quad (4)$$

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:

$$R_{ij}^P = V_{1i} * V_{2i} * V_{ij}^P \quad (5)$$

Выбор методов прогнозных оценок экологического риска проявления процессов на территории города следует начинать, руководствуясь такими основными положениями:

**положение первое** – 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 прогнозтики – 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;

**положение второе** – 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;

**положение третье** – 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.

На ранних стадиях – замысла хозяйственного освоения территории, инвестиций и технико-экономических обоснований, а также на более поздних, когда отсутствует необходимая количественная информация о факторах развития, проявления и активизации экологических процессов, довольно хорошие результаты можно получить, используя методы теории распознавания образов. Прогнозные оценки сводятся к распознаванию конкретного состояния или местоположения интересующего процесса, к заключению об его дальнейшем поведении на основе качественно выражаемых (известных или выявленных) местных, регионально – экологических и зонально-климатических закономерностей (факторов) формирования процесса в пределах прогнозируемой системы и ее аналога. Наиболее приемлемыми для прогнозных оценок являются алгоритмы нахождения информационных весов аналогов, голосования по тупиковым тестам или по выборкам заданной дли-

ны. Следовательно, необходимо располагать двумя выборками – обучающей и экзаменационной.

В случаях, когда прогнозист располагает количественно выражаемыми факторами развития и проявления опасного процесса, наиболее часто используются вероятностно-детерминированные и вероятностно-статистические методы.

В первом случае входящие в модели прогнозные признаки разбиваются на детерминированную и вероятностную группы:

$$V=F(X_i)+f(e_j). \quad (6)$$

Изменения значений каждого признака прогнозируется отдельно для каждой группы на заданный период упреждения прогнозов. Значения показателей первой группы (функция F) получают с высокой точностью, которая зависит от точности измерительной аппаратуры и существующих стандартов, а второй (функция f) – изменяются во времени и в пространстве, имея вероятностную природу.

Во втором случае при наличии временных рядов измерений скорости воздействия на ИЭС экологического процесса прогнозных признаков (факторов) осуществляется вероятностно-статистическая их обработка, анализ значений рядов измерений, установление связей между проявлением процесса в заданном месте и в заданное время и его факторами. Прогнозы в этом случае сводятся к экстраполяции непрерывного ряда значений активности проявления изучаемого процесса в будущее. При отсутствии таких рядов используются ряды разновременных (единичных) измерений факторов. В данных случаях изучаются многофакторные корреляционные связи между скоростью проявления процесса и факторами, вошедшими в ряды разновременных наблюдений (исследование общих линейных уравнений связи). Среди моделей этого анализа в настоящее время наиболее часто применяются методы прогнозных оценок экологического состояния ИЭС и вероятных опасностей. Эти методы основаны на предположении о случайном распределении моментов проявления опасности, наличии циклов (ритмов) в ее явлениях и связей между ними.

Методы прогноза проявления экологических опасностей, основанные на исследованиях общих линейных уравнений, хорошо отработаны и математически обоснованы.

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА  
И РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ЛЮДЕЙ**



**ASSESSMENT OF RISK TO ENVIRONMENT  
AND HUMAN HEALTH**



## ОЦЕНКА УРОВНЯ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГРУНТА ПОЛУОСТРОВА ЧЕЛЕКЕН (ТУРКМЕНИСТАН)

Агаева Л.А., \*Алексамян С.Н., \*\*Шакирова Г.А., \*\* Эсенов Э.М.\*

\*Научно-исследовательский институт Сейсмостойкого  
строительства Министерства строительства Туркменистана,  
г. Ашхабад, Туркменистан, тел.993(12)343400,  
e-mail: lara2010kuz@yandex.ru

\*\*Научно-исследовательский геологоразведочный Институт  
Государственной корпорации «Туркменгеология», г. Ашхабад,  
Туркменистан, тел.993(12)441797, e-mail: erkfasvet@gmail.com

## ASSESSMENT OF LEVEL OF INDUSTRIAL POLLUTION OF GROUND IN CHELEKEN PENINSULA (TURKMENISTAN)

*On geocological monitoring basis surface layer of pollution had produced for such heavy metals: Pb, Zn, Ni, Cd, Co, Cu, Mn and Fe. Background concentrations according investigated territory land matter mineralogical composition were measured for each of above-listed. It was ascertained that the most part of peninsula corresponds permissible or low pollution degree, but only small locations near industrial zones demonstrate middle pollution.*

Развитие нефтегазодобывающей промышленности Туркменистана, рост добычи минерального сырья, строительство и функционирование предприятий по его переработке, хранению, транспортировке вносят свои коррективы в изменение окружающей среды, охрана которой всегда в центре внимания государства.

Задачей настоящей работы являлось проведение геоэкологического мониторинга с целью оценки уровня загрязнения грунта и воды прибрежной зоны полуострова Челекен на Каспии.

Небольшой по площади полуостров перенасыщен промышленными объектами, отходы которых в разной степени оказывают влияние на окружающую среду. Основные техногенные компоненты загрязнения – это химические реагенты, промывочные жид-

кости, результаты аварийных и других утечек нефтепродуктов. Атмосфера загрязняется выбросами, а морская вода – сбросами двух химических заводов – сажевого и йодо-бромного. Геоэкологический мониторинг сводился к исследованию в течении нескольких лет грунтов, прибрежной морской воды, донных отложений и атмосферной пыли на предмет оценки содержания тяжелых металлов, макрокомпонентов, нитратов, фенолов и т.д., с использованием химических методов, рентгенофазового анализа и атомной абсорбционной спектрометрии и применением рентгеновского дифрактометра XRD-6000 фирмы Shimadzu (Япония), атомно-абсорбционного спектрометра фирмы Перкин-Эльмер (США) и АА-7000 (фирмы Shimadzu), а также химические методы [2,3].

**Металлы** содержатся в грунте как включения и как основные компоненты многих породообразующих минералов, впитывающих грунтовые и поверхностные воды вместе с содержащимися в них загрязнениями. Металлы, загрязняющие грунт, делятся на три класса опасности по степени воздействия на организм человека. К первому классу относятся: мышьяк, ртуть, свинец, цинк, ко второму – кобальт, медь, молибден, никель, к третьему – марганец, ванадий и др.

Для характеристики техногенного загрязнения грунта тяжелыми металлами, мы определяли концентрацию металлов: Pb, Zn, Ni, Cd, Co, Cu, Mn и Fe. Результаты сравнивались с предельно допустимой концентрацией (ПДК) и значениями фоновых концентраций (ФК). Для получения последних мы использовали значения проб грунта незагрязненных участков. Для оценки общей загрязненности грунта, определяли суммарный показатель загрязненности (СПЗ) для каждого участка относительно ПДК [3] по формуле:

$$Z = \sum K_i - (n-1), \quad (1)$$

где  $Z$  – суммарный показатель загрязненности по нескольким ( $i$ ) компонентам,

$$K_i = C_i / \text{ПДК}_i \quad (2)$$

где  $K_i$  – коэффициент загрязнения по определённому компоненту, который определяется относительно ПДК;  $C_i$  – концентрация измеряемого компонента;  $\text{ПДК}_i$  – предельно допустимая концентрация измеряемого компонента или относительно фоновых концентраций (ФК).

$$K_i = C / \Phi K_i \quad (3)$$

$\Phi K_i$  – фоновая концентрация измеряемого компонента

Повышенное содержание солей в грунте, способствующее интенсивному химическому процессу и электролизу, происходит постоянно, независимо от времени года. Физико-химические реакции наиболее активны при достаточном количестве воды (близость моря), с одновременным действием высоких температур. Большая часть площади относится к допустимой и слабой степени загрязнения, и около 6% имеют среднюю степень загрязнения. Наибольшие загрязнения грунта – органического происхождения: масла, нефтепродукты и сажа. Степень загрязнения грунта оценивалась по пятиуровневой шкале (таблица).

Таблица

Оценка степени загрязнения грунта по его суммарному показателю

Значения показателя $Z_c$	Степень загрязнения грунта
<2	допустимая
2-8	слабая
8-32	средняя
32-64	сильная
>64	очень сильная

**Железо** один из главных компонентов, входящих в состав сидерита, гематита, гётита и др. В грунтах Туркменистана и на исследованной территории его содержание значительно: средняя величина составляла 11000,0 мг/кг, а максимальное – 23398,7 мг/кг. Железо, как и другие загрязнители, неравномерно распределяется по глубине грунта, аккумулируясь в глинистых минералах. Такое распределение коррелируется с данными рентгено-фазового анализа, которые подтверждают наличие наибольшего количества глинистых минералов в тех же слоях грунта, где отмечена большая концентрация металлов.

На Челекене с 1964 года функционирует сажевый завод, продукция которого используется при производстве резины. Сажу получают сжиганием попутного газа, выпускавшегося ранее в атмосферу. Дымный шлейф тянется на большие расстояния, при со-

путствующим ветрах он уносится вглубь моря, но недостаточная фильтрация выхлопов приводит к загрязнению грунта. Вблизи завода грунт покрыт значительным слоем сажи. В радиусе 150 метров от завода грунт пропитан сажой до глубины 30 см.

Давно назревшая экологическая проблема полуострова – получить более полную научно-обоснованную информацию о загрязнении грунта вблизи сажевого завода, который исследовался нами более подробно. В его окрестностях (радиус 250 м) отбор проб производился с интервалом 50 м и на расстоянии 100 м юго-западнее зафиксирована наибольшая концентрация железа – 17074,0 мг/кг (и других металлов.)

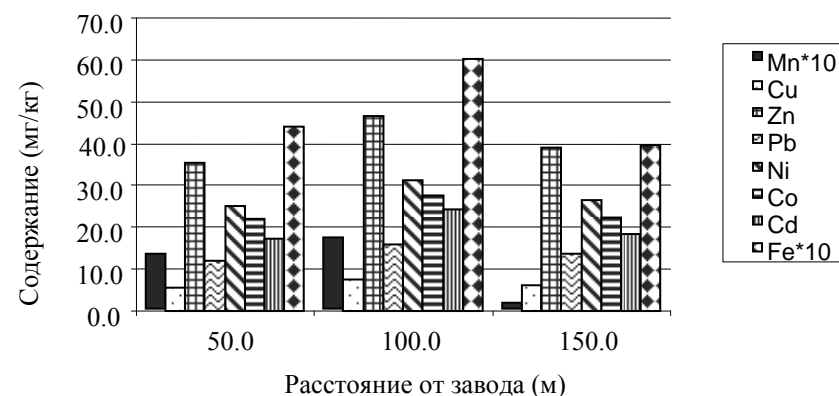


Рисунок. Распределение тяжелых металлов в поверхностном слое грунта в районе Сажевого завода

Из представленной диаграммы распределения металлов в поверхностном грунте в районе сажевого завода видно, что концентрация каждого из исследованных металлов достигает наибольших значений на расстоянии 100 м от него.

При удалении от завода содержание металлов в грунте плавно снижается и доходит до фоновых значений, а в непосредственной близости (50 м) концентрация металлов также невелика и сравнима с фоновой. Объясняется это тем, что горячие потоки дыма поднимаются вверх и относятся ветром в сторону. Постепенно

перемещаясь, дым охлаждается, происходит оседание наиболее крупных и тяжёлых частиц сажи и максимальное их скопление отмечено на расстоянии 100 м от завода.

**Свинец** в грунте встречается в виде солей, органоминеральных соединений и в сорбированном виде входит в состав минералов. Соединения его очень токсичны и относятся к первому классу опасности. Основными источниками свинцового загрязнения являются двигатели внутреннего сгорания, работающие на бензине, содержащем свинец. В золе нефти и угля вместе с очень токсичными соединениями мышьяка, обнаружены соединения свинца. В грунте глубиной 0,3 м концентрация свинца не превышает значений ПДК (30 мг/кг). Наибольшее его количество, зафиксировано на участке химзавода и составляет –11,8 мг/кг. Вблизи сажевого завода характер распределения свинца тот же, что и у железа, т.е в 100 м от завода его концентрация (и др.металлов) наибольшая. По мере удаления от этой отметки в обе стороны концентрация свинца убывает, и на расстоянии 50 м она меньше, чем на удалении в 150 м.

Соединения **кадмия** и **кобальта** токсичны и относятся ко второму классу опасности. Минералы этих металлов не распространены в Туркменистане и по результатам рентгенофазового анализа не обнаружены ни в одной пробе грунта [1]. Они содержатся в минералах в сорбированном виде или в грунтовых водах в виде загрязнений золой от сжигания нефтепродуктов и угля. Поэтому, зафиксированные нами кадмий и кобальт относятся к техногенному загрязнению. Наибольшее содержание кадмия зафиксировано на участке химзавода и составляет 23,4 мг/кг, что значительно выше ПДК (5,0 мг/кг), а кобальта – колеблется в пределах от 22,1 мг/кг до 30,2 г/кг, и находится ниже известных ПДК (30 мг/кг) или несколько её превышают. То же самое отмечено для **марганца** (Mg), **цинка** (Zn), **меди** (Cu) и **никеля** (Ni).

### **Выводы**

1. Загрязнение наиболее проблемных участков Челекена металлами (Pb, Zn, Ni, Cd, Co, Cu, Mn и Fe), против ожидания, не достигает кризисного уровня. Максимальное загрязнение вблизи промышленных объектов относится к средней степени.

2. Особого внимания требует экологическая ситуация, связанная с загрязнением нефтепродуктами и различными органическими промышленными отходами и выбросами, что помимо прочего может иметь негативное влияние на долгосрочную динамику роста исследованных нами параметров.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. *Азаров Л., Бургер М.* Метод порошка в рентгенографии // Иностранная литература, 1961.
2. *Аринушкина Е.Н.* Руководство по химическому анализу почв. МГУ, 1970.
3. *Дорошко Т.Ю.* Предельно-допустимые концентрации тяжелых металлов в почве и ее защита от загрязнения // Медицинский журнал Узбекистана №7, 1991, (40-42).

### **ОЦЕНКА УРОВНЯ РАДОНОВОЙ РАДИАЦИИ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ И ИЗУЧЕНИЕ ЕГО ВЛИЯНИЯ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА**

*Алиев Ч.С., Алиева А.Р., Велиева Ф.Ф.*

*Институт Геологии НАНА, Баку, Азербайджан,  
тел: (99450)3297551, факс: (99412)5372285,  
e-mail: [radiometry@gia.ab.az](mailto:radiometry@gia.ab.az); [aziza-alieva@rambler.ru](mailto:aziza-alieva@rambler.ru);  
[farahveliyeva@yahoo.com](mailto:farahveliyeva@yahoo.com)*

### **ASSESSMENT OF LEVEL OF RADONIC RADIATION IN AZERBAIJAN AND STUDY OF ITS INFLUENCE ON HUMAN HEALTH**

*The article considers the technique and results for the first time executed measurements of concentration of radon in the territory of Azerbaijan, mathematical and statistical processing of the received results, the cards of distribution of volume activity made on these data and abnormal concentration of radon are. Communication of anomalies of concentration of radon with deep faults and epicenters of earthquakes is shown as well.*

Радон – один из наиболее токсичных и радиоактивных газов. По данным Международного Комитета по радиационной защите на радон и дочерние продукты его распада приходится 50-90% от коллективной дозы облучения. Этот газ не имеет ни запаха, ни вкуса, ни цвета, поэтому его невозможно обнаружить без специальных приборов.

Радон легко выделяется из почвы в воздух, где он распадается на недолговечные продукты, называемые дочерними продуктами радона. При распаде эти дочерние продукты радона выделяют радиоактивные альфа-частицы и прикрепляются к аэрозолям, пылинкам и другим частицам, содержащимся в воздухе. В 1987 году радон и дочерние продукты его распада, на основании экспериментальных и эпидемиологических исследований, были признаны экспертами Международного Агентства по изучению рака, опасными для здоровья человека.

Попадая из атмосферного воздуха в организм человека, радон и дочерние продукты его распада вызывают злокачественные новообразования легких. Широкомасштабные исследования, проведенные в Западной Европе и США показали, что радон является второй после курения причиной заболеваемости раком легких, а некоторыми исследователями, даже как главный фактор риска для рака легких, на первое место выдвигается радон и его дочерние продукты распада. По данным наблюдений в одном миллионе домов в США активность радона меняется в пределах от нескольких единиц до более 1000 Бк/м<sup>3</sup>, причем в 2% помещений доза радиации соизмерима с той, которую получили жители города Припять, в результате аварии на Чернобыльской АЭС в апреле 1986 года.

В Германии уровень радона в воздушной среде 1% жилых зданий выше 250 Бк/м<sup>3</sup>, а в 0,1% – 600 Бк/м<sup>3</sup> (при рекомендованной экспертами Европейского Союза по радиационной защите норме для жилых зданий не превышающей 200 Бк/м<sup>3</sup>).

В Словении в рамках Национальной Радоновой Программы в период 1990-1994 было обследовано 730 детских домов и 890 школ, при этом в 47 (6,4%) и 77 (8,7%) из них радоновое облучение превысило допустимую «планку» 400 Бк/м<sup>3</sup> [1].

Исследования концентрации радона и мероприятий по снижению его уровня проводятся и в других странах Европы.

Результаты радиометрических исследований, проводимых в Азербайджане, показали, что естественное радиационное поле на территории Азербайджана находится в пределах, характерных для горных пород и почв земного шара, и составляет около 6-8 мкР/ч. При этом установлена связь естественного радиационного поля с геологическим строением территории, проявляющееся в том, что зоны активно живущих тектонических нарушений выделяются аномалиями гамма-поля.

Однако с экологической точки зрения особый интерес представляет изучение уровня радона. Но, к сожалению, в Азербайджане исследования естественного уровня радона до сих пор не проводились.

В докладе рассматриваются результаты впервые выполненных в 2010-2011 годах измерений концентрации радона в жилых и производственных помещениях на территории Азербайджана. Эти исследования проводились при финансовой поддержке Швейцарского Национального Научного Фонда (SNSF) в рамках гранта «Создание кадастра и карты распределения радона в Азербайджане, используя швейцарскую методологию и опыт». Исследования проводились совместно Radon Competence Centre (RCC), University of Applied Sciences of Southern Switzerland (SUPSI) и Институтом Геологии Национальной Академии Наук Азербайджана.

Основной целью проекта являлось реализация радонового кадастра, создание карты объемной активности радона для Азербайджана и ее анализ.

Поставленная цель достигалась путем осуществления ряда мероприятий, а именно: а) ознакомление с опытом решения проблемы радонового загрязнения урбанизированных территорий за рубежом; б) измерения уровня радона на первых этажах жилых и производственных помещений; в) анализ связи, выявленного радонового поля с особенностями геологической среды различных регионов Азербайджана.

При содействии SNSF и SUPSI Институту Геологии НАНА были предоставлены 2500 радоновых детекторов марки “Gam-madata”. Эти дозиметры были установлены преимущественно в жилых домах и на некоторых промышленных объектах различных регионов республики в течение ноября-декабря 2010 года. Время

экспозиции – не менее 2-х месяцев. Сбор детекторов проходил в первые месяцы 2011 года.

При расстановке детекторов заполнялись специально разработанные анкеты, на которых указывалось: код дозиметра, время установки и снятия, адрес, координаты, а также тип постройки и материал, из которого был построен дом и т.д. После сбора детекторы были отправлены в Швецию для снятия показаний.

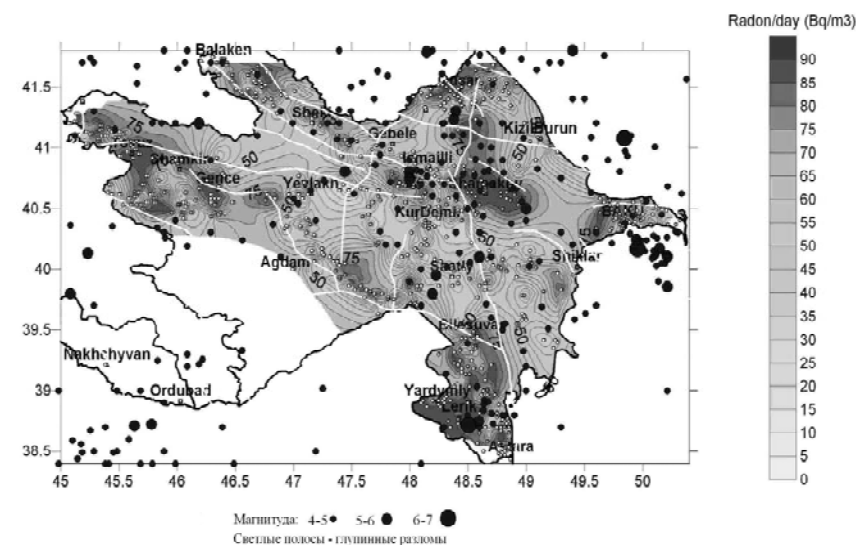
Выявленные концентрации радона изменяются в широких пределах: минимальное значение равно  $0,32 \text{ Бк/м}^3$ , а максимальное –  $1109,02 \text{ Бк/м}^3$ . Полученные данные были обработаны с помощью методов математической статистики. Учитывая, что в Азербайджане предельно допустимая норма (ПДН) для радона составляет  $200 \text{ Бк/м}^3$ , то с экологической точки зрения наибольший интерес представляют объекты со значениями радона, превышающими ПДН.

В результате обработки полученных данных, были построены карты распределения объемной активности и карта аномальных концентраций радона на территории Азербайджана.

Анализ карты объемной активности радона в Азербайджане показывает, что распределение радона в пространстве неоднородно и имеет мозаичный характер. Участки наиболее высоких концентраций приурочиваются к горноскладчатым массивам Большого Кавказа и Талыша, а наиболее низкие к низменной территории. Исходя из этого, можно предположить, что повышенные концентрации характерны относительно более древним породам.

Рассматривая влияние на распределение радона других геологических факторов, следует отметить, что радон является компонентом-примесью и выносится из недр на поверхность в составе углеводородных, азотных и углекислых газовых потоков. Преобладающими путями субвертикальной миграции являются высокопроницаемые зоны глубинных разломов, которые, как правило, отражаются повышенным тепловым потоком. Учитывая это, радоновая карта была сопоставлена с глубинными разломами и эпицентрами землетрясений на территории Азербайджана (рисунок). Это сопоставление выявляет определенную пространственную корреляцию рассмотренных параметров, подтверждая теоретические предпосылки. Так устанавливается тяготение аномальных

концентраций радона и температурных аномалий к продольному Западно-Каспийскому и поперечным Аджичай-Алятскому и Талышскому глубинным разломам. Широко известным фактом является влияние сейсмической активности на интенсивность флюидных потоков. При сопоставлении карты концентраций радона с картой эпицентров землетрясений на территории Азербайджана [2] выявлена определенная их пространственная корреляция.



**Рисунок. Карта сопоставления радонового поля Азербайджана с глубинными разломами и с эпицентрами ощутимых землетрясений**

Определенный интерес представляет распределение радона в зависимости от материала, из которого построено здание и этажа, где установлен детектор. Относительно высокая концентрация радона наблюдалась в домах, построенных из натурального камня. Рассмотрение концентраций отдельно для этажей показало, что нет явно выраженных ожидаемых отличий значений для первого и второго этажей (таблица).

На основании выполненных исследований впервые составлена карта распределения объемной концентрации радона в Азербайджане, которая выявляет зоны и участки его значений, превышающих ПДН, и могущих представлять опасность здоровью населения.

Таблица

Этаж, на котором установлен детектор и концентрация радона

Этаж	Кол. детек.	%	Концентрация радон, Бк/м <sup>3</sup>			
			Макс	Мин	Сред	Осредн
-1	9	0,44	175,86	28,65	61,51	38,41
1	1561	76,86	1109,02	0,32	90,24	62,20
2	439	21,61	546,96	0,71	68,96	51,97
3	15	0,74	68,24	0,32	24,87	23,99
4	6	0,3	44,83	0,32	23,50	23,20
5	1	0,05	19,30	19,30	19,30	19,30
Всего	2031	100	-	-	-	-

Выполнен анализ связи, выявленных особенностей радонового поля с геологическими условиями. Делается заключение, что в формировании радонового поля Азербайджана участвует комплекс геологических факторов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Радиация: Дозы, эффекты, риск / Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 79 с.
2. Кадилов Ф.А., Етирмишли Г.Д., Кадыров А.Г. Оценка максимальной магнитуды и интенсивности землетрясений на территории Азербайджана. НАН Азербайджана. Известия Института Геологии. Ваку, 2008, №36, с. 81-88.

## ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Белоусова А.П.

Институт водных проблем РАН, тел: +7(499)1355458,  
факс: +7 (499)1355415, e-mail: Belanna47@mail.ru

## ASSESSMENT OF CONTAMINATION HAZARD FOR ENVIRONMENT AND GROUNDWATER

*In the article examined of the groundwater contamination hazard from other environmental components on the Bryansk area.*

Опасность для загрязнения подземных вод (ПВ) представляют загрязняющие вещества (ЗВ), находящиеся в атмосферном воздухе и почвах. По отношению к подземным водам загрязнение в других компонентах ОС представляет собой так называемые «геохимические бомбы», воздействие которых на ПВ носит замедленный характер из-за длительности проникновения загрязнения из других компонентов окружающей среды (ОС) в ПВ.

Рассмотрим оценку опасности загрязнения окружающей среды и подземных вод на примере территории Брянской области

В нормативных документах [3] качество питьевой воды оценивается по ПДК, а также по классу опасности веществ. На наш взгляд выделение этих классов является искусственным приемом, направленным на исправление недочетов в системе ПДК, например, стронций стабильный ( $\text{Sr}^{2+}$ ), ПДК которого составляет 7 мг/л, а относится он к 2 классу опасности. В то же время таллий, ПДК которого 0,0001 мг/л, относится тоже к 2 классу опасности. Такие резкие расхождения в значениях ПДК для ЗВ, отнесенных к одному классу опасности, характеризуют несовершенство системы ПДК, о чем может свидетельствовать вышеприведенный пример со стронцием. Вероятно, это связано с тем, что концентрация стронция в питьевых ПВ на значительной территории Европейской части России находятся пределах установленного ПДК, и ужесточение данной ПДК приведет к тому, что значительная часть ресурсов ПВ может быть отнесена к некондиционным. Поэтому,

несмотря на такое невысокое значение ПДК, стронций отнесен к высокоопасным ЗВ. При анализе других ЗВ может возникнуть подобная ситуация.

В связи с этим, для дальнейших оценок загрязнения ПВ, будем использовать два показателя ПДК и класс опасности ЗВ с некоторым дополнительным показателем.

Следует иметь в виду, что задачей исследований является не только изучение реального загрязнения ПВ (или устойчивости их качества), но и оценка опасности (возможности) их загрязнения от накопленных в других компонентах ОС загрязнений. При этом опасность, как потенциальное загрязнение, должна быть несколько усилена по отношению к существующему загрязнению и особенно это касается тех ингредиентов, ПДК которых имеют наименьшие значения и которые могут нанести наибольший вред здоровью человека и ОС.

Поэтому для оценки устойчивости качества ПВ или опасности их загрязнения был введен весовой коэффициент для каждого ЗВ с учетом его ПДК и класса опасности:

Все ЗВ были разделены на 3 основные группы по значению ПДК в питьевой воде по следующим диапазонам [1,2]:

**I группа** (категория) – химические элементы, содержание которых в ПВ не может превышать 1.0 мг/л;

**II группа** – химические элементы, содержание которых в ПВ изменяется от 1.0 мг/л до 10.0 мг/л;

**III группа** – химические элементы, содержание которых в ПВ может превышать 10.0 мг/л.

В **I группу** загрязняющих веществ входит большинство нормируемых химических элементов [3]. Эта группа была разделена на три подгруппы ЗВ:

**Подгруппа I а.** ПДК = 0.1 ÷ 1.0 мг/л.

**Подгруппа I б.** ПДК = 0.001 ÷ 0.1 мг/л.

**Подгруппа I в.** ПДК < 0.001 мг/л.

Каждой группе и подгруппе присваивался класс токсичности (загрязнения): III группа -5, II группа – 4; и для подгруппы Ia – 3, Ib-2, Iv-1.

По принадлежности данного ЗВ к определенному классу токсичности по ПДК и классу опасности устанавливался весовой коэффициент, рассчитанный как среднеарифметическое весов

класса токсичности и класса опасности), значения которого приведены в таблице 1.

Таблица 1

Значения весовых коэффициентов ( $k_{wj}$ ) загрязняющих веществ

Класс токсичности загрязняющих веществ (группа-вес)	Класс опасности загрязняющих веществ (вес)			
	1(4)	2(3)	3(2)	4(1)
1 (Iв-5)	4.5	4.0	3.5	3.0
2 (Iб- 4)	4.0	3.5	3.0	2.5
3 (Iа-3)	3.5	3.0	2.5	2.0
4 (II-2)	3.0	2.5	2.0	1.5
5 (III-1)	2.5	2.0	1.5	1.0

Опасность загрязнения ПВ оценивалась по вышеприведенным группам ЗВ. Оценка экологического состояния ПВ или опасности их загрязнения проводится с использованием **индексов опасности загрязнения**, как одной из характеристик устойчивости ПВ к негативному воздействию, для чего и предлагается соответствующий индекс. Для каждой группы ЗВв рассчитывался групповой индекс опасности загрязнения ( $I_g$ ) по предложенному нами выражению:

$$I_g = \frac{\sum_{i=1}^n (\overline{C}_i k_{wj})}{n}$$

где  $\overline{C}_i = \frac{C_i}{ПДК_i}$ ;  $C_i$  – концентрация  $i$ -го ЗВ в ПВ,  $n$  – количество ЗВ

в  $j$ -той группе,  $k_{wj}$  – весовой коэффициент опасности для каждого ЗВ (таблица 1).

Групповой индекс является величиной безразмерной и объединяет ЗВ только одной из пяти групп, что позволяет анализировать ЗВ, ПДК которых изменяются в диапазоне одного порядка величин и могут характеризоваться одним уровнем опасности загрязнения ПВ как компонента ОС.

Групповой индекс опасности загрязнения определялся для каждого компонента ОС (атмосферы, почв, грунтовых и напорных

вод). Для каждого компонента ОС рассчитывался суммарный индекс опасности загрязнения ( $I_{p_s}$ ) путем суммирования групповых индексов опасности загрязнения для каждого компонента ОС. Путем сложения значений суммарных индексов загрязнения отдельных компонентов ОС определялся индекс загрязнения ОС ( $I_{p_e}$ ).

Для характеристики собственно источников загрязнения ПВ определялся индекс источников загрязнения или индекс опасности загрязнения ПВ ( $I_s$ ) как сумма суммарных индексов опасности загрязнения атмосферы и почв. Данные о значениях всех названных индексов опасности загрязнения приведены в таблице 3.6.

Степень опасности загрязнения ПВ можно определять путем расчета условного индекса степени опасности загрязнения ПВ ( $I_{p_{gw}}$ ), равного частному от деления суммы суммарных групповых индексов загрязнения грунтовых и напорных вод (индекс существующего загрязнения  $I_{wp}$ ) на индекс опасности загрязнения ( $I_s$ ).

$$I_{p_{gw}} = I_{wp} / I_s$$

Для возможности картирования степени опасности загрязнения ОС и ПВ предлагаются следующие градации степени опасности на основе значений индекса степени опасности:

0 ÷ 1 – слабая (опасность загрязнения от источников минимальная, либо подземные воды значительно более загрязнены, чем источники загрязнения); 1 ÷ 5 – средняя; 5 ÷ 10 – высокая; 10 ÷ 20 – очень высокая; >20 – чрезвычайно высокая.

Этот подход при оценке степени опасности загрязнения ОС и ПВ целесообразно использовать для случаев, когда ПВ в исходном состоянии либо не загрязнены, либо слабо загрязнены. При значительном их загрязнении этот подход теряет смысл, т.е. искажается картина возможного будущего загрязнения ПВ на фоне уже существующего их загрязнения.

В связи с этим при изучении региона с высокой техногенной нагрузкой, такого как Брянская область, предпочтительно использовать другой подход, основанный на фактической бальной оценке индексов загрязнения. Рассчитывался индекс опасности загрязнения ПВ ( $I_s$ ) путем сложения суммарных индексов загрязнения атмосферы и почвы, также проанализировано существующее загрязнение ПВ с расчетом

Почвы представляют наибольшую опасность для загрязнения ПВ Северного района, а в г. Брянск, Дятьково, Карачев ГВ уже имеют достаточно высокое загрязнение, которое будет усиливаться за счет поступления ЗВ из почв и атмосферы, для Западного и Юго-Восточного района почвы также представляют опасность для загрязнения ПВ.

Для картирования степени опасности загрязнения ОС и ПВ введены следующие градации с учетом индексов опасности загрязнения:

0 ÷ 100 – слабая опасность; 100 ÷ 500 – средняя; 500 ÷ 1000 – высокая; 1000 ÷ 1500 – очень высокая; > 1500 – чрезвычайная.

Таблица 2

**Индексы опасности загрязнения компонентов ОС и опасности загрязнения ПВ Северного района Брянской области**

Населенный пункт	Степень загрязнения ОС и степень опасности загрязнения ПВ (значения индексов в баллах)		
	Индекс опасности загрязнения ПВ, $I_s$	Индекс существующего загрязнения ПВ, $I_{wp}$	Индекс опасности загрязнения ОС, $I_{p_e}$
Брянск	Чрезвычайная (1615)	Высокая (757)	Чрезвычайная (2372)
Дятьково	Средняя (374)	Высокая (765)	Чрезвычайная (1139)
Карачев	Средняя (177)	Средняя (276)	Средняя (453)
Белые Берега	Высокая (790)	Слабая (53)	Высокая (843)
Сельцо	Очень высокая (1384)	Слабая (18)	Очень высокая (1402)
Фокино	Высокая (928)	Слабая (40)	Высокая (968)

В таблице 2 приводится качественная характеристика степени загрязнения ОС и степени опасности загрязнения ПВ и значения индексов опасности загрязнения на территории Северного района Брянской области.

По рассчитанным индексам построена карта опасности загрязнения ОС и ПВ Брянской области, где показана характеристика степени опасности загрязнения ПВ, степени их существующего загрязнения и в целом степень загрязнения ОС на территории Брянской области (рис).



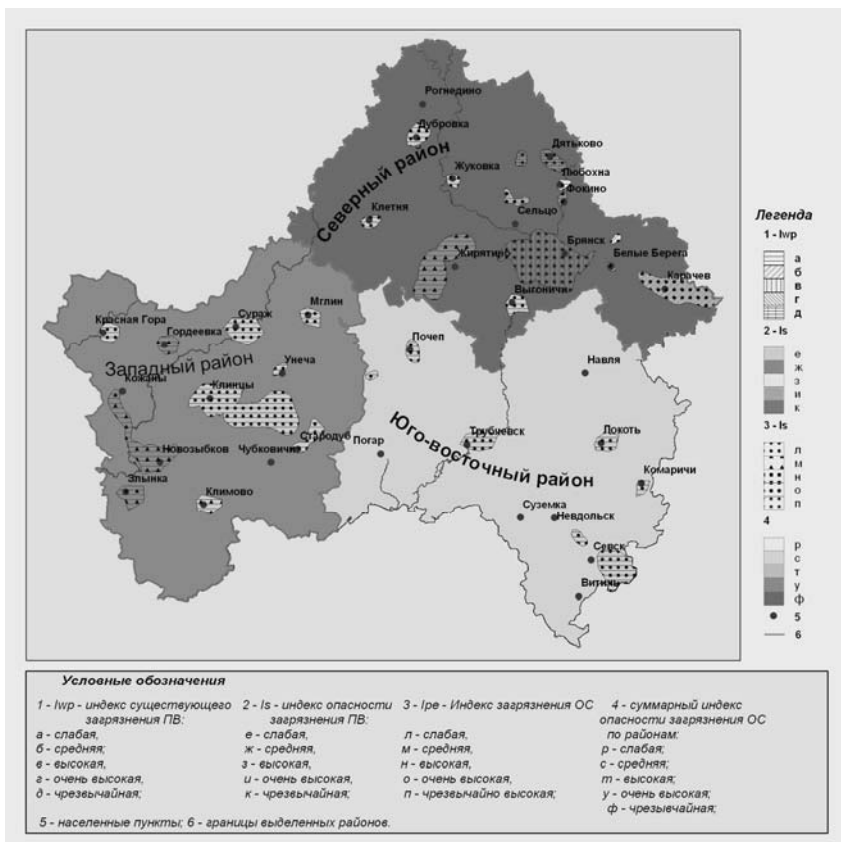


Рис. Карта опасности загрязнения ОС и ПВ Брянской области

**Выводы.** Как видно из таблицы 2 и рисунка, район города Брянска характеризуется чрезвычайной степенью опасности загрязнения ПВ на фоне высокого существующего загрязнения, а в целом ОС характеризуется чрезвычайной степенью загрязнения, это самый неблагоприятный с точки зрения загрязнения участок на территории Северного района, остальные участки отличаются различными сочетаниями по степени загрязнения ОС, ее источников загрязнения и загрязнения ПВ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусова А.П. Качество подземных вод. Современные подходы к оценке. – М.: Наука, 2001. – 340 с.
2. Белоусова А.П., Гавич И.К., Лисенков А.Б., Попов Е.В. Экологическая гидрогеология: Учебник для вузов. – ИКЦ «Академкнига», 2006, 397 с.
3. СанПин 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ В БАССЕЙНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Верхозина В.А. \*, Верхозина Е.В. \*\*

- \*Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, 664033,  
г. Иркутск, ул. Фаворского, 1а, [verhval@igc.irk.ru](mailto:verhval@igc.irk.ru),  
\*Иркутский Государственный Технический Университет;  
\*\*Институт Земной Коры СО РАН, г. Иркутск,  
ул. Лермонтова 128, [verhel@crust.irk.ru](mailto:verhel@crust.irk.ru) \*\*

## ENVIRONMENTAL RISKS IN THE LAKE BAIKAL

*In the development of water management measures must be taken into account the economic interests of compatibility with the natural functioning of natural ecosystems of Lake Baikal.*

Экологическую опасность и экологический риск относят к сфере взаимодействия общества и природы. В процессе природопользования часто сталкиваются экономические и экологические интересы общества. Методология экологического риска позволяет оптимизировать взаимоотношения: человек-природа.

В настоящее время, в связи с антропогенным загрязнением окружающей среды, пресная вода становится одним из важнейших и трудно возобновляемых природных ресурсов. Для ряда регионов мира необходимость сохранения и дефицит этого ресурса проявля-

ется уже в настоящее время. Поэтому важное значение имеет выявление природных и антропогенных условий, влияющих на механизм формирования качества пресных вод и факторов, определяющих эти процессы.

Одним из приоритетов национальной экологической политики России является соблюдение экологической безопасности путем решения многочисленных экологических проблем на региональном уровне. Особенно, это касается озера Байкал – участка мирового природного наследия и основного источника пресной питьевой воды не только в регионе, но и в мире. При современных скоростях расхода воды, запаса пресной воды озера Байкал хватит всему человечеству на 263 года. Наряду с известными характеристиками: низким содержанием микроорганизмов, слабой минерализацией и почти полным отсутствием токсичных веществ, байкальская вода относится к категории легких по содержанию в ней дейтерия.

Рациональное использование такой сложной экосистемы как озеро Байкал, является одной из ключевых и сложных задач в управлении природными ресурсами в регионе. Озеро Байкал является трансграничным водным объектом, расположенным на территории Республики Бурятия, Иркутской области и Монголии.

В настоящее время, озеро Байкал используются для: развития туризма, судоходства, хозяйственно-бытовых нужд и в сельском хозяйстве. Водопотребление озера Байкал связано еще и с промышленностью. На берегу озера Байкал существует Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат. При оценке экологических последствий сброса сточных вод целлюлозно-бумажного производства до середины 70-х годов основное внимание уделялось эффектам острой токсичности для гидробионтов. Сейчас все большее внимание привлекают хронические эффекты и воздействие токсиантов, которые аккумулируются в организмах, длительное время сохраняются в природной среде и подвергаются глобальному переносу.

Бурное освоение недр и развитие промышленности в юго-западной части Иркутской области повлекло за собой загрязнение акватории озера и прилегающих территорий, за счет переноса загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу от хозяйственной деятельности. Преимущественное направление ветров в этом рай-

оне северо-западное, поэтому все воздушные выбросы, переносятся на акваторию озера. Кроме того, река Селенга, являющаяся одним из основных источников загрязнения озера Байкал, также приносит до половины всего загрязнения в озеро. Но оказалось, что самый страшный загрязнитель для экосистемы Байкала – это микроорганизмы. Попадая в озеро с бытовыми и техногенными стоками, судоходством, они размножаются в озере, изменяя качество воды. Особенно остро встал вопрос в последнее время, в связи с интенсивным развитием туризма.

Удручающая ситуация складывается в прибрежной полосе и водоохранной зоне озера Байкал. Многие населенные пункты, расположенные на берегу озера, не имеют организованных мест складирования твердых бытовых отходов, санкционированных свалок, отсутствует плано-регулярная система очистки территории. Прибрежные воды экосистемы озера Байкал интенсивно загрязняются. Биогеохимическая трансформация органических и минеральных веществ, различными путями поступающих в озеро, тесно связана с проблемой чистой воды, поскольку только микроорганизмы осуществляют все круговороты и являются самоочистительным фактором в водоемах. Имеющиеся данные показывают, что микробный фон озера неоднороден и имеет один порядок величин физиологических групп бактерий, и зависит во многом от района озера, впадающих притоков, от использования водоемов человеком.

В экосистеме озера Байкал наблюдаются структуры пространственных неоднородностей горизонтального распределения бактерий, что связано с огромным влиянием гидродинамических параметров на структуру экосистем озер, как в морях и океанах, и нехарактерно для экосистем мелких неглубоких озер. Теоретические расчеты хорошо совпадают с полученными экспериментальными результатами [1]. Выявлено, что основным элементом, лимитирующим продуктивность органического вещества в пелагиали рассматриваемых озер, и влияющим на качество воды, является азот [2,3]. Поэтому сброс хозяйственно – бытовых стоков, где соединения азота присутствуют в больших количествах, необходимо учитывать и строго контролировать. Особенно это важно стало сейчас, в связи с развивающимся туризмом, застройкой прибрежной части озера, при отсутствии очистных сооружений.

Создатель эколого-экономической теории Герман Дейли (Herman Dely) предупреждал, что человечество начинает относиться к своей планете, как к ликвидируемой фирме. Политики, экономисты и планировщики легко забывают о том, что экономика полностью зависит от состояния окружающей среды. Устойчивое водопользование предполагает достижение и поддержание экономически оптимального и экологически безопасного уровня водопользования при минимальном воздействии на среду обитания, обеспечивающего повышения качества жизни людей, реализацию прав нынешнего и будущего поколений на пользование водно-ресурсным потенциалом на основе воспроизводства, не истощающего рационального, сбалансированного использования и охраны природных водных ресурсов.

Решение проблемы выявления экологических рисков в бассейне озера и разработка водоохраных мероприятий до настоящего времени отсутствует на Байкале. Уровень воздействия антропогенного фактора на озеро Байкал уже сейчас создает обстановку для непредвиденных последствий в изменении экосистемы озера. Развитие туризма на Байкале, особенно не учитываемого, когда не контролируется поступление биологических загрязнений в озеро, может в короткие сроки нанести непоправимый ущерб экосистеме. Не надо забывать о том, что именно туризм и хозяйственно – бытовые стоки чуть не погубили Великие Американские озера. Во-время и правильно принятые решения по строительству и реорганизации очистных сооружений, позволят в дальнейшем сэкономить миллиарды рублей.

В процессе природопользования часто сталкиваются экономические и экологические интересы общества. К сожалению, часто антропогенное влияние рассматривается в упрощенной форме, когда доминирует экономическая оценка (материальный ущерб предприятия или компании). Иногда рассматривается видимое воздействие на окружающую среду, и обсуждаются возможные последствия для здоровья человека. Почти никогда не рассматриваются отдаленные нежелательные или даже губительные последствия для экосистем.

Принятие управленческих решений по воздействию на уникальные и столь огромные экосистемы, такие как озеро Байкал, не могут быть выражены в виде функционалов некоторых, только

экономических критериев. Поэтому, с математической точки зрения, невозможно, оптимизировать такой не существующий функционал, и тем самым найти оптимальное управленческое решение. Необходимо учитывать особенности формирования качества воды и основные факторы, влияющие на эти процессы, и давать много-летние прогнозы последствий принятых решений. Человек – источник антропогенных воздействий на экосистему – сам является неотъемлемой частью этих же экосистем. Казалось бы, все это совершенно очевидно. Тем не менее, на нескольких примерах управленческих решений по воздействию на экосистемы, можно продемонстрировать, что рациональные решения проблем игнорируются по конъюнктурным или политическим соображениям.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сафарова В.А. Верхозина В.А. Использование программы черчения изолиний на вертикальных разрезах озера Байкал при наблюдениях, входящих в систему мониторинга // География и природные ресурсы. 1988. № 3. С. 152-154.
2. Verkhovina V.A., Kusner Yu.S., Pastukhov V.D., Popovskaya G.I., Safarova V.A., Sudakova N.D. Stability principle and mathematical modeling Lake Baikal Ecosystem // Internation cartographic congress "InterCarto 2 : GIS for Environmental studies and mapping." Irkutsk, Russia, Yune 6-29. 1996. P. 143-147.
3. Verkhovina V.A., Kozhova O.M., Kusner Yu.S. Hydrodynamics as a limiting factor in Lake Baikal ecosystem // Aquatic Ecosystem Health and Management Society. 2000. V. 3. P. 203-210.

## ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В ОСАДКАХ СТОЧНЫХ ВОД НА ПРИМЕРЕ ЛЮБЛИНСКИХ ПОЛЕЙ ФИЛЬТРАЦИИ

*Дьяконов П.Ю.*

*Московский государственный строительный университет,  
129337 Москва, Ярославское шоссе, д. 26 МГСУ,  
кафедра Инженерной геологии и геоэкологии,  
тел./факс. +7499 1881587, e-mail: pyudyakonov@yandex.ru*

### FEATURES OF POLLUTIONS DETERMINATION IN SEWAGE SLUDGE ON EXAMPLE OF LUBLIN FILTRATION FIELDS

*The measure of pollution of precipitation, soil and water should  
be determined as a weight ratio of pollutant dry to substance.*

Процессы, происходящие в техноприродных системах, могут представлять определенные трудности при изучении. Сложность таких систем не всегда позволяет выявить и оценить главные компоненты их регулирования и саморегулирования, что создает проблемы при разработке мероприятий для достижения желаемых результатов. Примером такой сложной техноприродной системы могут служить Люблинские поля фильтрации (ЛПФ).

Ныне застроенные ЛПФ были инженерно обустроены для приема стоков городской канализации в 1913 г. это год пуска системы централизованного водоснабжения Москвы. Из дошедших до наших дней топографических описаний этой местности, датированных 1670-1680 гг. известно, что здесь располагались два болота: Братеевское – вдоль реки и северо-восточнее его – Долгое.

После естественного высыхания болот, вследствие понижения уровня грунтовых вод, территория была инженерно оборудована под поля фильтрации. (По воспоминаниям современников, летом 1913 г. Москву-реку на всем ее течении в пределах города можно было перейти вброд). Были устроены суглинистый экран, покрывающий поверхность, и дамбы обвалования, разделяющие территорию на чеки, подобные рисовым, площадью около 1 га. Эти чеки заполнялись стоками городской канализации. Предпола-

галось периодически очищать чеки от осадка после отфильтровывания воды, вывозя его на сельскохозяйственные угодья.

С пуском водной системы связывающей Москву с пятью морями, водоснабжение города значительно улучшилось, однако возросла нагрузка на канализацию, в том числе на ЛПФ. Нарушился технологический цикл, чеки перестали периодически осушаться и очищаться от сухого осадка. Предприятия и НИИ стали несанкционированно сбрасывать загрязненные химическими веществами воды в канализацию. В результате, к середине восьмидесятых годов территория ЛПФ оказалась сильно загрязненной неорганическими и биоорганическими загрязнителями.

Воды городской канализации проходят обеззараживание и очистку на станциях аэрации, затем утилизируются на полях фильтрации. При этом очистка от специфических загрязнителей, например тяжелых металлов, в системе горводоканала не предусмотрена. Промышленные сточные воды должны очищаться силами и за счет предприятий, с учетом специфики загрязнений. Очищенные предприятиями воды сбрасываются в природные водотоки.

Некоторая часть металлов попала на поля в результате сброса химических реактивов населением. Это в основном сереброросодержащие фотореактивы. Большая часть металлов попала на ЛПФ в результате неконтролируемых и несанкционированных сбросов предприятий.

К 1985 г., когда назрела необходимость освоения территории под жилую застройку, выяснилось, что на ЛПФ скопилось значительное количество загрязнителей, которые можно разделить на следующие категории: иловый осадок, грунты дамб обвалования, сбросные и грунтовые воды, биологические загрязнители и выделение газов. Первые три категории загрязнителей представляли опасность, т.к. содержали соединения тяжелых металлов [1], концентрации которых приведены в таблице.

Данные, приведенные в таблице, вызывают сомнения. Между тем, она составлена по результатам определений, выполненных экспертной комиссией Москомприроды, что гарантирует достоверность и точность. Странно, что в иловом осадке содержание серебра превышало ПДК в 1162 раза, а в грунте дамб обвалования только в 90. Кадмия, соответственно, в 304 раза, а в грунте дамб

обвалования этого металла не наблюдалось. В грунтовых водах указанные элементы вовсе отсутствуют. Аналогично по другим металлам.

Таблица

**Загрязнители ЛПФ**

Наименование загрязнителя	Превышение ПДК (в N раз)		
	Иловый осадок	Грунт дамб обвалования	Грунтовые и сбросные воды
Серебро	1162	90	
Кадмий	304		
Висмут	81	12	9
Олово	78	6-8	
Хром	75	20	
Цинк	61	30	
Медь	50	6-8	
Вольфрам	31	12	
Никель	31	5	
Молибден	28	5	
Стронций	12		
Свинец	9	6-8	
Кобальт	6		
Бор	3		
Бериллий		6-8	10
Фосфор			6
Соединения азота			6-10

Известно, что торфяники, и в меньшей степени суглинки, хорошо связывают ионы тяжелых металлов. Но здесь разница в содержании элементов в сто и более раз. Нет ли погрешностей в интерпретации данных? Что бы ответить на поставленный вопрос необходимо рассмотреть, что представляет собой осадок сточных вод московской городской канализации.

ОСВ это пульпа, содержащая не более 10% сухого вещества. Если идентифицировать ОСВ, как некий природный материал, то в качестве аналога больше всего подходит верховой торф. Плотность торфа в естественных условиях достигает 800-1080 кг/м<sup>3</sup>; плотность сухого вещества 1400-1700 кг/м<sup>3</sup>. Влагоемкость торфа от 6,4 до 30 кг на 1 кг сухого вещества. Пористость достигает

96-97%. Установлено, что органическое вещество ОСВ составляло 60-80% от общего количества вещества, и было представлено жирами и белками (80-85%), лигниногумусовыми соединениями (15-20%).

При определении весовой влажности, как это принято в механике грунтов, в лаборатории было установлено, что она превышает 400%. Однако представительность проб вызвала сомнения, поэтому, учитывая так же возможность разложения жиров и белков при высушивании навесок при температуре 105°C, точное значение влажности не определялось. Ясно, что она превышала три-четыре сотни процентов.

Влажность суглинка, из которого сформированы дамбы обвалования и экран, не может превышать 30-40%. Учитывая разницу во влажности и в плотности сухого органического вещества и минеральных частиц, можно объяснить разницу в величинах ПДК по серебру в осадке и грунтах дамб обвалования. По кадмию, к выше сказанному следует добавить, что ПДК для почвы и воды различные, и отличаются в десять раз. При содержании кадмия 0,1 мг/кг – почва считается чистой, а ПДК в воде – 0,01 мг/л.

Более корректными, на наш взгляд, представляются данные Независимой экспертной лаборатории (НЭЛ) «Экология» Всероссийского общества охраны природы (ВООП). Здесь, содержание тяжелых металлов приводится в абсолютных цифрах, отнесенных к сухому веществу. Так в ОСВ концентрация цинка – 6,5 г/кг, хрома – 5,1 г/кг, свинца 0,3 г/кг, кадмия 0,14 г/кг. Причем большая часть металлов находится в связанном состоянии, не переходят в ацетатно-аммонийную вытяжку: кадмия 75%, свинца 94%, хрома 99%, меди 99%. В почвах дамб обвалования содержание цинка – 157 мг/кг, свинца – 5,6 мг/кг, меди – 11,4 мг/кг. Характерно, что в осадке содержание тяжелых металлов выражается в граммах, а в грунтах в миллиграммах, что служит подтверждением некорректности характеристики содержания элементов в ПДК и необходимости отнесения предельно допустимых концентраций не ко всей массе ОСВ, а только к массе его сухой субстанции.

В грунтовых водах нитратов было до 532 мг/кг, аммония до 50 мг/кг, кадмия до 0,0046 мг/кг. Но при осреднении данных выявлено, что в целом опасность представляют только соединения азота, содержание остальных компонентов не превышает ПДК более

чем в 1,6 раза и, после естественного разбавления, не представляло опасности. Загрязненность подземных сред ниже ожидаемой объяснялось низкой подвижностью токсичных элементов, находящихся в связанном состоянии, разбавлением техногенных вод грунтовыми, процессами самоочищения, проходящими в толще грунтов. Загрязненные почвы и подстилающие грунты могли стать источником вторичного загрязнения при земляных работах. Выше изложенное, по мнению специалистов НЭЛ «Экология», позволяло рекультивировать территорию ЛПФ без тотального вывоза осадка.

Приведенные материалы показывают, как важно представлять результаты исследований в единой и корректной форме, доступной для восприятия всех заинтересованных лиц. Это позволит принимать более взвешенные ответственные решения.

Конечно, описанное уточнение не делает осадок и грунты дамб обвалования безопасными. Но при малой подвижности содержащихся в них тяжелых металлов оно позволяет утверждать, что смешение загрязненных материалов, количество которых не превышает 10%, с большим количеством грунта засыпки значительно снижает уровень загрязнения почв и грунтов территории ЛПФ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Потапов А.Д., Дьяконов П.Ю.* Технология мелиорации территорий, занятых осадками сточных вод // Сергеевские чтения. Вып. 14. «Роль инженерной геологии и изысканий на предпроектных этапах строительного освоения территорий». М.: РУДН, 2012. С. 314-319.

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕНТГЕНО-РАДИОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРОБОВАНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ПРИ ДОБЫЧЕ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД

*Ефименко С.А., \* Портнов В.С., \*\* Турсунбаева А.К., \*\*  
Сергеев В.Я., \*\* Маусымбаева А.Д.\*\**

*\*ТОО «Корпорация Казахмыс», Жезказган, Казахстан,  
\*\*Карагандинский государственный технический университет,  
Караганда, Казахстан*

#### THE USAGE OF X-RAY RADIOMETRIC SAMPLING FOR REDUCING ENVIRONMENTAL RISK AT EXTRACTION OF POLYMETALLIC ORES

*The influence of unfavorable industrial waning stage of JSC "Kazakhmys Corporation" and the ecological impact on the environment from getting lead-zinc-containing complex, and lead ores into commercial grade "copper sulfide". The technical means of ecological monitoring of mining and ore processing, which implement nuclear-geophysical technologies of ore testing were described. The capabilities of complex ores were described. The research results are used to assess ecological risks. The device for the determination of light elements was developed.*

Основной объем добычи руды ТОО «Корпорация Казахмыс» обеспечивают шахты рудничной промышленной площадки ПО «Жезказганцветмет», разрабатывающих месторождение медистых песчаников Жезказган. Месторождение характеризуется: полиметаллическим типом оруденения (основные промышленные компоненты: Cu, Pb, Zn; сопутствующие промышленные компоненты: Ag, Re, Cd, S, Os; второстепенные компоненты: Co, Ni, Mo, Sn, Bi, As, Sb, Te, Se, Ga, In, Tl, Ge, Pd, Pt, Hg) и четырьмя технологическими сортами руд: медные сульфидные, комплексные (Cu – Pb, Cu – Pb – Zn), свинцовые (Pb, Pb – Zn, Zn) и смешанные (сульфидно-окисленные). Халькозин, борнит и халькопирит являются главными сульфидами меди. На их долю приходится 55, 40 и 5% запасов меди на месторождении. Галенит и сфалерит – главные сульфиды Pb и Zn.

Сложные геологические условия, определяют технологии ведения горнодобычных работ, ограничивающие попадание свинец- и цинксодержащих комплексных и свинцовых руд в товарную руду сорта «медная сульфидная». Такое попадание наносит экологический и производственный ущерб выражающихся в:

1. Запылении атмосферы и окружающих территорий соединениями Pb, Zn и Cd, находящимися в виде пыли в составе отходящих газов металлургического производства (примерный состав: Cu-12÷55%, Pb-6÷39%, Zn-1÷5%, Fe-2÷4%).

2. Запылении атмосферы и окружающих территорий соединениями Pb, Zn и Cd с зеркал хвостохранилищ (Pb, Zn и Cd, поступающие на обогатительные фабрики в исходной руде в количествах, превышающих регламент расхода реагентов, частично переходят в хвосты и накапливаются в хвостохранилищах).

3. Вдыхание обслуживающим персоналом соединений свинца и цинка вместе с пылью и газами на рабочих местах (комплексы дробления, цеха металлургического производства).

4. Загрязнение почв и вод соединениями Pb, Zn и Cd, смываемыми с хранилищ отвальных шлаков металлургического производства (примерный вещественный состав отвальных шлаков жезказганского медьзавода: Cu-0,45%, Pb-2%, Zn-3%, Fe-14%).

Факторы прямого производственного ущерба:

1. Снижение марки и цены товарного медного концентрата, (в марке КМ-0 содержание Pb не должно превышать 2,5%, Zn 2,0%);

2. Снижение (в несколько раз) срока службы выпускных шпуров печи из-за осаждения свинца на футеровке шпуров.

3. Снижение срока службы настыли печи (в процессе плавки свинец осаждается на подине печи, образуя легкоплавкие эвтектические соединения с другими металлами, которые в свою очередь осаждаются на настыле печи, плавятся при каждом перегреве печи и разрушают защитный слой на настыли).

4. Внеплановые чистки фильтров на уловителях отходных газов металлургии из-за забивки последних свинцовой пылью.

Самые современные, экологически чистые горные технологии могут эффективно работать только при наличии современных аналитических средств мониторинга за элементным и валовым содержанием металлов в рудах месторождения, адаптированных к

решению задач экологического мониторинга. Средства контроля должны максимально соответствовать и специфике ведения горных работ в Жезказгане: горизонтальное залегание рудных тел (забои и уступы должны опробоваться только вертикальными сечениями); большой высоте (7м и более) забоев и уступов; огромных объемах добычи руды (до 70000 т/сут); широком списке основных и сопутствующих рудных компонентов.

Экологический мониторинг в ПО «Жезказганцветмет» осуществляется по двум направлениям: рентгенорадиометрическое опробование забоев, уступов, руды в навале отбитой горной массы, буровых шламов из шпуров-РРОЗ; рентгенорадиометрический анализ истертых вагонных, забойных, керновых проб, проб бурового шлама скважин – РРАП.

Контроль за добычей посредством РРАП выполняется со спектрометром РПП-12. На геологические разрезы всех нарезных и горно-подготовительных выработок, очистных забоев, уступов и камер выносятся содержания Cu, Pb и Zn.

Лабораторный энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный спектрометр РЛП-21 позволяет определять содержание в порошковых пробах руд 34 элементов. Он комплектуется Si-Li полупроводниковым детектором (ППД), охлаждаемым жидким азотом, радионуклидами америций – 241, промежуточной мишенью (Ва или Cz). Отличительные особенности РЛП-21:

1. Универсальная методика, позволяющая проведение анализа по принципу «объекты анализа разные – градуировка одна».

2. Высокоэффективный идентификатор аналитических линий элементов (идентификация линий идет по 14 параметрам).

3. III категория точности РРАП (точность рядового химического анализа) по ОСТ 41-08-205- 04 для: Ag; Zn; Pb; Cu; Fe; Cd; Ba; Sr; Se; Mn; As, In, Mo; Ni, Sb; Bi, Ga, Y, Rb, Nb, Th, U.

4. Низкие пределы обнаружения элементов (рассчитаны по критерию 3σ): Ag 1,2 ppm, Cd – 1,35 ppm, Zn 0,0058%, Pb 0,0084%. РЛП-21 успешно работает на рудах месторождения Нурказган, содержащих в среднем 2,8 ppm Ag и 40,0 ppm Mo.

РЛП-21Т, имеющий дрейфовый полупроводниковый детектор (SDD) площадью около 25 мм<sup>2</sup> и толщиной 300-500 микрон (охлаждение – термохолодильник Пельтье), рентгеновскую трубку VF-50J Rh (50 Вт), детектор с разрешением 150 эВ по линии

5,9 кэВ при загрузке 100 кГц., мишень из теллура, обеспечивает в одном режиме без применения вакуумного насоса и инертного газа РФА проб руд на 31 элемент: Cu, Pb, Zn, Ag, Cd, Mo, Fe, Se, As, Ba, W, Bi, Ti, Cr, Mn, V, Ni, Al, Si, S, Ca, Ga, Br, Sr, Zr, Rb, Y, Nb, Pd, U, Th. Такую возможность обеспечивает специальная конструкция зондового устройства датчика. Особенностью спектрометра является режим поддержания на высоком (90000имп/с) уровне загрузки спектрометрического тракта.

При оснащении РЛП-21Т опцией «РФА на рений» возможно определять 19 элементов: Re, Ge, Cu, Zn, Pb, K, Ca, Ti, Cr, V, Mn, Fe, Co, Ni, As, Se, Ba (оценка), S (оценка), W. Для оптимизации условий возбуждения линий ReL $\beta$ 1 и GeKa и повышения чувствительности РФА на эти элементы в РЛП-21Т введена дополнительная промежуточная мишень из рублидия.

С помощью спектрометров РПП-12, РЛП-21 и РЛП-21Т проводится эффективный экологический мониторинг на таких сложных, характеризующихся большим размахом содержаний всех промышленных и мешающих компонентов, полиметаллические месторождения, как: золото-меднопорфировое месторождение Нурказган (Cu, Au, Ag, Mo, Se, S), колчеданно-медно-свинцово-цинковые месторождения Кусмурын (Cu, Zn, Pb, Au, Ag, Cd, Se, Te, S) и Акбастау (Cu, Zn, Pb, Au, Ag, Cd, Se, S, Te), золото-колчеданно-медно-свинцово-цинковое месторождение Абыз (Pb, Zn, Cu, Au, Ag, S, Se, Te, Cd, In, Hg), Саякская группа медно-скарновых месторождений (Cu, Mo, Fe, Au, Ag, Bi, Te, Se, Re), медно-порфировое месторождение Шатырколь (Cu, Mo, Au, Ag, Te, Se, U), а также на Балхашской, Нурказганской и Карагайлинской обогатительных фабриках, перерабатывающих руды.

Спектрометры РЛП-21 использовались для исследований руд месторождения Таскура. Руды отличаются низкой сереброросностью. Сопутствующие элементы: Sc, P, Mn, Pb, Ti, Zr, Ta, Cr, Ni, Ge, Bi, Ba, Be, Nb, Mo, Yb, Y, Zn, Ag, Co, Sr, Tl. Во всех пробах руд и пород месторождения отмечены повышенные содержания стронция и тантала. Корреляция между содержаниями стронция и меди отсутствует. Промышленно значимых содержаний других сопутствующих элементов не обнаружено.

Руды являются бедными на серебро, коэффициент корреляции K<sub>Cu(Ag)</sub> = 0,975. Коэффициент удельного содержания серебра

Куд = C<sub>Ag</sub> (ppm)/CC<sub>Cu</sub> (%) = 5,04. Переработка руд месторождения Таскура, с повышенными содержаниями стронция, и хранение хвостов обогатительного передела могут привести к экологическим рискам.

Благодаря спектрометрам РЛП-21 удалось организовать, в частности, длительный мониторинг элементного и валового состава промышленных продуктов Сатпаевской обогатительной фабрики № 3 (СОФ-3), несущий важную экологическую составляющую (таблица).

Таблица

**Данные мониторинга промышленных продуктов СОФ-3 на спектрометре РЛП-21 (по состоянию на 01.02.2012г)**

Элементы	Содержание металлов, % (* – ppm)		
	Концентрат (с 18.12.2001 г., 3550 проб)	Исходная руда (с 17.04.2002 г., 3453 пробы)	Отвальные хвосты (с 25.08.2003 г., 2871 проба)
Cu	26,70	1,05	0,113
Pb	3,76	0,169	0,028
Zn	6,71	0,349	0,091
Ag*	496,0	20,3	3,4
Cd*	1101,8	52,8	12,4
W*	1062	63	26
Bi*	190	20	13
As*	1080	33	17
Ti	0,30	0,32	0,32
Fe	6,89	2,78	2,63

Таким образом, огромная медная корпорация Казахстана стала работать с использованием ЯГФТОР в качестве фактически основного инструмента геологического мониторинга горных работ. Информационная база, создаваемая ЯГФТОР, представляет собой также и источник достоверной информации, которую предстоит рационально использовать экологическим службам.



## ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ КАК ОТДАЛЕННЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ВОЕННЫХ КОНФЛИКТОВ

*Жигалин А.Д., Николаев А.В.*

*Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва, Россия,  
тел.: (495)9123618; e-mail: [zhigalin.alek@yandex.ru](mailto:zhigalin.alek@yandex.ru)*

### EMERGENCIES AS THE REMOTE EFFECTS OF LOCAL MILITARY CONFLICTS

*The intense bombing during local military conflicts can provoke to the strengthening of seismic activity. Earthquakes observe in the first days after the bombing and can be repeated after 4-6 months. The number of "postbombing" earthquakes increases to 1,4-1,7 times.*

Сильные и катастрофические природные явления – землетрясения, извержения вулканов, наводнения, гигантские оползни – ежегодно причиняют значительный материальный ущерб и уносят многие тысячи человеческих жизней. Оценка возможного риска подобных событий представляет собой достаточно хорошо отработанный алгоритм, позволяющий предусмотреть в каждом конкретном случае размеры необходимой материальной и морально-психотерапевтической компенсации пострадавшим странам и их населению.

Наиболее опасными по своей внезапности и силе проявления считаются тектонические землетрясения. Бедствия, приносимые разбушевавшейся водной стихией или атмосферными вихрями, хотя и соизмеримы по трагизму, но не столь внезапны и поэтому оставляют шанс смягчить до некоторой степени последствия их проявления. Внезапность землетрясений затрудняет их прогнозирование.

Явлением, присущим современной хорошо оснащенной технической цивилизации стали рукотворные, так называемые техногенные, землетрясения. Первые единичные признаки техногенных (индуцированных) землетрясений были замечены еще в первой половине прошлого XX века, когда их начали связывать с процессом наполнения водохранилищ с высокими плотинами. В даль-

нейшем ряд техногенных землетрясений пополнялся за счет сейсмических событий, сопутствующих испытаниям ядерного оружия, проведению так называемых промышленных и карьерных взрывов большой мощности. Справедливости ради следует сказать, что индуцированные (техногенные) землетрясения, как правило, слабее тектонических или вулканических, и приносимые ими беды сводятся, в основном, к материальному ущербу. К тому же прогнозировать такого рода события благодаря накопленному сейсмологическому и инженерно-эксплуатационному опыту стало достаточно просто.

Однако в конце прошлого XX столетия был обнаружен и с течением времени подтвержден еще один вид техногенных землетрясений – землетрясения, возникающие на территориях, подвергающихся массированным бомбардировкам в ходе ограниченных военных конфликтов. При этом радиус ареалов воздействия может достигать 1000-1500 км.

Боевые действия, по природе своей, являясь экстраординарным порождающим разнообразные виды опасности событиями, способствуют созданию чрезвычайных ситуаций в общеупотребительном смысле этого слова. Однако у них есть своя специфика, которую можно наблюдать и анализировать. Начиная с конца прошлого столетия, возродилась практика «выяснения отношений», политических или экономических, посредством относительно кратковременных ожесточенных военных конфликтов. При этом щедро используются так называемые «легитимные» боеприпасы: артиллерийские снаряды, обычные и сверхмощные авиабомбы, ракеты и др. С физической точки зрения это можно рассматривать как сильное воздействие на литосферу, порождающее ответную реакцию ее в виде индуцированных землетрясений. Примером этому могут служить несколько эпизодов из новейшей мировой истории.

Во время бомбовых и ракетно-артиллерийских ударов, проводившихся в Югославии силами НАТО в 1999 году, была отмечена серия подземных ударов, предположительно связываемая с массированными бомбардировками. Она началась сильным землетрясением в районе Белграда, вслед за которым землетрясения были зарегистрированы в Адриатическом море, Карпатах, Чехословакии и в Крыму. Все эти события произошли в течение одной не-

дели. По прошествии примерно пяти месяцев относительного затишья в Восточном Средиземноморье снова были зарегистрированы многочисленные сильные землетрясения с магнитудой  $M = 5-6$ . Восточное Средиземноморье принадлежит к сейсмически активной зоне и сейсмопроявления здесь не являются чем-то экстраординарным. Однако за такой же пятимесячный период, предшествующий бомбардировкам территории Югославии, столь сильные землетрясения регистрировались весьма редко, сейсмичность пребывала в «обычном» режиме. Это обстоятельство дает основание предположить, что именно массивированные бомбардировки территории Югославии стали причиной усиления сейсмической активности в этом районе земного шара.

Продолжением ряда тревожной статистики стали события 2001 года в Афганистане. Бомбардировки горных районов этой страны сначала на юге, а затем и на севере вызвали серию землетрясений. Счет серии открыло ощутимое землетрясение в окрестностях Кабула. Вслед за ним произошло землетрясение на севере Афганистана ( $M = 6.1-6.3$ ), которое сопровождалось разрушениями и человеческими жертвами. Через приблизительно пять месяцев, как и после бомбардировок в Югославии, были зарегистрированы сильные землетрясения с магнитудой  $M = 5.5-7$ , происшедшие на расстоянии 500-1000 км от области воздействия.

За этими двумя эпизодами последовали Ирак (2003 г.), Южная Осетия (2008 г.) и Ливия (2011 г.). Сопоставление изменения сейсмической обстановки во всех указанных регионах обнаруживает схожесть основных характеристик проявления сейсмичности, а именно, относительно спокойный «фоновый» режим до момента начала бомбардировок, редкие сильные сейсмопроявления, непосредственно следующие за воздействием на литосферу, а через некоторый период времени повторная активизация сейсмической деятельности в течение месяца, а иногда и больше. Сходство это дает основание связать наблюдавшиеся сейсмические события с техногенным физическим воздействием на литосферу, выразившемся в проведении сосредоточенных массивированных бомбардировок. События 2003 года в Ираке и последовавшие сразу за ними разрушительное землетрясение в юго-восточной Турции ( $M = 6.7$ ), а затем и в других местах, также служат подтверждением правильности такого предположения.

Анализ данных различных наблюдательных сетей, в первую очередь, данных ГС РАН и USGS, позволил составить таблицу, в которой показано соотношение числа землетрясений, зарегистрированных за достаточно продолжительный период (5-8 месяцев) до начала бомбардировок в соответствующих регионах и после начала активной стадии военных конфликтов, сопровождающейся массивированными бомбардировками и ракетно-артиллерийскими обстрелами. Данные анализа, приводимые в таблице и показывающие, что число «постбомбардировочных» землетрясений по сравнению с землетрясениями за тот же период времени, предвещающий военные события, возрастает в 1,4-1,7 раз (в таблице эти цифры показаны в скобках), дают достаточное основание считать наблюдавшиеся землетрясения прямым следствием военных действий.

Таблица

**Возрастание сейсмической активности  
в результате военных действий**

Район военных действий	Магнитуда $M$			Глубина очага $H$ , км		
	$\leq 4$	4-5	$> 5$	$\leq 33$	33-120	$> 120$
Афганистан, 2001 г.						
до бомбардировок	35	41	11	54	16	17
после бомбардировок	56 (1.60)	68 (1.70)	12 (1.09)	94 (1.74)	33 (2.06)	9 (0.53)
Ирак, 2003 г.						
до бомбардировок	40	26	4	52	13	5
после бомбардировок	67 (1.68)	48 (1.85)	12 (3.00)	94 (1.81)	23 (1.77)	10 (2.00)
Ю. Осетия, 2008 г.						
до бомбардировок	10	25	3	33	4	-
после бомбардировок	21 (2.10)	41 (1.64)	3 (1.0)	62 (1.88)	3 (0.75)	-
Ливия, 2011 г.						
до бомбардировок	2	46	6	44	6	4
после бомбардировок	1 (0.5)	67 (1.46)	10 (1.67)	73 (1.66)	3 (0.5)	2 (0.5)

Следует иметь в виду, что регистрировавшиеся землетрясения территориально «принадлежат» активной в сейсмическом отношении зоне, протягивающейся от Пиренеев, через Балканы, Кавказ, Памир и далее вплоть до Тихого океана. Поэтому воздей-

ствие на литосферу, осуществляемое посредством бомбардировок в ходе локальных войн, следует рассматривать как своего рода триггерный механизм, запускающий либо «преждевременные» землетрясения, либо уже подготовленные, но проявляющиеся с небольшим опережением во времени. Однако уже сам факт, установленной причинно-следственной связи между массивными сосредоточенными бомбардировками (непродолжительное, но сильное воздействие на верхние слои литосферы до глубины 10-30 км) и учащением и усилением регистрируемых сейсмических событий (с  $M$  до 5-7), является заслуживающим внимания обстоятельством, поскольку речь идет о возрастании сейсмической опасности и увеличении степени техногенно обусловленного сейсмического риска. В ряде регионов такая «техногенная добавка» может играть весьма существенную роль при интегральной оценке сейсмического риска в течение длительных периодов времени.

#### **ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПОПАДАНИЯ НАГРЕТЫХ ВОД В ВОДОЗАБОР ПЕРМСКОЙ ГРЭС**

*Китаев А.Б., Носков В.М.*

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия, тел. (8342)239-63-59,  
e-mail: [hydrology@psu.ru](mailto:hydrology@psu.ru)*

#### **ASSESSMENT OF POSSIBILITY OF HIT OF WARM WATERS IN THE WATER INTAKE OF THE PERM THERMAL STATION**

*The temperature mode in a low part of the Kamsky reservoir, and also existential changes of flowing and wind currents around an arrangement of water intaking and water final constructions of Perm thermal station is considered. Conditions at which the entrance of warm waters in a station water intake is possible are shown.*

Тепловое загрязнение – это результат сброса подогретых выше естественной температуры вод, прошедших через конденса-

торы турбин. Каждая страна имеет свои нормы допустимой температуры нагревания водоемов – охладителей. У нас в стране разрешается нагрев воды летом на  $3^{\circ}$  выше максимальной естественной температуры и в зимнее время – на  $5^{\circ}$ . Во многих водоемах – охладителях температура воды превышает установленную норму, и при этом образуются зоны теплового загрязнения, т.е. водные пространства, где превышение наблюдаемой температуры над естественной больше допустимой.

При проектировании и строительстве ТЭС (ГРЭС) необходимо знать степень охлаждения подогретой воды, выбрасываемой в водохранилище. Второй важный фактор – это достижение минимальной температуры воды, забираемой на охлаждение. Идеальный случай – это охлаждение нагретой сбрасываемой воды до естественной температуры. Но на практике, часто на месте забора воды у подводящего канала устанавливается температура выше естественной. Этот фактор влияет на КПД станции: Таким образом, наблюдения и прогноз распространения теплых сбросных вод приобретают все больший интерес в связи с обеспечением оптимальной работы станции, а также для оценки влияния подогретых вод на экологию водных объектов. А для того, чтобы правильно спрогнозировать распространение теплых вод и оценить поле теплового загрязнения, необходимо знать режим течений на акватории, подвергающейся тепловой нагрузке.

На Камском водохранилище источником теплового загрязнения является Пермская ГРЭС, расположенная в 5 км выше г. Добрянка и в 65 км от плотины Камской ГЭС. Водоснабжение осуществляется по прямоточной системе – забор воды производится через подводящий канал в 2,5 км от промплощадки выше по течению, сброс – через отводящий канал в 4 км ниже по течению от промплощадки. Мощность ГРЭС – 2 млн 400тыс. кВт. Циркуляционный расход воды, забираемой на охлаждение конденсаторов, будет изменяться в зависимости от сезона от  $136 \text{ м}^3/\text{с}$  в осенне-зимний период до  $142 \text{ м}^3/\text{с}$  в весенне-летний период. Поскольку сработка водохранилища составляет 7 м, отводящий канал заканчивается сопрягающим сооружением, предназначенным для обеспечения нормального режима работы канала. Оно представляет собой безвакуумный водослив с водобойным колодцем и рисбер-

мой. Ширина водослива 25 м, отметка порога водослива 105,5 м БС, отметка дна водобойного колодца 95,0 м БС.

Режим течений на данном участке во многом зависит от его морфометрических особенностей. Затопленное русло р. Камы по мере движения от верхней границы участка вниз все более отклоняется к правому берегу и на траверзе г. Добрянки почти примыкают к нему. Большую часть участка занимает затопленная пойма, с глубинами от 5 до 7 м, которая распространяется вдоль левого берега; ширина ее увеличивается от 1 км на верхней части участка до 3,5 км на нижней. В ледоставный период, при сработке водохранилища по границе семиметровой изобаты, лед лежит на грунте. Такая сложная морфометрия определяет сложный режим течений, поскольку течения русловой части значительно отличаются от течений на затопленной пойме. Наблюдения за течениями на данном участке проводились начиная с 1974 по 1978 г регулярно – еженедельно в безледоставный период и ежемесячно в ледоставный еще на этапе проектирования, а затем эпизодически. Тогда проектировщиков очень интересовал вопрос о возможности попадания теплых сбросных вод в водозаборные сооружения, что было бы крайне нежелательно.

Анализ проведенных наблюдений дал возможность выявить основные закономерности в режиме течений на акватории водохранилища в зоне Пермской ГРЭС. Поскольку в навигационный период сбросные воды, как более теплые, находятся в поверхностном слое, то форма и расположение зон теплового загрязнения и теплового влияния определяются направлением и скоростью поверхностного течения, которое, в свою очередь, зависит от направления, скорости и продолжительности действия ветра.

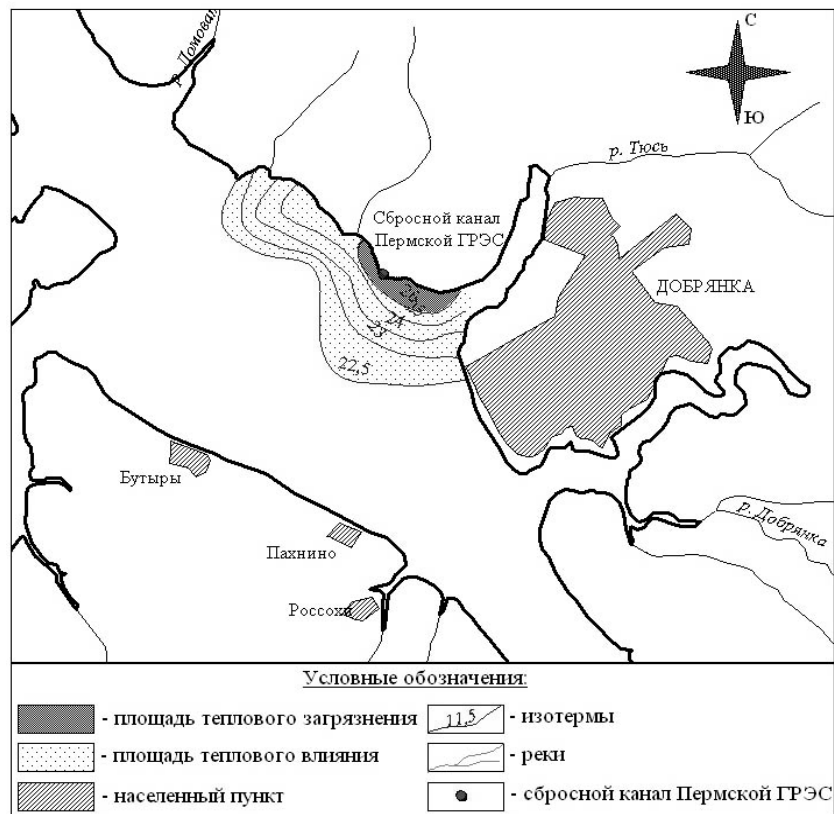
Проточные течения преобладают в русловой части, но русло проходит у противоположного правого берега и не оказывает влияния на формирование течений на левобережной затопленной пойме в зоне влияния Пермской ГРЭС. При различных направлениях ветра повторяемость проточного течения, направленного к плотине, с азимутом 121–210 град. изменяется от 46,2% при юго-восточных и южных ветрах до 90,0% при восточно-северо-восточных и восточных ветрах, т.е. ветры южной четверти препятствуют проточному течению. Средняя скорость проточного течения колеблется от 27 см/с в мае до 6 см/с в августе и сентябре.

Совсем иной режим течений в зоне влияния ГРЭС. Здесь преобладающими являются *ветровые течения* и повторяемость их достигает 80%. Наиболее тесная связь в направлениях ветра и течения отмечается при северо-западных, южных и юго-юго-восточных ветрах. Эти направления движения воздушных масс соответствуют наибольшей длине их разгона над водной поверхностью, т.е. наибольшей длине контакта воздушной массы с водной массой, не испытывающей искажающего влияния берега.

Теплые сбросные воды при определенных метеорологических условиях могут попадать в водозаборные сооружения. Для этого необходимо, чтобы ветер южного или юго-западного направлений, имеющий скорость 3 м/с устойчиво дул в течение 42 часов, ветер, имеющий скорость 5 м/с – в течение 25 часов, ветер со скоростью 8 м/с – в течение 16 часов и со скоростью 10 м/с – в течение 12,5 часов. Такие метеоусловия наблюдаются не часто, но все же бывают несколько раз в течение навигационного периода, что подтверждается данными термических съемок (рис. 1).

Площадь и форма зон теплового загрязнения и теплового влияния зависит от многих факторов. К ним относятся: количество работающих блоков ГРЭС, что определяет количество сбрасываемой теплой воды; температура воздуха; температура сбрасываемой воды, естественная температура воды в водохранилище-охладителе; разница между температурами сбрасываемой и забираемой воды; направление, скорость и продолжительность действия ветра в текущие и в предыдущие сутки. Ветровой режим здесь является основным фактором, формирующим ветровые течения в системе которых перемещаются теплые сбросные воды. По данным наблюдений 90-х годов площади теплового загрязнения при трех работающих блоках изменялись от 0,12 до 2,5 км<sup>2</sup>, а площади теплового влияния – от 2,2 до 18 км<sup>2</sup>.

В период ледостава в районе отводящего канала образуется полынья, и ее размеры и форма зависят от количества и температуры сбрасываемой теплой воды, температуры воздуха, температуры воды в водохранилище, уровенного режима. При зимней сработке водохранилища проточность его увеличивается и это определяет форму полыньи: Она при этом ориентирована вниз по течению и фактор ветра отсутствует, а появляется фактор проточного течения.



**Рис. Схема распределения поля температур и зон теплового загрязнения и теплового влияния на акватории Камского водохранилища в районе Пермской ГРЭС 27 сентября 1991 г.**  
 (Fзагр=0,9 км<sup>2</sup>; Fвл=5 км<sup>2</sup>; ветер ЮЮЗ 4 м/с; tсб=29,6 °С; tзаб=22,5 °С; Δt=7,1 °С)

Наиболее поздние наблюдения, проведенные в июле и октябре 2007 года также при трех работающих блоках, подтвердили выводы прошлых лет – площади и распространение зон теплового загрязнения и теплового влияния зависят от скорости, направления и в продолжительности действия ветра. По данным наблюдений 09.07.2007 г. площади теплового загрязнения и влияния составили соответственно 7,0 и 19,0 км<sup>2</sup> при юго-восточном направлении

ветра, а по наблюдениям 25.10.2007 г. при северо-западном направлении – 1,5 и 15,0 км<sup>2</sup> соответственно. Такая большая разница в величине площади теплового загрязнения объясняется различием в направлениях ветра: в июле юго-восточный ветер сформировал ветровое течение, которое перемещало теплые воды в северо-западном направлении вдоль левого берега. 25.10.2007 г. направление ветра было противоположным – северо-западным. Ветер «прижал» теплые воды к левому берегу и не дал им распространяться в открытую акваторию, поэтому площадь теплового загрязнения в этом случае была во много раз меньше.

Таким образом, режим течений и ветровой режим являются определяющими в распределении теплых вод и формировании зон теплового загрязнения и теплового влияния на акватории водоемов – охладителей. При проектировании ТЭС и АЭС необходимо определять степень охлаждения подогретой воды, прошедшей через конденсаторы турбин и сбрасываемой в водоем-охладитель, а также прогнозировать площади зон теплового загрязнения и влияния, а также и нижнюю границу зоны теплового влияния.

## ПРОГНОЗ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ РОССИИ

*Коган Р.М., Глаголев В.А.*

*Институт комплексного анализа региональных проблем (ИКАРП)  
 ДВО РАН, Биробиджан, Россия, тел. 4262220539,  
 факс 4262261362, e-mail: koganrm@mail.ru*

## VEGETATION FIRE DANGER FORECAST IN THE FAR EAST OF RUSSIA

*It has been investigated the fire risk showings dependence on the air temperature at 1-3 p.m. of the local time; it is derived correlative equations for every month of the fire risk season, on basis of the data provided by 27 weather power stations in the Russian Far East. The charts of vegetation fire risks short-term forecast have been elaborated.*

*They are notable for the original method of weather data registration and a successive substitution of forecasting showings for factual ones. It has been charted the daily forecast for the 2010 fire risk season, on the "Birobidzhan WPS" data, and its reliability has been proved.*

Разработка систем прогноза пожарной опасности растительности по метеорологическим условиям с различной заблаговременностью является приоритетной в области лесоохранных мероприятий в связи с увеличением количества пожаров на охраняемых и неохранных лесных территориях. В большинстве исследований разрабатывают краткосрочное (на трое суток) и долгосрочное (на месяц) прогнозирование пожарной опасности. Для осуществления краткосрочного прогноза разработаны методы расчета ожидаемых значений показателей пожарной опасности, которые можно использовать на территории с определенным типом климата, на основе информации, содержащейся в прогнозах погоды общего пользования, а также данных метеостанций и дистанционного зондирования. Они основаны на эмпирических зависимостях между метеоданными (температурой воздуха, количеством осадков и т.д.) и показателями пожарной опасности. Причем в них не обоснован выбор показателей для оценки пожарной опасности определенного типа климата, не указан временной период метеоданных, на основании которых получены прогностические уравнения, не приводятся строгих доказательств оправданности прогноза.

Целью работы является создание методики прогноза метеорологической пожарной опасности растительности в условиях муссонного климата средних широт на основе выбора показателей оценки фактической опасности, исследования их зависимости от дневной температурой воздуха в 13-15 ч. местного времени, выбора прогностических уравнений и метода формализации прогнозируемых осадков, а также разработка ГИС для ее реализации.

Для определения показателей, адекватно отражающих влияние погодных условий на процессы высыхания горючих растительных материалов, выбрана общепринятая в РФ трехступенчатая схема, по которой в разных вариантах рассчитываются ежедневные лесопожарные показатели (ЛПЗ), затем производится их суммирование (показатель ПЗ) в зависимости от количества осадков и определение классов опасности (КПО) по общероссийской или

региональным шкалам. Используются данные 27 метеостанций, расположенных на территории Еврейской автономной области (ЕАО) и Хабаровского края с 1960 по 2010 г.г., оперативные синоптические прогнозы гидрометеорологических служб Российской Федерации за 2004 – 2010 гг. из Интернет – порталов Гидрометеоцентра РФ (<http://meteoinfo.ru>); Института космических исследований РАН (<http://meteo.infospace.ru>); научного центра Фобос (<http://gismeteo.ru>); регионального управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Дальневосточное УГМС).

Для выбора показателей проведен анализ распределения дней с I-IV КПО, определенных с использованием различных способов расчета ЛПЗ, и пожаров по этим дням внутри пожароопасных сезонов примере территории ЕАО по данным четырех метеостанций и отчетам о количестве лесных пожаров в шести филиалах ОГБУ «Лесничество ЕАО» в течение пожароопасных сезонов 1999-2010 гг. Показано, что при ежедневной оценке пожарной опасности, наряду с показателем В Нестерова ПН [1] могут быть использованы ПВ-1, ПВГ-3, ПВГ-5, ПШ [2] поскольку все они являются модификацией одной функции [1] и отличаются только поправочными коэффициентами на суточный объем осадков и периодами учета метеорологических данных.

Зависимость между ЛПЗ и температурой исследована на примере особо опасных «сухих» дней, в которых не было осадков или их количество не превышало 3 мм/сут., и которым предшествовали сутки без дождя или с осадками в этом же объеме. Получены линейные, квадратичные и экспоненциальные эмпирические зависимости и проведен их отбор на основе наибольших значений коэффициентов детерминации. Полученные уравнения адекватно отражает изменение ЛПЗ от дневной температуры воздуха: фактический критерий Фишера больше критического значения и  $|r| \geq 0,7$  и  $|r|/\sigma_r \geq 2$ . Выбор уравнения необходимо производить для каждого месяца и по каждой метеостанции по наибольшим значениям коэффициентов корреляции и меньшей ошибкой аппроксимации.

Выведены уравнения для расчета ПЗ в зависимости от синоптического термина, используемого при прогнозе количества осадков, и предусмотрено использование шкал для северной, центральной и южной частей ДВР для определения КПО.

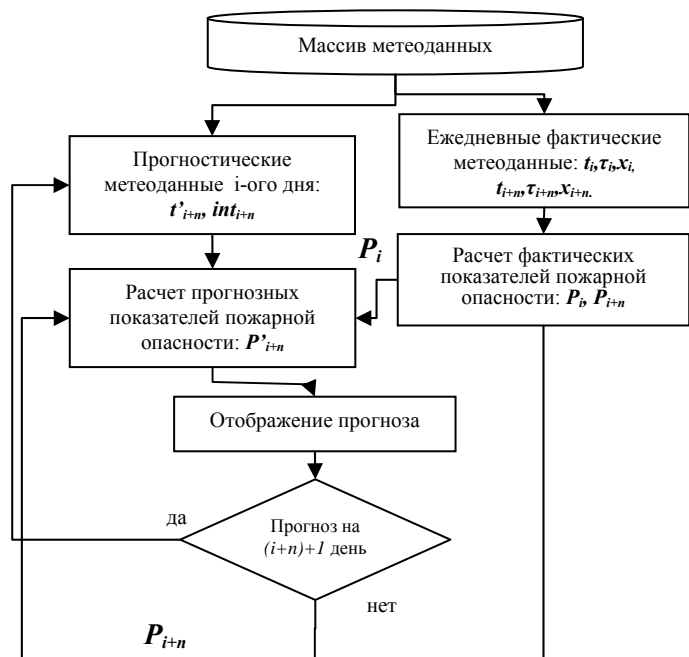


Рисунок. Схема прогноза показателей пожарной опасности

Для осуществления непрерывного прогноза с использованием полученных эмпирических зависимостей предложено несколько схем использования фактических и прогнозируемых метеоданных. В первой из них одновременно учитываются метеорологические данные на первый день и прогноз на последующие 3 дня; по ним производится расчет фактических показателей и составляется краткосрочный трехдневный прогноз. По второй (II) – метеоданные используются также как в первой схеме, рассчитываются фактические показатели первого дня и прогнозные последующих, но по мере поступления фактических метеоданных постоянно производится перерасчет прогнозируемых показателей. По третьей (III) схеме трехдневные метеоданные считываются каждый день и предусмотрен ежедневный перерасчет прогнозируемых величин с учетом поступившего в этот день нового метеопрогноза и с учетом прогнозируемого на этот день показателя на его фактическое значение (рисунок).

Для реализации схем разработана ГИС на основе методологии IDEF0 (Integration Definition Methodology) с использованием различных видов инструментальных информационных систем (ИС), программ пространственного отображения информации систем управления атрибутивными данными и объектно-ориентированных сред программирования.

Основные объекты системы состоят из главной и дочерних диаграмм, внутри которых располагаются интерфейс и блоки. Интерфейс главной диаграммы состоит из четырех составляющих, которые могут быть выражены следующим образом:

1. «Исходные данные» включают в себя входную информацию, подвергающуюся обработке внутри системы.
2. «Управление» – содержит алгоритмы и методики обработки информации.
3. «Механизмы» – используют инструменты реализации системы.
4. «Результат» представлен электронными картами и отчетами.

В дочерней диаграмме содержатся блоки:

- I. «Формирование массивов данных»- позволяет подготовить данные к хранению и обработке
- II. «Оценка пожарной опасности» – производится расчет фактических и прогнозируемых показателей и определение класса пожарной опасности по региональным шкалам
- III. «Проверка достоверности прогноза
- IV. «Регламентация лесоохранных мероприятий».

По разработанным схемам составлены прогнозы на каждый день пожароопасного сезона 2010 г. по данным ГМС «Биробиджан» и проведен анализ их достоверности. За фактическую пожарную опасность принимались значения классов пожарной опасности, определенных по региональной шкале по показателям, рассчитанным по фактическим метеорологическим данным текущего дня по уравнению В. Нестерова. Оценка достоверности прогнозов производилась по методике [1]. Достоверность прогноза составила 61-92%, причем применение схемы (III) по сравнению с (I) позволяет повысить ее в среднем на 10-12 % в зависимости от дня и месяца, на который он составляется.

Таким образом, разработанная методика позволяет получать непрерывный краткосрочный прогноз климатологической пожарной опасности; и она может быть использована на любой территории, на которой осуществляются многолетние ежедневные метеонаблюдения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кац, А.Л., Гусев, В.Л., Шабунина, Т.А. Методические указания по прогнозированию пожарной опасности в лесах по условиям погоды. М.: Гидрометеоздат, 1975. 16 с. ПН
2. Соколова, Г.В., Коган, Р.М., Глаголев, В.А. Пожарная опасность территории Среднего Приамурья: оценка, прогноз, параметры мониторинга. Хабаровск: ДВО РАН, 2009. 265 с.

## ЭВРИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПОЛУЧЕНИЮ ИНТЕРВАЛЬНЫХ ОЦЕНОК ВЕРОЯТНОСТИ АВАРИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

*Крымский В.Г., Жалбеков И.М.*

*Уфимская государственная академия экономики и сервиса,  
Уфа, Россия, тел. (347)2482174, факс (347)2482174,  
e-mail: [vikrymsky@mail.ru](mailto:vikrymsky@mail.ru); [nths@mail.ru](mailto:nths@mail.ru)*

## HEURISTIC APPROACH TO OBTAINING INTERVAL ASSESSMENTS OF ACCIDENT PROBABILITY BASED ON ENVIRONMENTAL MONITORING RESULTS

*The paper addresses the problem of assessing an accident probability in relation to initial data provided by multisensor monitoring system. The heuristic model is proposed to obtain an interval for the assessment of probability taking into account all individual sensors' readings as well as their reliabilities.*

Системы экологического мониторинга (СЭМ) играют важную роль в решении задач контроля уровня риска, связанного с техногенными авариями или природными катастрофами. В совре-

менных СЭМ значения контролируемого параметра окружающей среды обычно определяются исходя из результатов обработки показаний нескольких датчиков (сенсоров), что повышает достоверность прогноза развития ситуации [1]. Между тем, указанные датчики могут отличаться по своим функциональным характеристикам, показателям надежности и т.д. В этих условиях возникает вопрос: как правильно осуществить комплексирование информации, поступающей от разных датчиков в подобной мультисенсорной системе, как организовать поддержку принятия решений о наступлении / отсутствии неблагоприятного события (например, аварии)?

В представленном докладе для реализации такого комплексирования предлагается обоснованный эвристический подход, формализующий следующую логику. Рассмотрим для наглядности СЭМ с двумя датчиками. Их показания обозначим  $x_1$  и  $x_2$  соответственно, а величину «порога опасности», с которой сравниваются эти показания, –  $x^*$ . В зависимости от соотношения показаний датчиков и порогового значения пространство показаний можно разделить на несколько областей, как показано на рис. 1.



Рис. 1. Пространство показаний двух датчиков



В случае, когда показания датчиков согласуются (т.е. величины обеих переменных  $x_1$  и  $x_2$  больше или меньше порогового значения), принятие решения о наличии или отсутствии аварии не вызывает затруднений. Но если показания датчиков лежат по разные стороны от порогового значения, то возникает неопределенность.

Исходя из этих соображений, можно записать:

$$P(A/x_1, x_2) = 0 \text{ при } x_1 < x^*, x_2 < x^*;$$

$$P(A/x_1, x_2) = 1 \text{ при } x_1 \geq x^*, x_2 \geq x^*;$$

$$0 < P(A/x_1, x_2) < 1 \text{ при } x_1 < x^*, x_2 \geq x^* \text{ или } x_1 \geq x^*, x_2 < x,$$

где  $A$  – неблагоприятное событие (авария),  $P(A/x_1, x_2)$  – условная вероятность аварии при наличии показаний  $x_1$  и  $x_2$  рассматриваемых датчиков.

Степень неопределенности при оценке вероятности возникновения аварии можно снизить за счет использования дополнительной информации, в частности, сведений о надежности датчиков, а также о величинах отклонений их показаний от  $x^*$ .

Предположим, что показания датчиков соответствуют области неопределенности 1 ( $x_1 \geq x^*, x_2 < x^*$ ), время их наработки до отказа подчиняется экспоненциальному закону распределения с интенсивностями отказов  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  соответственно. Введем в рассмотрение следующие два выражения для оценок  $P(A/x_1, x_2)$ :

$$\tilde{P}_1(A/x_1, x_2) = 1 - \exp(-\alpha_2 \lambda_2 t_2 - x_2 / (x^* - x_2)), \quad (1)$$

$$\tilde{P}_2(A/x_1, x_2) = \exp(-\alpha_1 \lambda_1 t_1 - x^* / (x_1 - x^*)), \quad (2)$$

где  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – весовые коэффициенты, назначаемые экспертом,  $t_1, t_2$  – продолжительности работы датчиков.

Проанализируем поведение функции (1) вблизи границы области неопределенности. Если  $\lambda_2 t_2 \rightarrow 0$  (случай датчика, обладающего высокой надежностью) и  $x_2 \rightarrow 0$  (значение измеряемого параметра далеко от критического), то  $\tilde{P}_1(A/x_1, x_2) \rightarrow 0$ . Наоборот,

если  $x_2 \rightarrow x^*$ , то  $\tilde{P}_1(A/x_1, x_2) \rightarrow 1$ , что соответствует границе области неопределенности 1 с областью, когда оба сенсора показывают превышение критического уровня. Необходимо добавить, что с ростом  $\lambda_2 t_2$  оценка  $\tilde{P}_1(A/x_1, x_2)$  также увеличивается. Данный факт характеризует снижение доверия к показаниям датчика по мере уменьшения его надежности. Аналогично может быть проведен анализ выражения (2). Так, если  $\lambda_1 t_1 \rightarrow 0$  и  $x_1 \rightarrow x^*$ , то  $\tilde{P}_2(A/x_1, x_2) \rightarrow 0$ , что соответствует границе области неопределенности 1 с областью, в которой оба датчика сигнализируют о допустимом значении измеряемого параметра. Наконец, если  $x_1 \rightarrow \infty$ , то  $\tilde{P}_2(A/x_1, x_2) \rightarrow 1$ . Надежность первого датчика оказывает влияние на  $\tilde{P}_2(A/x_1, x_2)$  аналогично тому, как это было установлено для второго датчика и величины  $\tilde{P}_1(A/x_1, x_2)$ .

Результирующую оценку вероятности  $P(A/x_1, x_2)$  предлагается записывать в виде интервала  $[P(A/x_1, x_2), \overline{P(A/x_1, x_2)}]$ . Это далее открывает путь к обработке результатов прогноза с использованием теории интервальных («неточных») вероятностей, которая представляет собой перспективную альтернативу теории Dempsters - Шефера [2] и теории нечетких множеств [3].

Значения нижней и верхней границ интервала вероятности аварии могут быть найдены из выражений:

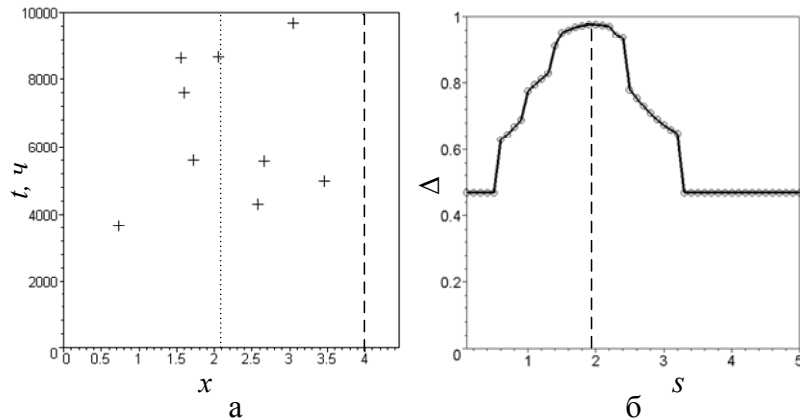
$$\begin{cases} \underline{P(A/x_1, x_2)} = \min(\tilde{P}_1(A/x_1, x_2), \tilde{P}_2(A/x_1, x_2)); \\ \overline{P(A/x_1, x_2)} = \max(\tilde{P}_1(A/x_1, x_2), \tilde{P}_2(A/x_1, x_2)). \end{cases} \quad (3)$$

Указанный подход к оцениванию вероятности распространяется и на случай мультисенсорной системы, включающей  $n$  датчиков. При этом:

$$\tilde{P}_1(A/x_1, x_2, \dots, x_n) = 1 - \frac{\sum_{k=1, k \neq l, l \in \Omega}^n \left( \exp\left(-\alpha_k \lambda_k t_k - \frac{x_k}{x^* - x_k} \cdot \frac{M}{n - M}\right) \right)}{n - M}; \quad (4)$$

$$\tilde{P}_2(A/x_1, x_2, \dots, x_n) = \frac{1}{M} \sum_{\substack{k=1 \\ l \in \Omega}}^n \left( \exp \left( -\alpha_k \lambda_k t_k - \frac{x^*}{x_k - x^*} \cdot \frac{n-M}{M} \right) \right), \quad (5)$$

где  $\Omega$  – множество номеров всех датчиков, показания которых превысили пороговое значение,  $M$  – число таких датчиков.



**Рис. 2. Графическое представление значений показаний датчиков и их наработки (а) и зависимость ширины интервала оценки вероятности от условного смещения показаний датчиков относительно их начальных значений (б)**

Эффективность применения предложенного подхода проиллюстрируем на примере СЭМ с девятью датчиками. Исходные данные соответствуют точкам на плоскости, где по оси абсцисс отложены показания датчиков, а по оси ординат – величины их наработки (рис. 2а). При фиксированном пороговом значении ( $x^* = 4$  усл. ед.) будем одновременно смещать точки, соответствующие показаниям всех датчиков, вправо с некоторым шагом и наблюдать за изменением ширины  $\Delta$  интервала оценки вероятности. Зависимость  $\Delta$  от величины  $s$  смещения показаний представлена на рис.2б. Наибольшая неопределенность (максимум  $\Delta$ ) соответствует  $s \approx 1,9$ . Если отвлечься от учета абсолютных значений показаний датчиков, то указанное смещение этих показаний вправо эквивалентно сдвигу  $x^*$  влево относительно «неподвижных»

показаний (этот сдвиг при  $s \approx 1,9$  отвечает положению  $x^*$ , отмеченному на рис. 2а точечной линией). Предположение, что такая картина соответствует наибольшей неопределенности, разумно, так как отношение количеств датчиков с показаниями, превысившими и не превысившими  $x^*$ , близко к единице, а показатели надежности и величины отклонений показаний от  $x^*$  для датчиков из этих двух групп распределены примерно одинаково («квазисимметрично»).

Таким образом, предложенная модель позволяет комплексировать результаты мониторинга в условиях неопределенности с целью поддержки принимаемых решений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *de Vries T., Paetzold R., Jantos K., Voss E., Anders A.* Mobile multisensor system for environmental monitoring. Proceedings of SPIE Environmental Monitoring and Remediation Technologies, v. 3853, 1999, pp.249 – 253.
2. *Wu H., Siegel M., Stiefelwagen R., Yang J.* Sensor fusion using Dempster – Shafer theory. Proceedings of IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, v.1, Anchorage, AK, USA, 2002, pp.7 – 12.
3. *Su W., Bougiouklis T.* Data fusion algorithms in cluster – based wireless sensor networks using fuzzy logic theory. Proceedings of the 11<sup>th</sup> WSEAS Int. Conf. on Communications, Crete Island, Greece, July 25-28, 2007, pp.291 – 298.

## О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ

*Медведева С.Г.*

*ООО НПП «ЦЕНТР-НЕДРА», г. Калуга, тел. 8(910)5253305,  
e-mail: [twelanis@mail.ru](mailto:twelanis@mail.ru),*

## SOME ASPECTS OF ECOLOGICAL RISK ASSESSMENT BY MINING OF CONSTRUCTION MATERIALS DEPOSITS OF THE KALUGA REGION

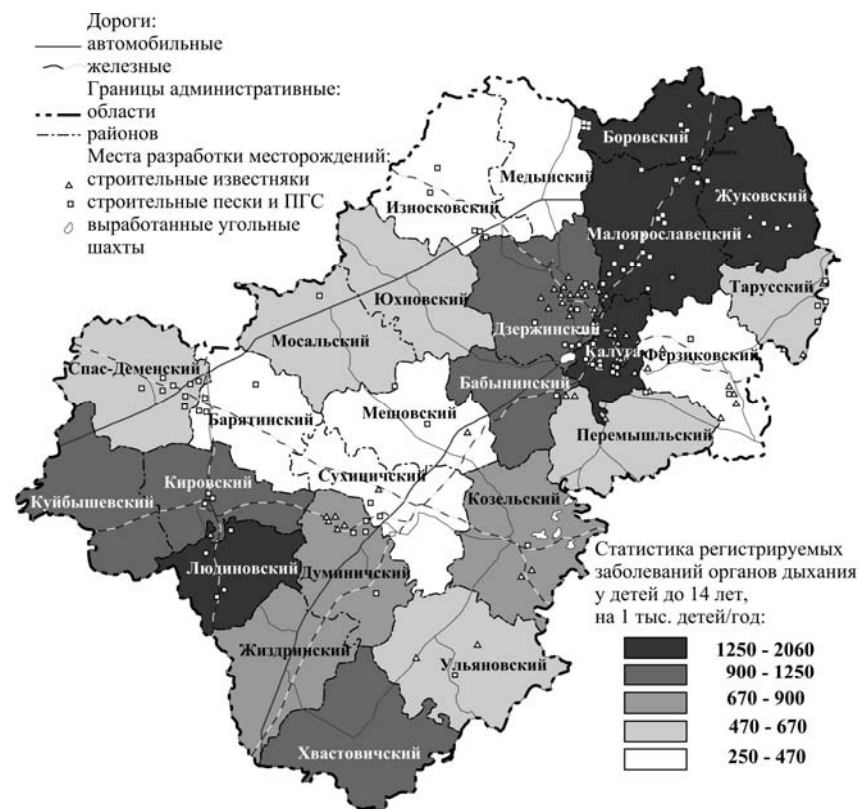
*The article analyzes the relationship mining of construction materials and the total pollution in the Kaluga region.*

Специфика разработки так называемых местных строительных материалов состоит в их приуроченности либо достаточной близости к местам потребления добываемого сырья. Большая удаленность месторождений ведет к повышению себестоимости, а значит, автоматически снижает экономическую привлекательность месторождений для разработчиков. Именно поэтому, техногенное загрязнение от карьеров строительных материалов следует рассматривать как составляющую суммарного техногенного загрязнения освоенных территорий.

Несмотря на очевидную нейтральность извлекаемого сырья, при разработке даже таких, казалось бы, «безобидных» карьеров происходит существенное нарушение эколого-геологических условий и загрязнение окружающей среды, включая приземный слой воздуха, растительность, почвы, подпочвенные грунты и водные объекты [1]. Основным источником загрязнения среды тяжелыми металлами (ТМ) и полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ) при отработке месторождений строительных материалов (МСМ) являются выхлопы от работающего карьерного транспорта, а также буровзрывные работы. Необходимо уточнить, что в случае разработки МСМ зачастую имеет место частая остановка/запуск производственной техники вследствие отсутствия непрерывного цикла, что способствует увеличению поступления поллютантов в окружающую среду: при работе с перерывами выбросы ПАУ значительно выше, чем при постоянно работающих двигателях, т.к. неполное сгорание топлива характерно для режима запуска/остановки двигателя.

Большинство ПАУ, как известно, мало растворимы. ПАУ и ТМ свойственно накапливаться в депонирующей среде (растительности, почве и грунте). Также общеизвестно, что ТМ присущи токсичные и канцерогенные свойства, а ПАУ являются канцероген-

нами и мутагенами. Кроме того, при их совместном присутствии возможно проявление синергизма.



**Рисунок. Схема пространственного распределения заболеваемости органов дыхания у детей до 14 лет (согласно [2]) и мест разработки МСМ в Калужской области**

При сравнении данных медицинской статистики по младенческой смертности и заболеваемости органов дыхания у детей до 14 лет с территориями интенсивных горно-добычных мероприятий просматривается определенная связь наибольшего количества зарегистрированных случаев заболеваний и наиболее эксплуатируемых в отношении извлечения строительных материалов площадей,

каковыми являются муниципальное образование г. Калуга и пригороды, Дзержинский, Малоярославецкий, Боровский и Жуковский районы (рисунок). Разумеется, воздействие разработок МСМ накладывается на влияние других факторов, таких как наличие загруженных автомагистралей и железных дорог, промышленных предприятий и городских агломераций.

Степень пораженности органов дыхания различными заболеваниями (такими, как: острые заболевания верхних дыхательных путей, пневмонии, ОРВИ, грипп, аллергические заболевания бронхо-легочной системы, включая бронхиальную астму, хронические заболевания дыхательной системы) у детей до 14 лет, в указанных районах, аналогична показателям заболеваемости по районам на юго-западе области, подвергшимся радиационному воздействию вследствие аварии на Чернобыльской АЭС 1986 г.

Разумеется, геохимическое загрязнение среды значительно выше на площади городских агломераций и вдоль оживленных трасс, но в отличие от них на площадях карьеров (иногда, значительных) почвы, выступающие в роли первого геохимического барьера, отсутствуют. Соответственно, загрязнение может проникать значительно глубже, вмываясь по вскрытым трещиноватым известнякам и несвязным пескам дождевой водой до первого водоупора.

Кроме того, оставленные без рекультивации карьеры представляют собой серьезную потенциальную опасность в случае возникновения чрезвычайных ситуаций, подобных аварии на Чернобыльской АЭС, для которых характерно поражение значительных площадей. И если при отсутствии нарушенных добычей земель, загрязнение локализовалось, в основном, в почвенном горизонте и растительности, то на площади карьеров Полотняно-заводской группы месторождений, расположенных в шлейфе выброса по направлению господствующих ветров, облучению подвергались легко проницаемые грунты, и для радиоактивного заражения становился доступным региональный питьевой водоносный горизонт, приуроченный к известнякам алексинского горизонта. После аварии на АЭС Фукусима-1 говорить о случайности возникновения таких проблем не приходится, причем период аварий составляет 25-30 лет.

Социальный аспект эстетического воздействия от лицемерия «лунного ландшафта» нерекультивированных карьеров очевиден и не нуждается в отдельной аргументации.

Наличие значительного количества органов надзора над ведением горно-добычных работ не способствует уменьшению числа нерекультивированных карьеров, несмотря на налагаемые на недобросовестных разработчиков штрафные санкции. К сожалению, собираемые экологические штрафы не вкладываются в мероприятия по восстановлению среды обитания, а являются сугубо драконовской мерой наказания для «нарушителя» без вектора целенаправленного приложения. Иногда желание получения штрафа, либо попытки его избежать доходят до абсурда. Чтобы повысить эффективность собственно рекультивационных мероприятий, необходимо вывести финансовую заинтересованность обеих сторон за рамки взаимодействия, путем ввода независимого экологического фонда, в который бы происходило отчисление средств, включая штрафы, и из которого бы и осуществлялось целенаправленное финансирование восстановительных работ. В связи с этим представляется целесообразным реформирование имеющихся структур и создание единой региональной единицы, которая бы занималась данными восстановительными работами на всей территории области безотносительно к форме собственности земли.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Медведева С.Г., Королев В.А., Самарин Е.Н.* Воздействие разработки месторождений строительных материалов на эколого-геологические условия. Ломоносовские чтения 15-17 ноября 2011 г., посвященные 300-летию со дня рождения М.В.Ломоносова; секция «Геология», подсекция «Инженерная и экологическая геология» – М., МГУ, ноябрь 2011. URL: <http://geo.web.ru/conf/>.
2. Стрельцов А.Б., Логинов А.А., Шпынов А.В., Константинов Е.Л., Горбачева Н.В., Мустафаева З.М. Влияние экологической обстановки Калужской области на жизнедеятельность человека. – Тр. регионального конкурса научн. проектов в области гуманитарных наук. – Калуга: «Эйдос», 2003. – Вып. 4. – С. 652-669.

## ОЦЕНКА РИСКА ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ ПРИ ЗАХОРОНЕНИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЯХ

Морозов В.Н., Колесников И.Ю., Казан А.И.,  
Татаринов В.Н., Татаринова Т.А.

Геофизический центр РАН, Москва, тел. (495)9305139,  
факс (495)9300506, e-mail: v.morozov@gcras.ru

## ESTIMATION OF THE RISK OF TECTONIC DESTRUCTION BY ISOLATION OF RADIOACTIVE WASTE IN GEOLOGICAL FORMATIONS

*The article includes the analysis of risk tectonic destruction by underground isolation high level radioactive waste in geological formations.*

Развитие ядерной энергетики в России невозможно без решения проблемы захоронения высокоактивных радиоактивных отходов (ВАО) в глубокие геологические формации. Выбор площадок для захоронения ВАО основан на поиске в стабильных (с геодинамической точки зрения) районах, наименее нарушенных структурно-тектонических блоков (СТБ). Структурно-тектоническая модель и результаты моделирования напряженно-деформированного состояния, изложенные в [1, 2], послужили основой для геодинамического районирования Нижнеканского массива на основе энергетического анализа концентрации напряжений. Степень опасности тектонической деструкции геологической среды оценивалась совокупностью следующих характеристик: *потенциальной энергии деформации, модулем ее градиента и потенциальной энергии формоизменения.*

На основе теории удельной потенциальной энергии формоизменения были определены признаки дифференциации участков массива на «безопасные» и «опасные». Для наглядной оценки концентрации напряжений использовались *векторы концентрации энергии СТБ*, направления наискорейшего убывания потенциальной энергии деформации. Длины этих векторов положим равными

значениям энергетических концентрационных характеристик НДС.

Риск оценивался по трем характеристикам.

1. **Концентрация потенциальной энергии формоизменения**, определяемая как отношение локального значения энергии формоизменения в структурном блоке к ее вычисленному среднему значению:

$$\alpha(x, y) = U_{\downarrow dev} / \langle U_{\downarrow dev} \rangle_{\downarrow}^{\uparrow}(\uparrow((k))), \quad (1)$$

где  $U_{dev}$  – девиаторная компонента энергии;  $\langle U_{\downarrow dev} \rangle_{\downarrow}^{\uparrow}(\uparrow((k)))$  – среднее арифметическое этих компонент энергии по множеству блоков  $({}^D((k)))$  ( $k = 1, 2$ ).

2. **Концентрация потенциальной энергии деформации** – как отношение локального ее значения к среднему:

$$\beta(x, y) = U / \langle U_{\downarrow} \rangle_{\downarrow}^{\uparrow}(\uparrow((k))), \quad (2)$$

где  $U$  – потенциальная энергия в СТБ;  $\langle U_{\downarrow} \rangle_{\downarrow}^{\uparrow}(\uparrow((k)))$  – среднее значение энергии в центрах структурных блоков  $({}^D((k)))$  ( $k = 1, 2$ ). В случае гомогенной модели имеем:  $\beta^{hom} = 1$ .

3. **Концентрация наибольшего убывания энергии**, определяемая как отношение локальной величины модуля градиента к вычисленному ее среднему значению:

$$\gamma(x, y) = |gradU| / \langle |gradU| \rangle_{\downarrow}^{\uparrow}(\uparrow((k))), \quad (3)$$

где  $|gradU|$  – модуль градиента энергии;  $\langle |gradU| \rangle_{\downarrow}^{\uparrow}(\uparrow((k)))$  – среднее арифметическое этих значений в центрах СТБ множества  $({}^D((k)))$  ( $k = 1, 2$ ).

Опасным напряженно-деформированным состоянием структурно-тектонического блока, мы будем считать такое состояние, которое может быть связано с его разрушением. Оценка степени опасности НДС проводится на основе следующего положения: *более опасным считается тот локальный уровень напряжений, которому соответствует большее значение введенного параметра энергетической концентрационной характеристики.*

В результате сравнения численных значений параметров энергетических концентраций в СТБ мы получаем цепочку неравенств:

$$\varepsilon \in \{\varepsilon_j\}_{j=1}^R : \varepsilon_1 > \varepsilon_2 > \dots > \varepsilon_R.$$

Последовательность нижних индексов в этих неравенствах определяет множество значений уровней опасности:

$$\{\omega_j(\varepsilon)\} = \{1, 2, \dots, R\}.$$

Самому опасному уровню отвечает значение равное 1; значение 2 соответствует уровню опасности НДС менее опасному, чем уровень 1 и более опасному, чем последующие уровни и т.д.

Основная оценка степени опасности НДС проводится по «суммарному» параметру концентрации интенсивности энергии  $\delta$ , поскольку он учитывает влияние концентраций по всем компонентам энергетического вектора.

Для наглядности представим этапы реализации предлагаемого подхода к решению практической задачи о выборе надежных участков захоронения ВАО в природном массиве с помощью двух блок-схем (рис. 1, 2), отражающих следующую цепочку процедур прочностного анализа.



Рис. 1. Структура прочностного анализа



Рис. 2. Структура концентрационного анализа

1. В качестве определяющего фактора используется присущая массиву горных пород неоднородность механических свойств, что позволяет сформировать гетерогенную модель НКМ.
2. На основе гетерогенной модели исходных данных строится гетерогенная конечноэлементная численная модель обобщенно-плоского напряженного состояния.
3. С помощью разработанного конечно-элементного комплекса производится расчет НДС.
4. Характерной особенностью, полученного решения задачи деформирования массива, оказывается концентрация напряжений.
5. На основе теории удельной потенциальной энергии формоизменения производится первичная сортировка всех блоков на два непересекающихся множества структурно-тектонических блоков, характеризуемых большими ( $\sigma_i > [\sigma]$ ) и малыми ( $\sigma_i \leq [\sigma]$ ) напряжениями. Целесообразность такой сортировки обусловлена теоретической и экспериментальной базой, заложенной в теориях прочности.

Следующая задача состояла в исследовании концентрации напряжений для того, чтобы выявить относительную степень опасности структурных блоков массива:

1) вычисление концентраций: потенциальной энергии формоизменения, потенциальной энергии деформирования, наибольшего убывания потенциальной энергии (модуля градиента энергии);

2) вычисление суммарной концентрации интенсивности энергии, как основной оценки склонности СТБ к разрушению;

3) определение направления, по которому потенциальная энергия деформации убывает наиболее быстро;

4) формулировка критерия степени опасности НДС;

5) определение уровней опасности НДС;

6) вычисление числа уровней опасности (количества слабых звеньев);

7) ранжирование блоков по убыванию уровня опасности НДС.

Методика позволила ранжировать территорию Нижнеканского массива по степени опасности тектонической деструкции для выбора площадок подземной изоляции ВАО.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Андерсон Е.Б., Белов С.В., Камнев Е.Н., Колесников И.Ю., Лобанов Н.Ф., Морозов В.Н., Татаринов В.Н. Подземная изоляция радиоактивных отходов. М.: Издательство «Горная книга», 2011. 592 с.

2. Белов С.В., Морозов В.Н., Татаринов В.Н., Камнев Е.Н., Хаммер Й. Изучение строения и геодинамической эволюции Нижнеканского массива в связи с захоронением высокоактивных радиоактивных отходов // Геоэкология. 2007. № 3. С. 227-238.

### СНИЖЕНИЕ РИСКА ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ МОРФОЛИТОДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА УСТОЙЧИВОСТИ АКВАТОРИЙ

*Опекунов А.Ю.*

*СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия, email: a\_orekunov@mail.ru*

### DECREASE OF CHEMICAL POLLUTION RISK OF MARINE ENVIRONMENT ON THE BASIS OF MORFOLITODYNAMIC ANALYSIS OF WATER AREAS RESISTANCE

*The main approaches of an assessment of the marine environment resistance to chemical pollution are considered. Decrease of the marine pollution risk in an ecological safety system by an oil and gas production is based on a study of resistance to chemical pollution*

На современном этапе развития человечество активно вовлекает в сферу своих хозяйственных интересов континентальный шельф. Основным направлением его освоения становится разработка углеводородного сырья, что сопряжено с экологическими рисками, в том числе химического загрязнения. Оценка устойчивости акваторий к химическому загрязнению позволяет дифференцировать нагрузки в зависимости от ассимиляционной емкости и устойчивости и снизить экологический риск. Решение этого вопроса имеет принципиальное значение при обеспечении экологически безопасного освоения ресурсов Западно-Арктической нефтегазодобывающей провинции.

Устойчивость – фундаментальное понятие в теории геосистем. Оно используется для установления предельно допустимого уровня вмешательства человека в природную среду. Под устойчивостью понимается способность геосистемы изменяться при воздействии внешнего фактора, но возвращаться в исходное состояние. Выделяют несколько свойств этого сложного явления. Так, геосистемы обладают разной устойчивостью к различным видам воздействия. Одна и та же система может быть устойчива к одно-

му виду нарушений и неустойчива к другим. Важным свойством является эмерджентность устойчивости. Отсюда, устойчивость отдельных компонентов не обязательно обеспечивает устойчивость всей системы в целом, но устойчивость системы всегда выше устойчивости ее отдельных подсистем или компонентов.

При оценке устойчивости возникает задача поиска критериев. В качестве одного из подходов может быть использована термодинамическая (энтропийная) концепция устойчивости. Кроме пространственно-временной структуры, геосистема обладает термодинамической. Структура, функции и эволюция геосистемы зависят от обмена веществом и энергией с окружающей средой, а также от связей между процессами, увеличивающими или снижающими энтропию внутри данной системы [4]. Такой подход к оценке экологической устойчивости заложен неравновесной термодинамикой. В качестве основополагающего принципа можно принять положение, сформулированное И. Пригожиным [2]: состояния, соответствующие минимуму производства энтропии в линейной неравновесной термодинамике, автоматически устойчивы. Если на систему подействовать возмущением, то производство энтропии увеличится, но система ответит возвращением в состояние с наименьшим производством энтропии. Предел этого возмущения характеризует величину устойчивости геосистемы, уровень ее самоорганизации. При вероятности развития процесса в некотором множестве направлений, допускаемых началами термодинамики, реализуется то, которое обеспечивает минимум диссипации энергии, т.е. естественное эволюционное развитие геосистемы всегда направлено на снижение роста энтропии, сохраняющее ее экологическую устойчивость [3]. При изменении значений одного или нескольких управляющих (бифуркационных) параметров, в случае превышения некоторых пределов устойчивости, начинается процесс самоорганизации, и система переходит в новое состояние [2]. Здесь она вновь приобретает устойчивость.

Таким образом, геосистема, развивающаяся в сторону снижения энтропии через ее вынос или снижение производства, оказывается более устойчивой к внешнему воздействию. Все процессы, в результате которых растет упорядоченность системы (конденсация, полимеризация, сжатие, кристаллизация, коагуляция, дифференциация или другой процесс, приводящий к уменьшению

числа состояний вещества), сопровождаются снижением энтропии. Энтропия возрастает с увеличением числа частиц и состояний (растворение, диссоциация, испарение, пептизация, размыв).

При химическом загрязнении, мерой предельно допустимого воздействия выступает объем поллютантов, который способна ассимилировать геосистема. Ассимиляционная емкость определяется двумя группами механизмов устойчивости. Первая включает деструкцию (трансформацию) и захоронение поллютантов, приводящие к выведению их из геохимического круговорота. Вторая группа объединяет процессы выноса за пределы рассматриваемой геосистемы и консервации (временного захоронения) вещества.

Первый шаг в оценке устойчивости морской среды к химическому загрязнению – установление основных признаков, определяющих ассимиляционную емкость и баланс энтропии. Один из вариантов решения этой задачи – анализ эффективности ведущих типов дифференциации осадочного материала на основе дерева признаков:

- механическая дифференциация (признаки: сглаженность рельефа дна, активность гидро- и литодинамических процессов, мощность голоценовых отложений);

- физико-химическая и химическая (признаки: интенсивность перемешивания вод, сорбционная емкость осадков, выраженность геохимических барьеров, глубина моря, устойчивость к вторичному загрязнению);

- биогеохимическая дифференциация вещества (признаки: микробиологическая активность, видовое разнообразие и биопродуктивность бентоса и макрофитов).

Далее задача заключается в выборе принципа районирования акватории. Определение устойчивости морской среды к химическому загрязнению может быть выполнено на морфодинамической основе, отражающей связь морфологии дна, литодинамических и геохимических процессов, состава современных донных осадков [1]. Ведущими морфодинамическими элементами принимаются: днища замкнутых форм с устойчивой аккумуляцией (ловушки I-го рода); незамкнутые впадины и желоба с преобладающей аккумуляцией (ловушки II-го рода); склоновые поверхности с транзитом осадочного материала; верхние предельные поверхности с размывом и абразией. Все поверхности контролируют два вида веществ



венно-энергетических потоков – нисходящих и циркуляционных. Верхние поверхности – источники выноса; нижние замкнутые – конечные пункты сноса; склоны и площадки на склонах, нижние незамкнутые поверхности – зоны транзита. Крутые поверхности ускоряют поток, пологие его замедляют. Субгоризонтальные поверхности на склонах играют роль промежуточных депоцентров, где движение потока прерывается или замедляется. Морфодинамические элементы привязаны к батиметрическому уровню, от которого зависит интенсивность потока вещества. Морфологическое разнообразие поверхностей включает: субгоризонтальные выровненные и мелкорасчлененные, склоновые – крутые и средние, а также пологие. Поверхности сложены определенными типами осадков, которые контролируются глубиной, расчлененностью рельефа и литодинамикой. Устойчивость оценивается по отношению к морфолитодинамическим зонам, как элементарным единицам, выделенным по единству рельефа, литологии, процессов дифференциации вещества. В основе оценки лежит баланс энтропии и направленность вещественно-энергетических потоков.

Следующий вопрос – выбор метода оценки устойчивости. За основу принята широко распространенная в настоящее время экспертный принцип оценки на основе балльных шкал. Он применим к сложным системам, для которых затруднено использование математического аппарата (например, теории надежности). Работа экспертов заключается в оценке важности и выраженности признаков. Окончательная обработка результатов проведена по программе «Признак», разработанной в лаборатории экологического моделирования СПбГУ [6]. Ее назначение – формализация решения задач методом аналогий и сведение их к интерполяционным алгоритмам, а также выполнение расчетов интегральных показателей с задаваемой структуризацией дерева признаков. Согласованность работы экспертов оценивается по критерию Шеффе.

Представленный выше подход был реализован при оценке устойчивости акватории Баренцева моря к химическому загрязнению. Результаты расчетов стали основой классификации и районирования морфолитодинамических элементов по их устойчивости к химическому загрязнению. Соотношение факторов дифференциации вещества для разных морфолитодинамических зон имеет большое значение в обосновании природоохранных меро-

приятий. Одно из условий снижения экологических рисков недропользования – поддержание механизмов устойчивости, присущих фоновым условиям, особенно тех, которые в структуре факторов имеют ведущее значение. Так, в геосистемах, где преобладают размыв и абразия, основные усилия должны быть направлены на минимизацию вероятности появления зон аккумуляции и концентрации поллютантов. В глубоководных районах главное внимание следует сосредоточить на поддержании механизмов, обеспечивающих физико-химическую и химическую дифференциацию (сорбционную емкость осадков, структуру и функциональность природных физико-химических барьеров и т.д.), устойчивость абиотических и биотических компонентов. Выполненное районирование акватории может служить основой для установления дифференцированных нормативов предельно допустимого воздействия, снижающих риск химического загрязнения среды.

Следует также подчеркнуть, что лицензионные участки месторождений Печорского и центральной части Баренцева моря (Штокмановское, Лудловское и Ледовое) расположены в акваториях, где сочетаются устойчивые и низко устойчивые к химическому загрязнению показатели, с ведущим значением физико-химических (Баренцево море) и биогеохимических (Печорское море) процессов дифференциации. Максимальный экологический риск присущ лицензионным участкам прикольского шельфа (Баренц-3), расположенным в зоне неустойчивых к химическому загрязнению акваторий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Зинченко А.Г.* Прогноз ловушек загрязняющих веществ на шельфе Баренцева моря по геоморфологическим данным // Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона. Вып. 4. СПб.: ВНИИОкеангеология. 2002. С. 205-213.
2. *Пригожин И.* От существующего к возникающему. Пер. с англ. / Под ред. Ю.Л. Климантовича. М.: Наука, 1985. 328 с.
3. *Реймерс Н.Ф.* Природопользование. Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 640 с.
4. *Страшкраба М., Гнаук А.* Пресноводные экосистемы. Математическое моделирование. Пер. с англ. М.: Мир, 1989. 376 с.

5. Хакен Г. Синергетика. Пер. с англ. / Под ред. Ю.Л. Климантовича, С.М. Осовца. М.: Мир, 1980. 404 с.

6. Щербаков В.М., Капралов Е.Г., Камышев А.П. Картографирование в целях экологического обоснования генпланов малых городов и проектов строительства промышленных объектов // Вестник СПбГУ, 1994, сер.7, вып. 1 (№ 7). С. 70-77.

## ОЦЕНКА СОВРЕМЕННЫХ НАГРУЗОК КИСЛОТНЫХ ВЫПАДЕНИЙ НА СЕВЕРЕ РУССКОЙ РАВНИНЫ

*Трубицина О.П.*

*Северный (Арктический) федеральный университет,  
г. Архангельск, Россия, тел. 8 911 6709225,  
e-mail: test79@yandex.ru*

### EVALUATION OF ACID LOADS OF THE NORTH OF RUSSIAN PLAIN

*In work generalization of research of a condition of atmospheric air and deposits of the North of Russian plain for the period 1982-2003 is resulted: tendencies of change of emissions of polluting substances in comparison with the data of monitoring of atmospheric air are revealed, spatial distribution of displays acids deposits on frequency of detection in the modern period is determined, loadings of losses of sulfur in their comparison to critical loadings for the given region are designed.*

В последнее время все больший интерес для большинства специалистов во многих странах мира, представляет собой оценка вероятности проявления экологического риска, при отсутствии однозначного ответа о воздействии химического загрязнения современных производств на окружающую среду. Данный интерес основан на возможности выявить вероятность появления обратимых или необратимых изменений в экосистемах в ответ на поступление химического вещества, что позволит элиминировать рискованные природные и антропогенные ситуации, снизить давление существующих нагрузок на состояние природных экосистем.

Безусловно, помимо антропогенных факторов воздействия на экосистемы, существуют и природные. Однако вне зависимости от типа и характера производства предприятие выступает в качестве опосредованного элемента, определяющего структурную связь между ним и окружающей его природной средой [1]. Так, основным загрязнителем воздуха является промышленность.

На обширной территории Севера Русской равнины можно выделить следующие промышленные зоны: 1) в северо-западной зоне (Архангельск, Северодвинск, Новодвинск, Коряжма, Онега) доминирует целлюлозно-бумажная промышленность, предприятия теплоэнергетики, машиностроения, металлообработки; 2) в юго-восточной зоне (Череповец, Вологда, Сокол, Сыктывкар, Ухта) преобладают предприятия металлургии, теплоэнергетики, химической, лесобработывающей промышленности; 3) в северо-восточной зоне (Нарьян-Мар, Воркута) наиболее развита нефтедобывающая, теплоэнергетическая, угольная промышленность, предприятия стройиндустрии. Выбросы этих промышленных зон являются одними из наиболее экологически грязных и негативно воздействуют на хрупкую природу Севера [2].

*Таблица*

#### Доминантные ингредиенты атмосферных осадков Севера Русской равнины в местах расположения основных источников загрязнения

Отрасль промышленности	Номер в ряду основных элементов, выбрасываемых источниками загрязнения		
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	СГ	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Целлюлозно-бумажная	1	3	6
Металлургическая	1	2	7
Нефтедобывающая	1	2	7
Химическая	2	1	4
Машиностроительная, металлообработывающая	2	1	6
Теплоэнергетическая	2	1	6

В таблице, составленной на основе данных формы 2ТП-воздух, приведено распределение компонентов, измеряемых в осадках, в зависимости от возможного источника загрязнения. Цифры, для соответствующих отраслей промышленности, показы-

вают примерный номер в ряду основных элементов, выбрасываемых ими в окружающую среду. Если ранжировать по массе в общей сумме выбросов загрязняющие вещества, то наиболее распространенными ингредиентами атмосферных осадков по основным источникам загрязнения Севера Русской равнины являются  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ .

Выявлено, что с начала девяностых годов XX века, на фоне тенденции уменьшения общего объема выбросов, прослеживается тенденция увеличения доли серных и азотных соединений в атмосферном воздухе, главным образом, городов Архангельской агломерации. Относительно стабильный большой объем  $\text{SO}_2$  и  $\text{NO}_x$  выбрасывают стационарные источники промышленных центров Вологодской области (Череповец) и Республики Коми (Воркута) [2, 3]. Таким образом, тенденция к снижению общих выбросов, связанная, в основном, с экономическим спадом в России при сохранении недостаточно эффективных механизмов государственного регулирования природоохранной деятельности, не привела к адекватному улучшению качества атмосферного воздуха. Из доклада Министра природных ресурсов и экологии РФ Ю.П. Трутнева в 2010 году следует, что «...эти тенденции скорее связаны с кризисом, чем эффективностью госрегулирования» [4].

Соединения серы и азота вносят наибольший вклад в формирование кислых дождей. Помимо этого, азот, будучи питательным элементом, способствует также эвтрофированию экосистем и изменению биоразнообразия [5]. Хлориды, являясь циклическими компонентами осадков, не накапливаясь в почвенном слое, вымываются. Пыль, как основное приоритетное загрязняющее вещество промышленных центров исследуемой территории [3], в совокупности с высокой влажностью воздуха, ускоряет процесс образования кислых осадков.

Выпадение этих элементов с осадками определяются как их эмиссией из локальных источников, так и из удаленных при трансграничном переносе. В промышленных центрах химический состав осадков определяется преимущественно местным режимом загрязнения воздуха. Однако известно, что время существования в атмосфере аэрозолей серы, азота, тяжелых металлов составляет 4 – 7 дней. Этого времени вполне достаточно для их переноса с воздушными массами на большие расстояния – 5 – 8 тыс. км [5],

что является существенным вкладом в загрязнение окружающей среды крупного региона. За пределами региона уровень загрязнения относительно быстро падает, однако в небольших концентрациях, особенно в виде следов, кислотообразующие соединения могут встречаться повсеместно [6].

Анализ данных снегомерной съемки на 42 станциях Севера Русской равнины за 1982 – 2003 гг. показал, что почти четверть (24,1 %) исследуемых проб является закисленными [3]. Основными кислотообразующими соединениями являются сульфаты и хлориды. Нитраты имеют подчиненное значение. Хлориды в наибольшей степени определяют пониженный уровень pH в прибрежной зоне, а в остальной доминируют сульфаты.

Совокупным показателем степени экологической опасности от кислотных выпадений является критическая нагрузка, определяемая как «максимальное количество подкисляющих выпадений, которые в долгосрочной перспективе экосистема может выдерживать без какого-либо ущерба» [7].

Оценка выпадений кислотообразующих соединений серы и азота проводится в ГУ ИГКЭ Росгидромета и РАН по данным сети мониторинга снежного покрова (620 станций).

Согласно картам нагрузок атмосферных выпадений серы и нитратного азота для данного района, приведенные к осредненным метеоусловиям по методике, изложенной в работах сотрудников Института глобального климата и экологии Росгидромета и РАН В.Н. Василенко, И.М. Назарова, Ш.Д. Фридмана [8], распределение кислотообразующих соединений на исследуемой территории на примере периода 1998 – 2002 гг. следующее: нагрузка атмосферных выпадений серы (в ед. серы) в наибольшей степени приходится на Череповец (1000 кг/км<sup>2</sup>год), Архангельскую агломерацию (600 кг/км<sup>2</sup>год), Воркуту (300 – 400 кг/км<sup>2</sup>год). В то же время выпадения нитратного азота также приурочены к Череповцу (300 – 400 кг/км<sup>2</sup>год), Архангельской агломерации (100 – 200 кг/км<sup>2</sup>год), Воркуте (100 – 150 кг/км<sup>2</sup>год).

На основе карт критических нагрузок атмосферных выпадений серы, построенной рабочей группой ЕМЕП (European Monitoring of Environment Pollution), и данных сети мониторинга снежного покрова Северного управления гидрометеослужбы, была составлена карта-схема превышения уровней критических нагрузок ат-

атмосферных выпадений серы по квадратам сетки ЕМЕП. Для каждого квадрата были осреднены значения фактических среднегодовых нагрузок. Превышение уровней критических нагрузок атмосферных выпадений серы для лесных и водных экосистем наблю-

дается при условии:  $\frac{\text{Факт.нагрузка}}{\text{Критич.нагрузка}} \geq 1$ . Анализ данных снегомерной съемки на 42 станциях исследуемой территории в совокупности с сопоставлением рассчитанных нагрузок выпадений серы с критическими нагрузками ЕМЕП показали, что для большей части территории Севера Русской равнины отсутствует превышение критических нагрузок. В прибрежных районах может наблюдаться превышение критических нагрузок (частотность проявления за период 1994 – 2004 гг. составляет 20 – 30 %), что, вероятно, связано с природными процессами. Фактические нагрузки, близкие к критическим (440 кг/км<sup>2</sup>\*год), наблюдаются в районе среднего течения р. Северной Двины (частотность проявления за период 1994 – 2004 гг. составляет 40 – 50 %). Наибольшая повторяемость осадков с рН<5,6 при не превышении критических нагрузок характерна для локального узла в районе р. Печоры, а также для локальных зон Архангельской агломерации, Череповца, Воркуты. В целом пространственное распределение осадков с пониженным рН носит локальный характер.

Результаты данного исследования не противоречат в целом данным ГУ ИГКЭ Росгидромета и РАН. Однако необходимы дальнейшие исследования, с целью уменьшения вероятности проявления экологического риска в выявленных районах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кокин А.В., Игнатов В.Г. Экологический менеджмент. – Ростов н/Д: Изд-во СКАГС, 2010. – 242 с.
2. Трубицина О.П. Анализ геоэкологического состояния атмосферного воздуха и осадков Севера Русской равнины по данным мониторинга // Вестник ПГУ. – 2008. – № 3. – С. 35-42.
3. Трубицина О.П. Состояние атмосферного воздуха и осадков на Севере Русской равнины по данным мониторинга / Автореферат на соиск. уч. ст. к.г.н. – Архангельск, 2007. – 24 с.

4. Трутнев Ю.П. Реформирование законодательства в сфере охраны окружающей среды Российской Федерации. – Доклад от 27 мая 2010 года, г. Элиста. – 13 с.]

5. Башкин В.Н. Экологические риски: расчет, управление, страхование. – М.: Высш. шк., 2007. – 360 с.

6. Израэль Ю.А., Назаров И.М., Прессман А.Я., Ровинский Ф.Я., Рябошапка А.Г., Филиппова Л.М. Кислотные дожди. – 2-е изд. – Л.: Гидрометеоздат, 1989. – 270 с.

7. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2008 г. // Ред. комиссия: академик РАН Ю.А. Израэль, академик РАН А.В. Цыбань, д.г.н., проф. Г.М. Черногаева и др. – М., 2009. – 182 с.

8. Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. Мониторинг нагрузок кислотных выпадений // Метеорология и гидрология. – № 9. – 1992. – С. 46-50.

#### ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА ТРОФИЧЕСКОГО СТАТУСА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

*Фрумин Г.Т., Хуан Ж.-Ж.*

*Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, тел. (812)2241659, факс (812) 4446090, e-mail: gfrumin@mail.ru*

#### PROBABILITY EVALUATION OF THE TROPHIC STATUS OF THE WATER OBJECTS

*The aim of our research was to assess trophic status of the water object. Our research is based on the approach developed by OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). Classification based on yearly averages for total phosphorus (TP). Probability distribution curves have been approximated by analytical expressions.*

Среди глобальных экологических проблем современности (образование озоновых дыр, уничтожение лесов, опустынивание, дефицит чистой воды, возникновение парникового эффекта, сокращение видов животных и растений), одно из центральных мест

занимает проблема эвтрофирования водных объектов (озер, водохранилищ, морей).

На Международном симпозиуме по вопросам эвтрофирования поверхностных вод в 1976 г. принята следующая формулировка – «антропогенное эвтрофирование – это увеличение поступления в воду питательных для растений веществ вследствие деятельности человека в бассейнах водных объектов и вызванное этим повышение продуктивности водорослей и высших водных растений».

Эвтрофирование представляет собой естественный процесс эволюции водоема. С момента «рождения» водоем в естественных условиях проходит несколько стадий в своем развитии: на ранних стадиях – от ультраолиготрофного до олиготрофного, далее становится мезотрофным, и в конце концов водоем превращается в эвтрофный и гиперэвтрофный – происходит «старение» и гибель водоема с образованием болота. Однако под воздействием хозяйственной деятельности, этот естественный процесс приобретает специфические черты, становится антропогенным. Резко возрастают скорость и интенсивность повышения продуктивности экосистем. Так, если в естественных условиях эвтрофирование какого-либо озера протекает за время 1000 лет и более, то в результате антропогенного воздействия это может произойти в сто и даже тысячу раз быстрее.

Такие крупные водоемы как Балтийское море, озера Эри, Тахо и Ладожское перешли из одного трофического состояния в другое всего за 20–25 лет. Данный процесс охватил многие крупнейшие пресноводные озера Европы, США (Великие Американские озера), Канады и Японии.

Классическим примером эвтрофирования является озеро Эри в США. За 25 лет содержание азота в этом озере повысилось на 50%, а содержание фосфора – на 500%. Причиной послужило, главным образом, попадание в озеро бытовых сточных вод, содержащих синтетические моющие средства. Синтетические моющие средства содержат много фосфатов.

Развитие процесса антропогенного эвтрофирования приводит ко многим неблагоприятным последствиям с точки зрения водопользования и водопотребления (развитие «цветения» и ухудшение качества воды, появление анаэробных зон, нарушение структуры

биоценозов и исчезновение многих видов гидробионтов, в том числе ценных промысловых рыб).

Первое научное упоминание токсического цветения в пресноводных водоемах Австралии, вызвавшего гибель овец, лошадей, свиней, собак, сделал в 1878 г. Дж. Френсис. С тех пор, появилось множество свидетельств таких токсичных цветений в различных водоемах мира. Так, токсичность сине-зеленых водорослей во время их цветения установлена в Киевском водохранилище, на р. Днепр, в Куршском заливе Балтийского моря и т. д. Особенно им благоприятствуют в умеренных широтах подогрев воды в водохранилищах-охладителях и замедленный водообмен. Сине-зеленые водоросли в результате своей жизнедеятельности производят сильнейшие токсины (алкалоиды, низкомолекулярные пептиды и др.), которые сами не используют, но они, попадая в водную толщу, представляют опасность для живых организмов и человека. Токсины могут вызывать цирроз печени, дерматиты у людей, отравление и гибель животных.

В мае 2007 масштабное цветение *Microcystis* поразило систему водоснабжения города Уси на северном берегу озера Тайху в Китае, оставив более 2 миллионов человек без питьевой воды на неделю.

По данным мировой статистики, примерно в 40–50% случаев цветения происходит развитие токсигенных цианобактерий. В настоящее время развитие токсигенных цианобактерий приобретает глобальный характер, что обусловлено усилением антропогенного загрязнения водных объектов. Как национальную проблему рассматривают токсичные цветения озер в Англии, Финляндии, Норвегии. В этих странах созданы специальные центры для их изучения и контроля. В литературе описаны наблюдения токсигенных цианобактерий в ряде озер Карелии и в Невской губе. Поскольку эвтрофирование водоемов стало серьезной глобальной экологической проблемой, по линии ЮНЕСКО начаты работы по мониторингу внутренних вод, контролю за эвтрофированием водоемов земного шара [1]. Основным ограничивающим фактором «цветения» сине-зеленых водорослей является уменьшение сброса биогенных веществ (в основном фосфора) в водные экосистемы.

Таблица 1

**Аналитические выражения для вероятностной оценки трофического статуса озер**

Трофический статус	Аналитическое выражение
Ультраолиготрофный	$\mu_{yo} = 1 - \exp\{-\exp[(-TP+3,5)/2,8]\}$
Олиготрофный	$\mu_o = 0,66 \cdot \exp\{-[-0,946 \cdot \ln(TP/8)]^2\}$
Мезотрофный	$\mu_m = 0,66 \cdot \exp\{-[-0,995 \cdot \ln(TP/26)]^2\}$
Эвтрофный	$\mu_s = 0,66 \cdot \exp\{-[-0,964 \cdot \ln(TP/89)]^2\}$
Гипертрофный	$\mu_{гт} = \exp\{-\exp[(-TP+130)/81]\}$

*Примечание.* TP – среднегодовая концентрация фосфора общего, мг·м<sup>-3</sup>.

Таблица 2

**Вероятностная оценка трофического статуса озер**

Озеро	TP, мг·м <sup>-3</sup>	Вероятность трофического статуса				
		$\mu_{yo}$	$\mu_o$	$\mu_m$	$\mu_s$	$\mu_{гт}$
Онежское	12	0,05	0,57	0,36	0,02	0,00
Нарочь	16	0,01	0,43	0,52	0,04	0,00
Ладожское	20	0,00	0,31	0,62	0,07	0,00
Чудское	23	0,00	0,24	0,65	0,11	0,00
Тайху	44	0,00	0,05	0,50	0,42	0,03
Псковское	52	0,00	0,03	0,41	0,50	0,06
Селигер	64	0,00	0,01	0,29	0,60	0,10
Ильмень	90	0,00	0,00	0,14	0,66	0,20

Цель данного исследования заключалась в совершенствовании оценки трофического статуса пресноводных водных объектов (озер). В исследовании для оценки трофического статуса озер был использован вероятностный подход, ранее разработанный ОЭРК, и базирующийся на данных о содержании общего фосфора в водной массе [2]. Для оценки уровня трофности были использованы пять градаций:  $\mu_{yo}$  – вероятность ультраолиготрофного состояния,

$\mu_o$  – вероятность олиготрофного состояния,  $\mu_m$  – вероятность мезотрофного состояния,  $\mu_s$  – вероятность эвтрофного состояния и  $\mu_{гт}$  – вероятность гипертрофного состояния. Кривые вероятностной классификации трофического статуса озер, разработанные ОЭРК, были аппроксимированы нами аналитическими зависимостями, которые были использованы для оценки трофического статуса некоторых озер России (Ладожское, Чудское, Псковское, Ильмень, Онежское, Селигер), Белоруссии (Нарочь) и Китая (Тайху) (см. табл. 1, 2).

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Дмитриев В.В., Фрумин Г.Т. Экологическое нормирование и устойчивость природных систем. СПб.: СПбГУ, РГГМУ. 2004. – 294 с.
2. Хендерсон-Селлерс Б., Маркленд Х.Р. Умирающие озера. Причины и контроль антропогенного эвтрофирования. Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 280 с.

**ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ ПОДХОД  
К ОЦЕНКЕ ОПАСНОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ БИОТЫ  
НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ**

*Харькина М.А.*

*Московский государственный университет  
имени М.В. Ломоносова, Геологический факультет, Москва  
e-mail: kharkina@mail.ru*

**DIFFERENTIATED APPROACH TO THE RISK ASSESSMENT  
OF GEOLOGICAL PROCESSES FOR VARIOUS MEMBERS**

**OF THE BIOTA ON RUSSIA TERRITORY**

*The intensity of geological processes on Russia important from the ecological point of view for man and flora was determined. Regions of Russia with possible victims among populace were revealed; their*

*spatial differences from location of regions with mass destruction of plants were demonstrated.*

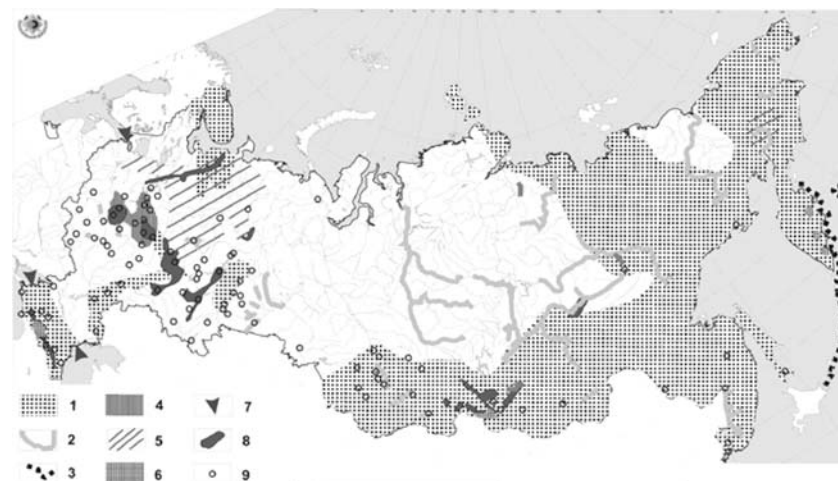
Уровень воздействия геологических и других природных процессов на живые организмы требует дифференцированного подхода к состоянию отдельных представителей биоты. Существуют различия в пространственном распространении и списочном составе природных процессов, угрожающих жизни человека, микроорганизмов, животных и растений. Различаются антропоцентрический и биоцентрический подходы к оценке опасности геологических и других природных процессов.

*Антропоцентрический подход* основан на определении интенсивности процесса, угрожающей жизни человека. Гибель людей происходит при внезапном проявлении и большой скорости развития (амплитуде, высоте, площади) процесса особенно на городских территориях с многоэтажной застройкой и высокой плотностью населения. Большим человеческим жертвам способствует относительно низкий уровень научно-технического прогресса, допускающим несвоевременное оповещение населения о надвигающейся катастрофе и отсутствие защитных сооружений.

На территории России массовая гибель людей возможна при полномасштабном проявлении наводнений, землетрясений, цунами и селей [7]. Список природных процессов и явлений, приводящих к единичным человеческим жертвам и большим материальным потерям существенно длиннее и помимо вышеупомянутых явлений, включает еще и смерчи, нагоны, быстрые оползни, карстовые провалы и экстремально низкие температуры [1, 3-6, 8]. Их распространение на территории России отображено на рис. 1.

Экстремально низкие температуры могут угрожать жизни на северо-востоке европейской и азиатской части России, смерчи – в центральной части страны, нагоны – в Санкт-Петербурге, на восточном побережье Азовского моря и северо-западном побережье Каспия, карстовые провалы – на участках близкого расположения растворимых пород к поверхности. Оползни, даже с большой скоростью смещения, редко угрожают жизни населения, но приносят большие материальные потери. По данным «Карты опасности развития оползней на территории России», составленной А.Л. Рагозиным и И.О. Тихвинским, они способны вызвать деформации и

разрушить сооружения в 100 городах России с населением свыше 100 тыс. человек.



**Рис. 1. Районы России с возможными человеческими жертвами и большими материальными потерями, при проявлении:**

1 – землетрясений 6-8 баллов MSK-64, 2 – наводнений с площадью затопления поймы 75 - 90 % и амплитудой колебания уровня воды меньше 5 м, 3 – цунами с высотой заплеска меньше 4 м и дальностью проникновения волны на сушу до 1 км, 4 – смерчей со скоростью до 50 м/с, 5 – экстремально низких температурна  $20^{\circ}\text{C}$  ниже среднеянварской на протяжении суток, 6 – селей с объемом выноса меньше 1 млн  $\text{м}^3$ , 7 – нагонов с подъемом уровня воды до 3 м, 8 – карстовых провалов с диаметром меньше 30 м, 9 – оползней в городах с населением 10 тыс. чел.

*Биоцентрический подход* к оценке опасности геологических процессов основан на определении интенсивности процесса, угрожающей существованию растений и животных. В его рамках можно говорить о фитоцентрическом и зооцентрическом подходах, причем последний практически не разработан. При фитоцентрическом подходе главным критерием опасности геологического процесса является сохранность почвы. Растения зависят от состояния почвы, поскольку именно она служит источником питательных соединений и биофильных элементов, а ее сохранность и плодородие – основной экологический критерий в оценке состояния фито-

ценозов. Процессы (пыльные бури, вулканизм, сели, оползни, обвалы и др.), протекающие с уничтожением или захоронением почвы, непосредственно угрожают существованию фитоценозов, а такие процессы, как опустынивание, вторичное засоление, термокарст способны вызвать структурные изменения фитоценозов. Процессы (эрозия, подтопление, заболачивание, карст, землетрясения, суффозия) протекают с деградацией почвы и способствуют уменьшению кормовой базы.



**Рис. 2. Районы России с возможной массовой гибелью растений при проявлении:**

- 1 – засух с температурой на  $20^{\circ}\text{C}$  выше среднеиюльской в течение 1 дня,  
 2 – смерчей со скоростью ветра больше 50 м/с, 3 – дождей интенсивностью больше 178 мм в сутки, 4 – пыльных бурь со скоростью больше 1 м/с и продолжительностью больше 6 час., 5 – градобитий с площадью поражения 1 тыс. га и размером градин больше 20 мм, 6 – пожаров на торфяниках при заторфованности больше 30%, 7 – селей с объемом выноса  $>1 \text{ млн м}^3$ ,  
 8 – цунами с дальностью проникновения волны на сушу до 1 км.

При биоцентрическом подходе, особое значение приобретает фактор времени. С позиции сохранения видов растений и популяций животных, опасность убывает с уменьшением времени воздействия процессов: длительное затопление поймы или засоление

земель опаснее, чем кратковременное проявление землетрясений даже большой интенсивности. Для человека же эта зависимость часто обратная: длительнодействующие процессы могут не представлять непосредственной опасности жизни, т.к. используя достижения цивилизации их можно избежать с помощью защитных мероприятий или изменения местожительства.

На территории России перечень природных процессов, угрожающих массовой гибели растений (рис. 2) включает засухи, смерчи, интенсивные дожди, пыльные бури, градобития [8], сели, смерчи, а также пожары на торфяниках [2], изменяющие свойства верхних горизонтов литосферы в результате термического воздействия (почвенные покровы заменяются вторичными пирогенными образованиями).

К сожалению, в настоящее время в нормативных документах при оценке опасности геологических и других природных процессов и экологического риска преобладает антропоцентрический подход. Использование биоцентрического подхода к оценке геологических процессов особенно актуально на слабообжитых территориях России.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас природных и техногенных опасностей в Российской Федерации / Под ред. С.К. Шойгу. М.: ИПЦ «Дизайн. Информация. Картография», 2005. 270 с.
2. Зайдельман Ф.Р., Шваров А.П. Пирогенная и гидротермическая деградация торфяных почв, их агроэкология, песчаные культуры земледелия, рекультивация. М.: Изд-во МГУ, 2002. 168 с.
3. Кобышева Н.В. Климат России. СПб: Гидрометеоздат, 2001. 655 с.
4. Общее сейсмическое районирование Российской Федерации – ОСР-97-В, 5%-ная вероятность превышения расчетной интенсивности в течении 50 лет (период повторяемости сотрясений 1000 лет). Масштаб 1:8 000 000 / Гл. редакторы В.Н. Страхов, В.И. Уломов. НПП «Текарт», 2000.
5. Природные опасности России. Гидрометеорологические опасности. М.: Издательская фирма «КРУК», 2001. 296 с.
6. Природные опасности России. Сейсмические опасности. М.: Издательская фирма «КРУК», 2000. 296 с.



7. Харьковина М.А. К вопросу оценки геологических процессов при анализе инженерно-экологических условий на предпроектных этапах изысканий строительства // Сергеевские чтения. Инженерно-экологические изыскания в строительстве: теоретические основы, методика, методы и практика. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (22 марта 2012). Вып. 14. М.: РУДН, 2012. С. 359-363.

8. Шагин С.И., Разумова Н.В., Малкарова А.М. Опасность градовых процессов в Южном федеральном округе России // Геориск, № 4, 2008. С.32-36.

## **ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ РИСКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ НЕФТЕПРОДУКТАМИ**

*Хаустов А.П., Редина М.М.*

*Российский университет дружбы народов, Москва,  
тел. (495)7873803-3413, факс (495)9528901,  
e-mail: akhaustov@yandex.ru*

## **PROBLEMS OF EVALUATION OF RISKS OF GEOLOGIC ENVIRONMENT POLLUTION WITH OIL PRODUCTS**

*The article includes the analysis of the main problems of estimations of risks for the geological environment at the oil pollution. The problems of modeling and detailed description of oil distribution and zonality in subsurface are presented, considering composition and individual properties of oil products as well as specific of polluted environments.*

Загрязнения нефтью и нефтепродуктами (НП) компонентов окружающей среды (ОС) относятся к числу наиболее распространенных. Это подтверждается многочисленными статистическими данными о состоянии земель, поверхностных и подземных вод. По данным МЧС площадь нефтезагрязненных почв в России в 2011 г. составила 71,5 тыс. га. Это самый прогрессирующий вид загрязнения, который в свою очередь, приводит к миграции углеводородов в подземные воды и обуславливает процессы вторичного (много-

кратного) их поступления из зоны аэрации через зону насыщения и далее в поверхностные водные объекты. Таким образом, существует риск образования еще более опасных загрязнений, чем исходное нефтяное. В связи с этим, возникает необходимость оценки рисков, возникающих при попадании НП в ОС, включая экологические (для биоты и человека) и геоэкологические (для отдельных геосред) риски. Однако такие оценки сталкиваются с целым комплексом проблем.

Сами по себе оценки рисков предполагают количественное выражение, как вероятности события, так и его масштабов. Однако количественные оценки и тех, и других составляющих рисков в случае нефтяного загрязнения сталкиваются с неопределенностями и значительными сложностями.

1. Объемы потерь НП при хранении и любых других операциях по обращению с НП крайне редко бывают точно количественно оценены. В результате невозможно получить информацию о масштабах поступления НП в ОС. В качестве примера можно привести многочисленные оценки объемов линз НП в районах нефтебаз, хранилищ авиатоплива, военных объектов. Для одних и тех же объектов разными авторами предлагаются оценки, различающиеся в несколько раз (Грозненский очаг загрязнения).

2. Существующие модели массопереноса в гомогенных и гетерогенных средах, справедливые для растворов, могут быть принципиально неприменимы к расчету формирования линз НП и движения их на поверхности грунтовых вод. Это обусловлено незнанием механизма фазовых переходов, которые определяются следующими ведущими процессами: в атмосфере – испарение и химическое окисление; в почвах – биоокисление и биоразложение; породы – сорбция, диффузия; в капиллярной зоне – формирование заземленных форм УВ; в зоне насыщения – растекание по линзе и миграция внутри в виде растворенных форм. Огромное значение имеют возраст нефтяного загрязнения, а также анизотропность движения и тип поллютантов. Необходимо создание принципиально новых моделей, которые учитывали бы данные процессы. Дифференциация подходов к моделированию поведения легких (LNAPL – легкие несмешивающиеся с водой жидкости) и тяжелых (DNAPL – тяжелые/ плотные несмешивающиеся с водой жидко-

сти) УВ, а также модель межфазовых взаимодействий в трехфазной системе детально рассмотрена в работе [4].

3. Сами количественные оценки баланса нефтепродуктов (ОС), поступающих в ОС, и подвергающихся процессам миграции и трансформации, нельзя признать удовлетворительными, поскольку балансовое уравнение [2] слабо ориентировано на возможность практических оценок. Так, в качестве составляющей в уравнение введена интенсивность биохимических и физико-химических процессов деградации нефти. При этом детальные оценки данных параметров серьезно осложнены необходимостью учета специфики природных условий в конкретных ландшафтах, загрязняемых нефтью, и практически каждый раз требуют проведения детальных исследований на местности [5].

4. До настоящего времени, в отечественных моделях и оценках загрязнения недооценивается вероятность формирования горизонтальной геохимической зональности в зоне насыщения с выделением зоны восстановительных условий. Это приводит к появлению побочных аномальных концентраций таких металлов как Mn, Fe, метана, а также ряда трансформантов с повышенной токсичностью. Например, сложные эфиры фталиевой кислоты (от  $C_{16}H_{22}O_4$  до  $C_{32}H_{54}O_4$ ) в отходах добычи, хранения и переработки нефти представлены очень широко. Соединения хорошо растворимы в воде, поэтому активно мигрируют с нисходящими потоками подземных вод, достигая зоны насыщения. Образование фталатов в окислительных условиях связывают с ароматическими структурами. Так, в Чашкинской нефти фталатных структур может содержаться до 20% и более, а в водных вытяжках загрязненных грунтов – от 20 до 86% [1]. Экологическая опасность фталатов связана с их активным влиянием на репродуктивную функцию и гормональную систему. Они легко проникают с растворами в организм и усваиваются в жировых отложениях. Фталатная структура отличается высокой биохимической стойкостью и обнаруживается практически во всех средах. Считается, что гео-фталаты могут являться наиболее устойчивой формой существования бензольного кольца в органическом веществе.

5. Недоучет ряда важнейших процессов, происходящих после попадания нефти и НП в ОС, приводит к значительным иска-

жениям итоговых оценок рисков. Прежде всего, это роль почвенного покрова как мощного барьера, на котором накапливаются и подвергаются деградации многие соединения, входящие в исходный состав нефти и НП. Как следствие, упрощенное представление о проникновении нефти и ее вертикальной миграции искажает количественные оценки вероятности присутствия в загрязняемых грунтах конкретных продуктов трансформации нефти и не позволяет прогнозировать саму вероятность достижения теми или иными опасными компонентами (например ПАУ) определенных горизонтов. Так, традиционно используемые представления о распределении НП в грунтовой толще, зачастую излишне примитивны. По мнению Ст. Джерман, подобная «приверженность» к представлению о «плавании» легких несмешивающихся с водой жидкостей на поверхности грунтовой воды» или модели «блина» стоила промышленности огромных денежных сумм, времени и моральных потерь за десятилетия [9].

6. Также к искажению результатов моделирования приводит недоучет биodeградации НП в естественных условиях. Несмотря на высочайшую актуальность проблемы, данные процессы остаются слабо изученными, а оценки базируются чаще всего на модельных лабораторных исследованиях либо использовании аналогий. При этом роль биodeградации, в разрушении отдельных компонентов НП, может оказаться ведущей. Так, по опыту исследований на специализированном полигоне Бимиджи (США), доля моноароматических соединений (бензол, ксилол, толуол, этилбензол) подверглось разложению именно при участии биоты.

7. Еще одна проблема – отсутствие надежных методик экстракции (для алифатических УВ может составлять 85%, для ароматических – всего 20%) и их идентификации по признакам природного и антропогенного генезисов [5, 6]. Данные цифры указывают, насколько важно правильно подойти к экстракции НП из почв, грунтов и вод. Каждая из этих сред имеет свою специфику удерживающей (сорбционной) способности по отношению к УВ различных типов.

8. Мешающим фактором, иногда приводящим к серьезным ошибкам, является присутствие в водных растворах, особенно в верхней части зоны аэрации, так называемых псевдо-НП. Это мо-

гут быть битумоиды, выщелоченные из торфяных или гумусовых почв, входящие в группу полициклических ароматических УВ (ПАУ). Считается, что их присутствие свидетельствует о техногенной природе загрязнения, они активно растворяются гексаном и другими органическими растворителями. Эти вещества входят в сумму НП, повышая их валовые концентрации. Поэтому крайне важно найти удачные критерии деления на нафтоидную (естественную) и нафтидную (пирогенную) составляющие. Для этих целей традиционно предлагаются индексы техногенности, пирогенности, соотношения ПАУ различного генезиса: соотношение суммы пирена с флуорантеном (они имеют преимущественно техногенное происхождение) к сумме хризена с фенантеном (имеют природный генезис). При значении более 0,5 в составе техногенных соединений преобладают пирогенные ПАУ. Предложенное соотношение чрезмерно примитивно и дает большие погрешности при идентификации истинно техногенных УВ и природных. Отсюда – отсутствие адекватных методик оценки экологических последствий НП-загрязнений [6, 7]. Необходима разработка системы надежных индикаторов с учетом трансформации НП и образования новых форм соединений с природными субстратами, с оценкой их токсичности и времени существования в компонентах ландшафтов [3].

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Одинцова Т.А.* Разработка технологии идентификации и мониторинга нефтяных Загрязнений: Автореф. дис. канд. тех. наук. Пермь, 2010. – 21 с.
2. Основы изучения загрязнения геологической среды легкими нефтепродуктами / Н.С. Огняник, Н.К. Парамонова, А.Л. Брикс и др. – К.: [А.П.Н.], 2006. – 278 с.
3. *Пиковский Ю.И.* Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. М.: МГУ, 1993. 207 с.
4. *Румынин В.Г., Синдаловский Л.И.* Исследование моделирования миграции в подземной гидросфере углеводородных жидкостей в связи с загрязнением пресных подземных вод / Ресурсы подземных вод: современные проблемы изучения и использования: Матер. междунар. научн. конф. М., 13-14.05.2010: К 100-летию со дня рожд. Б.И. Куделина – М.: МАКС Пресс, 2010. – с. 350-362

5. *Хаустов А.П., Редина М.М.* Геохимическая модель трансформации и индикации нефтепродуктов при их вертикальной миграции в ландшафтах/ Геохимия ландшафтов и география почв (к 100-летию М.А. Глазовской). Докл. Всеросс. научн. конф. Москва, 4-6 апреля 2012 г. М.: Географический факультет МГУ, 2012. С. 342-344.

6. *Хаустов А.П., Редина М.М., Калабин Г.А.* Проблемы формирования качества пресных подземных вод при углеводородном загрязнении/ «Питьевые подземные воды. Изучение, использование и информационные технологии». Мат-лы междунар. науч.-практ. конф. 18-22.04.2011 г.). Часть 3. Моск. обл., п. Зеленый: ВСЕГИНГЕО, 2011. С. 17-33.

7. *Хаустов А.П., Редина М.М., Луценкова Е.О.* Проблемы оценки трансформации углеводородных загрязнений при аварийных разливах // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе, 2011, №6. С. 8-13.

8. *Delin G.N., Essaid H.I., Cozzarelli I.M. and others.* Ground Water Contamination By Crude Oil. – [Электронный документ]. – Режим доступа: <http://mn.water.usgs.gov/projects/bemidji/results/fact-sheet.pdf>. – Проверено 20.05.2012.

9. *St. Germain Randy.* Your LNAPL Conceptual Site Model: It's Probably Wrong. – [Электронный документ]. – Режим доступа: <http://w.neiwpcc.org/tanksconference/presentations/monday%20presentations/saintgermain.LNAPL.Monday.pdf>. – Проверено 15.05.2012.

## ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ МЕДИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

*Чеснокова И.В., Лобацкая Р.М. \* Кoffф Г.Л.*

*Институт водных проблем РАН, Москва,  
тел.(499)7833862, e-mail:koffgl@mail.ru;*

*\*Иркутский государственный технический университет,  
Иркутск, e-mail:lob@istu.edu*

## APPROACHES TO THE MEDICO-GEOLOGICAL RISK ASSESSMENT OF EMERGENCY SITUATIONS

*The article is devoted to medico-geological risk. Authors define concept of medico-geological risk and show, what changes of the geological environment occur at development of natural and natural-*

*technogenic geological processes. Geokofator are allocated and analyzed.*

Согласно современным данным, в настоящее время 80% заболеваний (прямо или косвенно) связаны с факторами внешней среды. Американские ученые считают, что ежегодно примерно 250 тыс. человек становятся жертвами стихийных бедствий, а в результате загрязнения воздуха, воды и почвы в год умирают более 2,5 млн. человек. Несмотря на это, методика оценки медико-геологического риска сегодня остается мало разработанной. Отсутствуют специализированный мониторинг и районирование на глобальном, региональном и локальном уровнях, соответствующие градостроительные нормативы, методические требования к специализированным изысканиям.

Под медико-геологическим риском авторы понимают возможную предпосылку чрезвычайных ситуаций, которые могут возникать, например, в результате загрязнения подземных вод и почв. Поступая через сложные трофические цепи в продукты питания, загрязнение почв и подземных вод служит причиной массовых тяжелых заболеваний. Медико-геологический риск формируется при развитии всех катастрофических геологических процессов, особенно проявляющихся в региональном плане (землетрясения, радиационное загрязнение и другие). Большинство техногенных катастроф в той или иной степени проявляются и в медико-геологическом риске, определяясь, в свою очередь, спецификой рельефа, почв, подземных вод и разломов [1].

Сближение идей о перспективах дальнейшего экономического развития и путях сохранения оптимальной физической среды обитания человека является знаменательным достижением обеих областей знания в современном мире. Человек как вид зависит от окружающей среды. Если ее компонентам наносится ущерб, окружающая среда может изменяться со скоростью, превышающей эволюционные возможности человека или его способность адаптироваться в соответствии с изменившейся природной обстановкой. Рост научно-технического прогресса, сопровождающийся интенсификацией использования природных ресурсов, урбанизацией, абсолютным и относительным увеличением численности населения, загрязнением, приводит к значительным измене-

ниям окружающей среды. Эти изменения отражают существенное нарушение стабильного динамического равновесия в биосфере и в геологической среде.

Изменение геологической среды в ходе природных и природно-техногенных геологических процессов и трансформации природных геофизических и геохимических полей является результатом взаимодействия между:

- 1) компонентами самой геологической среды;
- 2) геологической средой и экосистемами;
- 3) геологической средой и другими блоками биосферы;
- 4) геологической средой и обществом.

По масштабу влияния на человека мы выделяем глобальные, региональные и локальные изменения, являющиеся последствиями взаимодействий различного уровня. Первое направление глобальных изменений является последствием обмена энергией и веществом между поверхностью и недрами Земли, приводят к движению литосферных плит, при этом трансформируют взаимосвязи между литосферой и биосферой. Второе направление глобальных изменений литосферы связано с использованием минеральных и энергетических ресурсов для получения топлива и сырья. Объем материально-энергетического обмена, связанный с этой деятельностью, сопоставим с потоками вещества из недр, за счет которых образуется новая океаническая кора. Третье направление глобальных изменений связано с влиянием промышленности, энергетики, сельскохозяйственной и лесохозяйственной деятельности на ландшафт и почвы. Эти глобальные изменения наиболее важны для оценки возможности удовлетворения потребностей человека в пище и энергии в будущем.

Результаты изучения механизмов влияния глобальных изменений различных направлений на экосистемы и здоровье человека еще не позволяют уверенно прогнозировать биотические события в связи с изменениями среды. Для решения прогностических задач требуются междисциплинарные коллективные исследования, сравнение современных и древних экосистем, накопление параллельных баз данных по геологии, географии, медицине и др. Совокупность факторов окружающей среды, вызывающих конфликт между окружающей средой и внутренней средой человека, формируется так называемыми факторами риска, нарушающими

стабильность внутренней среды. Факторы риска – это либо внешние, благоприятствующие протеканию патогенного процесса, обстановки, либо внутренние, движущие силы процесса, определяющие его характер. Системный анализ факторов риска позволяет выделить наряду с интегральными факторами, факторы, дифференцированные по блокам окружающей среды, в том числе и геоэкофакторы риска. Разнообразие и динамичность природных условий, «ячеистость» строения геологической среды формируют пеструю картину пространственно-временного распределения геологических условий существования человека.

В числе геоэкофакторов риска, наряду с глобальными, региональными и локальными, мы выделяем еще косвенные и прямые. К косвенным относятся характеристики условий залегания геологических тел соответствующего иерархического уровня, их пространственных размеров, относительной высотности, экспозиции, структуры и текстуры, рельефа. Реализуясь в ландшафтных системах, косвенные геоэкофакторы риска определяют интенсивность солнечной радиации, температуру и влажность воздуха, интенсивность и частотность атмосферных осадков, характер циркуляции воздуха в нижней атмосфере, поверхностный сток. В число косвенных геоэкофакторов риска следует включить также почвообразующие геоэкофакторы – физико-механические свойства пород субстрата, их химический и минералогический состав, тепло-влажностное обеспечение, степень консолидации, структурно-текстурные характеристики.

Учет риска необходим для выработки стратегии и рационального использования и защиты территорий, определения набора необходимых мероприятий, дифференцированных в зависимости от степени риска, а также для предвидения тех или иных изменений окружающей среды. В зависимости от масштабного подхода к факторам, формирующим риск, можно выделить региональный и локальный риск. Первый устанавливается путем картирования соответствующих парагенетических ассоциаций природных процессов, обуславливающих различный характер взаимодействия с техногенезом. Региональный риск (относительный или вероятностный) может быть установлен и при разделении территорий пространства парагенетических ассоциаций геологических и ин-

женерно-геологических процессов степени опасности, что должно соответствовать определенной сложности условий.

Степень риска находится в прямой зависимости как от состояния самой геологической среды, так и от влияния на нее строительства и эксплуатации сооружений и средств инженерной защиты территорий. Региональный и локальный риск взаимодействуют и дополняют друг друга. Наряду с геологическим риском авторы считают целесообразно также оценить общий риск, учитывающий распределение негативных геологических, гидрогеологических, метеорологических процессов. При этом следует принимать во внимание взаимосвязь различных природных процессов и техногенных факторов.

Последствия чрезвычайных ситуаций, вызванных опасными геологическими процессами обычно оцениваются полным социальным и экономическим ущербом, понимаемым как натуральная (физическая), ранговая или стоимостная оценка негативных изменений (разрушений, нарушений, повреждений) природных и техногенных объектов. Эти изменения вызываются:

- прямым воздействием опасных процессов, включающим повреждения или разрушения зданий и сооружений, оборудования, имущества, гибель и заболеваемость людей:

- вторичными природными и техногенными воздействиями, различающимися по генезису, последовательности, продолжительности, распространенности:

- косвенными последствиями, зависящими от каскадных эффектов в экономике, объеме связей и экономической инфраструктуре региона и страны, уровня резервирования экономических систем и некоторых других обстоятельств.

Территории, в пределах которых возможно возникновение чрезвычайной ситуации, это территории под риском. Риск соответствует вероятности прямого (первичного, вторичного) и косвенного ущерба от опасных процессов. При этом прогнозный (динамический риск) оценивает ситуацию, когда ущерб может произойти или нет (априорную вероятность), а реализованный (статический) риск характеризует степень происшедшего ущерба (апостериорную) вероятность. Если риск процесса характеризует вероятность изменений объектов, то опасность оценивает факт и сте-

пень подверженности территории или объекта воздействию катастрофического природного или природно-техногенного процесса.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Лобацкая Р.М., Кофф Г.Л.* Разломы литосферы и чрезвычайные ситуации. – М.: Российское экологическое федеральное информационное агентство, 1997. – С. 66-77.

### УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ

#### AUTHORS' INDEX

Абдрахматов К.Е.	т. 2	с. 150	Бурова В.Н.	т. 1	с. 284
Агаева Л.А.	т. 2	с. 209	Велиева Ф.Ф.	т. 2	с. 214
Адылов И.И.	т. 1	с. 215	Верхозина В.А.	т. 2	с. 226
Азанов С.Н.	т. 2	с. 88	Верхозина Е.В.	т. 2	с. 226
Азизов У.А.	т. 1	с. 84	Викторов А.С.	т. 2	с. 21
Айдаралиев Б.Р.	т. 1	с. 43	Волкова Н.В.	т. 2	с. 145
Айтматов И.Т.	т. 2	с. 72	Ворогушин С.	т. 2	с. 78
Аксянов Т.М.	т. 2	с. 139	Габибов Ф.Г.	т. 2	с. 27
Алексамян С.Н.	т. 2	с. 209	Гаврилова С.А.	т. 2	с. 85
Алексеева О.А.	т. 2	с. 5	Гадиров А.Г.	т. 1	с. 94
Алешин Ю.Г.	т. 2	с. 9, 72	Гасанова Н.Ю.	т. 1	с. 319
Алиев Ч.С.	т. 2	с. 214	Гвоздева И.П.	т. 1	с. 79
Алиева А.Р.	т. 2	с. 214	Глаголев В.А.	т. 2	с. 250
Алимухамедов И.М.	т. 1	с. 215	Глебов В.Ю.	т. 2	с. 88
Андреев Ю.Б.	т. 1	с. 7	Гонсировский Д.Г.	т. 1	с. 48
Андрушко С.В.	т. 2	с. 37	Григорьева С.В.	т. 1	с. 53
Аникеев А.В.	т. 2	с. 15	Губарьков А.А.	т. 2	с. 32
Аракелян Ф.О.	т. 2	с. 67	Гусев А.П.	т. 2	с. 37
Артиков Т.У.	т. 1	с. 11	Давыдько Р.Б.	т. 1	с. 330
	т. 2	с. 152	Джаманкулова Г.М.	т. 2	с. 150
Артикова М.А.	т. 2	с. 152	Джураев Н.М.	т. 1	с. 225
Архипенко А.А.	т. 1	с. 219	Дорожко А.Л.	т. 1	с. 143
Бабаев Г.Р.	т. 1	с. 94	Дьяконов П.Ю.	т. 2	с. 114, 231
Багмет А.Л.	т. 1	с. 267	Елохин В.А.	т. 2	с. 42
Байда С.Е.	т. 1	с. 16, 274	Ефименко С.А.	т. 2	с. 236
Байкова Л.А.	т. 1	с. 22, 279	Жалбеков И.М.	т. 2	с. 255
Балабанов И.П.	т. 1	с. 28, 32	Жданов В.В.	т. 1	с. 58
Банщикова Л.С.	т. 2	с. 145	Жигалин А.Д.	т. 2	с. 67, 241
Баранов И.П.	т. 1	с. 63	Журавлева О.Г.	т. 2	с. 161
Барыкина О.С.	т. 1	с. 104	Заиканов В.Г.	т. 1	с. 284
Барышева О.И.	т. 1	с. 119	Заиканова И.Н.	т. 1	с. 284
Башилов И.П.	т. 1	с. 181	Зайцев В.Н.	т. 1	с. 63
Безуглова Е.В.	т. 1	с. 306	Захаров В.Н.	т. 1	с. 68
Белоусова А.П.	т. 2	с. 220	Зеркаль О.В.	т. 1	с. 73, 79
Благовещенский В.П.	т. 1	с. 128	Зокиров М.М.	т. 1	с. 84
Боборыкина О.В.	т. 1	с. 162	Золотарев Д.Р.	т. 1	с. 90
Богомоллов А.Н.	т. 1	с. 37	Зубко Ю.Н.	т. 1	с. 181
Бозов К.Д.	т. 1	с. 43	Ибрагимов А.Х.	т. 1	с. 247
Бондаренко В.М.	т. 1	с. 53	Ибрагимов Р.С.	т. 1	с. 11
Борсукова О.В.	т. 1	с. 296		т. 2	с. 152
Булдакова Е.В.	т. 1	с. 284	Ибрагимова Т.Л.	т. 2	с. 152

Исаков В.А.	т. 1	с. 279, 291, 324	Мамараимов З.У.	т. 2	с. 58	Писаренко В.Ф.	т. 1	с. 314	Туйчиева М.Т.	т. 1	с. 225
Каган А.И.	т. 2	с. 265	Манукин А.Б.	т. 1	с. 181	Попова О.Г.	т. 2	с. 67	Турсунбаева А.К.	т. 2	с. 236
Кадиров Ф.А.	т. 1	с. 94	Манучарянц Е.М.	т. 1	с. 32	Портнов В.С.	т. 2	с. 236	Тягунов С.А.	т. 2	с. 78
Казеев А.И.	т. 1	с. 98	Манько А.В.	т. 2	с. 5	Постоев Г.П.	т. 1	с. 98	Уломов В.И.	т. 2	с. 125
Калашник А.И.	т. 1	с. 138	Маусымбаева А.Д.	т. 2	с. 236	Потапов А.Д.	т. 2	с. 114	Умурзаков Р.А.	т. 1	с. 231
Калашник Н.А.	т. 1	с. 138	Махнатов С.А.	т. 1	с. 330	Пырченко В.А.	т. 1	с. 113, 284	Умурзаков Р.К.	т. 1	с. 84
Калинин Э.В.	т. 1	с. 104	Маций С.И.	т. 1	с. 306	Ранова С.У.	т. 1	с. 128	Усупаев Ш.Э.	т. 1	с. 157
Капралова В.Н.	т. 2	с. 21	Медведева С.Г.	т. 2	с. 260		т. 2	с. 181	Уткин М.М.	т. 1	с. 330
Каримов Ф.Х.	т. 2	с. 46	Медеу А.Р.	т. 1	с. 128	Рафиков В.А.	т. 1	с. 201	Федодеев В.И.	т. 1	с. 236
Карлин Л.Н.	т. 2	с. 157, 177	Мележ Т.А.	т. 1	с. 133	Рафикова Н.А.	т. 1	с. 201	Федотова Ю.В.	т. 2	с. 161
Катаев В.Н.	т. 1	с. 90	Мельников Е.Н.	т. 1	с. 22	Рахматуллаев Х.Х.	т. 1	с. 205	Фейт Г.Н.	т. 1	с. 68
Керамова Р.А.	т. 1	с. 108	Мельников Н.Н.	т. 1	с. 138	Редина М.М.	т. 2	с. 289	Фесель К.И.	т. 1	с. 113
Киренская Т.Л.	т. 1	с. 128	Микляев П.С.	т. 1	с. 143	Резников П.Н.	т. 1	с. 210	Фильков В.Ю.	т. 2	с. 109
Киселев О.В.	т. 1	с. 113	Минакова Т.Б.	т. 1	с. 284	Родкин М.В.	т. 1	с. 314	Флеминг К.	т. 2	с. 78
Киселева О.В.	т. 1	с. 37	Миняева Ю.В.	т. 1	с. 148	Сависько И.С.	т. 1	с. 284	Фролова Н.И.	т. 2	с. 51
Китаев А.Б.	т. 2	с. 245	Мирзаев М.А.	т. 1	с. 11	Савченков С.Н.	т. 2	с. 88	Фрумин Г.Т.	т. 2	с. 280
Клячко М.А.	т. 2	с. 92, 98, 109	Миронов О.К.	т. 1	с. 113	Садабаева Н.Д.	т. 1	с. 43	Хайдарова Б.Н.	т. 1	с. 225
Коган Р.М.	т. 2	с. 250		т. 2	с. 172	Садиков Ф.	т. 1	с. 215	Хамидов Л.А.	т. 1	с. 243, 247
Козлякова И.В.	т. 2	с. 15	Миронюк С.Г.	т. 2	с. 61	Салтыкова О.М.	т. 1	с. 175	Харькина М.А.	т. 2	с. 284
Козырев А.А.	т. 2	с. 161	Мокрицкая Т.П.	т. 1	с. 153	Салямова К.Д.	т. 1	с. 319	Хаустов А.П.	т. 2	с. 289
Колесников И.Ю.	т. 2	с. 265	Молдобеков Б.Д.	т. 1	с. 157	Санчаа А.М.	т. 1	с. 165	Хуан Ж.Ж.	т. 2	с. 280
Кондрагьев В.Г.	т. 2	с. 167	Морозов В.Н.	т. 2	с. 265	Сафаров Р.Р.	т. 1	с. 94	Худайбергенов А.М.	т. 1	с. 225
Кононова Н.К.	т. 1	с. 119	Морозов В.Н.	т. 2	с. 265	Свалова В.Б.	т. 1	с. 181	Чарыкова С.А.	т. 1	с. 37, 192
Костин А.Б.	т. 1	с. 267	Музалевский А.А.	т. 2	с. 157, 177	Светлосанов В.А.	т. 2	с. 187	Чеснокова И.В.	т. 1	с. 296
Кофф Г.Л.	т. 1	с. 296	Мухтаров А.Ш.	т. 1	с. 94	Семенова И.Э.	т. 2	с. 161		т. 2	с. 294
	т. 2	с. 294	Нарышкин Ю.В.	т. 2	с. 42	Сергеев В.Я.	т. 2	с. 236	Чистова З.Б.	т. 1	с. 123
Кочкин Б.Т.	т. 2	с. 104	Насонкин В.А.	т. 1	с. 162	Степанова В.И.	т. 1	с. 63	Чукин Б.А.	т. 2	с. 9
Крестин Б.М.	т. 1	с. 119	Наумов М.С.	т. 1	с. 291, 324	Стрижельчик Г.Г.	т. 2	с. 119	Шаазизов Ф.Ш.	т. 2	с. 197
Круподеров В.С.	т. 1	с. 119	Неведрова Н.Н.	т. 1	с. 165	Стром А.Л.	т. 2	с. 98	Шакирова Г.А.	т. 2	с. 209
Крымский В.Г.	т. 2	с. 255	Нигметов Г.М.	т. 1	с. 170, 175	Сушев С.П.	т. 2	с. 51	Шалагинов А.Е.	т. 1	с. 165
Кудин В.Н.	т. 2	с. 187	Николаев А.В.	т. 1	с. 181	Татаринов В.Н.	т. 2	с. 265	Шалашина Т.Л.	т. 1	с. 251
Кутинов Ю.Г.	т. 1	с. 123		т. 2	с. 241	Татарина Т.А.	т. 2	с. 265	Шау Й.	т. 2	с. 78
Кең-Жап Shou	т. 1	с. 181	Носков В.М.	т. 2	с. 245	Ташлыкова Т.А.	т. 2	с. 192	Шестопёров Г.С.	т. 2	с. 98
Лаврусевич А.А.	т. 1	с. 301	Нуднер И.А.	т. 2	с. 109	Телков Ф.С.	т. 1	с. 291, 324	Шешеня Н.Л.	т. 2	с. 202
Ларионов В.И.	т. 2	с. 51	Нуртаев Б.С.	т. 1	с. 187	Тихонова Т.М.	т. 1	с. 37	Шишкова И.И.	т. 1	с. 255
Лобацкая Р.М.	т. 2	с. 294	Олянский Ю.И.	т. 1	с. 37, 192	Тодосейчук С.П.	т. 1	с. 219	Шумакова Е.М.	т. 2	с. 131
Любарский Н.Н.	т. 1	с. 306	Опекунов А.Ю.	т. 2	с. 270	Толмачев В.В.	т. 1	с. 330	Щербаков С.В.	т. 1	с. 260
Макеев В.М.	т. 1	с. 143	Ордобаев Б.С.	т. 1	с. 43	Торгоев И.А.	т. 2	с. 9, 72	Эсенов Э.М.	т. 2	с. 209
Максимов В.В.	т. 2	с. 109	Осика В.И.	т. 1	с. 267	Трубицина О.П.	т. 2	с. 275			
Малаева Н.С.	т. 2	с. 51	Панин В.И.	т. 2	с. 161						
Мальнева И.В.	т. 1	с. 119	Панченко Е.Г.	т. 1	с. 197						
Мамаджанова Г.Ф.	т. 1	с. 201	Паролаи С.	т. 2	с. 78						
			Петрова Е.Г.	т. 1	с. 310						
			Петрова Т.Б.	т. 1	с. 143						

## СОДЕРЖАНИЕ

### Теория и практика количественной оценки природных рисков

<i>Алексеева О.А., Манько А.В.</i> Геотектонические риски бетонных плотин .....	5
<i>Алешин Ю.Г., Торгоев И.А., Чукин Б.А.</i> Риски на участках заложения высокогорных хвостохранилищ (Внутренний Тянь-Шань): идентификация в процессе эксплуатации.....	9
<i>Аникеев А.В., Козлякова И.В.</i> Риск развития суффозии на участке кабельного коллектора в Москве .....	15
<i>Викторов А.С., Капралова В.Н.</i> Оценка природных рисков на основе моделей морфологических структур (на примере термокарстовых равнин).....	21
<i>Габиров Ф. Г.</i> Индивидуальные риски в сложных геотехнических и инженерно-геоэкологических объектах.....	27
<i>Губарьков А.А.</i> Исследование экзогенных геологических процессов на газопроводе Южно-Русское НГМ – КС Пуртазовская .....	32
<i>Гусев А.П., Андрушко С.В.</i> Оценка геоэкологических рисков на территории г. Гомеля .....	37
<i>Елохин В.А., Нарышкин Ю.В.</i> Риски, обусловленные геодинамической активностью территории Уральского региона....	42
<i>Каримов Ф.Х.</i> К оценкам массопереноса при сходе оползней	46
<i>Ларионов В.И., Суцев С.П., Фролова Н.И., Малаева Н.С.</i> Количественная оценка природных рисков с применением ГИС-технологий.....	51
<i>Мамараимов З.У.</i> Оценка формирования инженерно-геологических процессов при подземной разработке месторождения Гужумсай .....	58
<i>Миرونюк С.Г.</i> Приповерхностные скопления газа в осадочной толще шельфа – фактор риска для морских сооружений	61
<i>Попова О.Г., Жигалин А.Д., Аракелян Ф.О.</i> Оценка напряженного состояния среды при проектировании жизненно-важных объектов строительства с помощью сейсмического мониторинга .....	67

<i>Торгоев И.А., Алёшин Ю.Г., Айтматов И.Т.</i> Оценка рисков и прогноз развития гляциальных процессов на высокогорном руднике Кумтор (Кыргызстан) .....	72
<i>Тягунов С.А., Ворогушин С., Паролаи С., Флеминг К., Шау Й.</i> Природные мультириски: проблемы и методы комплексной оценки .....	78

### Регулирование рисков в нормативных документах

<i>Гаврилова С.А.</i> Дифференциация критериев опасности гидрометеорологических явлений холодного периода.....	85
<i>Глебов В.Ю., Азанов С.Н., Савченков С.Н.</i> Законодательные основы защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера с учетом природно-климатических особенностей регионов страны ....	88
<i>Клячко М.А.</i> Шкала бедствий и критерии устойчивой безопасности .....	92
<i>Клячко М.А., Шестопёров Г.С., Стром А.Л.</i> Межгосударственный стандарт «Шкала макросейсмическая» .....	98
<i>Кочкин Б.Т.</i> Проблемы оценки риска при геологической изоляции долгоживущих радиоактивных отходов .....	104
<i>Максимов В.В., Худнер И.А., Клячко М.А., Фильков В.Ю.</i> О межгосударственном стандарте «Здания, сооружения и территории. Требования безопасности при воздействии цунами» .....	109
<i>Потапов А.Д., Дьяконов П.Ю.</i> Риск и безопасность грунтовых плотин при сейсмических воздействиях .....	114
<i>Стрижельчик Г.Г.</i> Особенности прогнозирования и оценки риска развития опасных процессов при изысканиях для строительства .....	119
<i>Уломов В.И.</i> О дифференцированной оценке сейсмической опасности и актуализации строительных норм в России .....	125
<i>Шумакова Е.М.</i> Информационная основа оценки и регулирования геоэкологического риска в районе гидротехнического сооружения федерального значения в связи с динамическим воздействием .....	131

### Управление природными рисками

<i>Аксянов Т.М.</i> Паводочная опасность в низовьях реки Терек и пути ее преодоления на территории Дагестана .....	139
--	-----



<i>Баницикова Л.С., Волкова Н.В.</i> Мониторинг и оценка ущерба заторных наводнений .....	145
<i>Джаманкулова Г.М., Абдрахматов К.Е.</i> Проблемы управления риском ЧС в Кыргызской Республике .....	150
<i>Ибрагимов Р. С., Артиков Т.У., Ибрагимова Т.Л., Артикова М.А., Мирзаев М.А.</i> Вероятные области сейсмической активизации территории Восточного Узбекистана на ближайшие годы .....	152
<i>Карлин Л.Н., Музалевский А.А.</i> Факторы и показатели для оценки и управления природными рисками .....	157
<i>Козырев А.А. Панин В.И., Федотова Ю.В., Семенова И.Э., Журавлева О.Г.</i> Управление геодинамическими рисками в горнотехнических системах .....	161
<i>Кондратьев В.Г.</i> Система инженерно-геокриологического мониторинга как основа управления инженерно-геокриологическими рисками при ее эксплуатации Федеральной автодороги «Амур» Чита – Хабаровск .....	167
<i>Миронов О.К.</i> Экономико-математическая модель оптимального управления природными рисками .....	172
<i>Музалевский А.А., Карлин Л.Н.</i> Принципы построения и организационная структура схемы управления природными рисками .....	177
<i>Ранова С.У.</i> Обеспечение безопасности жизнедеятельности на территориях, подверженных воздействию оползней .....	181
<i>Светлосанов В.А., Кудин В.Н.</i> Управление природными рисками .....	187
<i>Ташлыкова Т.А.</i> Проблема индуцированной сейсмичности глубоководных Ангарских водохранилищ .....	192
<i>Шаазизов Ф.Ш.</i> К разработке системы поддержки принятия решений по предупреждению и выявлению опасных зон затоплений .....	197
<i>Шешеня Н. Л.</i> Прогнозирование и управление экологическими рисками в пределах городов .....	202

**Оценка экологического риска  
и риска для здоровья людей**

<i>Агаева Л.А., Алексанян С.Н., Шакирова Г.А., Эсенов Э.М.</i> Оценка уровня техногенного загрязнения грунта полуострова Челекен (Туркменистан) .....	209
---	-----

<i>Алиев Ч.С., Алиева А.Р., Велиева Ф.Ф.</i> Оценка уровня радионной радиации в Азербайджане и изучение его влияния на здоровье человека .....	214
<i>Белоусова А.П.</i> Оценка опасности загрязнения окружающей среды и подземных вод .....	220
<i>Верхозина В.А., Верхозина Е.В.</i> Экологические риски в бассейне озера Байкал .....	226
<i>Дьяконов П.Ю.</i> Особенности определения загрязнений в осадках сточных вод на примере Люблинских полей фильтрации .....	231
<i>Ефименко С.А., Портнов В.С. Турсунбаева А.К., Сергеев В.Я., Маусымбаева А.Д.</i> Использование рентгено-радиометрического опробования для снижения экологического риска при добыче полиметаллических руд .....	236
<i>Жигалин А.Д., Николаев А.В.</i> Чрезвычайные ситуации как отдаленные последствия локальных военных конфликтов ...	241
<i>Китаев А.Б., Носков В.М.</i> Оценка возможности попадания нагретых вод в водозабор Пермской ГРЭС .....	245
<i>Коган Р.М., Глаголев В.А.</i> Прогноз пожарной опасности растительности на Дальнем Востоке России .....	250
<i>Крымский В.Г., Жалбеков И.М.</i> Эвристический подход к получению интервальных оценок вероятности аварии по результатам экологического мониторинга .....	255
<i>Медведева С.Г.</i> О некоторых аспектах оценки экологического риска при разработке месторождений строительных материалов Калужской области .....	260
<i>Морозов В.Н. Колесников И.Ю., Каган А.И., Татаринов В.Н., Татаринова Т.А.</i> Оценка риска тектонической деструкции при захоронении радиоактивных отходов в геологических формациях .....	265
<i>Опекунов А.Ю.</i> Снижение риска химического загрязнения морской среды на основе морфолитодинамического анализа устойчивости акваторий .....	270
<i>Трубицина О.П.</i> Оценка современных нагрузок кислотных выпадений на Севере Русской равнины .....	275
<i>Фруммин Г.Т., Хуан Ж.Ж.</i> Вероятностная оценка трофического статуса водных объектов .....	280
<i>Харькина М.А.</i> Дифференцированный подход к оценке опасности геологических процессов для различных представителей биоты на территории России .....	284

Хаустов А.П., Редина М.М. Проблемы оценки рисков загрязнения геологической среды нефтепродуктами .....	289
Чеснокова И.В., Лобацкая Р.М, Кофф Г.Л. Подходы к оценке медико-геологического риска чрезвычайных ситуаций ....	294
УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ .....	300

## CONTENT

### Theory and practice of quantitative assessment of natural risks

<i>Alekseeva O.A., Manko A.V.</i> Geotectonic risks of concrete dams .....	5
<i>Aleshin U.G., Torgoev I.A. Chukin B.A.</i> Risks for tailings storage facilities in high-mountainous areas (inner Tien Shan): identification during operating .....	9
<i>Anikeev A.V., Kozlyakova I.V.</i> Risk of piping development in the area of cable manifold in Moscow .....	15
<i>Victorov A.S., Kapralova V.N.</i> Risk assessment based on mathematical morphology of landscape (case of thermokarst plains) ...	21
<i>Gabibov F.G.</i> Individual risks of complex geotechnical engineering and geocological objects .....	27
<i>Gubarkov A.A.</i> Scientific study of exogenous geological processes carried out on the pipeline of South-Russian field – KS Purtazovsk .....	32
<i>Gusev A.P., Andrushko S.V.</i> Assessment of geocological risks in the territory of Gomel .....	37
<i>Elokhin V.A., Narishkin U.V.</i> Risks conditioned of geodynamic activity of the Ural region .....	42
<i>Karimov F.Kh.</i> To the assessment of mass transport at the landslide .....	46
<i>Larionov V.I., Syshev S.P., Frolova N.I., Malaeva N.S.</i> Quantitative estimation of natural risk with GIS technology application ...	51
<i>Mamaraimov Z.Y.</i> Evaluation hazard of forming engineering – geological processes in underground exploitation Gujumsay deposits .....	58
<i>Mironyk S.G.</i> Shallow gas in the sedimentation mass of the shelf – a risk factor for offshore facilities .....	61
<i>Popova O.G., Zhigalin A.D., Arakelyan F.O.</i> Evaluation of the stress state of the environment in the design of vitally important objects of construction with the help of seismic monitoring .....	67
<i>Torgoev I.A., Aleshin U.G., Aitmatov I.T.</i> Assessment of risk and prediction of the glacial processes in highland Kumtor goldmine (Kyrgyzstan) .....	72

<i>Tyagunov S.A., Vorogushyn S., Parolai S., Fleming K., Zshau J.</i>	
Natural multirisks: problems and methods of holistic assessment	78

### **Risk regulation in normative documents**

<i>Gavrilova S.A.</i> The differentiation of criteria of hydrometeorological hazard of winter period	85
<i>Glebov V.U., Azanov S.N., Savchenkov S.N.</i> The legislative framework for the protection of the population and territories from emergency situations of natural and man-made origin, taking into account the climatic characteristics of the regions	88
<i>Klyachko M.A.</i> Disaster magnitude scale and sustainable safety criteria	92
<i>Klyachko M.A., Shestoperov G.S., Strom A.L.</i> About regional standard "Macroseismic scale"	98
<i>Kochkin B.T.</i> Problems of risk assessment for geological disposal of long-lived radioactive wastes	104
<i>Maksimov V.V., Nudner I.A., Klyachko M.A., Filkov V.U.</i> On regional standard "Buildings, structures and areas. Safety requirements under tsunami impact"	109
<i>Potapov A.D., Dyakonov P.Y.</i> The risk and safety of earthen dams under seismic impacts	114
<i>Strizhelchik G.G.</i> Features of prognostication and estimation of risk of development of dangerous processes at preconstruction survey	119
<i>Ulomov V.I.</i> On the differentiated seismic hazard assessment and updating building codes in Russia	125
<i>Shumakova E.M.</i> Information basis of the assessment and regulation of geocological risk around the large hydraulic engineering construction in connection with the dynamic influence	131

### **Natural risk management**

<i>Aksyanov T.M.</i> Flood risks in the Terek river down stream and the preventive measures on the territory of Dagestan	139
<i>Banshikova L.S., Volkova N.V.</i> Monitoring and evaluation of damage caused by ice jam floods	145
<i>Djamankulova G.M., Abdrakhmatov K.E.</i> Problems of risk management in Kyrgyz Republic	150
<i>Ibragimov R.S., Artikov T.U., Ibragimova T.L., Artikova M.A., Mirzaev M.A.</i> Probable areas of seismic activity of the East of Uzbekistan in the near future	152

<i>Karlin L.N., Muzalevsky A.A.</i> Factors and indicators for assessment and management of natural risks	157
<i>Kozirev A.A., Panin V.I., Fedotova Y.V., Semenova I.E., Zhuravleva O.G.</i> Geodynamical risks management at mining – technical systems	161
<i>Kondratev V.G.</i> Engineering-geocryological monitoring system as the base to control engineering - geocryological risks during operation of Federal highway "Amur" Chita – Khabarovsk	167
<i>Mironov O.K.</i> Economical – mathematical model of optimal natural risks management	172
<i>Muzalevsky A.A., Karlin L.N.</i> Principles of construction and organizational structure of natural risk-management scheme	177
<i>Ranova S.Y.</i> Assurance of personal and social safety in the territories subjected to landslide influences	181
<i>Svetlosanov V.A., Kydin V.N.</i> Management of natural risks	187
<i>Tashlikova T.A.</i> Problem of induced seismicity in Angara deep reservoirs	192
<i>Shaazizov F.SH.</i> To elaboration of decision-making support system for revealing and prevention of dangerous zones of flooding	197
<i>Shehenya N.L.</i> Forecasting and management of environmental risks in urban areas	202

### **Assessment of risk to environment and human health**

<i>Agaeva L.A., Aleksanyan S.N., Shakirora G.A., Esenov E.M.</i> Assessment of level of industrial pollution of ground in Cheleken peninsula (Turkmenistan)	209
<i>Aliev Ch.S., Alieva A.R., Velieva F.F.</i> Assessment of level of radonic radiation in Azerbaijan and study of its influence on human health	214
<i>Belousova A.P.</i> Assessment of contamination hazard for environment and groundwater	220
<i>Verkhovina V.A., Verkhovina E.V.</i> Environmental risks in the lake Baikal	226
<i>Dyakonov P.Y.</i> Features of pollutions determination in sewage sludge on example of Lublin filtration fields	231
<i>Efimenko S.A., Portnov V.S., Tursunbaeva A.K., Sergeev V.Ya., Maysimbaeva A.D.</i> The usage of X-ray radiometric sampling for reducing environmental risk at extraction of poly metallic ores	236

<i>Zhigalin A.D., Nikolaev A.V.</i> Emergencies as the remote effects of local military conflicts .....	241
<i>Kitaev A.B., Noskov V.M.</i> Assessment of possibility of hit of warm waters in the water intake of the Perm thermal power station .....	245
<i>Kogan R.M., Glagolev V.A.</i> Vegetation fire danger forecast in the far east of Russia .....	250
<i>Krimsky V.G., Jalbekov I.M.</i> Heuristic approach to obtaining interval assessments of accident probability based on environmental monitoring results .....	255
<i>Medvedeva S.G.</i> Some aspects of ecological risk assessment by mining of construction materials deposits of the Kaluga region ...	260
<i>Morozov V.N., Kolesnikov I.Y., Kagan A.I., Tatarinov V.N., Tatarinova T.A.</i> Estimation of the risk of tectonic destruction by isolation of radioactive waste in geological formations .....	265
<i>Opekunov A.Y.</i> Decrease of chemical pollution risk of marine environment on the basis of morfolitodynamic analysis of water areas resistance .....	270
<i>Trubisina O.P.</i> Evaluation of acid loads of the North of Russian plain .....	275
<i>Frumin G.T., Hyan J.H.</i> Probability evaluation of the trophic status of the water objects .....	280
<i>Kharkina M.A.</i> Differentiated approach to the risk assessment of geological processes for a various members of the biota in Russia territory .....	284
<i>Khaustov A.P., Redina M.M.</i> Problems of evaluation of risks of geologic environment pollution with oil products .....	289
<i>Chesnokova I.V., Lobaskaya R.M., Koff G.L.</i> Approaches to the medico – geological risk assessment of emergency situations ....	294
<b>AUTHOR'S INDEX</b> .....	300

## ПРОБЛЕМЫ СНИЖЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ОПАСНОСТЕЙ И РИСКОВ

Материалы Международной научно-практической  
конференции «ГЕОРИСК – 2012»

## PROBLEMS OF DECREASE IN NATURAL HAZARDS AND RISKS

The International Scientifically-Practical Conference  
«GEORISK – 2012»

**Том II**

Издание подготовлено в авторской редакции

Технический редактор *Н.А. Ясько*  
Компьютерная верстка *М.Н. Заикина*  
Дизайн обложки *В.И. Хозин*

Подписано в печать 17.09.12 г. Формат 60×84/16. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 19,5. Тираж 320 экз. Заказ 1098

---

Российский университет дружбы народов  
115419, ГСП-1, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3

---

Типография РУДН  
115419, ГСП-1, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3, тел. 952-04-41