

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 I**

Москва  
Российский университет дружбы народов  
2012

УДК 504.06:502(063)  
ББК 20.1  
П 78

**Организационный комитет Конференции (Conference organizing committee):**  
*Н.П. Лавров* (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. 1. – М. :  
РУДН, 2012. – 348 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

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Уважаемые коллеги! В настоящем сборнике представлены, отобранные организационным комитетом для публикации материалы 8-й Международной научно-практической конференции по проблемам снижения природных опасностей и рисков «ГЕОРИСК – 2012», которую традиционно проводит Российская академия наук (Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН и Научный совет РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии) совместно с МЧС Российской Федерации (Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям, Федеральный Центр), начиная с 1993 г.

Предложенная тема получила широкий отклик среди специалистов в области изучения природных опасностей и рисков. В оргкомитет конференции поступили доклады из России, Азербайджана, Белоруссии, Германии, Казахстана, Киргизии, Таджикистана, Туркмении, Украины, Узбекистана.

Доклады распределены по 6 секциям:

1. Методы изучения, прогноз и картирование опасных природных и техноприродных процессов.
2. Оценка уязвимости и ущербов от развития опасных природных процессов.
3. Теория и практика количественной оценки природных рисков.
4. Регулирование рисков в нормативных документах.
5. Управление природными рисками.
6. Оценка экологического риска и риска для здоровья людей.

Все материалы, опубликованные в сборнике, приводятся в авторской редакции.

Надеемся, что публикация настоящего сборника так же, как и сама конференция, позволит выявить наиболее перспективные в настоящее время подходы и технологии оценки природных рисков и управления ими в различных природно-техногенных условиях; будет способствовать нахождению и внедрению в практику современных научно-обоснованных методов обеспечения безопасности населения, объектов экономики и окружающей среды в районах, подверженных воздействию природных и техноприродных процессов.

## PREFACE

Dear colleagues! The present book contains the papers submitted to the Eighth International Scientific and Practical Conference on Mitigation of Natural Hazards and Risks (GEORISK-2012), which is traditionally (since 1993) held by the Russian Academy of Sciences (Sergeev Institute of Environmental Geosciences and the Scientific Council RAS on the problem in environmental geosciences, engineering geology and hydrogeology) in collaboration with the Ministry for Emergency Situations of the Russian Federation (the Centre for Strategic Research and Civil Defense).

The proposed subject received a wide response among experts in the field of studying of natural hazards and risks. The Organizing Committee of the conference received abstracts from Russia, Azerbaijan, Belarus, Germany, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine and Uzbekistan.

Abstracts are distributed on 6 sections:

1. Methods of research, forecast and mapping of natural and human-induced hazards.
2. Assessment of vulnerability to natural hazards.
3. Theory and practice of quantitative assessment of natural risks.
4. Regulation of risks in normative documents.
5. Management of natural risks.
6. Assessment of ecological risk and risk for human health.

All materials published in this book are presented in the author's edition.

The Organizing Committee hopes that the conference as well as publication of the present collection of articles will allow revealing the most advanced and perspective approaches and technologies for assessment and management of natural risks in various natural and technogenic conditions; will be conducive to finding and introduction into practice of modern scientific and reasonable methods for providing safety of the population, economic entities and environment from various natural disasters.

**МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ, ПРОГНОЗ  
И КАРТИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ  
И ТЕХНОПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ**



**METHODS OF INVESTIGATION, FORECAST  
AND MAPPING OF DANGEROUS  
NATURAL AND TECHNONATURAL PROCESSES**

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РИСКА ДЛЯ ЛАВИН РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗИСА НА ОСНОВЕ РЕЛЕВАНТНЫХ ФУНКЦИЙ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО ПРОГНОЗА

**Андреев Ю.Б.**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
географический факультет, НИЛ снежных лавин и селей, Москва,  
тел. (495)9391861, e-mail: ayura2@rambler.ru*

### COMPARATIVE RISK EVALUATION FOR VARIOUS GENESIS AVALANCHES BASED ON RELEVANT SPATIAL-TEMPORAL FORECAST FUNCTIONS

*The article includes the risk analysis of snow avalanche impact related to different types of avalanches connected with their specific meteorological formation conditions which leads to different spacing distance of deposit lower border.*

**Введение.** В представленном исследовании ставится задача сравнительного анализа дальности выноса и связанного с нею риска для объектов, попадающих в зону действия лавин разных генетических типов. В настоящий момент такой подход, возможно, представляет пока что только академический интерес, однако в будущем, при повышении требований к экономической эффективности противолавинных сооружений и, следовательно, к дальнейшему уточнению оценок риска, эта задача может оказаться актуальной. Причем выбор оптимальной оценки становится весьма актуальным в случае резких колебаний погоды, т.е. важно знать, с лавинами какого типа в конечном итоге придется иметь дело. Тем более, что скорее всего, эти лавины окажутся смешанного типа. Проводимый в данной работе анализ осуществляется на основе ранее наработанной нами методики краткосрочного локально-фоновое пространственно-временного прогноза-диагноза, с использованием рядов наблюдений метеопараметров и соответствующей регистрации длины лавинных отложений и контуров лавин в базовых лавиноборах №22 В Хибинах и «Домашний» в Приэльбрусье [1,2,3,4,5,6,7]. На основе использованных материа-

лов, нами были построены принципиальные модели дискриминантных функций прогноза  $F$  (с критическим значением, равным  $1 \pm 0,2$ ) для лавин разного генезиса (см. таблицу). При этом был принят критический интервал текущих наблюдений в 4 суток, во время которого идут определяющие сход лавины процессы накопления снежной толщи, перекристаллизации или увлажнения (таяния) снега, зависимые от текущей суммы температур.

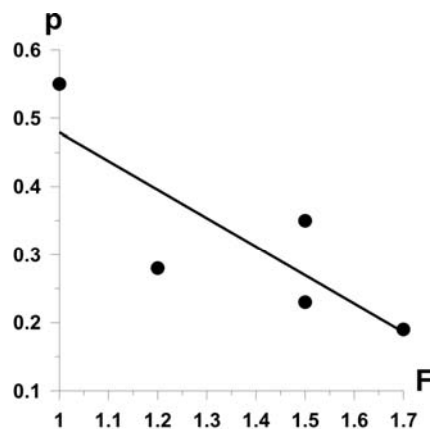
*Таблица*

**Типы лавин с соответствующими функциями прогноза и уравнениями связи с вероятностями зон лавинных отложений в лавиноборах «Домашний», Приэльбрусье и №22, Хибины**

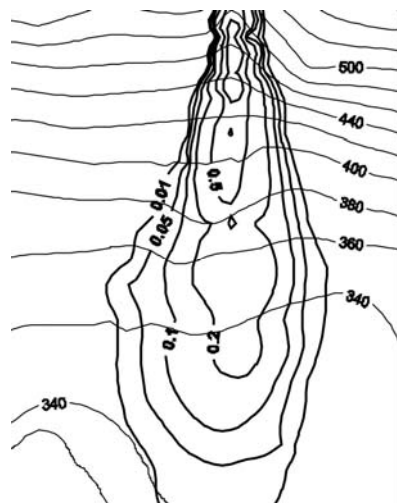
| Тип лавин                             | Вид краткосрочной функции прогноза                                       | Критический диапазон метеопараметров   | Уравнения связи           | Значимость |
|---------------------------------------|--|--|---------------------------|------------|
| Сухие лавины из свежеснежного покрова | «Домашний»<br>$F = 0,028 [40 -   \Sigma t_4   ] + 0,44 h_t / h_0$<br>№22 | $\Sigma X_4 = 25 \pm 15$ мм<br>$\Sigma t_4 = -20 \pm 5^\circ\text{C}$<br>$\Delta h_{1-4} = 10 \pm 5$ см<br>$h_t / h_0 = 1,1 \pm 0,2$ | $p = -0,45$<br>$F + 0,76$ | 0,1        |
|                                       | $F = 0,018 \Sigma X_4 + 0,027   \Sigma t_4  $                            | $\Sigma X_4 \sim 10$ мм<br>$\Sigma t_4 = -20 \pm 5^\circ\text{C}$<br>$\Delta h_{1-4} = 5-10$ см<br>$h_t / h_0 = 1,1 \pm 0,2$         | $p = -0,42$<br>$F + 0,9$  | 0,08       |
| Мокрые                                | «Домашний»<br>$F = 0,02 \Sigma X_4 + 0,5 h_4 / h_0$<br>№22               | $t_{\text{cp.}} > -10^\circ\text{C}$<br>$h_t / h_0 \sim 1$   |                           |            |
|                                       | $F = 0,03 \Sigma X_4 + 0,75 h_4 / h_0$                                   | $t_{\text{cp.}} > -10^\circ\text{C}$<br>$h_t / h_0 \sim 1$   | $p = 0,6 - 0,11F$         | 0,1        |
| Перекристаллизации и смешанные        | №22<br>$F = \Sigma t_4 / (\Sigma t_4)_{\text{cp}}$                       | $\Sigma t_4 = -40 - 45^\circ\text{C}$  | $p = 1,28 - 0,7F$         | 0,02       |

Условные обозначения:  $F$  – функция прогноза [безразмерная];  $\Sigma X_4$  – текущая сумма осадков за 4 дня [мм];  $\Sigma t_4$  – сумма температур за 4 дня [град. Цельсия];  $\Delta h_{1-4}$  – приращение высоты снега за 1 – 4 дня (см);  $h_t$  – текущая высота снега [см];  $h_0$  – начальная высота снега [см];  $p$  – вероятность зоны отложений [безразмерная].

**Типы лавин и краткосрочные функции прогноза.** Переходя теперь к конкретному рассмотрению различных генетических типов лавин, представим таблицу соответствующих им краткосрочных функций прогноза критических областей значений метеопараметров и уравнений связи значений указанных функций  $F$  с вероятностями зон  $p$  (рис.1), в которые попадают нижние границы лавинных отложений на карте вероятностного зонирования (рис.2).



**Рис. 1.** Пример линии регрессии для точек связи значений функции  $F$  прогноза сухих лавин из свежеснежного покрова и соответствующих вероятностей зонирования  $p$  лавинноопасной территории № 22 в Хибинах



**Рис. 2.** Пример крупномасштабной карты вероятностного зонирования для лавинноопасной территории № 22 с контурами вероятности площадей лавинных отложений (вертикальные кривые) и изогипсами (горизонтальные кривые)

Сопоставляя, при близких или же резко меняющихся метеорологических условиях, уравнения связи между функциями прогноза и зонами вероятности нижних границ лавинных отложений (см. табл.) для лавин разного типа при близких объемах, можно предполагать, что мокрые лавины пройдут дальше, чем сухие, смешанные лавины (осадки+перекристаллизация) дальше лавин перекристаллизации,

а дальность выноса сухих лавин перекристаллизации будет примерно такой же, как и у сухих лавин из свежеснежного покрова.

**Выводы.** Итак, при оценке лавинного риска следует учитывать не только количественные параметры (метеоданные), но и качественные, такие как тип лавины. И в пограничных случаях бифуркации следует в расчет принимать тот тип лавины, который может дать максимальную оценку риска. При этом наглядно степень риска от лавин разного типа можно оценить по линиям связи между функцией прогноза и вероятностным зонированием – чем круче наклон линии связи, тем риск больше.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев Ю.Б., Божинский А.Н., Молоткова Ж.Л., Олейников А.Д., Черноус П.А. Краткосрочное пространственно – вероятностное прогнозирование сухих и мокрых лавин // Лед и снег. 2011. №4 (113). С.64-68.
2. Андреев Ю.Б., Трошкина Е.С. Методика статистического макрофизического моделирования условий лавинообразования // Материалы гляциологических исследований. 1998. Вып. 86. С. 165-169.
3. Божинский А.Н., Молоткова Ж.Е. О вероятностном крупномасштабном зонировании лавиноопасной территории // Материалы гляциологических исследований. 2007. Вып. 103. С. 87-90.
4. Савельев Б.А., Лантев М.Н., Лантева Н.И. Строение, состав, физико-механические свойства снега в Хибинах и их изменение в процессе метаморфизма // Сб. научных трудов «Снег и лавины Хибин». М.: Географ. ф-т МГУ–ЦПЗ Комбината «Апатит», 1967. С. 201-239
5. Трошкина Е.С. Лавинный режим горных территорий СССР // ВНИИТИ. Итоги науки и техники. Сер. Гляциология. 1992. Т.11. 185 с.
6. Трошкина Е.С., Данилина А.В., Андреев Ю.Б., Светлосанов В.А. Методика количественной оценки метеорологических параметров для районирования лавиноопасных районов СССР по типам лавинного режима // МГИ. 1987. Вып. 59. С. 122-125.
7. Bozhinskiy A.N., Sukhanov L.A., Andreev Yu. B., Sidorova T.L. Probabilistic zoning of avalanche paths and risk estimation // Материалы гляциологических исследований. 2002. Вып. 93. С.117-121.

## ВЕРОЯТНОСТНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ УЗБЕКИСТАНА

Артиков Т. У., Ибрагимов Р. С., 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

### PROBABILISTIC ZONING OF SEISMIC HAZARD OF UZBEKISTAN

*It has been studied a new seismic zoning technology that has been developed for the area of the Republic of Uzbekistan in this article. This technology is based on developed concepts of earthquake source, extinction of the seismic intensity spreading from source and revealed fundamental principles. There are new type seismic zoning maps with probability of  $P=0,9$ ;  $P=0,95$ ;  $P=0,99$  in the article.*

Построение адекватных оценок сейсмического риска сейсмоактивных территорий во многом зависит от степени изученности сейсмической опасности этих территорий. В 2011-м году в Институте сейсмологии АН РУз завершена работа над созданием нового комплекса карт общего сейсмического районирования, количественно характеризующих сейсмическую опасность территории Узбекистана в баллах макросейсмической шкалы и в физических параметрах сейсмических колебаний на вероятностной основе [1].

Как и все современные карты общего сейсмического районирования сейсмоактивных территорий земного шара, комплекс карт ОСР-2011 территории Узбекистана базируется на количественном описании модели источников сейсмических колебаний и модели, характеризующей сейсмический эффект от заданной совокупности источников [2]. В рамках первой модели даётся территориальное положение, сейсмический потенциал и параметры, характеризующие среднюю долговременную повторяемость землетрясений различного энергетического уровня каждой из сейсмоактивных зон. Предметом описания второй модели является сейсмический эффект непосредственно в очаговой зоне и на различных

удалениях от неё, создаваемый как отдельным очагом землетрясения заданного энергетического уровня, глубиной заложения и типом подвижки, так и всей совокупностью очаговых зон.

В качестве сеймотектонической основы при построении первой модели была выбрана карта зон активных разломов земной коры в версии Р.Н. Ибрагимова [3], в которой сейсмогенность каждого тектонического нарушения обосновывается комплексной интерпретацией геолого-тектонических, геофизических и сейсмологических данных. Ведущими факторами, определяющими уровень сейсмического потенциала ( $M_{max}$ ) сейсмогенной зоны при оценке сеймотектоническими методами, является длина разрыва (масштабный уровень), глубина его заложения, размеры и степень консолидации блоков, которые подвергаются смещению как единое целое по зоне разлома. Учитывались также мощность сейсмоактивного слоя и механизм очагов землетрясений. Верхний предел магнитуд ожидаемых землетрясений оценивается по энергетическому уровню проявившихся сейсмических событий в исследуемой зоне или же в других зонах с подобными сеймотектоническими характеристиками [3].

В качестве сейсмологических методов оценки максимально возможного землетрясения  $M_{max}$  в выделенных сейсмогенных зонах использовались методы расчета сейсмического потенциала по корреляции с сейсмической активностью (Ризниченко Ю.В.), по толщине и линейной протяженности сейсмоактивного слоя (Шебалин Н.В.), метод Гумбеля по статистике экстремальных значений, метод Писаренко В.Ф., основанный на статистике максимального правдоподобия, метод преимущественных межэпицентральных расстояний Уломова В.И. и ряд других.

В подавляющем большинстве случаев значения  $M_{max}$ , рассчитанные сейсмологическими и геолого-тектоническими методами, давали согласующиеся результаты (расхождение составляло 0,2-0,4 магнитудные единицы). Те зоны, в которых несоответствие оценок сейсмического потенциала на основе сейсмологических и сеймотектонических данных было значительным, являлись предметом дополнительного исследования и обсуждения экспертов.

Для характеристики средней частоты повторения землетрясений был разработан метод расчета и картирования долговременной сейсмической активности  $A_{10}^{Tmax}$ , базирующийся на разделе-

нии наблюдаемого потока сейсмических событий на две составляющие: рассеянную (фоновую) и сосредоточенную [4] и закономерностях их изменения в течение сейсмического цикла.

Для каждой из 33-х сейсмогенных зон территории Узбекистана была рассчитана фоновая составляющая сейсмической активности, и оказалось, что она удовлетворительно описывается законом повторяемости Гутенберга-Рихтера во всем энергетическом диапазоне. При этом, как уровень этого графика, так и его угловой коэффициент, зависят от сейсмического потенциала сейсмогенной зоны. С ростом  $M_{max}$  фоновая компонента активности  $A_{10}$  возрастает, а сейсмическая дробность  $\gamma$  уменьшается. Зависимости средних значений сейсмической активности и сейсмической дробности, от величины сейсмического потенциала были использованы для оценки периодов повторения сотрясений различной интенсивности слабоактивных территорий Западного Узбекистана (западнее пос. Газли), где данных о слабой и умеренной сейсмичности за период инструментальных исследований практически нет, а оценка сейсмического потенциала возможна только на основании сейсмо-тектонических данных. Среди связанных землетрясений в количественном отношении афтершоки составляют наиболее значимую группу. Изучение афтершоковой составляющей сейсмической активности территорий с различным геодинамическим режимом показало, что характер разрядки напряжений в них существенно различается. Наиболее показательным параметром, иллюстрирующим данные различия, является интенсивность протекания афтершокового процесса, которая хорошо поддается количественному описанию через разность между энергетическим классом основного толчка и классом максимального афтершока [1]. Для орогенных территорий эта величина составляет порядка 2-3 единиц, для переходной зоны – около 1 и, наконец, для платформенных территорий, где практически повсеместно реализуются так называемые землетрясения-двойники – эта разность близка к 0. С учетом указанных особенностей проявления фоновой и афтершоковой составляющей сейсмической активности для областей с различным геодинамическим режимом были получены типовые графики повторяемости сейсмических событий за полный сейсмический цикл. Если для орогенной территории этот график оказался прямолинейным, то для переходной зоны и, особенно, для платформенной

территории за счет интенсивного протекания афтершоковых процессов, он имеет излом вниз, что было учтено при расчете сейсмической опасности.

При изучении сейсмического эффекта были получены закономерности спада макросейсмической интенсивности с расстоянием, учитывающие особенности распространения вдоль и вкrest сейсмоактивных структур. Оказалось [1], что законы затухания макросейсмической интенсивности для землетрясений платформенной и орогенической части территории республики существенно разнятся между собой. С привлечением данных мирового банка записей сильных движений, а также на основе записей региональной сети, были изучены закономерности распределения по площади величин пиковых ускорений для землетрясений различного энергетического класса. Сопоставляя региональные зависимости затухания с подобными зависимостями для других сейсмоактивных регионов земного шара, следует отметить их существенные различия. Был исследован спектральный состав сейсмических колебаний и получены средние очаговые спектры ускорений землетрясений различных магнитуд, а также особенности их трансформации с расстоянием [1]. Выявленные закономерности в площадном распределении долговременных характеристик сейсмического режима и особенности проявления сейсмического эффекта использованы при расчетах макросейсмической и спектральной оценок сотрясаемости, количественно характеризующей сейсмическую опасность территории.

Конечным результатом проведенного исследования стал комплект карт общего сейсмического районирования территории Республики Узбекистан, выражающих сейсмическую опасность в баллах макросейсмической шкалы EMS-98, в величинах максимальных ускорений и в спектральных характеристиках сейсмических колебаний. Для каждой из перечисленных характеристик сейсмического воздействия построены три типа карт (с 10%, 5% и 1%-ным риском превышения интенсивности сейсмических воздействий в течение 50-ти лет) предназначенных для сейсмостойкого строительства объектов различной категории ответственности.

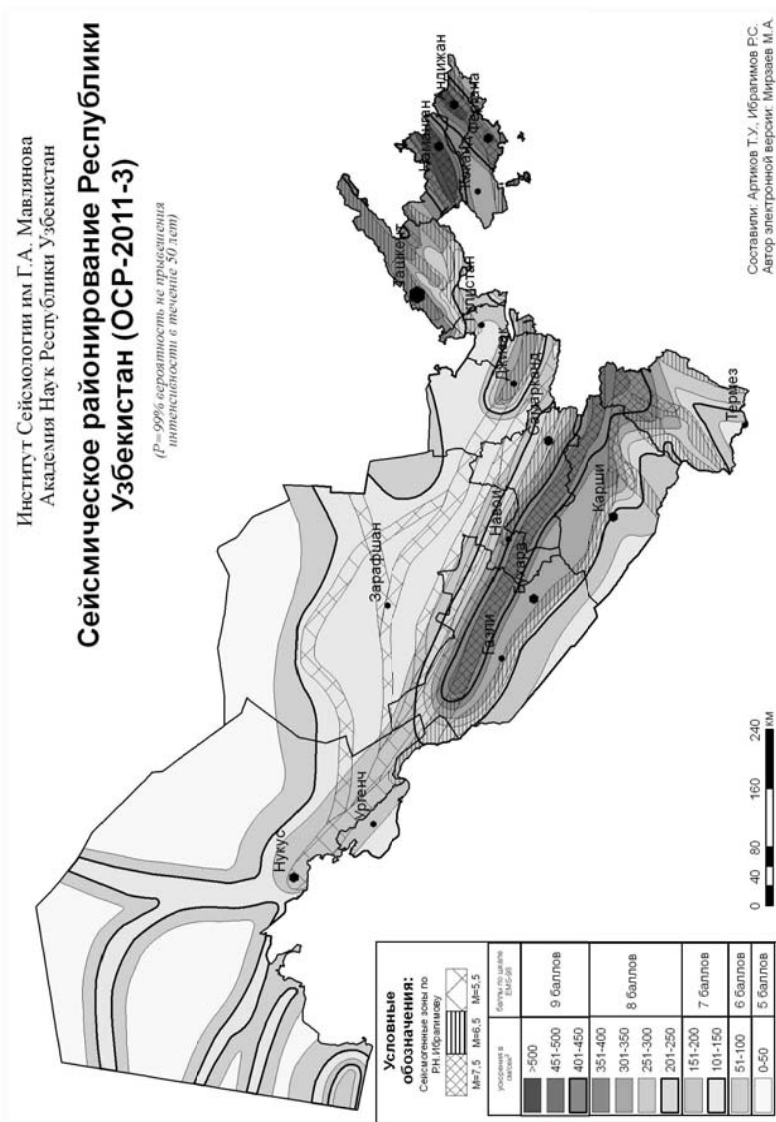


Рисунок. Карта общего сейсмического районирования Республики Узбекистан ОСР-2011-3 (вероятность  $P=0,99$  не превышения интенсивности сотрясений в течение 50-ти лет)

## ЛИТЕРАТУРА

1. Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Зияудинов Ф.Ф. Сейсмическая опасность территорий Узбекистана. Ташкент: ФАН, 2012. 255 с.
2. Уломов В.И., Шумилина Л.С. Комплекс карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР-97. Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах. М.: Объединенный институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, 1999. 57 с.
3. Ибрагимов Р.Н. Сейсмогенные зоны Среднего Тянь-Шаня. Ташкент: Фан, 1978. 144 с.
4. Шебалин Н.В., Арефьев С.С. и др. От сейсмичности площадей к структуре сейсмичности // Изв. АН СССР, Физика Земли. 1991. № 9. С. 20-28.

## ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКИХ И КОСМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ОБРУШЕНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Байда С.Е.

ФГБУ ВНИИ ГОЧС МЧС России, г. Москва, тел. (499) 449-93-23,  
факс (499) 233-25-36, e-mail: oktaedr2@yandex.ru

## INFLUENCE OF CHANGE HELIOGEOPHYSICAL AND COSMIC FACTORS ON COLLAPSING BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS

*In analyzing the cases of collapse of buildings and structures in the first place, traditionally considered an error in the design and construction of the rules violation. It is known, that many natural and technogenic catastrophes are accompanied with changes heliogeophysical and cosmic conditions. In the given research influence of such changes on breaking-down buildings and constructions is considered.*

Вначале XX века А.Л. Чижевский исследовал связь исторических процессов и катастроф и других экстремальных событий с изменением солнечной активности и фаз Луны. Им было установлено, что катастрофам, в большинстве случаев, сопутствует повышение солнечной активности и определенные дни фаз Луны.

В данном исследовании такими внешними изменениями или влияющими факторами являются:

- экстремальные значения солнечной активности, причем как максимумы, так и минимумы: в качестве учитываемого физического параметра принимаются числа Вольфа (W);
- экстремальные значения смещения земной оси, как максимумы, так и минимумы: в качестве учитываемого физического параметра принимаются координаты линейного смещения земной оси;
- изменение фаз Луны по числу суток от новолуния до новолуния;
- землетрясения с магнитудой более 5M, время события и географические координаты.

Закономерности условий обрушения зданий и сооружений определяются на основе их статистики 85 случаев за 50 лет.

Из теории катастроф следует, что катастрофа системы возникает на экстремумах функций переходных процессов. После определения основных факторов влияния рассчитываются единичные сплайн-функции переходных процессов этих факторов (1) и (2). Экстремумы этих функций, причем как минимумы, так и максимумы, определяют время, когда катастрофа произошла или могла произойти.

Для анализа процессов изменения влияющих факторов или процессов  $A_i, B_i \dots$  (изменения солнечной активности, смещения полюсов – сдвига земной оси), в системе необходимо создать непрерывные функции их изменения во времени.

Для этого статистика мониторинга влияющих факторов и их параметров и процессов  $A_i, B_i \dots$  интерполируются и преобразуются в соответствующие сплайн-функции (1)

$$[A_i] \rightarrow a(t) \text{ и } [B_i] \rightarrow b(t). \quad (1)$$

Чтобы учесть совместное влияние процессов различной физической природы и для практических расчетов сплайн-функции (1) приводятся к безразмерным единичным сплайн-функциям:

$$aI_i(t) = a_i(t)/a_{max}, \quad (2)$$

где  $a_{max}$  – максимальная величина, установленная за все время наблюдений или измерений.

В 50 – 70% случаев катастрофа возникает не сразу, а спустя некоторое время после экстремального изменения параметров переходного процесса изменения окружающих условий. Длительность задержек катастроф и их суммарный частотный спектр дает спектральную закономерность создания условий для её возникновения после экстремального изменения переходного процесса влияющего фактора. Расчет частотно-временного спектра обрушения зданий и сооружений, производится следующим образом. Вначале определяются интервалы времени запаздывания обрушения зданий и сооружений:

$$\Delta T_n = T_n - T_0, \quad (3)$$

где  $\Delta T_n$  – интервал времени между временем экстремального изменения влияющего фактора и временем обрушения зданий и сооружений;  $T_0$  – время экстремального изменения влияющего фактора;  $T_n$  – время обрушения зданий и сооружений;  $n$  – статистический учетный номер конкретного обрушения зданий и сооружений.

Время «задержки» обрушения зданий и сооружений –  $\Delta T_n$  после экстремального изменения величины воздействующего фактора, собирается в матрицу распределения событий обрушения зданий и сооружений (4).

$$M_T = [\Delta T_1, \Delta T_2 \dots \Delta T_n] \quad \Delta T_1 < \Delta T_2 \dots < \Delta T_n. \quad (4)$$

На основе матрицы распределения событий  $M_T$  вычисляется гистограмма и формируется матрица количества событий обрушения зданий и сооружений  $N$  в суточном масштабе времени  $t_N$  (5).

$$Z_{NT} = [N, t_N] \quad (5)$$

Интерполяция матрицы  $Z_{NT}$  и гистограммы на её основе создают спектрально-временную сплайн-функцию или спектр активизации обрушения зданий и сооружений (6), с помощью которого можно выявить математическую закономерность их возникновения при изменении влияющего фактора  $A$  (соответственно  $B, C$  и других).

$$[N, t_N] \rightarrow z_A(t) \quad (6)$$

Для удобства вычислений и сравнения спектров обрушения зданий и сооружений между собой, они преобразуются в единичные спектры (7)

$$z_{1A}(t) = \frac{z_A(t)}{z_{Amax}(t)} \quad (7)$$

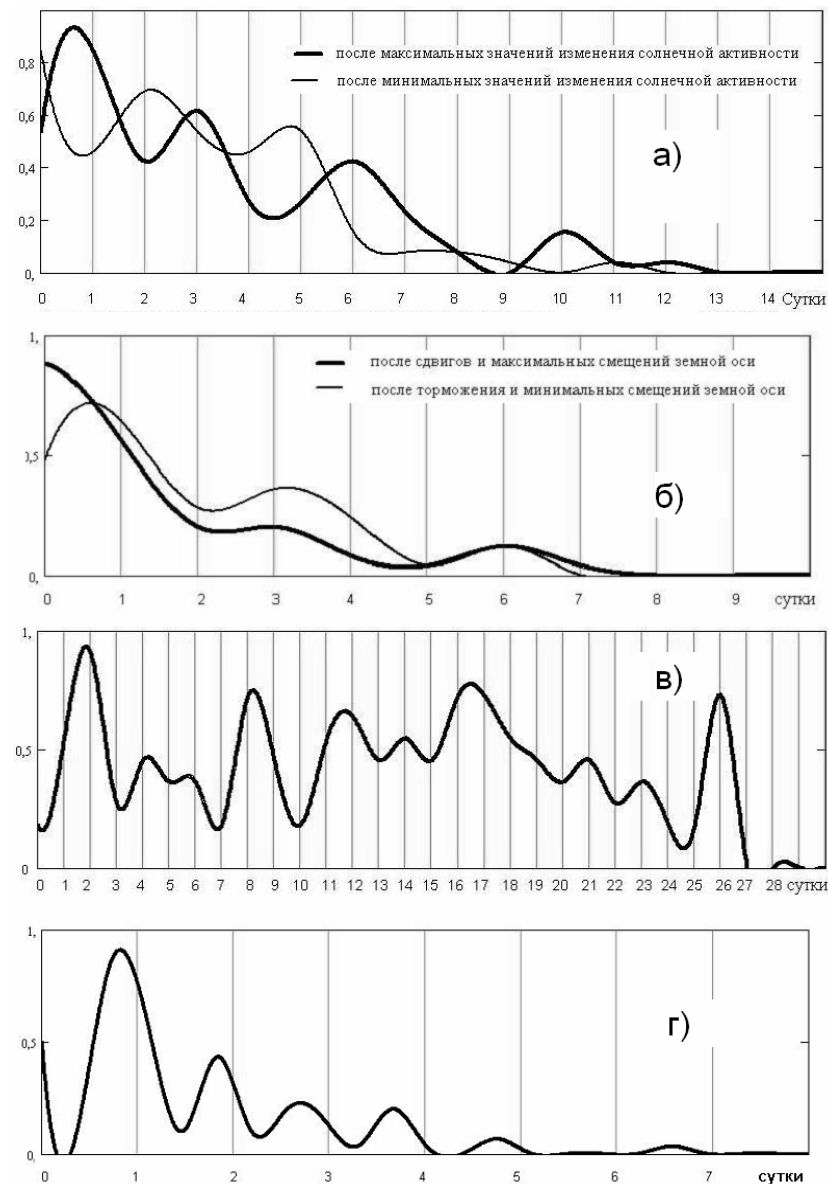
Проведенные исследования показывают наличие частотно-временных спектров условий обрушения зданий и сооружений после изменения гелиогеофизических условий и сильных землетрясений. Определены частотно-временные спектры обрушения зданий и сооружений после изменения солнечной активности, сдвигов земной оси, изменения фаз Луны и землетрясений (рис. 1). Расчетным путем определен пространственно-волновой спектр обрушения зданий и сооружений по дальности от эпицентра сильных землетрясений (рис. 2), который позволяет определить время и географические зоны риска, где могут произойти эти катастрофы.

Функция суммы спектров (8) – (10), запущенных в точках экстремумов (время экстремальных изменений) или время начала цикла покажет время активизации опасных процессов, которые могут привести к обрушению зданий и сооружений (рис. 3).

$$\left\{ \begin{array}{l} Z_{pot}(t) = \sum z_{1A}(t-t_A) + \sum z_{1B}(t-t_B) + \sum z_{1C}(t-t_C) + \dots \quad (8) \\ Z_{cicl}(t) = z_{1L}(t-t_L) + z_{1LD}(t-t_{LD}) + z_{1SGL}(t-t_{SGL}) \quad (9) \\ Z_{progn}(t) = Z_{poten}(t) + Z_{cicl}(t) \quad (10) \end{array} \right.$$

Эта же функция, при ежесуточной корректировке, может использоваться, как прогностическая для краткосрочного прогноза до 2 недель.

Полученные закономерности и прогностические функции могут быть использованы в системах обеспечения безопасной эксплуатации высотных зданий и сооружений.



**Рис. 1. Частотно-временные спектры обрушения зданий и сооружений:**  
 а – после изменения солнечной активности; б – после сдвигов земной оси;  
 в – по изменению фаз Луны; г – после землетрясений с магнитудой более 5M

## ИЗУЧЕНИЕ И ПРОГНОЗ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ГРУНТОВ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСНОВАНИЯ СТАНЦИИ НИЖНИЙ БЕСТЯХ

*Байкова Л.А., Мельников Е.Н.*

*ОАО «Проекттрансстрой», Москва, тел. (495) 796-97-90, факс  
(495) 796-97-47, e-mail: geology@ptst.ru.*

## THE STUDYING AND FORECAST OF TEMPERATURE FIELD OF THE FROZEN GROUNDS USED AS NAUTRAL BASEMENT ON THE RAIL-STATION OF NIZHNI-BESTYAKH

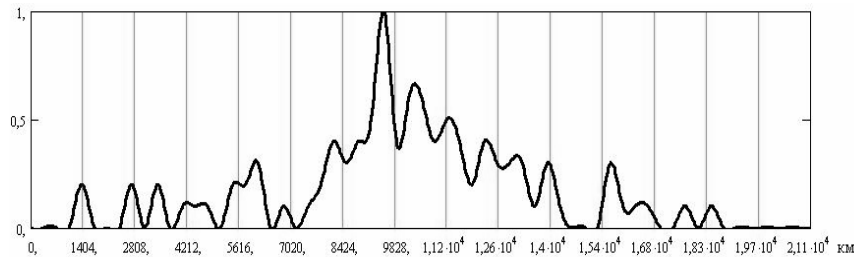
*The article is devoted to changing of the temperature field of the frozen grounds used as natural basement on the rail- station of Nizhni Bestyakh in the process of pile-installation. The pile-field and frozen grounds interaction in the course of subsequent construction of the object is also discussed.*

Площадка станции Нижний Бестях расположена на правом берегу р. Лена непосредственно на поверхности IV надпойменной Бестяхской террасы, находящейся в пределах аллювиально-аккумулятивной равнины. Высота уступа террасы над современным уровнем реки Лены составляет 30-35 м. Абсолютные отметки поверхности колеблются в интервале 139-144 м.

Согласно инженерно-геологическому районированию участок работ относится к Бестяхскому песчано-грядовому району, для которого характерно сплошное распространение многолетне-мерзлых пород мощностью от 100 до 300 м.

Рельеф площадки весьма однороден: полого – волнистая поверхность со слабовыраженными ложбинами стока западной ориентации. Согласно карте дешифрирования по ложбинам прослеживается цепочка темокарстовых озер, ближайшее озеро находится слева в центральной части площадки.

Растительность представлена сосновым лесом, с единичной лиственницей и березой, напочвенный покров – ягель, брусничник и редкие злаковые. В ложбинах стока местами лиственничный лес с редкими сосновыми деревьями на моховом кочкарнике.



**Рис. 2. Пространственно-волновой спектр обрушения зданий и сооружений по дальности от эпицентра землетрясений**



**Рис. 3. Прогностическая функция условий возникновения обрушения зданий и сооружений по гелиогеофизическим и космическим данным, рассчитанная на февраль 2006 г.:**

- 1 – г. Калининград, обрушение бетонного перекрытия строящегося здания;
- 2 – Липецкая область, с. Таволжанка, в школе обвалилась крыша на площади 12 на 8 метров;
- 3 – г. Москва, обрушение Басманного рынка

По составу и свойствам грунты представлены аллювиальными хорошо промытыми песками, мелкими, реже пылеватыми, без включений, мерзлыми, массивной криотекстуры, влажными и насыщенными водой при оттаивании

Температура грунтов на глубине нулевых амплитуд меняется в пределах площадки от  $-0,8$  до  $-2,4$  °С. Максимальная глубина сезонного протаивания варьирует от 1,6-2,0 м до 3 м.

Инженерно-геокриологические изыскания непосредственно на площадке станции начались летом 2009 г., с этого же времени началось наблюдение за температурным режимом грунтов. По этим данным была построена карта изотерм.

Сопоставляя инженерно-геокриологическую карту с картами изотерм, дешифрирования и продольным профилем, можно сделать вывод, что площадка станции разбита на блоки западного простирания. По карте дешифрирования видно, что блоки оконтурены хорошо выраженными разрывными нарушениями. Более низкие температуры наблюдаются на пониженных блоках (ложбинах), а более высокие на приподнятых блоках (водоразделах). На карте изотерм видно, что пониженным блокам соответствуют низкие температуры грунтов: от минус 1.8 до минус 2.4 – повышенным более высокие; минус 0.8 до минус 1.6. **Блоки с повышенной температурой можно отнести к зоне риска.**

Проектом строительства предусмотрено сохранение вечномерзлых грунтов в качестве основания (I принцип строительства), с возведением зданий и сооружений преимущественно на свайных фундаментах (висячие сваи), с проветриваемым подпольем. При проектировании был сделан прогноз, согласно которому, после строительства ожидается понижение температуры грунтов в пределах построенных сооружений.

Установка свайных полей зданий и сооружений железнодорожной станции Нижний Бестях была проведена в 2011-2012 гг. Установка свай производится в предварительно разбуренные скважины большего диаметра, с заливкой в них цементного раствора. Для наблюдений за температурным режимом грунтов основания свайного поля непосредственно рядом со сваями были оборудованы термоскважины (рис. 1), в которых продолжают наблюдения за температурой грунтов во время строительства.

Замеры температур грунтов основания по зданию ж.д. вокзала показали, что после установки свай, температура грунтов на глубине повысилась по сравнению с температурами на момент изысканий. Спустя 19 месяцев после установки свай температура грунтов приблизилась к прежним значениям, а в некоторых точках даже опустилась ниже первоначальной температуры. Т.е. спустя две зимы произошла стабилизация температурного режима грунтов основания, несмотря на расположение вокзала в зоне риска.



Рис. 1. Расположение термометрических скважин по объектам станции

При возведении свайных фундаментов в летнее время произошло растепление грунта основания. Это связано, в первую очередь, с выделением тепла при бурении свайных скважин, и заливкой цементирующего материала, имеющего положительную температуру (2011-2012 г). Дополнительным фактором повышения температуры грунтов основания являлось увеличение интервала времени между бурением скважин под сваи и заливкой их цементным раствором.

Температурные замеры, проведенные в августе и октябре, после установки свай, (по некоторым объектам, на момент замеров, еще велись строительные работы по установке свай) показали, что повсеместно, независимо от первоначальной температуры, грунт в пределах свайных полей всех сооружений на всех площадках имеет температуру близкую к нулю градусов. Повсеместное растепление грунтов в основании свайных полей привело всю площадку к состоянию риска.

Замеры, проведенные в марте-апреле следующего года показали, что согласно прогнозам началось понижение температур грунтов площадки станции. На низкотемпературных блоках понижение температуры происходит интенсивнее. Так, в двух отдельно стоящих сооружениях, температура достигла первоначальных значений. На участках, состоящих из нескольких сооружений, понижение температуры замедляется из-за теплового воздействия зданий друг на друга.

В пределах высокотемпературных блоков также произошло понижение температур грунтов свайных оснований, однако процесс проходил менее интенсивно. На отдельных участках наблюдается неустойчивое равновесие и значения температуры колеблется в пределах 0,2-0,3 °С.

Наблюдения за температурным режимом грунтов оснований свайных полей, строящихся объектов станции, и находящегося на заключительной стадии строительства здания вокзала, проводятся с августа 2011 г.

Данные замеров температур на разных стадиях (изыскания-строительство) приведены на графике, что позволило проследить динамику изменения температуры грунтов основания площадки станции (рис 2.) Нижний Бестях с момента начала изыскательских работ (2009 г.), в период подготовки строительных работ на площадке (2010 г.), на момент установки свай (2011-2012 г.) и в период стабилизации температурного режима (весна 2012 г.).

На графике (рис. 2) изображены данные температурных замеров по объектам станции на стадии изысканий (квадратные метки), март 2012 г (крестиком), апрель 2012 г (круглые метки). По горизонтальной оси указаны номера зданий и сооружений по экспликации, по вертикальной оси: слева – соответствующая им температура на глубине 10.0 м; справа – сопротивление сдвигу по по-

верхности смерзания (СНиП 2.02.04-88. Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах). На графике наглядно показано изменение температуры в процессе строительства в сторону положительных значений и уменьшение амплитуды разброса.

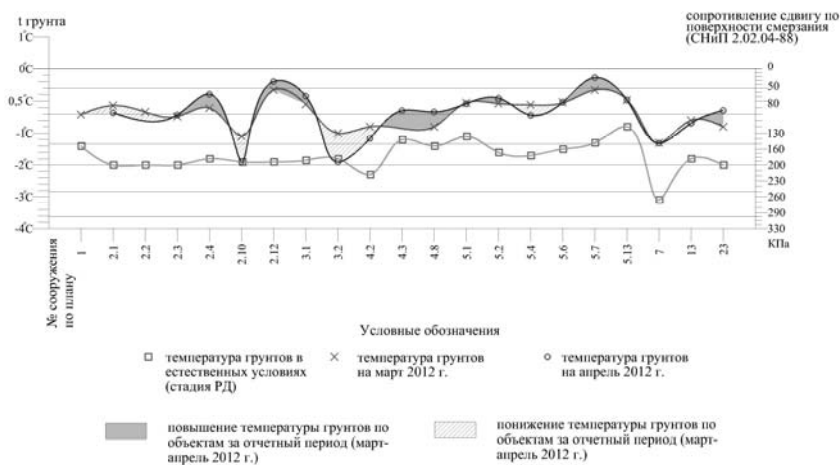


Рис. 2. График температур грунтов по объектам на глубине 10.0 м

На том же графике (рис. 2) по правой оси расположена шкала сопротивления сдвигу по поверхности смерзания, которая показывает зависимость несущей способности силы смерзания свай с грунтами основания от температуры. В проекте производится расчет температур, при которых возможно дальнейшее возведение конструкций соответственно увеличению нагрузки на сваи. При более высоких температурах грунтов в свайном поле, чем указанных в проекте, возведение конструкций не представляется допустимым т.к. нагрузки от них могут привести к деформациям. Температуры грунтов на момент мартовских замеров не достигли проектных по многим объектам. Поэтому дальнейшее их возведение невозможно, что влечет за собой срыв сроков строительства.

В дальнейшем предполагается стабилизация температур грунтов основания по площадкам объектов станции (на примере

здания ж.д. вокзала) и ускорится при устройстве проветриваемого подполья.

Данный опыт указывает на то, что при строительстве объектов в подобных условиях необходимо учитывать температурный режим грунтов основания, и соблюдение технологии строительства.

На площадке станции предусмотрены дальнейшие наблюдения за температурным режимом грунтов и динамикой её изменения. Сама площадка, как предполагается, будет служить полигоном для исследований изменений температурного режима, а накопленный опыт работ – использоваться при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов в подобных условиях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 2.02.04-88 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах.
2. Информационный отчет по данным температурных замеров на ст. Н. Бестях. РАН сибирское отделение института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова. – Якутск, 2012.
3. «Температурные замеры на участке Кердем – Н. Бестях, станции Нижний бестях» технический отчет ОАО «ПРОЕКТТРАНССТРОЙ». – М., 2010.
4. Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям. Участок Кердем – Нижний Бестях по объекту: «Пусковой комплекс Томмот-Якутск (Нижний Бестях) участка Томмот-Якутск железнодорожной линии Беркакит-Томмот-Якутск» 425/08-2.1.3.2-ПЗ.ИГ, ОАО «ПРОЕКТТРАНССТРОЙ». – М., 2009.

## ПРОБЛЕМЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ ПРИБРЕЖНО-МОРСКИХ ЗОН ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАВКАЗА

*Балабанов И.П.*

*ОАО Росстройизыскания, Москва, Россия,  
тел./факс: +7 4956805647, [rsi@ros-iz.ru](mailto:rsi@ros-iz.ru)*

## PROBLEMS OF CAUCASUS BLACK SEA COASTAL AREA GEOTECHNICAL SURVEY

*The Caucasus Black Sea coastal area conditions can be regarded as complicated. A range of integral geotechnical survey concerns has been identified during the course of works performed since the late 60s the multiyear investigations have resulted in a development of the general procedure of engineering-geological mapping and rational field method complex that can be recommended to use in coastal area studies.*

Инженерно-геологические (ИГ) условия Черноморского побережья Кавказа (ЧПК) в целом оцениваются как сложные, что объясняется пестротой фациальных обстановок, характером распространения по площади и в разрезе литологических разновидностей пород, значительным разнообразием глубины залегания грунтовых вод, широким развитием опасных геологических процессов, частыми и значительными по величине деформациями существующих инженерных сооружений.

Круг проблем комплексных инженерно-геологических съёмок прибрежно-морских зон ЧПК определился в процессе работ, проводимых с конца 60-х годов ПГО «Гидроспецгеология» и ПГО «Севкавгеология» с широким привлечением организаций различных ведомств, Академии наук СССР и высшей школы.

В ходе многолетних исследований сложилась общая методика комплексного инженерно-геологического картирования и рациональный комплекс полевых методов, которые могут быть рекомендованы при изучении прибрежно-морских зон.

Глубинность инженерно-геологических съёмок, кроме собственного изучения инженерно-геологического разреза, определя-

ется также необходимостью изучения истории геологического развития побережья и шельфа, и особенно верхнеплейстоцен-голоценового этапа. Глубинность буровых работ обычно не превышает 10-25 м, возрастая при решении отдельных специальных вопросов до 100-150 м. На шельфе в большой мере она определяется техническими возможностями плавучих буровых установок (ПБУ).

**Инженерно-геологические карты.** Сложность и в целом недостаточно четкая разработанность методик инженерно-геологического картирования различного масштаба, разноцелевая направленность и ассортимент решаемых при этом задач, отсутствие единого подхода и принципов при разработке легенд этих карт привело к тому, что различными организациями составляются инженерно-геологические карты настолько разные по содержанию, информативности и способам изображения, что они порой трудно сопоставимы между собой. В связи с этим необходима унификация инженерно-геологических карт.

Инженерно-геологическими факторами внешней среды, которые должны оцениваться в процессе съёмки, являются: климат, рельеф, поверхностные воды, гидродинамика прибрежной морской акватории, почвенный покров, растительность.

Геологическое строение и геоморфологические условия – основной компонент инженерно-геологических условий прибрежно-морских зон. Объём и методика их изучения зависят от степени геологической изученности, а также от необходимости выполнения детальных палеогеографических реконструкций верхнеплейстоцен-голоценового этапа развития района, как основы субвековых инженерно-геологических прогнозов переработки береговой зоны и активизации оползневых процессов.

Гидрогеологические условия. Подземные воды один из основных факторов, определяющих инженерно-геологические условия. С ними связано проявление многих современных геологических процессов на морских побережьях. Комплекс исследований должен выполняться в соответствии с требованиями существующих методических руководств и рекомендаций.

Инженерно-геологические свойства горных пород изучаются в полном соответствии с требованиями действующих ГОСТов и

СНиПов. При этом массовому определению подлежат только основные классификационные показатели свойств пород.

Современные геологические процессы – наиболее важный компонент инженерно-геологических условий. Их высокая активность и частая повторяемость создают серьезные затруднения при народнохозяйственном освоении морских побережий и шельфов. Основной целью изучения геологических процессов является выявление закономерностей их распространения, типизации, оценка интенсивности и активности.

Неотъемлемым и главным элементом изучения современных геологических процессов является эпигноз и прогноз их развития на ближайшую и дальнюю перспективу. При этом инженерно-геологические прогнозы различной срочности должны обязательно учитывать всё возрастающее антропогенное воздействие на геологическую среду. Наиболее актуальной проблемой является разработка долговременных прогнозов развития опасных геологических процессов, как основы обоснования стратегии освоения прибрежно-морских зон, разработки мероприятий по охране и рациональному освоению геологической среды.

При изучении инженерно-геологических условий **морского побережья** комплекс полевых методов включает:

- аэроландшафтные исследования;
- горнопроходческие и буровые работы. Горные выработки располагаются по системе профилей, наиболее информативными из которых являются профили, заложенные по направлению развития морских аккумулятивных форм и в крест речных долин. В приморской части речных долин, формирование которых происходило в условиях частой смены фациальных зон осадконакопления, система профилей должна иметь более сложный характер, близкий к изометрической сетке;
- геофизические работы. В условиях сильной расчлененности и высокой плотности застройки геофизические методы имели ограниченное применение. В основном, это вертикальное электрическое зондирование, непрерывное электрическое профилирование, сейсмоакустика;
- опытные гидрогеологические работы;
- стационарные гидрогеологические наблюдения за режимом подземных вод;

- стационарные инженерно-геологические наблюдения за динамикой береговой зоны моря и оползневых склонов;
- стационарные гидрологические наблюдения за стоком рек (жидким и твердым);
- стационарные гидрологические наблюдения за динамикой прибрежной акватории моря;
- паспортизация гидротехнических, противооползневых и других сооружений. Наблюдение за их состоянием и оценка их эффективности.

При изучении инженерно-геологических условий **прибрежного шельфа** комплекс полевых методов включает:

- гидрографическое обеспечение морских работ;
- гидрологическое обеспечение морских работ;
- морские геофизические исследования. Наиболее эффективны сейсмоакустические методы (САП и ГЛБО), выполняющиеся по изометрической сетке или по створам, расположенным по нормали к береговой линии моря, и редкой сети связующих створов;

– опробование и зондирование верхних слоев донных отложений на глубину до 3-4 м с помощью легких технических средств. Точки опробования располагаются по изометрической сетке или по створам, продолжающим профили береговых скважин;

– бурение скважин – основной вид работ для изучения геологического строения шельфа. В основном скважины закладываются в пределах глубин моря от 5-6 до 25-40 м по створам, продолжающим основные береговые профили. Глубина бурения зависит от технических возможностей ПБУ, но в большинстве случаев удавалось вскрывать полный разрез голоцена;

– подводные геологические маршруты выполняются до глубин моря 10-12 м. и является основным видом при исследовании мелководной прибрежной части шельфа. В основном они ориентируются по нормали к береговой линии, т. е. в крест границ фациальных зон осадконакопления. Реже проводятся вдольбереговые маршруты или маршруты с целью прослеживания выявленных геологических границ. На глубинах моря от 12 до 40 метров выполняются отдельные точечные погружения, которые носят заверочный характер.

**Лабораторные работы.** Основные виды анализов: инженерно-геологические анализы грунтов, химические анализы воды, палеонтологические анализы (макрофауна, микрофауна), палинологические анализы, радиологические анализы (уран-иониевый и радиоуглеродный методы определения абсолютного возраста).

### **СОВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА И ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ МЕЖДУРЕЧЬЯ МЗЫМТА – ПСОУ**

*Балабанов И.П., Манучарянц Е.М.*

*ОАО Росстройизыскания, Москва,  
тел./факс 8-4956805647, [rsi@ros-iz.ru](mailto:rsi@ros-iz.ru)*

### **RECENT DYNAMICS AND LONG-TERM FORECAST OF MSYMTA-PSOU INTERSTREAM COASTAL AREA DEVELOPMENT**

*The recent coastal area dynamics and shoreline retreat rate are basic limitations in development of Imereti Lowland. A number of instrumental observations performed in the period from 1975 to 2010 have been analyzed. The long-term forecast of the coastal area development has been performed using paleographic analogy method. The predicted value of secular shoreline retreat can be estimated as a sum of the average water line retreat transgressive rate and maximum storm fluctuation amount estimated according to stationary observation results. The predicted washout area is recommended to be specified inside of which no major construction works shall be performed.*

Междуречье Мзымта-Псоу, которое является центральным крупным фрагментом голоценовой аллювиально-морской террасы Черноморского побережья Кавказа, в настоящее время начало интенсивно осваиваться. С размещением в междуречье спортивных объектов Зимней Олимпиады «Сочи-2014», остро стал вопрос берегозащиты, с оптимальным сохранением рекреационной роли пляжа и для обоснования стратегии освоения морского побережья

и шельфа на дальнюю перспективу, решение которого требует оценки современной литодинамики береговой зоны и разработки долгосрочного прогноза её развития. Сложность проблемы и актуальность её решения значительно возросла с усилившимся воздействием на прибрежно-морскую зону антропогенного фактора, темпы роста негативных последствий от которого уже достигли критического, и порой, опасного уровня и могут значительно превысить естественные возможности природной системы по их нейтрализации.

Пляжи междуречья Мзымта – Псоу высоко динамичны, что связано с наличием здесь двух крупных рек побережья – р. Мзымты и р. Псоу.

Влекомая составляющая твёрдого стока р. Мзымты является основным источником питания береговой зоны междуречья наносами пляжеформирующих фракций. Под воздействием сильных и очень сильных волнений этот песчано-гравийно-галечный материал вовлекается во вдольбереговое перемещение в прибрежной части подводного склона и в пределах пляжной полосы.

В последние годы выборка гальки и песка из русла р. Мзымты для строительных целей достигла беспрецедентных масштабов. Поэтому поступление аллювия в береговую зону фактически прекратилось. Это привело к тому, что в 2006 г. процесс разрушения морского берега приобрёл катастрофический характер.

На динамику пляжа междуречья значительное влияние оказывает также степень приглубости подводного склона, т. е. крутизна его прибрежной части, величина которой определяет величину заплеска волн и, соответственно, характер переработки профиля береговой зоны.

Береговая зона междуречья в настоящее время находится в катастрофическом состоянии, а при возведении на приустьевом левобережье р. Мзымты морского порта обстановка в береговой зоне ещё больше осложнилась, и она может существовать только в режиме искусственной подпитки.

**Современная динамика береговой зоны** междуречья Мзымта-Псоу и темпы отступления береговой линии являются одним из главных ограничений при современном освоении Имеретинской низменности. Для оценки современной динамики пляжа

проведен анализ многолетних инструментальных наблюдений, выполнявшихся с 1975 г.

В целом междуречье, как замкнутая литодинамическая система, динамическое равновесие абразионно-аккумулятивных процессов в которой поддерживается влекомым стоком р. Мзымты и в меньшей степени р. Псоу, в своём естественном природном состоянии может рассматриваться как достаточно устойчивая аккумулятивная береговая форма. Оценка в целом баланса абразионно-аккумулятивных процессов за 1976-2010 гг. по величине приращения ширины пляжа, показала, что при годовых колебаниях среднего положения уреза в пределах 1-2 м в целом характерна динамическая стабильность со слабой тенденцией к размыву. Однако это не характерно для отдельных её крупных частей, границы между которыми проходят по дистали Константиновского и Имеретинского мысов.

1. Участок левобережье р. Мзымты, протяжённостью 2,6 км, охватывает береговую зону от устья р. Мзымты до дистали Константиновского мыса и характеризуется наличием верховий подводных каньонов и интенсивным протеканием абразионно-аккумулятивные и подводно-эрозионные процессов. Негативную ситуацию усугубила выборка руслового и пойменного аллювия р. Мзымты. Наблюдавшаяся тенденция к размыву в 1990-х годах сменилась интенсивными размывами и к 2009 г. береговая линия отступила на 16 м (рис. 1).

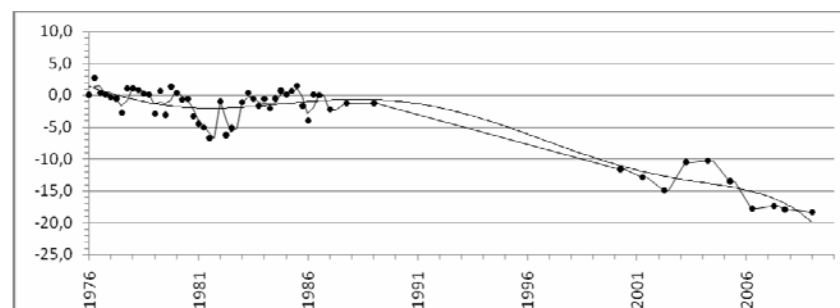


Рис. 1. Приращение ширины пляжа левобережья р. Мзымты

2. Участок Имеретинская бухта, протяжённостью 4,0 км, достаточно стабилен. За 1975-1990 гг. береговая линия выдвинулась на 5 м. В последующие годы слабая аккумуляция сменилась длительной волной умеренных размывов. К 2006 г. берег на участке отступил на 7-8 м. В настоящее время вновь наблюдается умеренная аккумуляция (рис. 2).

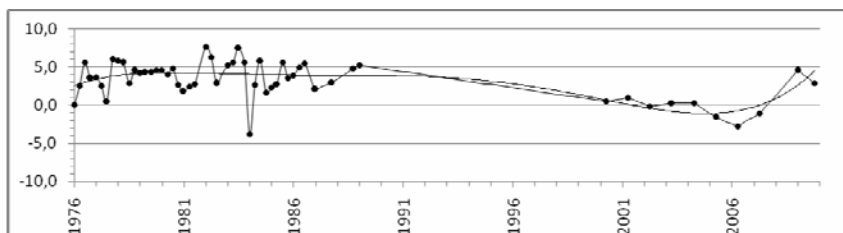


Рис. 2. Приращение ширины пляжа Имеретинской бухты

3. Участок правобережье р. Псоу, протяженностью 1,0 км, охватывает береговую зону от мыса Имеретинский до устья р. Псоу. Участок с ярко выраженной тенденцией к аккумуляции, с 1976 по 2009 гг. береговая линия выдвинулась на 20 м (рис. 3).

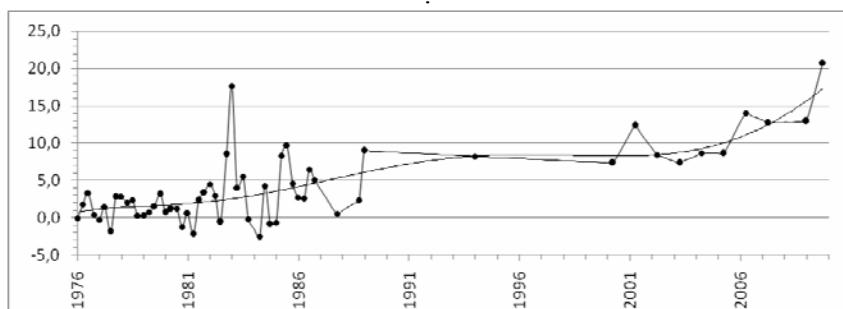


Рис. 3. Приращение ширины пляжа правобережья р. Псоу

Обобщение материалов полевых исследований, анализ литературных и фондовых материалов позволили охарактеризовать палеогеографические условия формирования междуречья Мзымта-Псоу, воссоздать пространственно-временную картину развития

процессов литодинамики в береговой зоне, выявить основные палеогеографические закономерности её формирования и выполнить для хорошо изученных участков берега долгосрочный прогноз их изменения.

Палеогеографический анализ истории формирования голоценовых террас Кавказского побережья в новейшую трансгрессию Черноморского бассейна показал, что развитие береговой зоны моря в палеогеографические эпохи, аналогичные современной, характеризовалось общей направленностью, а в течение последних фаз было, практически, однотипным.

**Долгосрочный прогноз развития береговой зоны** междуречья выполнен методом палеогеографических аналогий. Прогнозная величина субвекового отступления береговой линии рассчитана как сумма средней трансгрессивной скорости отступления уреза, полученной для эпох-аналогов, и величины максимальной штормовой флюктуации, определённой по результатам многолетних стационарных наблюдений. Необходимо иметь в виду, что прогнозные величины рассчитаны для условий естественного протекания береговых процессов. Под влиянием антропогенного фактора, которые уменьшают влекомую составляющую твёрдого стока рек или снижает расход вдольберегового потока наносов, направленность и интенсивность береговых процессов резко изменится в сторону их активизации. Негативное влияние на литодинамику береговой зоны окажут также строящиеся в настоящее время портовые, гидротехнические и берегозащитные сооружения.

Выполненные построения позволили внести коррективы в определенные ранее прогнозные построения, которые могут быть представлены в следующем виде:

- для левобережья р. Мзымты – 100-150 м, причём величина прогнозного отступления максимальных значений будет достигать непосредственно на приустьевом левобережье и постепенно снижаться в сторону Константиновского мыса;

- для Имеретинской бухты с достаточно широким отмелым подводным склоном – 15-50 м, в том числе на крыльях – 15-20 м, в вершине – 35-50 м;

- для правобережья р. Псоу, где резко возрастает крутизна подводного склона, и вновь появляются активные верховья устьевого каньона, в пределах 35-50 м.

При освоении междуречья, проведении территориального планирования и решении проблем берегозащиты целесообразно выделить зону прогнозного размыва, за пределы которой должно быть вынесено все капитальное строительство. Ширина зоны, считая от современного уреза моря, для всего междуречья не превысит 80-120 м и только на левобережье р. Мзымты должна быть увеличена до 200-220 м.

### **ОПЫТ ПРОГНОЗА ПОДТОПЛЕНИЯ ЛЕССОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

**Богомолов А.Н., Олянский Ю.И., Чарыкова С.А.,  
Киселева О.В., Тихонова Т.М.**

*Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, Волгоград, тел. (8442)974872, факс (8442)974933  
e-mail: nesterova@vgasu.ru; olyansk@list.ru; weta.07@list.ru;  
kiseleva2004@mail.ru; taisiya-555@mail.ru*

### **EXPERIENCE OF FORECAST OF FLOODING OF LOESS AREAS**

*On the example of the territories described the basic laws of Kishinev flooding of loess sequences. The method of prediction of flooding based on the methods of engineering-geological and probabilistic analogies.*

Особенностями инженерно – геологического строения территории г. Кишинева являются: почти повсеместное распространение лессовых просадочных грунтов мощностью до 20-30 м, залегающих на водоупорных глинах или песках неогена различной мощности, и пересеченный рельеф, проявляющийся в наличии небольших плоских или овальной формы водоразделов, с хорошо развитыми условиями поверхностного стока. Природными дренами являются многочисленные балки и овраги, способствующие с одной стороны сбору и отводу поверхностных вод с застроенных

территорий, а с другой – служащие природными дренами подземных вод.

В связи с проводимыми инженерно-геологическими исследованиями для целей сейсмического микрорайонирования территории города, расположенной в 7 бальной сейсмической зоне, сотрудниками АН Молдавии выполнялись работы по прогнозированию подтопления на вновь застраиваемых участках города. Исходным материалом для исследований послужили застроенные территории города, на которых уже активно развивалось подтопление. Были детально изучены инженерно-геологические условия отдельных застроенных микрорайонов и проанализированы закономерности обводнения лессовых толщ различной мощности, литологического состава, условий залегания и распространения в увязке с рельефом и условиями дренированности территории, т.е. с тем, что называется *пассивными факторами подтопления* [1,4]. Главным концептуальным положением, служащим основой работы, явилось следующее: *активные факторы* неизбежно сопутствуют строительному освоению территории, однако характер обводнения и его интенсивность определяются совокупным действием *пассивных факторов*, таких как: геологическое строение, геоморфология, рельеф, мощность и литологический состав лессовых пород, характер отложений, подстилающих лессовую толщу, дренированность территории, гидрогеологические условия.

Анализ природных факторов, вызывающих подтопление территории города и обуславливающих его характер, свидетельствует, что главными из них являются: мощность лессовой толщи, литологический состав подстилающих лессовую толщу отложений, мощность толщи подстилающих песков, расстояние до фронта разгрузки грунтового потока, уклон поверхности между подтапливаемой площадкой и ближайшим эрозионным врезом, дренирующим поверхностные воды. Для подтверждения полученных выводов и определения степени влияния этих показателей на прогнозируемый процесс все они разделены на три группы: геоморфологические, геолого-гидрогеологические и гидрогеологические.

В соответствии с первой теоремой физического подобия [5], у подобных явлений безразмерные комплексы (комбинации) величин, отражающие связи между существенными характеристиками явления, соответственно равны. Принимая условие, что подтопление различных территорий города выражает подобные явления, можно определить весовые коэффициенты участия различных показателей природных характеристик в данном процессе. Каждой группе признаков соответствует определенный инженерно-геологический критерий.

*Геоморфологический критерий*, отражающий геоморфологическое строение района, принимается соответствующим среднему уклону поверхности между подтапливаемой площадкой и ближайшим эрозийным врезом, дренирующим поверхностные воды. *Геолого-гидрогеологический критерий*, отражающий литологическое строение зоны аэрации и длину пути фильтрации подземных вод, принимается соответствующий выражению:

$$(N_l + N_n) / l_\phi, \quad (1)$$

где:  $N_l$  – мощность лессовой толщи;  $N_n$  – мощность толщи подстилающих песков;  $l_\phi$  – длина пути фильтрации подземных вод до фронта разгрузки.

Гидрогеологический критерий, определяющий высоту подъема ( $h_n$ ) подтопленного уровня на определенный период и расстояние до фронта разгрузки подземных вод ( $l_\phi$ ), принимается соответствующий выражению:

$$h_n / l_\phi \quad (2)$$

Результаты расчетов весовых коэффициентов, приведенные в таблице, показывают, что все указанные факторы оказывают влияние на подтопление, однако вклад их различен. Решающее значение имеют гидрогеологические факторы, доля вклада других факторов значительно меньше. Тем не менее, для получения объективных сведений о развитии процесса все они должны учитываться в равной степени.

Таблица

**Весовые коэффициенты влияния различных природных факторов на скорость подтопления территории г. Кишинева**

| Средняя скорость подъема уровня подземных вод (м/год) | Природные факторы  |                            |                    |
|---|--------------------|----------------------------|--------------------|
|   | геоморфологические | геолого-гидрогеологические | гидрогеологические |
| 0,0-0,2   | 0,001              | 0,003                      | 0,996              |
| 0,2-0,4   | 0,271              | 0,580                      | 0,149              |
| 0,4-0,6   | 0,004              | 0,133                      | 0,863              |
| Более 0,6   | 0,107              | 0,146                      | 0,747              |
| Среднее   | 0,096              | 0,216                      | 0,688              |

Прогноз подтопления лессовых территорий заключается в решении трех задач:

- а) определение вида подтопления («скрытое» или «явное»);
- б) определение средней скорости подъема уровня подземных вод;

в) определение глубины залегания подтопленного уровня.

а) Решающим фактором при определении вида подтопления является дренирование лессовых толщ. «Скрытое» подтопление имеет место на участке с очень хорошими условиями дренирования, когда в основании лессовой толщи лежит региональный дренирующий горизонт. Для территории г. Кишинева это известняки среднего сармата, либо гравийно-галечниковые породы и крупные пески, обеспечивающие хорошие условия фильтрации подземных вод к областям разгрузки. Во всех остальных случаях, застройка территории и неизбежное проявление активных факторов вызывает «явное подтопление» – подъем уровня подземных вод, скорость и высота которого обусловлены геолого-геоморфологическими и гидрогеологическими условиями [3,4].

б) Определение возможной средней скорости подъема уровня подземных вод может производиться с использованием вероятностно-математического метода, в основе которого лежит теорема Байеса [2].

В качестве прогнозных признаков используются следующие: мощность лессовой толщи и подстилающих песков, средний уклон

поверхности между площадкой прогнозируемого подтопления и областью дренирования поверхности вод, расстояние до области разгрузки грунтового потока.

По интенсивности возможного подтопления, участки делятся на 4 вида: а) слабоподтопляемые – средняя скорость подъема уровня подземных вод 0-0,3 м/год; б) среднеподтопляемые – 0,3-0,6 м/год; в) сильноподтопляемые -0,6–0,9 м/год; г) очень сильно подтопляемые > 0,9 м/год. Рассчитаны эмпирические оценки вероятностей факторов для участков различной степени подтопления.

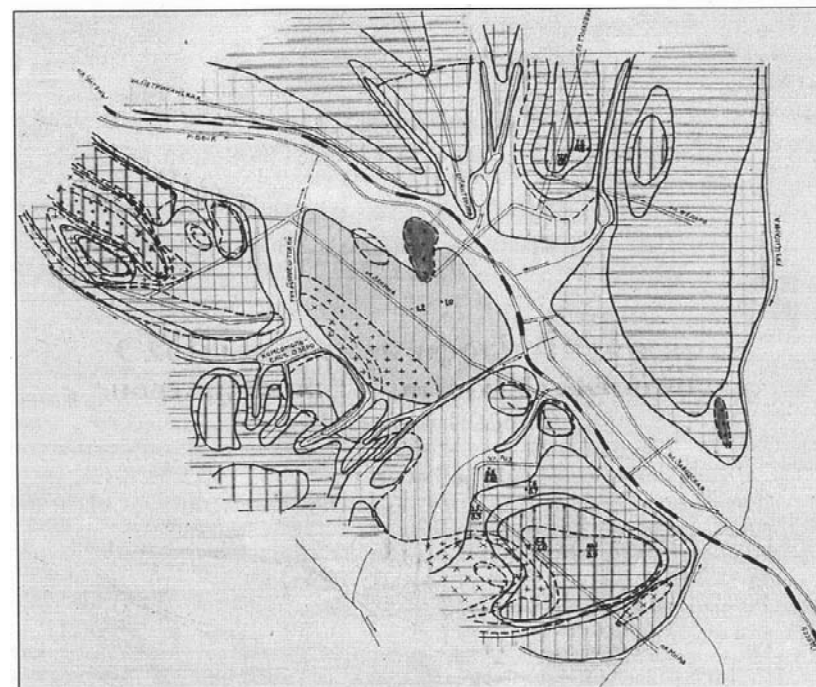
в) Определение глубины подтопленного уровня – одна из сложнейших задач прогнозирования. Ввиду того, что на территории города известен только один сравнительно небольшой участок с завершившимся процессом подтопления, использование вероятностно-статического метода для решения этой задачи не представляется возможным. При определении этой величины можно руководствоваться следующими положениями, основанными на глубоком и всестороннем изучении характера развития процесса на территории города:

– для участков, в пределах которых в зоне аэрации распространены только лессовые породы или лессовые толщи подстилаются пылеватым песком мощностью не менее 6-8 м, подтопление центральной части территории осуществляется до глубины 1-2 м, в области же разгрузки грунтового потока глубина залегания подтопленного уровня находится в соответствии с отметкой в области дренирования;

– для участков, в пределах которых лессовые породы подстилаются мелкими и пылеватыми песками мощностью более 15 м, глубина подтопленного уровня не превышает отметки кровли песков;

– для участков с мощностью толщи подстилающих песков 8-15 м, глубина установившегося уровня находится в зависимости от геоморфологических условий и близости области разгрузки грунтового потока и, как правило, превышает глубину 3-4 м.

Указанная методика прогнозирования использована для составления «Схематической прогнозной карты подтопления территории г. Кишинева» в масштабе 1:25000 (рисунок).

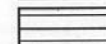


### Условные обозначения

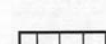
Породы подстилающие лессовую толщу:



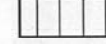
рифовые известняки



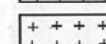
глины сармата



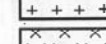
пески



мощностью 0-5 м.



мощностью 5-10 м.

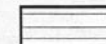


мощностью 10-15 м.

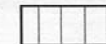


мощностью > 5 м.

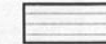
Прогнозируемая скорость подтопления м/год:



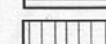
0-0,3 м/год



0,3-0,6 м/год



0,6-0,9 м/год



более 0,9 м/год



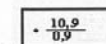
область скрытого подтопления



область завершающегося подтопления



13,0- глубина установившегося уровня после завершения подтопления (в м.)



10,9- высота подъема уровня подземных вод; 0,9- скорость подъема (в м/год);



участки отсутствия лессовых пород (поймы)

Рисунок. Схематическая карта подтопления территории г. Кишинева

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гончаров В.С. К вопросу прочности грунтов лессовых оснований в связи с явлениями подтопления зданий и сооружений, строящихся на просадочных грунтах. Кишинев, 1981, С.12-4.
2. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей. М.: Физматгиз, 1967.
3. Олянский Ю.И., Гончаров В.С. Техногенные изменение влажности в лессовых грунтах города Кишинева // Подготовка оснований зданий и сооружений, строящихся на просадочных грунтах. Кишинев, 1982. С.26-28.
4. Олянский Ю.И., Гончаров В.С. Влияние пассивных факторов подтопления на подъем уровня грунтовых вод на территории г. Кишинева // Сб. ВИНТИ. 1983. №6. 12 с.
5. Розовский Л.Б., Зелинский И.П. Инженерно-геологические прогнозы и моделирование. Одесса, 1975. 115 с.

### МОНИТОРИНГ ПРОРЫВООПАСНЫХ ОЗЕР КЫРГЫЗСТАНА

**Бозов К.Д., Ордобаев Б.С., Айдаралиев Б.Р., Садабаева Н.Д.**

*Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек,  
тел.:(0 996-312) 895097, факс:(0 996-312) 43 11 69,  
e-mail: ktrmc@krsu.edu.kg*

### MONITORING OF GLACIAL LAKES OF KYRGYZSTAN

*In order to prevent breakouts of lakes and reduce damage caused by them, it is necessary to carry out continuous monitoring of mountain lakes to assess the risk of a possible breakout of each lake.*

Кыргызстан страна тысяч озер, из них 20-30% являются прорывоопасными, так как их плотины под действием ряда факторов, теряют свою устойчивость и прорываются. Прорывы горных озер и образующиеся при этом селевые потоки разрушают многие крупные и мелкие населенные пункты, автодороги, линии электропередач, трубопроводы, земледельческие угодья и пастбища. С 1952 по 2007 год на территории Кыргызстана произошло около 70 случаев опасных прорывов горных озер, были жертвы [1].

В Кыргызстане планомерное изучение горных озер проводится с 1966 года, после катастрофического прорыва 18 июня 1966 года завального озера Яшиль-Куль в долине реки Исфайрамсай [1]. В настоящее время обследование озер проводится специалистами Государственного агентства по геологии (бывшее Управление геологии) Кыргызской Республики. Большую помощь в этой работе нам оказывают специалисты Чешской Республики. К этой работе эпизодически подключаются специалисты Министерства по чрезвычайным ситуациям и Национальной Академии наук Кыргызстана.

После 40 лет изучения горных озер, специалистами Госгеолагентства КР разработана система мониторинга прорывоопасных озер, состоящая из 5-ти этапов. На каждом этапе решаются свои специфические задачи:

- 1 этап – выявление прорывоопасных озер из множества горных озер;
- 2 этап – оценка степени опасности прорыва горных озер;
- 3 этап – режимные наблюдения за развитием прорывоопасных озер;
- 4 этап – оценка возможного ущерба от прорыва горных озер;
- 5 этап – выработка рекомендаций по уменьшению ущерба от прорывов горных озер.

### 1 этап мониторинга Выявление прорывоопасных озер из множества горных озер

На 1-ом этапе мониторинга очень важно выделить озера с неустойчивыми, потенциально прорывоопасными плотинами, чтобы в дальнейших исследованиях сосредоточить работу именно на этих озерах. Критерии прорывоопасности горных озер для 1-го этапа мониторинга разработаны специалистами Госгеолагентства КР. Важнейшим из этих критериев являются *тип и подтип озера*. Главным критерием типизации горных озер с позиций прорывоопасности является состав их плотин. По характеру состава и строения плотин прорывоопасные озера разделяются на следующие типы: 1) ледниковые; 2) моренно-ледниковые; 3) моренно-ригельные озера; 4) моренные озера; 5) завальные. В составе некоторых типов прорывоопасных озер выделяются подтипы, отличающиеся друг от друга (внутри типа) по генезису плотин, морфо-

логии озерных ванн, по условиям питания и стока. 1. В составе ледникового типа озер выделяются: термокарстовые, и подпруженные озера и внутриледниковые емкости. 2. В составе моренно-ледникового типа выделяются озера внутриморенных депрессий и термокарстовых воронок. 3. В составе завального типа выделяются озера завально-обвальные, завально-оползневые и завально-селевые. Озера каждого типа и подтипа имеют свои характерные признаки, которые очень важно знать, чтобы правильно определить тип и подтип озера.

Кроме главного имеется еще ряд критериев, по которым оценивается прорывоопасность горного озера: 1) характер стока; 2) состояние каналов стока; 3) возможности увеличения озерной ванны; 4) возможность переполнения озера; 5) устойчивость плотины озера по отношению к термокарстовым и эрозионным процессам и др.

Выявление прорывоопасных озер проводится путем аэровизуальных облетов горных территорий на вертолете и обследованием этих территорий по аэро – и космоснимкам. Выявленные прорывоопасные озера заносятся в каталог прорывоопасных озер Кыргызстана. Форма каталога прорывоопасных озер Кыргызстана разработана специалистами чешской фирмы ГЕОМИН [1]. В каталог постоянно добавляется новая информация о развитии горных прорывоопасных озер. В настоящее время в каталог занесена информация о 330 озерах, изученных в той или иной мере, за период с 1966 по 2008 годы.

## **2 этап мониторинга**

### **Оценка степени опасности прорыва горных озер**

По степени прорывоопасности озера разделяются на три категории.

1 категория – наиболее опасные – озеро находится на стадии прорыва и требуется проведение защитных и профилактических инженерных мероприятий для предупреждения возможных катастрофических последствий прорыва;

2 категория – опасные – озеро приближается в своем развитии к стадии прорыва, но непосредственной угрозы в настоящее время нет; на озере должны быть поставлены режимные наблюдения;

3 категория менее опасные – озеро имеет предпосылки к прорыву в будущем, в настоящее время оно безопасно и должно ежегодно обследоваться аэровизуально.

В настоящее время из 328 озер, включенных в каталог прорывоопасных озер Кыргызстана, 12 озер относятся к очень опасным (1 категория) и 21 озеро к опасным (2 категория). Остальные озера менее опасные (3 категория).

Наибольшую угрозу, в настоящее время, представляют озера моренно-ледникового типа. В каталоге прорывоопасных озер они составляют 47%, затем идут моренно-ригельные 26%, далее моренные 14%, завальные 12%, ледниковые 1%.

Для оценки прорывоопасности горных озер, мы проводили наземное обследование плотин и ванн прорывоопасных озер [2]. При этом решаются следующие задачи:

- определяется устойчивость плотины озера и возможное время её прорыва;
- определяется механизм прорыва озера, строится модель прорыва;
- рассчитывается расход прорывного потока.

## **3 этап мониторинга**

### **Режимные наблюдения за развитием прорывоопасных озер**

В процессе наблюдений выявляется характер питания озера и стока из него, определяются тенденции в развитии озера, в изменении устойчивости его плотины [2].

Для наблюдения за развитием озер, в 2008 году была построена высокогорная озерно-гляциологическая гидрометеорологическая станция Адыгене в долине реки Алаарча, на высоте 3600м.

В комплекс режимных наблюдений на озерах входят следующие виды работ:

- 1) наблюдения за колебаниями уровня воды в озере;
- 2) наблюдения за изменениями температуры воды в озере;
- 3) гидрометрические наблюдения за притоком воды в озеро и её притоком;
- 4) наблюдения за ростом ледяного покрова на озере и давлением воды под ледяным покровом;
- 5) метеорологические наблюдения [2].

#### 4 этап мониторинга

##### Оценка возможного ущерба от прорыва горных озер

На 4-ом этапе мониторинга проводится большая работа по оценке возможного ущерба от прорыва горных озер [3]:

1) определяется механизм возможного прорыва плотины озера и рассчитывается расход прорывного потока.

2) оценивается селевая опасность горной долины, по которой будет проходить прорывной поток;

3) определяется зона поражения прорывного потока.

В Кыргызстане разработан «Порядок определения зон паводкового и селевого поражения при прорывах горных озер на территории Кыргызской Республики». Этот документ под номером СП КР 22-102:2001 включен в систему нормативных документов по строительству.

В настоящее время в Кыргызстане для большинства крупных горных долин составлены карты зоны поражения от прорывных и селевых потоков. На основе карт зон поражения прорывных потоков оценивается возможный ущерб.

#### 5 этап мониторинга

##### Выработка рекомендаций по уменьшению ущерба от прорывов горных озер

На 5-ом этапе разрабатываются рекомендации по уменьшению ущерба от прорывов горных озер [3]. В Кыргызстане такие рекомендации сводятся к следующим мероприятиям:

1) разработка планов эвакуации населения в случае предупреждения о прорыве озера;

2) контроль за строительством жилых домов и хозяйственных объектов в зонах поражения прорывными потоками;

3) выселение жителей за пределы зон поражения;

4) строительство защитных сооружений для жилых домов и хозяйственных объектов, находящихся на территории зон поражения.

5) в перспективе использование еще двух методов:

– искусственного опорожнения прорывоопасных озер (частичного – до безопасного объема или полного), такой метод применим, например, на озере Петрова;

– искусственного укрепления плотинных перемычек от размыва переливающимися потоками, этот метод можно использовать, к примеру, на озере Кольтор.

Таким образом, работа по уже применяемой в Кыргызстане системе мониторинга прорывоопасных озер [3], состоит из 5 этапов. Решение задач каждого этапа позволит организовать надежную защиту от прорывов горных озер.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Научно-прикладной справочник по климату СССР, Серия 3 многолетние данные, части 1-6, выпуск 32, «Киргизская ССР» 1989 год.

2. Правительство Кыргызской Республики, Азиатский центр снижения риска стихийных бедствий, Министерство чрезвычайных ситуаций «Малый АТЛАС карт-схем прогнозирования и сокращения риска чрезвычайных ситуаций на территории Кыргызской Республики», Бишкек 2006 год.

3. Правительство Кыргызской Республики, Министерство чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики «Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики», Бишкек 2012 год.

#### ВКЛАД БАШКАРИНСКИХ 2008 г. РАБОТ МЧС РОССИИ В ОПОЗНАНИЕ ПРИЛЕТАЮЩИХ К ЗЕМЛЕ СОЛНЕЧНОВЕТРОВЫХ ПЛАЗМЕННЫХ СГУСТКОВ КАК ФАКТОРА КОСМОПОГОДОЗАВИСИМОЙ МЕТЕОГЛЯЦИОЭКЗОГЕОДИНАМИКИ

*Гонсировский Д. Г.*

*Москва, Россия*

#### CONTRIBUTION OF WORKS OF THE MES OF RUSSIA IN 2008 ON BASHKARA FOR AN IDENTIFICATION OF CLOTS OF A SOLAR WIND ARRIVING TO EARTH AS A FACTOR OF DYNAMICS OF TERRESTRIAL PROCESSES

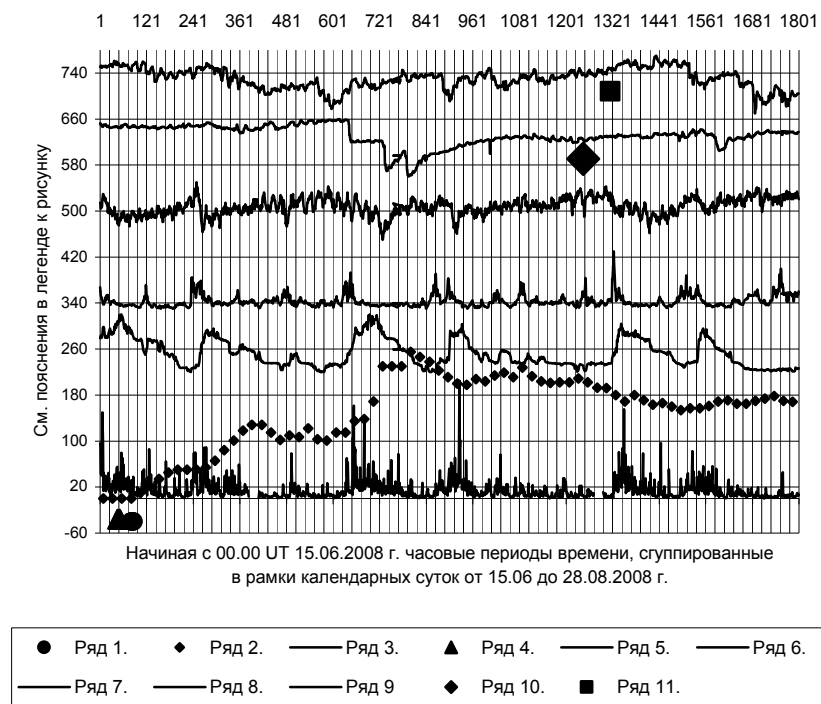
*Data for the Russian Ministry of Emergency Situations of water level dynamics of the glacial lake Bashkara in the Caucasus Moun-*

*tains in the summer of 2008 served as the experimental basis for a graphic confirmation of the presence of correlation effects of bursts of activity of the corpuscular radiation of the Sun on the development of exogenous processes on Earth.*

Вопрос о наличии связи проявления селей и некоторых других экзогенных процессов со всплесками солнечной активности анализировался докладчиком ранее [1 – 3]. Сейчас проблема рассматривается под углом зрения прилёта к магнитосфере Земли геоэффективных всплесков потока солнечного ветра (СВ), порождаемых эрупциями солнечных вспышек и истечением вещества из корональных дыр. При ударе СВ по геомагнитосфере образуются две бифуркационные ветви потока. Уходящая к полюсам ветвь обуславливает авроральную активность (АА). Будучи хорошо изученной, она для наших целей изучения экзогенных процессов индицирует и подменяет при аналитических работах вторую ветвь – инжекционную, проходящую через плазменный хвост геомагнитосферы. В околоземном космосе начало инъекций предстает в виде отсоединившихся плазменных образований (ОПО) [6]. В дальнейшем происходит инжекционное кратковременное импульсное воздействие рассматриваемого вида переносчика корпускулярной солнечной энергии на земные процессы [4, 5]. Так, в частности, от этого в полостях тел ледников накапливается талая вода, порождающая сели (Башкаринские в 1958 и 1959 гг., Герхожанский в 2000 г.), а то и обуславливающая сход целых ледников вместе с подошвенным озером (Колка в 2002 г). У экватора от инъекций возникают и активизируются тропические циклоны. Механизм внедрения инъекций в геомагнитосферу, возможно, носит спирально-вихревой характер [7].

Ключевую помощь в получении обозначенных ниже новых научных выводов оказали результаты работы мониторингового характера, проведенные МЧС России летом 2008 г. на озерно-ледниковой системе Башкара в Баксанском Приэльбрусье. По берущей отсюда своё начало р. Адылсу проходили сели, в частности в 1958 и 1959 гг. В докладе предлагаются вниманию результаты количественного сопоставления временных рядов СВ-параметров с временным рядом уровня воды в озере-пъезометре при средней части тела ледника Башкара (рисунок), свидетельствующие о по-

ложительной их корреляции. Способ анализа и выявленные корреляционные закономерности позволили объяснять метеорологические процессы (например, ураганы и тайфуны в 2005 г.), а также рекомендовать при мониторинге уже сейчас с той же целью наблюдений за динамикой уровня воды искусственно создаваемых котлованы-пъезометры возле тел других селеопасных ледников (Кая-артыбаши и др.). Представляется, что в результате ежедневного прослеживания [3], опираясь на текущие данные по АА и СВ в Интернете, можно достичь успешных прогнозных результатов. Ряды измерений импульсов галактических космических лучей (ГКЛ) привлекаются только для выявления у них Форбуш-понижений, подтверждающих факт удара чаще всего очень мощного СВ-потока по Земле (см. ряд ГКЛ в 1959 г.).



**Рисунок. Графики корреляционных сопоставлений уровня воды в оз. Башкара – пьезометре при теле ледника Башкара в 2008 г., с синхронными динамике уровня космопогодными параметрами**

*Легенда к рисунку.* **Ряд 1.** Шкала суток. 2008 г. 15 июня – 1.24; 28 авг. – 1777...1800. **Ряд 2.** В интервале ординат 0 – 260 график посуточных значений уровней воды в оз. Башкара от генерального нуля графика в см (пик 18 – 20 июля; суточные значения чисел Вольфа 0 и редко до 9, СВ-плазма поступала из корональных дыр), 2008 г. **Ряд 3.** В интервале ординат 0 – 205 график фактических значений параметра АА – рассчитанной посекундно мощности излучения в гигаваттах для последовательных часовых периодов, 2008 г. **Ряд 4.** Фактические данные по АА (данные ИСЗ NOAA POES). Июль – авг. 2008 г.: 15.06 в 07:32 UT – 116 GW; 12.07 в 05:50:10 UT – 161 GW; 23.07 в 13:22:07 UT – 205 GW; 10.08 в 05:48:50 UT 156 GW; 17.08 в 13:04:42 UT – 83 GW. **Ряд 5.** В интервале ординат 220 – 320 график эндопроцентов временного ряда среднечасовых значений скорости плазмы СВ (по данным КА SOHO), 2008 г. **Ряд 6.** В интервале ординат 330 – 430 график эндопроцентов временного ряда среднечасовых значений плотности протонов плазмы СВ (по данным КА SOHO), 2008 г. **Ряд 7.** В интервале ординат 450 – 550 график эндопроцентов временного ряда среднечасовых значений импульсов ГКЛ, данные нейтронного монитора (НМ) ст. Ломницкий Пик (Словакия, абс. отм. 2634 м), 2008 г. **Ряд 8.** В интервале ординат 560 – 660 график эндопроцентов временного ряда среднечасовых значений импульсов ГКЛ, данные НМ ст. Цугшпитце (ФРГ, абс. отм. 2960 м), 1959 г. **Ряд 9.** В интервале ординат 670 – 770 график эндопроцентов временного ряда среднечасовых значений импульсов ГКЛ, данные НМ ст. Цугшпитце, 1958 г. **Ряд 10.** Сель от ледника Башкара по р. Адылсу в Баксанском Приэльбрусье 05.08.1959 г. с объемом до 1 млн куб. м. В 15-дневный предселевый период рост суточных значений чисел Вольфа с 94 до 225. **Ряд 11.** Сель от ледника Башкара по р. Адылсу в Баксанском Приэльбрусье 08.08.1958 г. В 16-дневный предселевый период рост суточных значений чисел Вольфа со 170 до 258 – 230.

Применяется авторский метод множественной графической корреляции [1 – 3]. На графиках важным является тот момент, когда пики АА и в целом СВ как энергоисточника статистически хорошо индицируют наступающие вслед за ними явления – как величину обводнённости ледников вплоть до перехода ситуации в селеопасную, так и возникновение и динамику ураганов и тайфунов (исходя из свидетельства рисунка для лета 2005 г., аналогичного здесь приведенному). Усложняет картину непредсказуемость конкретных мест и времени прихода инъекций. Результаты сопоставлений по природным причинам имеют вероятностный характер.

В обработку вовлекаются данные наблюдений как фактические, так и преобразованные в новый временной ряд, представляющий собой ряд нормализованных значений показателя. Для нормализации от каждого индивидуального члена ряда сначала отнимается минимальное значение в данном ряду, потом результат

делится на величину разности между максимальным и минимальным значениями показателя. Результат умножается на 100. В итоге получаются так называемые эндопроценты.

Составить графики автору помог накопленный в арсенале науки материал. В этой связи он благодарит МЧС РФ и в открытом Интернете архивистов фактических данных по тропическим циклонам, измерений на КА SOHO, ИСЗ GOES, NOAA POES-15, 16, 17, 18, МЕТР-02, НМ ГКЛ за создание такой возможности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гонсировский Д. Г. Исследование вопроса связи проявления сейсмической активности с помощью метода множественной графической корреляции // Проблемы снижения природных опасностей и рисков (ГЕОРИСК – 2009): Материалы VII Междунар. науч.-практич. конф. по проблемам снижения природных опасностей и рисков («Геориск-2009»). (Москва, 21 мая 2009 г., ИГЭ РАН, ВНИИ ГО ЧС). Т. 1. М., 2009. С. 6-11.

2. Гонсировский Д. Г. Изучение возможных дополнительных импульсных факторов развития катастрофического многофазного селепроявления 18-25 июля 2000 г. в районе г. Тырныауза [Электронный ресурс] // Устойчивое развитие горных территорий в условиях глобальных изменений: Материалы VII Междунар. конф. (Владикавказ, 14-16 сент. 2010 г., СКГМИ (ГТУ)) [Текст на 32 с., электронный ресурс]. Владикавказ, 2010. 1 электрон. опт. диск. 9 с.

3. Гонсировский Д. Г. Опыт проведения ежесуточной прогнозной оценки селеопасности в 2009 г. в Баксанском Приэльбрусье с использованием метода ретроспективных аналогий [Электронный ресурс] // Устойчивое развитие горных территорий в условиях глобальных изменений: Материалы VII Междунар. конф. (Владикавказ, 14-16 сент. 2010 г., СКГМИ (ГТУ)) [Текст на 32 с., электронный ресурс]. Владикавказ, 2010. 1 электрон. опт. диск. 8 с.

4. Гонсировский Д. Г. Выявление прорывных проникающих инъекций сгустков компонент солнечного ветра в приповерхностную область Земли: Стенд. докл. // [Шестая] конференция «Физика плазмы в солнечной системе»: Сб. тез. докл. (Москва, 14-18 февр. 2011 г., ИКИ РАН) [Электронный ресурс]. М.: ИКИ РАН; Интернет-ресурс <http://solarwind.cosmos.ru/txt/2011/conf2011thesis.pdf> (02.02.2011 г.). 1 электрон. опт. диск. С. 80.

5. Гонсировский Д. Г. Анализ ситуаций, соотносимых с феноменом инъекций сгустков компонент солнечного ветра в приповерхностную об-

ласть Земли: Стенд. докл. // Седьмая конференция «Физика плазмы в солнечной системе»: Сб. тез. докл. (Москва, 6-10 фев. 2012 г., ИКИ РАН) [Электронный ресурс]. М.: ИКИ РАН; Интернет-ресурс <http://www.plasma2012.cosmos.ru/sites/plasma2012.cosmos.ru/files/conf-plasma7-iki-feb-2012.pdf>, (30.01.2012 г.). 1 электрон. опт. диск. С. 142.

6. Ковалевский И.В. Энергетические аспекты солнечно-земных связей. М.: Наука, 1976. С. 6 и др.

7. Кондратьев К.Я., Никольский Г.А. Вихревые эффекты проникающей компоненты солнечного излучения: Об обнаружении спирально вихревого излучения Солнца и эффектах его воздействия на процессы и материальные объекты в системе «Солнце – Земля». Интернет-ресурс : [vd2-777.narod.ru](http://vd2-777.narod.ru), (2010 г.).

### **ЗАВИСИМОСТЬ РАДОНООПАСНОСТИ ОТ СТРУКТУРНО-ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ (НА ПРИМЕРЕ ВОСТОЧНОГО УЧАСТКА МОСКВЫ)**

*Григорьева С.В.\* , Бондаренко В.М.\*\**

*\*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт геоэкологии им Е.М.Сергеева РАН ((ИГЭ РАН),  
Москва, Уланский переулок, дом 13, строение 2, тел: +7 (495)  
607-46-14, факс (495) 923-18-86, E-mail: v\_vel@mail.ru*

*\*\*Московский государственный геологоразведочный университет  
им. Серго Ордженикидзе (МГРИ-РГГРУ) 117997, Москва,  
ул. Миклухо-Маклая, дом 23, тел. (495)433-62-33 доб.12-55,  
факс (495)433-62-56, E-mail: msgpa@msgha.edu.ru*

### **DEPENDENCE OF RADONIC DANGER FROM STRUCTURING – GEODYNAMICAL PECCULIARITIES (AN EXAMPLE OF THE EASTERN DISTRICT OF MOSCOW)**

*Radon hazard as a function of structural and tectonic characteristics of the areas Bogorodskoe, Sokolinaia gora and Sokol'niki of eastern district of Moscow where made the map of lineaments and dependence of radon from structures.*

Исследования посвящены проблеме оценки пространственно-генетической связи радиоэкологических особенностей территорий с их геологической структурой и ее развитием на неотектоническом этапе. Структурно-геодинамические условия территорий, на основе которых намечались участки геофизических измерений, в значительной мере определяют закономерности пространственного распределения и концентрации радона на земной поверхности, в жилых и производственных помещениях. Проведены исследования по изучению концентрации радона в подвалах и помещениях, расположенных на первых этажах жилых домов в районах Сокольники, Богородское и Соколиная гора Восточного административного округа Москвы и их взаимосвязь с линеаментами и структурно – геоморфологическим строением этих районов города. Анализ результатов исследований показал наличие аномальных участков содержания радона в подвальных помещениях домов, расположенных в зонах с максимальной плотностью линеаментов (зон повышенной трещиноватости, проницаемости и других геологических нарушений).

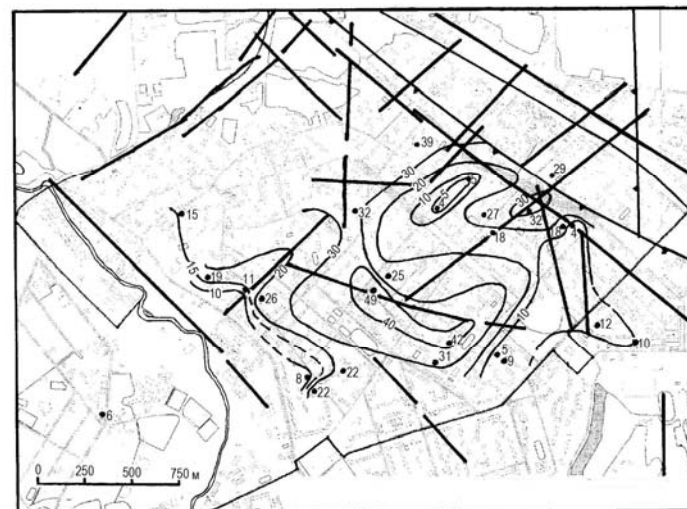
Восточный участок Москвы, где расположены районы Сокольники, Богородское и Соколиная гора, в структурно-тектоническом отношении являются частью Яузской субмеридиональной депрессии. Яузская депрессионная зона входит в состав Московско-Клязьминского относительно опущенного регионального геоблока Московского региона и разделяет Центрально-Московское и Лосиноостровское поднятия. С юга эти структуры ограничены Москворецким прогибом северо-западного простирания. В районы исследований попадают лишь обрамляющие, сопряженно-краевые линеаменты прилегающих неотектонических структур. Строение изученных участков весьма сложное. Район Сокольники расположен по правому борту долины р. Яузы, районы Богородское и Соколиная гора занимают часть левобережья р.Яузы, в связи с чем структурная позиция районов существенно различается. Долина р. Яузы в основном приспособливается к системе вытянутых с севера на юг сопряженно смещенных относительно друг друга линеаментных сгущений, достигающих значительной ширины (до 150-200 м). Для отдельных отрезков современной долины р. Яузы характерно меридиональное простирание линеаментов.

Структурный рисунок зон разуплотнения на западном и восточном склонах Яузской депрессии резко отличается. На склоне, примыкающем к Лосиноостровскому поднятию (левобережье р. Яузы, куда входят районы Богородское и Соколиная гора), получила развитие частная система диагональных узких линейных зон северо-западного и северо-восточного простирания. В основном это однорядные узкие зоны, реже сгущения. Поперечник ячеек варьирует от нескольких сотен метров до километра. Аномалии радоновыделения на территории района Соколиная гора (рис. 1) приурочены к восточному ступенчатому обрамлению меридиональной Яузской депрессии. Максимальные значения эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона (более 30 Бк/м<sup>3</sup> до 98 Бк/м<sup>3</sup>) образуют цепочку пиков вдоль шва, представляющего собой, очевидно, тектогенную зону повышенной проницаемости и трещиноватости горных пород. Зона структурирована и имеет, вероятно, сложное внутреннее строение участков наиболее сильной раздробленности, с которыми связаны пики излучений, повторяющихся через 1200-1300 м. Таков, очевидно, шаг колебаний нарастания интенсивности напряженного состояния в пределах зоны, приводящий к периодической разрядке тектонических напряжений и усиленной миграции водных и газовых компонентов геологической среды.



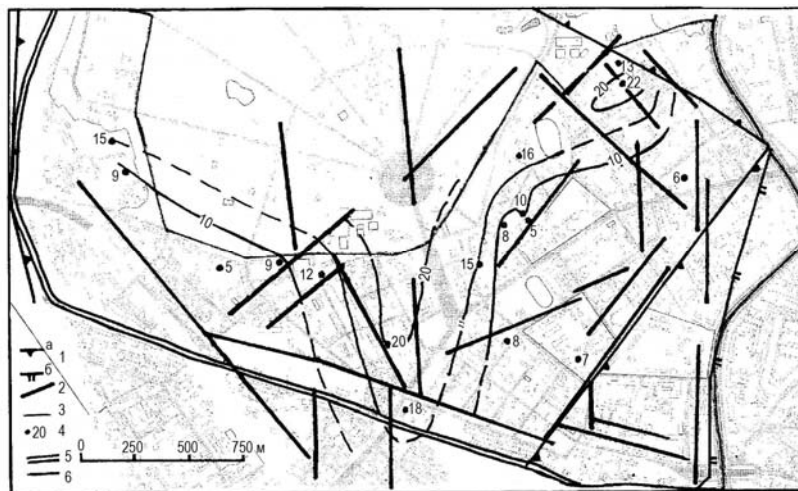
**Рис. 1. Схема взаимосвязи линейментов и объемной активности радона района Соколиная гора (условные обозначения на рис. 3)**

Во внутренней части Яузской депрессии (район Богородское) радоновыделения имеют очаговый характер, соответствующий характеру структурирования участка. Из-за малого количества исходящих данных и разбросанности их по территории района закономерностей проявления радона не обнаруживается (рис. 2).



**Рис. 2. Схема взаимосвязи линейментов и объемной активности радона района Богородское (условные обозначения на рис. 3)**

Район Сокольники (рис. 3) расположен на правобережье р. Яузы в пределах относительно приподнятого блока, примыкающего к восточному склону Центрально-Московского поднятия, где структурный рисунок резко меняется. Важную роль здесь приобретают зоны субширотного простирания. Это ряд субпараллельных зон в пределах краевых швов Москворецкого прогиба, возможно, отражающие характер и ориентировку новейших поверхностных деформаций Подмосковного авлакогена. Кроме того, для района характерна также северо-восточная ориентировка линейментов. Однако очаг ЭРОА радона вытянут в меридиональном направлении, что свойственно Яузской депрессионной зоне, причем максимум ЭРОА радона (20 Бк/м<sup>3</sup>) приурочен здесь к меридиональному шву, параллельному борту Яузской депрессии.



**Рис. 3. Схема взаимосвязи линеаментов и объемной активности радона района Сокольники**

Условные обозначения: 1 – границы элементарных геоблоков (а), частных ступеней (б), 2 – линейные структуры (линеаменты), 3 – изолинии эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона, 4 – точка и показатель измерения ЭРОА радона (Бк/м<sup>3</sup>), 5 – граница Восточного административного округа, 6 – граница муниципального района

Исследования показали, что конфигурация изолиний радоноопасности зависит от структурного рисунка деформаций приповерхностных участков земной коры. Ориентировка изолиний ЭРОА радона совпадает с простиранием основных линеаментов во всех трех изученных участках Москвы, что хорошо видно на представленных схемах взаимосвязи линейных структур (линеаментов) и объемной активности радона в районах Соколиная гора, Богородское и Сокольники (рис. 1, 2, 3).

Проведенные исследования подтвердили определенную связь вариаций содержания радона в подпочвенном слое и в подвалах зданий с выраженными в рельефе геодинамически активными зонами, которые проявлены, в частности, линеаментами, повышенной раздробленностью, трещиноватостью и проницаемостью горных пород. Полученные выводы были подкреплены сопоставлением с результатами ранее полученных (архивных) дан-

ных о концентрациях радона в подвалах школ и детских садов в районах Сокольники, Богородское и Соколиная гора Восточного округа Москвы и их связь со структурно-геодинамическими особенностями территорий, прежде всего с линеаментами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бабак В.И., Бондаренко В.М., Григорьева С.В., Демин Н.В. Влияние структурно-геологических особенностей на распределение радона в подвалах жилых домов в московском районе Тушино // «Сергеевские чтения». Вып.5. М.: ГЕОС, 2003. С.167-171.
2. Бабак В.И., Бондаренко В.М., Григорьева С.В., Демин Н.В., Дорошко А.Л., Макаров В.И. Зависимость радоноопасности от структурно-геологических особенностей (на примере северо-восточного Подмосквья. Оценка и управление природными рисками, Матер. Общерос.конф. «Риск-2003». Т.1. М.: АНКИЛ, 2003. С.47-51.
3. Бабак В.И., Григорьева С.В., Бондаренко В.М., Баринев А.С. Оценка геоэкологической стабильности освоенных территорий (на примере зоны наблюдений хранилища радиоактивных отходов МосНПО «Радон») // «Сергеевские чтения». Вып. 6. М.: ГЕОС, 2004. С.455-459.

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЛАВИН В ИЛЕЙСКОМ АЛАТАУ: СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ

**Жданов В.В.**

*Институт географии МОН РК, Алматы, Республика Казахстан,  
тел. (727)2911625, e-mail: Zhdanovvitaliy@yandex.ru.*

## AVALANCHE FORECAST IN THE ILE ALATAU: CONDITION, PROBLEMS, PROSPECTS

*Article is devoted to avalanche forecast in Ile Alatau. The current condition, existing problems and prospects of development is described. The new avalanche forecast method is shown.*

Илейский (Заилийский) Алатау – самый освоенный и изученный горный район Казахстана. Здесь расположены всемирно известные туристические центры, такие как Медеу и Шымбулак.

Освоению способствует географическое расположение вблизи южной столицы Казахстана – г. Алматы. По решению правительства, в ближайшее время г. Алматы должен стать центром туризма и горнолыжного спорта. Для этого есть все условия и уже найдены инвесторы. В 2011 г. в окрестностях города проведены 7 Зимние Азиатские игры и подана заявка на проведение Олимпийских игр.

Снежные лавины являются широко распространенным явлением в Илейском Алатау. Их воздействию подвержены различные хозяйственные объекты и население. 79 % несчастных случаев в стране, связанных с лавинами, происходят в этом регионе. В республике Казахстан самым распространенным способом защиты от лавин является прогнозирование лавинной опасности и проведение профилактических спусков лавин с помощью взрывчатых веществ. Эти функции возложены на Республиканское Государственное Предприятие «Казгидромет» и Государственное Управление «Казселезащита». Следует отметить, что в настоящее время регулярные снеголавинные наблюдения проводятся только в Илейском Алатау.

Существуют методы прогноза лавин, как по значительной территории Алматинской области, так и по бассейнам отдельных рек. Все методы прогноза были разработаны более 20 лет назад [3]. Прогнозируются периоды массового схода лавин, связанных с неблагоприятными метеорологическими условиями. Продолжительность этих периодов может быть различной: от нескольких дней до недель. Лучше всего решена проблема прогноза лавин, связанных с осадками, которые составляют 80 % случаев схода в среднегорной зоне Илейского Алатау. Для гляциальной зоны, где в основном сходят лавины метелевого генезиса, методов прогноза лавин не существует.

При составлении фонового прогноза лавин по обширной территории используется информация с опорных метеорологических станций и горных снегомерных маршрутов. Прогнозы носят консультативный характер и передаются в МЧС и СМИ с формулировкой «Штормовое предупреждение». Их общая оправдываемость составляет 75-85 %, а предупрежденность опасного явления 95-100 %. Обычно прогнозисты сознательно допускают большую ошибку страховки.

Локальный прогноз лавин и рекомендации по профилактическим спускам составляются только по бассейнам рек Улькен и Киши Алматы (Большая и Малая Алматинки) [2]. Здесь с 1967 года существуют старейшие в стране снеголавинные станции «Шымбулак» и «озеро Улькен Алматы» (Большое Алматинское озеро). Прогнозы и рекомендации передаются всем заинтересованным организациям. В случае необходимости Государственное Управление «Казселезащита» принимает превентивные меры. Общая оправдываемость локальных прогнозов значительно выше – 90-96 %. Она достигается опытом прогнозиста и хорошим знанием местных условий.

В оперативной работе по прогнозированию лавинной опасности существуют следующие проблемы:

1. Недостаток информации от наблюдательной сети и нехватка квалифицированных специалистов. Трудность контроля качества работы на труднодоступных станциях.

2. Прогнозы лавинной опасности теряются в потоке информации среди сотен телевизионных каналов и тысяч интернет-сайтов. Большая ошибка страховки приводит к недоверию населения к прогнозам.

3. Многие туристические объекты спроектированы и построены иностранными подрядчиками, без учета лавинной опасности.

Большую обеспокоенность вызывает развитие экстремальных видов спорта. Фрирайдеры, альпинисты и туристы составляют наибольшее число жертв лавин – 69 % случаев. Экстремалы пренебрегают прогнозами и объявлениями о лавинной опасности. Их даже не останавливают предупреждения спасателей. Зачастую они сами являются профессиональными спасателями и гидами. Так, 17 марта 2012 г. группа гидов горнолыжного комплекса «Шымбулак», выехала за пределы подготовленных трасс. Они спровоцировали сход лавины, в которую попали 5 человек. Один из них погиб.

В последние годы проводились различные мероприятия, направленные на улучшение качества лавинных прогнозов и обеспечение лавинной безопасности. Открыты два снеголавинных поста: в районе туристической базы «Алма-Тау» в 40 км от города и в верховьях реки Улькен Алматы на перевале «Жосалы-Кезен».

Снеголавинный пост «перевал Жосалы-Кезен», расположенный на высоте 3340 м н.у.м, является самым высоко расположенным наблюдательным пунктом в сети Казгидромета. Он очень важен для наблюдений за лавинами и метелями в гляциальной зоне. Снеголавинный пост «Алма-Тау» расположен в бассейне реки Котырбулак в условиях, характерных для среднегорной лесной зоны Илейского Алатау.

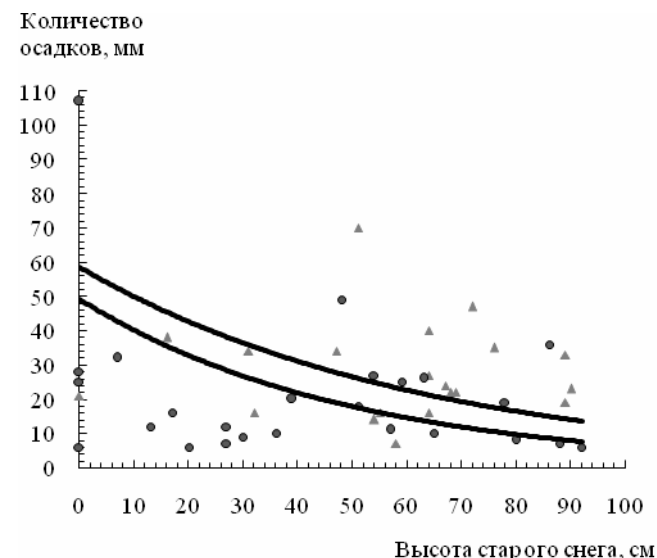
Для оперативной работы снеголавинного поста «турбаза Алма-Тау» разработан метод локального прогноза лавин, связанных с осадками в бассейне реки Котырбулак [1].

Основными лавинообразующими факторами в данной высотной зоне является высота старого снега и количество выпавших осадков. Поэтому прогноз данного типа лавин наиболее актуален. Для разработки самостоятельного метода прогноза и определения критических значений необходим сбор статистического материала за период более 10 лет, а прогноз необходим потребителям уже сейчас. Было принято решение рассчитать критические величины высоты снега и количества осадков по методу Е. И. Колесникова для малоизученных горных территорий [3].

Способ расчета был получен по результатам многолетних наблюдений на соседних снеголавинных станциях. В нем используются сведения о максимальной высоте снега в горном бассейне по данным снегомерных наблюдений за несколько лет или взятые из климатического справочника для ближайшей метеорологической станции.

В результате были получены прогностические формулы и линии, изображенные на рисунке. При превышении количеством выпавших осадков критической величины, необходимой для схода лавин, составляется прогноз «Лавиноопасно».

Проверка метода прогноза на независимом материале показала оправдываемость 77 %. Это намного выше, чем при применении фонового прогноза лавин для отдельного речного бассейна. Зимой 2011-2012 г. были проведены производственные испытания на снеголавинном посту. Оправдываемость составила 78 %. Расчет критических величин осадков по предложенному методу необходим при составлении снеголавинных прогнозов на снеголавинном посту.



**Рисунок. Зависимость схода лавин от высоты старого снега на метеоплощадке и количества осадков за снегопад. Точками отмечены случаи выпадения осадков без схода лавин, треугольниками – случаи со сходом лавин. Нижняя линия соответствует критериям начального лавинообразования, верхняя – массовому сходу лавин**

Для профилактики несчастных случаев регулярно проводятся лекции и семинары и отправляются информационные статьи заинтересованным организациям. Это средства массовой информации, туристические организации, клубы экстремальных видов спорта.

Учитывая опыт работы и ошибки, развитие снеголавинной службы должно идти по нескольким направлениям:

- Совершенствование методов прогноза лавин.
- Расширение наблюдательной сети.
- Взаимодействие с заинтересованными организациями и СМИ.
- Профилактика несчастных случаев.
- Повышение квалификации сотрудников.

Увы, снеголавинная служба привлекает к себе внимание только после очередной катастрофы. Освоение горных территорий должно учитывать существующую лавинную угрозу. Развитие туристических комплексов невозможно без организации противолавинных мероприятий. Прогнозирование является одним из способов борьбы с лавинами. Для обеспечения безопасности населения и объектов целесообразно применять комплексные методы защиты от лавин.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Жданов В.В.* Эмпирический метод прогноза лавин, связанных с осадками, в бассейне реки Котырбулак // Гидрометеорология и экология. № 2. 2011. С. 30-36.
2. *Кондрашов И.В.* Прогноз лавин и некоторых характеристик снежности в горах Казахстана. Л.: Гидрометеоздат, 1991. 72 с.
3. Практическое пособие по прогнозированию лавинной опасности в Казахстане. Под ред. Е.И. Колесникова. Алматы: РГП «Казгидромет», 2005. 262 с.

## ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО КАРКАСА ЛАНДШАФТА УРБОСФЕРЫ

*Зайцев В.Н., Степанова В.И., Баранов И.П.*

*Институт биологического приборостроения РАН, г. Пуццино  
Моск. обл., Россия*

## GEOECOLOGICAL PRINCIPLES OF FORMATION OF STABILITY OF THE GEOMORPHOLOGICAL SKELETON OF LANDSCAPE OF URBOSPHERE

*It is developed technologies of increase of dynamic stability of a geomorphologic skeleton of a landscape urbosphere, allowing to carry out search of ways of decrease in geoecological risks on the basis of use of a method of a plasticity of a relief.*

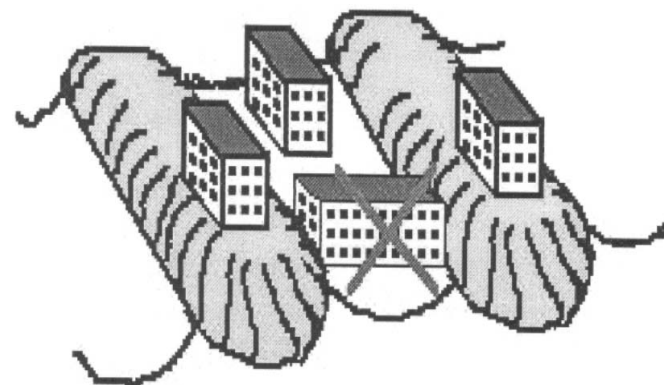
Существование современной цивилизации происходит в биосфере, соприкасающейся с атмосферой и гео-литодинамической оболочкой. Это обуславливает экзогенно-эндогенные воздействия, которые могут изменить установившуюся за период эволюции геоэкологическую сопряженность процессов, нарушить ее устойчивость в системе «атмосфера-биоценозы-почва-литосфера» [1]. Деформации, смещения разноглубинных слоев (почвы) вещества земной коры сопряжены с проявлением природных (водная, ветровая эрозия, сейсмоактивность, карстовые полости) процессов, а также с воздействиями при градостроительной активности, без учета возможности появления геоэкологических рисков (провалы в почве, автодороге, трещины в стенах зданий и др). Поэтому, согласование градостроительных технологий с природно-обусловленной динамической неустойчивостью, проявляющейся в эрозионно-аккумулятивных процессах, особенно на ландшафтных территориях урбосферы, подверженных затоплениям, подтоплениям, является жизненно необходимой, важной задачей.

**Цель работы** – разработка технологии повышения динамической устойчивости геоморфологического каркаса ландшафта урбосферы для снижения геоэкологических рисков на основе использования метода пластики рельефа.

**Обзор проблемы, обсуждение.** Сложность структурно-функциональных связей в биогеоценозах обуславливает необходимость рассматривать их во всей биосферно-биогеоценотической совокупности. Необходимость формирования уровней коэволюционного нормирования антропогенно-техногенных потребностей в природных ресурсах с возможностями регионального экологически сбалансированного их использования в биогеоценотических условиях в настоящее время переходит [по В.И.Вернадскому] на уровень ноосферной проблемы, становится актуально необходимой для выживания человечества. Ее реализация – это подстраивание технологий градостроительства к природно-обусловленной неустойчивости геоморфологических структур земной коры с целью снижения рисков и перехода к приемлемой геоэкологической устойчивости для урбосферы. Коэволюционные сопряженности компонентов биогеоценозов на урбанизированных территориях мегаполисов в еще большей мере отражают интенсивность геохимических, геофизических сопряженностей биотических, абиотиче-

ских факторов, структур биосферы и литосферы [1]. Следовательно, повышение интенсивности обмена веществом, энергией в ландшафтах урбанизированных территорий формирует ноосферный компонент биосферы – урбосферу. В данном случае, представление о геоморфологическом каркасе ландшафта урбосферы предполагает системное объединение структурных, функциональных, биотических и абиотических компонентов [2], которые в естественных условиях биогеоценозов, образуют структурную целостность на качественно новом уровне. Обеспечение устойчивости урбосферы можно реализовывать внедрением технологий градостроительства, поддерживающих состояние динамического равновесия городской инфраструктуры и энергии почвенно-геоморфологического каркаса земной поверхности. В связи с этим необходимо осуществлять учет особенностей эрозионно-аккумулятивной сети, естественно сформированной на выбранном участке будущей городской застройки. Учет проявления энергии эрозионно-аккумулятивных потенциалов рельефа на основе использования метода пластики рельефа позволяет посредством обеспечения инженерно-технологической разгрузки (например, при градостроительстве, строительстве нефтепроводов и т.д.) энергетических напряженностей рельефа обеспечивать сохранение и повышение структурной, функциональной устойчивости объектов урбосферы. В связи с этим, целесообразно поддерживать равновесие (баланс) между динамикой энергии урбосферы и процессами, обусловленными энергетическими диссипациями по природно-сформированным дренажным путям разгрузки энергетических потенциалов рельефа через подземные ложбины, тальвеги, овраги, балки, т.е. осуществлять разгрузки водных масс по эрозионно-аккумулятивной бассейновой сети. Известно, что эрозионно-аккумулятивная сеть формируется посредством накопления водных масс благодаря ливневым, просачивающимся через земную поверхность, подземным водным потокам, которые обуславливают овражно-балочное расчленение рельефа по понижениям рельефа и образуют далее бассейновую сеть. Проверенным подходом для определения и учета этих георисков является метод пластики рельефа, разработанный, внедренный в практику в группе картографии Института биологического приборостроения РАН (г. Пущино, М. обл.) под руководством проф. И.Н. Степанова за период 1980-2011гг. Он позволяет картографи-

чески вычленить геоморфологические структуры рельефа в плане или в профиле, местоположения, которых связаны с георисками. Методологическая основа вычленения – «бассейновый» принцип учета динамики формирования почвенно-литогенных структур, которые на плановой и профильной подложках имеют морфологические формы в виде потоков. Он дает системное представление о направленности движения почвенно-литогенных потоков под воздействием эрозионно-аккумулятивных и гравитационных сил. Согласно тому, что почвенно-литогенные структуры по технологии пластики рельефа образуют формы древовидных потоков, располагающихся системно по направленности действия эрозионно-гравитационных сил, то необходимо учитывать эту направленность и при планировании застройки части рассматриваемой территории пространственно располагать строительные объекты вдоль линии потока, а не поперек. Деление на повышения и понижения помогает в определении места строительства жилых, хозяйственных построек (рис. 1).



**Рис. 1. Пример благоприятного и неблагоприятного расположения строительных объектов относительно природно-сформированных почвенно-литогенных потоков**

Так, строение целесообразно ориентировать вдоль потока длинной стороной. Такое расположение позволяет представить, что эрозионное воздействие, например, водного, геохимического потока будет как бы «обтекать» дом, что уменьшит негативное его

воздействие на подфундаментные, фундаментные структуры, а, следовательно, в меньшей мере строение будет подвержено разрушениям.

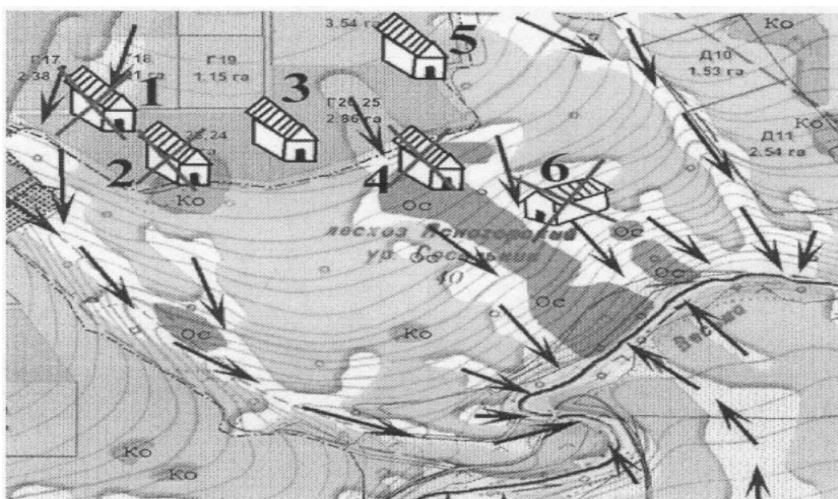


Рис. 2. Размещение зданий относительно карстовых и оползневых структур:  
Ос – оползневые структуры, Ко – карстовые образования,  
здания под № 1, 2, 4, 6 – занимают неблагоприятное положение

Карты пластики рельефа позволяют выявлять карстовые, оползневые структуры рельефа, дают возможность проектирования, моделирования расположения зданий на участке с карстовыми процессами (рис.2).

**Заключение.** На основе реализации принципов обеспечения инженерно-технической разгрузки энергетических напряженностей рельефа разработана технология снижения георисков с целью повышения и сохранения структурной, функциональной устойчивости геоморфологического каркаса ландшафта урбосферы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Зайцев В.Н., Степанов И.Н. Изоморфизм почвенных тел как отражение геофизических, геохимических сопряженностей биосферы с литосферой. В сб.: «Отражение био-, гео-, антропоферных взаимодействий

в почвах и почвенном покрове», г. Томск, Россия, т. 3. Томск, 2010. С. 78-82.

2. Зайцев В.Н. Коэволюционное нормирование баланса биотических, абиотических процессов для экологической устойчивости агроландшафтов, В сб.: Биосфера – почвы – человечество: устойчивость и развитие. М., 2011. С. 125-138.

## РАЗРАБОТКА ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО И ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ОПАСНОСТИ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В ШАХТАХ

Захаров В.Н., Фейт Г.Н.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем комплексного освоения недр Российской  
академии наук (ИПКОН РАН) 111020 Россия, Москва, Крюковский  
тупик, 4, т.(495) 3600735, e-mail: [val\\_zakharov@mail.ru](mailto:val_zakharov@mail.ru);  
[kmatlakhov@mail.ru](mailto:kmatlakhov@mail.ru)

## GEOMECHANICAL AND GEOPHYSICAL SUPPORT OF AUTOMATIC SYSTEM OF MONITORING GASDYNAMIC HAZARDS IN MINES

*Geomechanical and geophysical quantitative measures and methodology of prediction and controlling hazards of gasdynamic processes in mines were created. This methodology is used in automatic system of monitoring.*

Для повышения безопасности горных работ и предотвращения катастрофических газодинамических явлений в современных высокопроизводительных шахтах требуется создание соответствующих автоматизированных систем мониторинга и прогноза опасности этих явлений. В настоящее время такие автоматизированные системы практически отсутствуют, в связи с чем ведется их активная разработка. При этом наиболее сложной проблемой является создание надежного геомеханического и геофизического обеспечения работы этих систем.

Сейсмогеомеханическая модель территориального и текущего прогноза опасности газодинамических и геодинамических явлений в шахтах может быть создана на основе объединения двух способов прогноза: геомеханического способа прогноза опасности динамических явлений на различных участках шахтного поля и сейсмоакустического способа контроля процессов разрушения и прогноза зон трещиноватости и зон повышенного горного давления.

Территориальный (региональный) прогноз опасности газодинамических и геодинамических явлений в пределах шахтного поля осуществляется в два этапа.

На первом этапе прогноз потенциальной опасности динамических явлений типа внезапных выбросов и горных ударов выполняется по данным геологоразведки геолого-геомеханическим способом [3] на основе оценки геоэнергии массива, которая может изменяться в широких пределах в зависимости от напряженного состояния (глубины разработки), физико-механических свойств и газоносности массива горных пород.

Выполненные исследования показали, что динамические явления в зонах ведения горных работ, типа внезапных выбросов и горных ударов, на шахтах Кузбасса и Донбасса возникают только при достижении некоторых критических значений геоэнергии в массиве горных пород.

Предлагаются 4 категории оценки потенциальной опасности риска газодинамических явлений на различных участках и глубинах разработки угольных пластов в пределах шахтного поля: неопасно  $W_{\Sigma}^H \leq 0,1$  МДж/м<sup>3</sup>; угрожаемо  $W_{\Sigma}^Y = 0,1-0,2$  МДж/м<sup>3</sup>; опасно  $W_{\Sigma}^O \geq 0,2$  МДж/м<sup>3</sup>; особо опасно  $W_{\Sigma}^* \geq 0,5$  МДж/м<sup>3</sup>.

Второй этап территориального сейсмогеомеханического прогноза опасности внезапных выбросов и горных ударов осуществляется заблаговременно в масштабах выемочных участков (250–300)м ÷ (2500–3000)м сейсмическими методами [1, 2] путем просвечивания массива горных пород выемочного столба сейсмоакустическими волнами из очистного забоя и подготовительных выработок. Основной задачей прогноза риска геодинамических явлений на этом этапе является выявление мелкоамплитудных геологических нарушений (зон повышенного горного давления и трещиноватости) с которыми связаны более 95% гео- и газодинамических явлений.

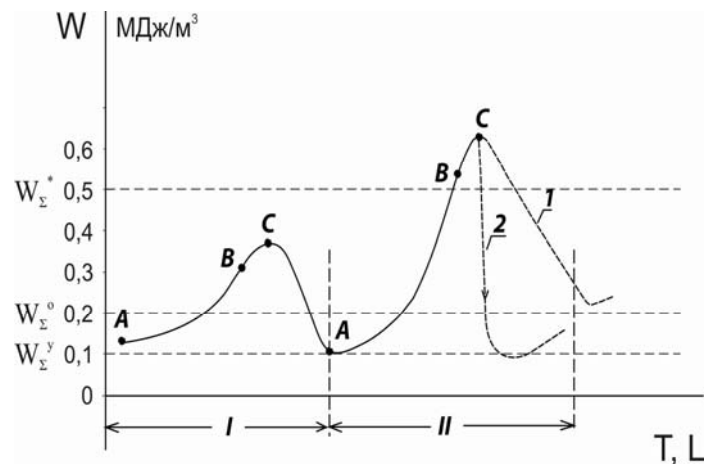
В качестве прогностических показателей выявления зон тектонических нарушений приняты следующие. Критерий выявления зон повышенного горного давления  $(V_s^{cp} - V_s^T) \geq (5-20)\%$ , где  $V_s^{cp}$  – средняя по выборке скорость поперечных волн,  $V_s^T$  – текущая скорость поперечных волн. Критерий выявления зон мелкоамплитудных тектонических нарушений  $(V_1^{cp} - V_1^T) \geq (18-35)\%$ , где  $V_1^{cp}$  – средняя по выборке скорость каналовой волны,  $V_1^T$  – текущая скорость каналовой волны.

Для разработки физической модели текущего прогноза, контроля и управления риском возникновения опасности газодинамических и геодинамических явлений при ведении горных работ в шахтах были проведены теоретические и экспериментальные исследования предкризисных аномалий развития геомеханических и геофизических процессов, предшествующих газодинамическим и геодинамическим явлениям в забоях движущихся горных выработок.

При этом был применен синергетический подход, в соответствии с которым призабойный массив горных пород рассматривался как самоорганизующаяся открытая диссипативная нелинейная блочно-трещиноватая природно-техническая система (ПТС). В процессе своей эволюции эта система на некоторых участках массива горных пород за счет внутренних и внешних источников энергии в условиях превышения скорости накопления энергии над её диссипацией, достигает некоторого критического состояния, в котором она становится неустойчивой.

Графическая модель пространственно-временного изменения геоэнергетического потенциала ПТС на различных участках массива горных пород при подвигании забоя горной выработки показана на рисунке.

Можно различать три характерные зоны напряженно-деформированного состояния призабойного массива горных пород: исходного напряженного состояния в глубине массива вне области влияния горной выработки; зоны возрастания напряжений до максимума; зоны спада напряжений (частичного разрушения, отжима) в краевой части массива, прилегающей к поверхности забоя, так называемой «буферной зоны».



**Рис. Пространственно-временная модель изменения геознергетического потенциала краевой части массива горных пород при подвигании забоя:**

*I* – зона, опасная по динамическим явлениям,  
*II* – зона, особо опасная по динамическим явлениям

В зоне возрастания концентрации напряжений на начальном этапе (АВ, рис.) процесс нарастания напряжений и упругой энергии массива идет обычно в устойчивом режиме и достаточно хорошо описывается линейной геомеханикой, однако в условиях высоких напряжений (BC) при приближении их к максимуму (обычно  $>0,8 \sigma_{\max}$ ) могут наблюдаться нелинейные эффекты связанные чаще всего с эффектом задержки деформаций в местах геологических нарушений.

Стадия изменения напряженно-деформированного состояния массива пород на участке концентрации напряжений BC завершается в критической точке С, после которой происходит процесс разрушения блока пород, прилегающего к поверхности забоя горной выработки и сброс избыточной упругой энергии. Точка С является точкой бифуркации после которой процесс разрушения может происходить разными путями: или путем обычного отжима (траектория 1 релаксации энергии), или путем катастрофического лавинообразного разрушения (траектория 2 сброса энергии). Характер разрушения при этом зависит от величины и скорости сня-

тия бокового напряжения  $\sigma_3$  со стороны забоя, происходящей во время работы проходческого или очистного комбайна.

Экспериментально установлено [4], что критериальными условиями, определяющими возможность возникновения лавинного разрушения, являются следующие два. Во-первых, запас реализуемой удельной потенциальной геознергии (упругой энергии сжатия угля при горных ударах и суммы упругой энергии сжатия и энергии выделяющегося газа при внезапных выбросах угля и газа) должен быть выше  $0,3 \div 0,5$  МДж/м<sup>3</sup>. Во-вторых, характерная скорость сброса бокового напряжения не должна быть ниже  $1 \div 3$  МПа/с.

Определение потенциальной (природной) опасности газодинамических явлений на различных глубинах и участках шахтного поля и фактической (техноприродной) опасности забоев горных выработок с учетом технологии их подвигания производится по критерию:

$$B = (W_x + aW_\sigma) \frac{l_o}{l_k} - b,$$

где:  $W_x$  – эффективная энергия газа, заключенного в угольном пласте, МДж<sup>3</sup>;  $W_\sigma$  – энергия упругого восстановления угольного пласта, МДж<sup>3</sup>;  $l_o$  – сменная скорость подвигания забоя (м/смену) или глубина заходки (м);  $l_k$  – величина зоны разгрузки (спада напряжений) и дегазации в призабойной части пласта (м); а и b эмпирические коэффициенты (для Кузбасса  $a=0,33$ ,  $b=0,18$ ).

Два первых параметра  $W_x$  и  $W_\sigma$  характеризуют уровень потенциальной геознергии пласта по факторам газоносности и напряженного состояния, а третий параметр  $l_o/l_k$  оценивает влияние технологии подвигания забоя на устойчивость краевой части пласта в самый опасный момент времени – момент подвигания забоя (образования новой свободной поверхности в массиве).

Количественные методы определения вышеперечисленных геознергетических ( $W_x$ ,  $W_\sigma$ ) и природно-техногенных ( $l_o/l_k$ ) показателей выбросоопасности являются инженерно доступными и основаны на использовании геолого-разведочных данных и нормативных, практически применяемых в шахтах, методов оценки свойств, состояния и выбросоопасности массивов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Захаров В.Н., Фейт Г.Н. Прогноз опасности геодинамических явлений по развитию геомеханических и сейсмоакустических процессов в массиве при ведении горных работ // Оценка и управление природными рисками: Материалы Международной научно-практической конференции «ГЕОРИСК-2006». – М.: РУДН, 2006. – С. 91-93.
2. Захаров В.Н., Фейт Г.Н., Малинникова О.Н., Аверин А.П. Сейсмоакустические колебания горных пород и опасность газодинамических явлений в зонах ведения горных работ на шахтах // Сборник трудов XV сессии Российского акустического общества, 2008, с. 309-312.
3. Фейт Г.Н., Малинникова О.Н., Зыков В.С., Рудаков В.А. Прогноз опасности внезапных выбросов и горных ударов по энергии массива // Физ.-тех. пробл. разработки полез. ископ. – 2002. – № 1. – С. 67-70.
4. Фейт Г.Н. Прочность и лавинное самоподдерживающееся разрушение газоносного напряженного угольного пласта // Механика горных пород: Научные сообщения / Ин-т горн. дела им. А.А. Скочинского. – 1999. – Вып. 313. – С. 63-69.

### **КАРТИРОВАНИЕ ОПОЛЗНЕВОЙ И СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТЕЙ ПРИ РЕГИОНАЛЬНОЙ ОЦЕНКЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА (НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ЗАПАДНОГО ТАДЖИКИСТАНА)**

*Зеркаль О.В.*

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
Геологический факультет, Москва, тел. +7 (495)9392568,  
e-mail: igzov@mail.ru*

### **LANDSLIDE AND DEBRIS FLOW HAZARD MAPPING FOR A REGIONAL ASSESSMENT OF GEOLOGICAL RISK (ON AN EXAMPLE OF SOUTH-WESTERN TAJIKISTAN AREA)**

*The article includes description of the procedure of landslide and debris flow hazards mapping. Results of landslide and debris flow mapping to Southwest Tajikistan area are presented.*

Территория Таджикистан, составляющая более 143 тыс. км<sup>2</sup>, более чем на 90% занята горными системами. Географические условия определяют высокую подверженность Таджикистана стихийным бедствиям, существенная часть которых связана с развитием геологических (оползневых, селевых и др.) процессов. За более чем 40-летний период режимных наблюдений и мониторинга на территории юго-западной части Таджикистана было выявлено более 830 участков активного развития оползневых процессов и более 700 участков селевых проявлений, из которых более 28% и более 21% соответственно могут быть отнесены к особо опасным и катастрофическим проявлениям [3]. Таким образом, региональная оценка и картирование оползневой и селевой опасностей является важным элементом реализации стратегии управления риском стихийных бедствий, т.к. характеристики оползневой и селевой опасностей (пространственное распространение, повторяемость) являются одними из исходных данных при количественной оценке геологического риска [1, 2].

В настоящее время в отечественной практике методические подходы картирования оползневых и селевых процессов при региональной оценке их развития предусматривают составление следующих видов материалов:

- карт развития оползней и селей, предоставляющих информацию о фактическом распространении оползневых и селевых явлений или их комплексов (ассоциаций), трансформируемых при районировании в карты пораженности территории оползнями и селями;
- карт условий (или районирования территории по условиям) развития оползневых и селевых процессов.

Вместе с тем, указанные типы картографических материалов по своему содержанию не в полной мере удовлетворяют требованиям, предъявляемым к исходным данным при проведении количественных оценок геологических рисков, т.к., характеризуя пространственное распространение опасных геологических процессов, не содержат информации о повторяемости их развития. Для решения задач по региональной оценке оползневой и селевой опасностей была разработана методика составления (в электронно-картографической форме с использованием ГИС) материалов, характеризующих пространственное распространение геологических

опасностей в рамках работ (как первого этапа) по региональной количественной оценке геологического риска [2]. Оценка оползневой и селевой опасностей проводилась для территории Юго-Западного Таджикистана, включавшей в себя большую часть Южно-Таджикской депрессии.

Предложенный подход включал в себя три этапа (рис. 1). На первом этапе проводился сбор данных по природным факторам, оказывающих влияние на активность и повторяемость оползневых и селевых процессов, в первую очередь, метеоклиматических характеристик, а также материалов режимных наблюдений и мониторинга фактического развития (в т.ч. повторяемости) опасных геологических процессов (за период с 1969 г. по 2010 г.). На основе собранной информации формируются соответствующие базы данных, в составе которых в обязательном порядке присутствуют атрибуты пространственной привязки, которые в дальнейшем обеспечивают взаимосвязь БД с электронными картами. Важным элементом первого этапа выполнявшихся работ также была подготовка базовой цифровой картографической основы (в виде БД в формате ArcGIS) и подборка комплектов данных дистанционного зондирования, включавших разновременные материалы, полученные с использованием космических аппаратов Landsat-4, 5, 7, Spot-5 и Aster.

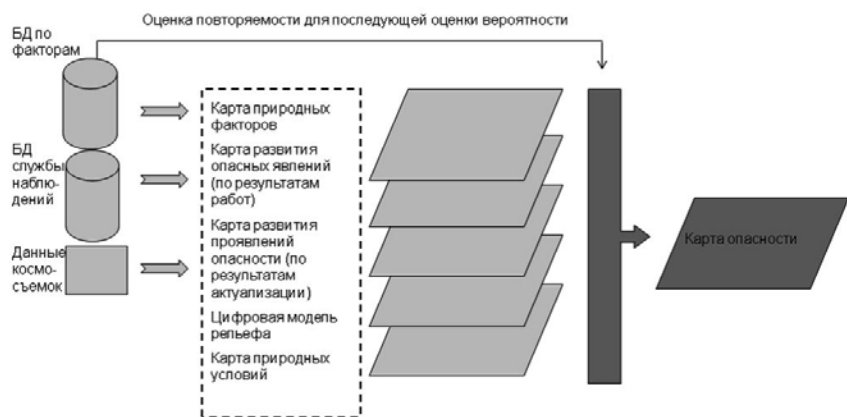


Рис. 1. Технологическая схема подготовки электронно-картографических материалов, характеризующих пространственное распространение природных опасностей

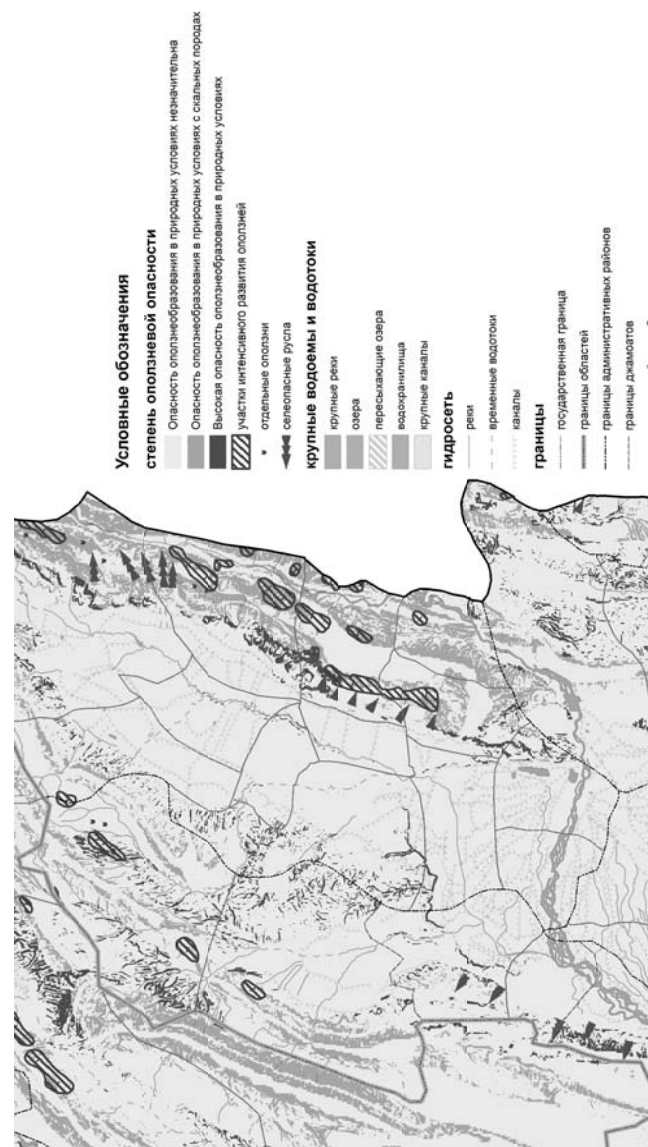


Рис. 2. Фрагмент карты оползневой и селевой опасности территории Юго-Западного Таджикистана

На втором этапе проводилось создание картографической базы данных (в формате ArcGIS), включавшей несколько наборов электронно-картографических материалов:

– исходные карты (геологическая карта, карта разломов, карта развития оползней и селей (по материалам работ 70-80 гг. XX в.), цифровая модель рельефа);

– производные картографические материалы (карта типизации грунтовых толщ и массивов, карта уклонов поверхности, карта природно-климатического зонирования, актуализированная карта развития оползней и селей (по материалам тематического дешифрирования и полевого обследования)).

Выполненный на данном этапе анализ рядов метеоклиматических наблюдений (по метеостанциям Душанбе, Муминабад, Ховалинг, Пархар и др.) позволил выявить повторяемость (0,045; 0,091, 0,182) в режиме климатических факторов развития/активизации оползневых и селевых процессов, что в последующем также было подтверждено анализом данных мониторинга опасных геологических процессов.

На третьем, ключевом этапе работ с использованием методов пространственного анализа, было выполнено составление карты оползневой и селевой опасностей, фрагмент которой представлен на рис. 2.

При типизации территории по опасности развития оползневых и селевых процессов принимались следующие категории:

1) высокая опасность оползнеобразования в природных условиях – сочетание распространенности поверхностей со значительными уклонами и развития неустойчивых, особенно при увлажнении, к оползанию нелитифицированных или слабосцементированных отложений (лессов, глинистых пород, чередование литифицированных и глинистых пород, в т.ч. загипсованных);

2) опасность оползнеобразования в природных условиях в скальных и полускальных породах – сочетание распространенности поверхностей со значительными уклонами и развития горизонтов глинистых пород в массиве скальных пород;

3) опасность оползнеобразования в природных условиях незначительна – отсутствие поверхностей со значительными уклонами.

Территории, характеризующиеся высокой опасностью оползнеобразования в природных условиях, по результатам районирования территории составили ~3,9% площади изучаемого региона. К территориям, для которых существует опасность оползнеобразования в природных условиях в скальных и полускальных породах, по результатам выполненного анализа было отнесено ~6,6% площади изучаемого региона. Таким образом, суммарно площадь территории, характеризующиеся опасностью оползнеобразования в природных условиях, в пределах Юго-Западного Таджикистана составляет, по результатам выполненного анализа 10,5% общей площади региона. Для остальной территории, составляющей ~89,5% анализируемой территории, опасность оползнеобразования в природных условиях оценивается как незначительна.

В дальнейшем, результаты оценки оползневой и селевой опасностей в виде соответствующих электронно-картографических материалов были использованы при проведении региональной количественной оценки геологического риска.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендации по оценке геологического риска на территории г. Москвы. – М.: Правительство Москвы-Москомархитектура, 2002.
2. Руководство по региональной оценке риска стихийных бедствий на территории Республики Таджикистан / Сост. О.В. Зеркаль, А.М. Шомахмадов и др. – Душанбе, ПУРСБ ПРООН, 2011. 57 с.
3. *Шомахмадов А.М.* Основные угрожающие стихийные бедствия Таджикистана (краткая характеристика, анализ, мониторинг, система подготовки, управления и т.д.) // Сборник трудов Информационно-Аналитического Центра (ИАЦ) Комитета по ЧС и ГО при Правительстве Республики Таджикистан (2005-2009 г.г.). – Душанбе, 2010. С. 5-38

## ИЗУЧЕНИЕ И КАРТИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ В ДОЛИНЕ ГЕЙЗЕРОВ (КАМЧАТКА)

*Зеркаль О.В., Гвоздева И.П.*

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
Геологический факультет, Москва, тел. + 7(495)9392568,  
e-mail: igzov@mail.ru*

## INVESTIGATION AND MAPPING OF LANDSLIDE ACTIVITY IN GEYSER VALLEY (КАМЧАТКА)

*The article includes description of the landslide formed on June 3, 2007 in Geysir Valley. Results of landslides mapping in Geysir Valley (Kamchatka) are presented.*

Долина Гейзеров (долина р. Гейзерной) располагается на Камчатке, на территории Короноцкого государственного биосферного заповедника, и представляет собой одно из уникальных природных объектов на территории нашей страны. В 2007 г. в долине р. Гейзерной произошло формирование крупного оползня, в той или иной мере затронувшего при смещении более половины термоявлений. В результате развития оползневых смещений образовалась "завальная" плотина, перекрывшая русло р. Гейзерной, что привело к формированию запрудного озера длиной до 750 м и шириной до 100 м.

**Геолого-геоморфологические условия.** Долина р. Гейзерной представляет собой V-образную эрозионную долину глубиной до 300-400 м, сформировавшуюся в восточной части Узон-Гейзерной вулканотектонической депрессии. Борта долины, имеющие уклоны 30-35°, слагаются слаболитифицированными вулканогенно-озерными отложениями, представленными переслаиванием аргиллитов и песчаников с линзами грубообломочного материала и зонами гидротермального изменения. Прочностные свойства вулканогенно-озерных образований сильно зависят от влажности грунтов и резко падают при водонасыщении. Следует отметить, что формирование оползня 03.06.2007 произошло в период обильного снеготаяния [2].

Склоны долины осложнены многочисленными оползневыми и оползне-обвальными телами, языковые части которых достигают днища долины и обуславливают наблюдаемую извилистость русла реки. В результате речной эрозии на правом борту обнажаются оползневые образования, характеризующиеся существенной раздробленностью и запрокинутым залеганием, сформировавшимся при смещении.

В нижней части долины р. Гейзерной существенно расширяется за счет площади развития предэскарповых холмов в левом борту долины. По результатам проведенных работ, можно предположить, что ведущую роль в формировании холмистого рельефа в предэскарповой зоне играли гравитационные процессы, аналогичные наблюдавшимся в 2007 г.

**Оползень Долины Гейзеров.** Формирование и смещение оползня в левом борту долины р. Гейзерной произошло 3 июня 2007 г. в верховьях руч. Водопадный [1, 2]. По наблюдениям сотрудников Короноцкого государственного биосферного заповедника и других очевидцев основное смещение оползневого тела, происходившего в виде вязкопластичного течения грунтовой массы, продолжалось в течение ~2,5 минут. В результате склоновых деформаций сформировался оползневой массив общей протяженностью до 3,4 км при ширине от 800-900 м в головной части до 0,2-0,4 км в языковой части (рис. 1). Поверхность оползневого языка неровная, с углами наклона не превышающими, как правило, 10°.



**Рис. 1. Общий вид центральной части оползня 2007 г.**

Натурное изучение строения оползневого массива показало, что механизм смещения оползня имел сложный, комбинированный характер. Головная часть оползня шириной по направлению

смещения до 130-180 м имеет характерный вид (серия относительно нешироких оползневых ступеней, вытянутых вдоль стенки отрыва), типичный для оползней скольжения. Верхняя часть оползня (протяженностью до 1200 м) представлена крупными "полями" – пластинами достаточно прочных горных пород, по-видимому, перемещенных по горизонту грунтов, имевших в период развития деформаций вязко- или текучепластичную консистенцию. В отдельных случаях оползневые пластины были раздроблены при смещении на глыбы (размеры от первых метров до 10-12 м), разделенные зияющими трещинами шириной до 2-3 м и имеющим в настоящее время вид каменных развалов. Средняя часть оползня, формирование которой происходило в виде вязкопластичного течения грунтовой массы по пониженным участкам рельефа, по своей морфологии представляет собой многофазный оползень-поток, транспортировавший отдельные крупные пластины и многочисленные глыбы (раздробленные пластины). Именно материалом, слагавшим перемещенные пластины горных пород была сформирована оползневая завальная дамба, перекрывшая р. Гейзерную. В нижней части оползневой язык представлен в большей части материалом, сформировавшимся из грунтовой массы оползня-потока, в составе которого отмечаются отдельные изолированные глыбы, в настоящее время быстро разрушающиеся до дресвы и щебня. Траектория движения в нижней части оползневой язык имеет сложную конфигурацию, что связано с тем, что в определенный момент смещения оползневые массы, достигнув противоположного борта долины р. Гейзерной, приобрели на участке протяженностью до 1,4 км характер вдольруслового перемещения.

**Картирование развития оползневых процессов в Долине Гейзеров.** Для оценки развития оползневых процессов были составлены серии карт (Карта развития оползней и Карта типов оползней (по механизму смещения)), характеризующих распространение склоновых процессов в долине р. Гейзерной (рис. 2). Составление карт проводилось на основе тематического дешифрирования данных дистанционного зондирования с последующей полевой заверкой полученных результатов.

Картирование склоновых процессов рассматриваемого района показало, что в составе развитых в пределах изучаемой территории оползневых форм могут быть выделены (рис. 2):

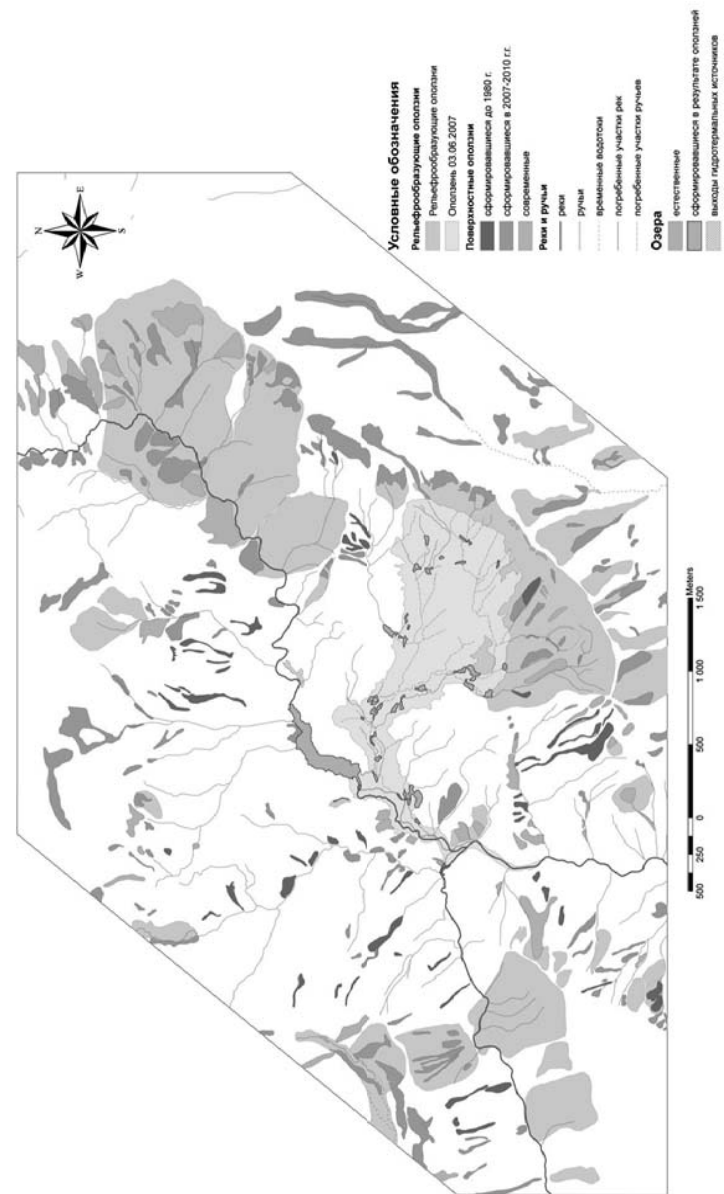


Рис. 2. Карта развития оползней в долине р. Гейзерной

– крупномасштабные (с объемами вовлеченных в смещение пород более миллиона кубических метров) оползневые тела, имеющие сложный (комбинированный) механизм смещения, формирующие современный рельеф территории;

– разномасштабные (с объемами вовлеченных в смещение пород от нескольких тысяч до сотен тысяч кубических метров) оползневые тела, преимущественно приповерхностного характера, по механизму смещения – обвалы, блоковые оползни, оползни течения, осложняющие современный рельеф территории.

Большинство крупномасштабных проявлений склоновых деформаций по механизму развития относятся к глубоким блоковым или комплексным оползням и к обвалам. Следует отметить, что крупномасштабные проявления склоновых деформаций в значительной мере осложняют левый борт долины р. Гейзерной. Оползни, сформировавшиеся на левом борту долины, не менее четырех раз перекрывали русло р. Гейзерной. На представленной карте также видно, что оползень, сформировавшийся 03.06.2007, развивался в пределах ранее существовавшего древнего оползневого массива. Широкое развитие в пределах рассматриваемого района крупномасштабных оползней обуславливается, с одной стороны, контрастным рельефом территории, а, с другой стороны, особенностями строения верхней части геологического разреза, в котором присутствуют грунты с высокой изменчивостью прочностных свойств при увлажнении, подстилающие в массиве более прочные разности грунтов.

Среди закартированных приповерхностных проявлений склоновых процессов (более 270 оползней в пределах рассматриваемой территории), преобладающим типом являются оползни течения. В ряде случаев оползневые деформации преобразовывались в селевые потоки. Формирование большинства приповерхностных разномасштабных оползней, по-видимому, связано с аномальными климатическими явлениями, такими как тайфун Эльза в 1981 г. [2].

Таким образом, долина р. Гейзерной является районом широкого развития оползневых процессов различных типов и масштабов, что предопределяется геолого-геоморфологическими условиями рассматриваемой территории. Триггерными факторами активизации склоновых деформаций выступают метеоклиматические аномалии и высокая сейсмичность региона.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гвоздева И.П., Зеркаль О.В., Ладыгин В.М. Оценка развития опасных экзогенных геологических процессов в долине р. Гейзерной (Камчатка) // Актуальные вопросы инженерной геологии и экологической геологии: Тр. Междунар. научн. конф. (Москва, МГУ, 25-26.05.2010). – Изд-во Моск. ун-та, 2010. С. 191-192.

2. Двигаило В.Н., Мелекесцев И.В. Геолого-геоморфологические последствия катастрофических обвальных и обвально-оползневых процессов в Камчатской Долине Гейзеров (по данным аэрофотограмметрии) // Вулканология и сейсмология. – 2009. – № 5. С. 24-37.

*Исследования выполняются при финансовой поддержке РФФИ №10-05-00139-а*

## РОЛЬ НОВЕЙШЕЙ ТЕКТОНИКИ В ФОРМИРОВАНИИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ГОРОДА

*Зокиров М.М., Азизов У.А., Умурзаков Р.К.*

*Государственное предприятие Научно-производственный центр «Геология гидроминеральных ресурсов», г. Ташкент, тел. +998 71 2624378, факс +99871 2624378, e-mail: ggpuz@rambler.ru*

## ROLE OF RECENT TECTONICS AND ITS AFFECT TO THE HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF THE CITIES

*The boundaries of tectonic zones with various structural – geomorphological and hydrogeological conditions are defined to explain the dangerous processes and phenomena occurring there*

Район исследований, в геолого-тектоническом отношении, расположен на правом берегу р. Чирчик и называется Приташкентским. Представляет собой полосу шириной до 20 км, тянущуюся вдоль правого берега р. Чирчик с северо-востока на юго-запад, до современной долины р. Сырдарья. Приташкентский район с северо-востока ограничивается высокими горными хребтами Каржантау и Карачатау. Эти горные массивы, в сторону г. Ташкента, постепенно понижаясь и разветвляясь, переходят в невысокие горы и

предгорья, а затем в равнину, представляющую собой основную форму рельефа описываемого района.

В геологическом отношении территория г. Ташкента, в основном, представлена двумя различными подразделениями – северо-западная часть представлена высокими террасами, сложена мощной толщей лессовых пород среднечетвертичного возраста, подстилаемых каменными лессами, галечниками или глинисто-мергелистыми отложениями верхнего неогена, слагающими отложения Чирчик-Келесского водораздела и разделенными долинами более молодых саев, эрозионных врезов, поднимающимися уступом высотой от 10 до 30 м над низкими террасами, по которым проходят современные каналы. Юго-восточная часть территории города представлена нижними террасами, сложенными мощной толщей галечников, прикрытых с поверхности маломощным слоем супесей.

На основании имеющихся геоморфологических, геофизических и гидрогеологических данных выделены следующие блоки ограниченные тектоническими разломами, характеризующиеся своими особенностями:

1 – блок расположен в северо-восточной части Ташкентского поднятия и ограничен с севера и северо-запада каналом Бозсу, с запада коллектором Чаули, с юго-востока уступом высоких террас, обращенным к современной долине р. Чирчик. Сложен участок лессовыми породами среднечетвертичного возраста значительной мощности (30-50 м), подстилаемыми на большую часть территории аллювиальными галечниками.

В тектоническом отношении территория характеризуется пересечением Ташкентского поднятия меридиональным разломом, ось которого (по Захаревичу В.А.) проходит параллельно пр. Амира Темура, в северной части по ул. А.Дониш. По юго-восточному уступу верхней террасы проходит ось Чирчикского поднятия.

В целом, участок характеризуется преимущественно глубоким залеганием уровня грунтовых вод, развитием просадочных лессовых пород на водоразделах, процессами вторичного засоления и повышением засоленности грунтов на участках крупных промышленных предприятий и в промышленных зонах до 4,7-6,2%. Исключение составляют долины коллекторов Салар и Ункурган, пересекающие северо-восточный участок практически с

севера на юг, и характеризующиеся развитием процессов подтопления в районе озера Победы и узкой полосой вдоль Ункурган и по нижним террасам коллектора Салар.

2 – блок расположен по долине к. Нижний Бозсу и ограничивается с юго-востока долиной к. Анхор, с запада – долиной Каракамыш. Основными особенностями юго-западного района является высокий водораздел, по которому проходит к. Анхор, являющийся областью питания грунтовых вод; по северу проходит в аналогичных условиях к. Калькауз, а областью разгрузки служат глубокие эрозионные врезы коллектора Нижний Бозсу, прорезающего территорию по диагонали с северо-востока на юго-запад, и коллектора Каракамыш, проходящего по западной границе. В геологическом отношении территория характеризуется развитием мощной толщи лессовых пород с прослоями и линзами песков, галечников  $Q_{II}^{II}$ . В тектоническом отношении водораздельные поверхности представляют собой Чигатайское и Ташкентское поднятия, а врез коллектора Нижний Бозсу приурочен к Бозсуйскому прогибу, коллектор Каракамыш проходит в зоне Келесской депрессии.

Глубокие врезы долин Каракамыш и Нижнего Бозсу способствует формированию в их бортах процессов суффозии, эрозии, оврагообразования и оползней в лессовых породах; на водораздельных поверхностях в условиях глубокого залегания уровня грунтовых вод (10-15 м), при увлажнении техническими водами, формируются просадочные деформации и осадки в основаниях зданий и сооружений.

На водораздельных поверхностях в лессовых породах, при залегании уровня грунтовых вод на глубине от 5,0 до 10 м, на участках развития коллекторно-дренажной сети формируются процессы вторичного засоления, со значениями засоленности грунтов зоны аэрации 3,9-5,4%.

В юго-западной части описываемой территории, по границе с к. Анхор, сформировалась область развития техногенных отложений значительной мощности (от 10 до 25 м), вытянутая узкой полосой шириной от 100 до 250 м, а в районе Ипподрома до 1 км, протяженностью более 6 км – от ул. Волгоградской до Ипподрома.

Останцы глубоких оврагов Бурджар сохранились в пределах юго-западного окончания города и представляют собой возвышенности с крутыми склонами, заполненные водой. При застройке массива «Чиланзар», глубокие овраги были заполнены строительным мусором и отходами промышленного производства, перекрыты суглинистым материалом, но до настоящего времени они являются источником загрязнения прилегающих территорий.

Значительное распространение в пределах юго-западного района имеют процессы подтопления. Они развиты, в основном, в пределах засыпанных долин левобережных саев, обращенных к эрозионному врезу Нижний Бозсу – это долины Янгоба, Чорсу, Чукура, Заха, Чапанаты, Из-зы и др. Самая юго-западная зона подтопления расположена в районе Ипподрома, где она сформировалась в зоне засыпанных оврагов Бурджар. В меньшей степени процессы подтопления развиты по правому борту кол. Нижний Бозсу – это понижение от канала Кукча в сторону Нижнего Бозсу (вдоль ул. Бируни) и зоны подтопления в концевых частях коллекторов Джарарык и Джар.

3 – блок расположен в северной части города, ограниченной с востока к. Бозсу, с юга Чигатайским поднятием, с запада долиной к. Каракамыш. Данный блок характеризуется специфическими условиями формирования инженерно-геологических процессов: близким залеганием в северной части участка на водоразделах глинисто-мергелистых пород верхнего неогена и быстрым их погружением по направлению к долине Каракамыш.

В пределах северо-западного склона Ташкентского поднятия, обращенного к глубоким врезам Нижний Бозсу и Каракамыш, выделяются две зоны, отличающиеся по характеру и интенсивности развития опасных инженерно-геологических процессов – северная и юго-западная.

В пределах площади, освоение под строительство жилых массивов началось в 70-е годы. Эта часть территории характеризуется развитием площадных процессов подтопления – долина Каракамыш до впадения в него канала Кечкурук представляет собой зону подтопления (с глубиной залегания грунтовых вод от 1,0 до 3,0 м) шириной от 500 м до 3 км, отдельные долины пологих саев. Особенно по левобережью, к. Каракамыш подтоплен узкой полосой на расстоянии до 5-7 м.

Построена система горизонтального дренажа со сбросом в центральную дренажную трубу, проходящую параллельно к. Каракамыш, и постоянно находящуюся в затопленном состоянии. В этих же границах происходит подтопление фундаментов зданий, и вода стоит в подвалах. Подтоплена также средняя часть Северной промышленной зоны. Высокое положение уровня грунтовых вод способствует их загрязнению в пределах Северной промышленной зоны, на территории заводов «Зенит», «Миконд».

С положением уровня грунтовых вод тесно связаны процессы засоления грунтов зоны аэрации. Высокие значения содержания водорастворимых солей характерны для отдельных участков Северной промышленной зоны – 1,0-1,5%, на участке автобаз – до 5,0, в районе завода «Зенит» – 2,4%. Также локальное засоление грунтов характерно для территорий жилой застройки, и приурочено к местным водоразделам с глубиной залегания грунтовых вод 5-7 м – содержание солей для них составляет 5,1-3,9%.

Наибольшие значения засоленности грунтов, со значениями до 5,7%, характерны для северных окраин площади исследований, где лессовые грунты залегают на отложениях неогена. При этом для последних, максимальное значение засоленности грунтов характерно для верхней части разреза (неосвоенные территории). На участках жилой застройки верхняя часть разреза лессовых пород «промыта», а на глубине 1-1,5 м значения достигают максимума и составляют 3,3-5,1%. Процессы засоления развиты локально, а в целом грунты зоны аэрации Северного участка слабо засолены и преобладают значения 0,1-0,7%.

Процессы оврагообразования и эрозии проявляются одиночно по правому борту к. Бозсу, по периферии и водораздела, разделяющего долину Бозсу и Каракамыш.

4 – блок расположен в пределах юго-восточного склона Ташкентского поднятия и ограничен с северо-запада каналом Бозсу-Анхор, с юго-востока к. Салар, с востока коллектором Чаули.

Основной особенностью юго-восточного района является хорошая дренированность основной части территории глубоким эрозионным врезом к. Бурджар, и связанное с этим, преимущественно глубокое залегание уровня грунтовых вод. Область питания приурочена к водоразделу, по которому проходит к. Анхор-Бозсу,

и разгрузка потока грунтовых вод происходит в сторону современной долины р. Чирчик.

Из инженерно-геологических процессов здесь преобладают просадка и осадка в основаниях зданий и сооружений, связанные с распространением в приводораздельной части сильно просадочных лессовых пород; реже по бортам Бурджара и правого склона к. Салар, развиты процессы суффозии и эрозии.

В северной части участка, кроме просадочных деформаций и осадок зданий и сооружений, развиты процессы вторичного засоления лессовых пород. На отдельных участках промышленных зон и крупных промышленных предприятий формируются зоны повышенной засоленности грунтов от 2,1 до 7,8% (южная промзона, район промышленных предприятий вдоль ул. Шевченко), связанные с засолением грунтов с поверхности отходами производств.

На нижнем окончании, в уступе четвертой террасы, прослеживается зона подтопления, связанная с разгрузкой грунтовых вод из области питания (к. Анхор и водонасыщенные техногенные грунты, засыпанного к. Бурджар) в сторону современной долины р. Чирчик.

Анализ и обобщение имеющихся материалов показывает, что в тектоническом отношении территория г. Ташкента отличается сложностью современных тектонических движений, определяющие разную направленность развития в его различных частях – с одной стороны – это формирование поднятий в пределах высоких террас и унаследованное развитие Чирчикской депрессии в пределах современной долины р. Чирчик; с другой – в пределах высоких террас формирование нескольких поднятий, разделенных прогибами – это прежде всего формирование по диагонали, с северо-востока на юго-запад (по линии Бозсу – Анхор) Ташкентского поднятия (Причирчикский вал), разделяющего территорию высоких террас на две части, и широтного Чигатайского поднятия, делящего северо-западную часть, в свою очередь, на две (северную и юго-западную), характеризующиеся своими особенностями развития.

## **ПРОГНОСТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЛИНЕАМЕНТНОЙ ТЕКТониКИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К КАРСТОВОМУ ПРОЦЕССУ НА ЛОКАЛЬНОМ УРОВНЕ**

*Золотарев Д.Р., Катаев В.Н.*

*Научно-исследовательская часть ПГНИУ, г. Пермь, Россия,  
тел.: +(342)2396668, +(342)2396506, e-mail: [zolotarevdr@gmail.com](mailto:zolotarevdr@gmail.com),  
[kataev@psu.ru](mailto:kataev@psu.ru)*

## **THE PREDICTED INDEXES OF LINEAMENT TECTONIC WITH REGARD TO KARSTS PROCESSES ON THE LOCAL LEVEL**

*This work is devoted to the impact of lineament tectonic on karst process within the territory of Kungur-city. It was analyzed spatial correlation between lineaments and karst forms and its morphometry. On the base of the spatial allocation results of karst forms to lineament parameters the numerical prediction is given. The research is executed within the international project «Methodology development risk-analysis of economic development and estimation of vulnerability of ground waters in karst areas» financed by the Ministry of Education of Permsky krai from means of the regional budget.*

Современные задачи карстоведения все больше ориентированы на количественный прогноз развития процесса. Для специалистов-карстоведов в наше время приоритетной задачей является выделение прогнозных уравнений для факторов развития карста. При этом основной трудностью, с которой приходится сталкиваться, это наличие «идеальной» платформы для исследований, представляющую собой равномерно или квазирегулярно изученную закарстованную территорию с множеством показателей строения карстового массива, отождествляющихся с соответствующими факторами развития карста, а также большой набор исходных данных.

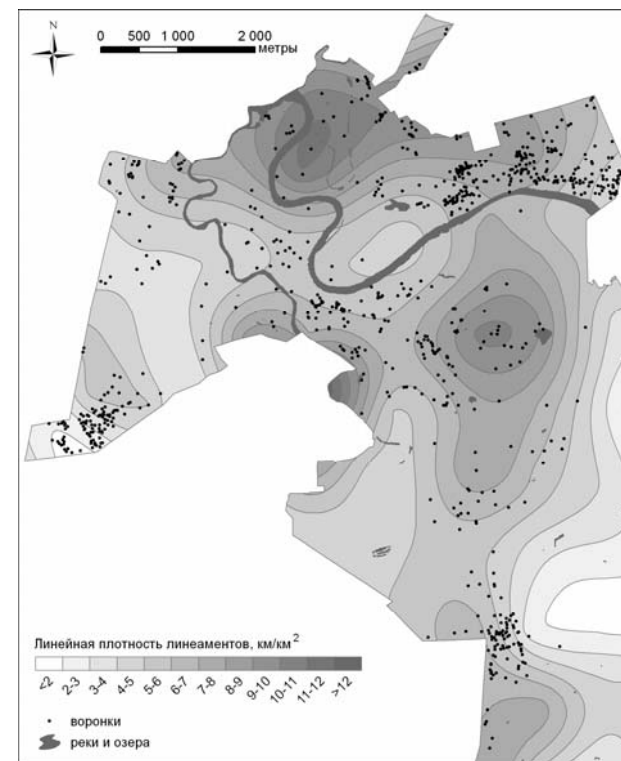
На территории Пермского Приуралья на локальном уровне выявлены участки с аномальной закарстованностью, среди них активно изучена урбанизированная территория г. Кунгура. В ходе многолетнего мониторинга были собраны архивные материалы по

карстовым экспедициям и созданы геоинформационные базы с пространственной привязкой карстовых форм и их детальным описанием.

В итоге проведенных аэрокосмогеологических исследований территории Пермского края оценена ее геодинамическая активность на основе результатов картирования плотности линеаментов. По карте геодинамических зон Пермского края, составленной И.С. Копыловым, В.З. Хурсиком, территория г. Кунгура характеризуется высокой геодинамической активностью [1]. В результате дешифрирования в черте города закартированы линеаменты различных таксономических рангов: региональные (протяженность более 100 км), зональные (25-100 км), локальные (5-25 км) и короткие (менее 5 км). По мнению авторов, линеаменты трассируют элементы дизъюнктивной тектоники, в частности, региональные и зональные таксоны пространственно совпадают с разрывными нарушениями в кристаллическом фундаменте и в нижней части осадочного чехла, локальные и короткие связаны с тектоническими трещинами верхней части осадочного чехла, ореолами повышенной трещиноватости пород.

Пространственная конфигурация линеаментной сети оценивается через четыре показателя, каждый из которых несет в себе уникальный смысл в геологическом понимании. Одними из самых распространенных оцениваемых параметров, используемых не только в (практике) геологии, но и в смежных науках, служат линейная плотность и количество пересечений (узлов). Линейная плотность линеаментов рассчитывается как их суммарная длина в единице сетки. Данный показатель интерпретируется как индикатор возможного направления потока подземных вод, линейные его зоны. Количество пересечений линеаментов на единицу площади, отображающее локальные зоны водопоглощения, вероятной концентрации поверхностного, подземного потоков. По удаленности от линеаментов и показателю блочности можно качественно судить о степени сохранности горных пород. Пересекаясь друг с другом, линеаменты образуют блоки, по расчету площадей которых высчитывается показатель блочности. Блочность получается путем осреднения площадей блоков, ограниченных линеаментами, в квадрате сетки. По своей сути, блоки, ограниченные региональными или зональными линеаментами, представляют собой текто-

ноблоки. Фактически блочность можно использовать как показатель, позволяющий дифференцировать массив, ограниченный линеаментами, по степени раздробленности горных пород. Пример построения карты линейной плотности линеаментов приведен на рис. 1.



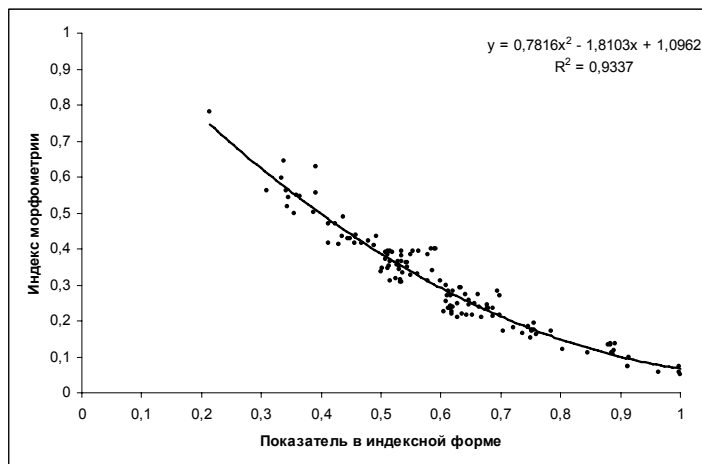
**Рис. 1. Пространственное распределение поверхностных карстопроявлений относительно линейной плотности линеаментов в пределах г. Кунгура**

Для подземных карстовых форм – вертикальная мощность, определенная в процессе бурения и средний диаметр применен в отношении поверхностного карста.

В количественном отношении закарстованность убывает по мере удаления от линеаментов и увеличения величины блочности. Карстовые формы тяготеют к средним значениям линейной плот-

ности линеаментов. Аналогичная тенденция наблюдается и по количеству пересечений линеаментов на квадрат сетки, за исключением приуроченности поверхностного карста к незначительным значениям пересечений линеаментов. Вообще, на территории города фоном являются низкие значения показателя пересечений линеаментов.

На основе присвоения морфометрии карстовых форм проинтерполированных значений цифровых моделей линеаментных параметров получены поля точек распределения показателей относительно друг друга. Для удобного сравнения характеристик приводится их индексное выражение – каждое значение исследуемой характеристики делится на максимум. В подавляющем числе случаев полученные поля точек крайне нерепрезентативны и хаотичны. Для осуществления кондиционного прогноза недостаточно значения из генеральной совокупности. Решение этой задачи кроется в нахождении тренда между средними значениями морфометрии и линеаментным параметром (рис. 2).



**Рис. 2. Пример тренда между линейной плотностью линеаментов и диаметров карстовых форм после выбраковки наиболее отклоняющихся значений**

По значениям, наиболее близким к выделенной зависимости, составляют конечное прогнозное уравнение (табл.). Выбор типа

линии тренда определяется в зависимости от сложности выявленного изменения одного показателя от другого. При отсеивания небольшого массива данных и наличия явной зависимости допустимо применять линейный тренд, в остальных случаях – логарифмические, экспоненциальные и полиномиальные типы.

Таблица

**Прогнозные уравнения морфометрических параметров карстовых форм относительно линеаментных показателей**

| Показатель             | Прогнозное уравнение*                |
|------------------------|--------------------------------------|
| Линейная плотность     | $d = 0,7816Ll^2 - 1,8103Ll + 1,0962$ |
| Количество пересечений | $d = -0,1876\ln(Kl) + 0,0559$        |
| Блочность              | $d = 0,9392B + 0,0101$               |
| Удаленность            | $d = 0,8155e^{-2,6424U}$             |

\* Условные обозначения: d – прогнозный средний диаметр, м; Ll – линейная плотность линеаментов, Kl – количество пересечений линеаментов, B – блочность, U – удаленность от линеамента

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Пермского Приуралья на основе аэрокосмогеологических исследований. Геология и полезные ископаемые Западного Урала. – Пермь: ПГНИУ, 2011.

**МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ГОРОДА БАКУ ПО ДАННЫМ МИКРОТРЕМОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ**

**Кадиров Ф.А., Бабаев Г.Р., Гадиров А.Г., Сафаров Р.Р., Мухтаров А.Ш.**

Институт геологии Национальная Академия Наук Азербайджана, пр. Г. Джавида, 29А, Баку, Азербайджан, AZ1143, тел. (+99412) 497-5283, факс (+99412) 497-5283, e-mail: babayev74@gmail.com

## MICROSEISMIC ZONING OF BAKU CITY ON THE BASIS OF MICROTREMOR MEASUREMENTS

*This paper presents the analysis of the experimental study of microtremors for investigation of ground characteristics in Baku city, the capital of Azerbaijan, by estimating local sites effects through the ratio of horizontal to vertical spectra of microtremors applying Nakamura's technique using Guralp CMG-5TD accelerometer*

Проведенная работа является первой, в ряду планируемого цикла работ, посвященных изучению сейсмических параметров грунтов города Баку в связи с изменением инфраструктуры, построением зданий и сооружений промышленного и общественного назначения, увеличением населения, значительным увеличением площади города, с повышенным уровнем техногенной сейсмической нагрузки. Как правило, при сейсмическом микрорайонировании важное значение имеют работы по исследованию инженерно-геологических условий и инженерно-сейсмологических характеристик грунтов [1]. Микротрёморные исследования дают возможность провести оценку сейсмических параметров грунтов, являясь одним из практических методов, который позволяет рассчитать воздействие колебаний грунта вследствие землетрясений.

За исторический период город Баку сотрясся в результате Маштагинского землетрясения 1842 года с магнитудой  $M=5$  (25 км севернее от г. Баку), Нардаран-Билгинского землетрясения 1983 года с  $M=5$ , Каспийских землетрясений 1986, 1989 годов с  $M=6,0-6,5$ , последнего сильного землетрясения 2000 года с  $M=6,3$ , произошедшего южнее города Баку. Исследования выявили, что за последние десятилетия землетрясения происходят в различные интервалы времени с различной магнитудой и с разной степенью интенсивности, что свидетельствует о том, что угроза сейсмической опасности в городе Баку существует [2]. Проявление сейсмической активности при этом реальное, если даже наблюдается затишье, то оно временное, предвещая проявление события в скором времени.

В проведенном исследовании была использована методика расчета амплитудно-частотной характеристики грунтов для города Баку методом Накамуры [3]. Сейсмометрические исследования по методике Накамуры ранее успешно выполнялись и выполняются,

в том числе для оценки уязвимости архитектурных памятников (Колизей, Пизанская башня) в Италии, исторического города Фессалоники в Греции [4] и множества административных зданий в городах Токио и Йокогама в Японии, Калининграде в России, Сан-Франциско в Калифорнии. Все регионы, в которых применялась методика, являются сейсмоактивными зонами в той или иной степени.

На различных этапах исследования для грунтов города Баку были проанализированы спектры сейсмического сигнала на основе быстрого преобразования Фурье по амплитудам, резонансным частотам и площадям спектров. В данной работе по методике Накамуры проводились расчеты и анализ отношений спектров горизонтальных и вертикальных составляющих микросейсм.

Микротрёморные измерения проводились акселерометром Guralp CMG-5TD. Измерения выполнялись с шагом 200-250 м в 200 точках города Баку. Координаты точек измерения определялись с использованием GPS в системе WGS-84. По предварительным данным были построены карты распределения усиления амплитуды колебаний и резонансных частот грунтов для города Баку (рис. 1, 2), которые свидетельствуют об изменчивости грунтовых условий в городе, что необходимо учитывать в дальнейшем при оценке сейсмической опасности.

Необходимо отметить, что при изучении амплитудно-частотной характеристики грунтов наблюдается рост детальности исследования, и, в частности, выявляются влияния неоднородностей на резонансные свойства грунтов. В отдельных зонах города Баку наблюдается повышение резонансных частот на фоне низких значений амплитуд, что по амплитуде свидетельствовало бы о наличии слоев более плотных пород. Это говорит о том, что, возможно, в этих зонах существует неоднородный состав грунтов, а именно, на фоне твердых пород имеются рыхлые разуплотненные породы с включениями песков, гравия-гальки, а в ряде случаев и наблюдается наличие водонасыщенных песков и глин. Последние прослеживаются главным образом в прибрежной части города.

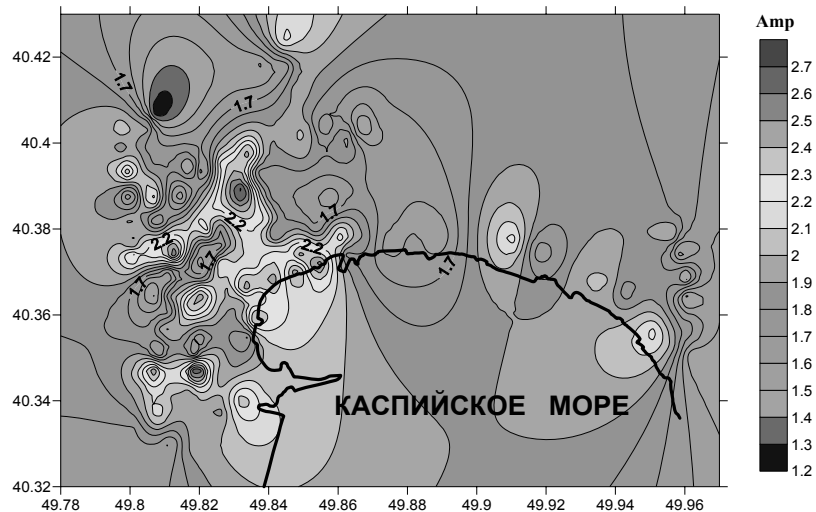


Рис. 1. Предварительная карта распределения амплитуд колебаний грунта для города Баку

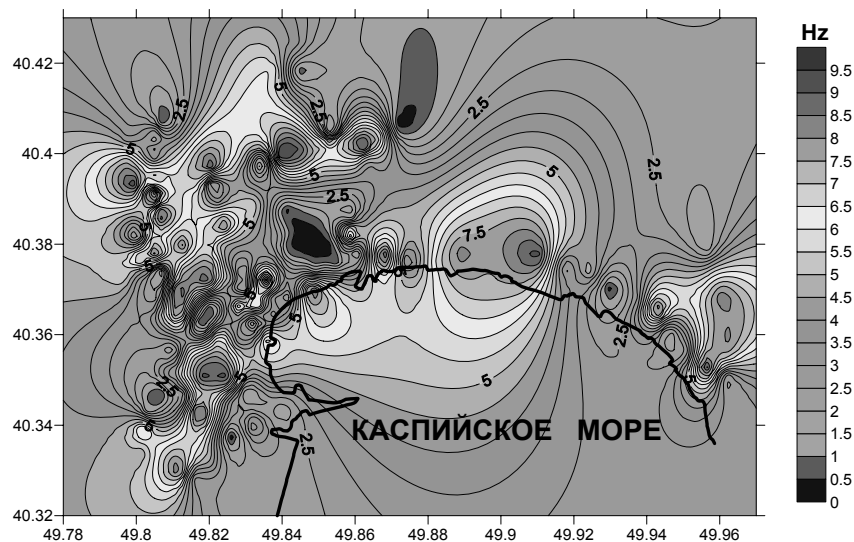


Рис. 2. Предварительная карта распределения резонансных частот колебаний грунта для города Баку

## Благодарности

Работа выполняется с помощью грантовой поддержки Фонда Развития Науки при президенте Азербайджанской Республики, проект EIF-2010-1(1)-40/18-M-21.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аносов Г.И., Дробиз М.В., Коновалова О.А., Сотников Д.С., Чу-гаевич В.Я. Оценка сейсмической устойчивости учебного корпуса № 3 Российского государственного университета им. И. Канта с применением методики Накамуры. Вестник Краунц. Науки о Земле. № 1. выпуск № 15, 2010, сс. 223-231.

([http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h\\_dgggms/1-2005/screp-2.pdf](http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2005/screp-2.pdf)).

2. Babayev G., Ismail-Zadeh A., Le Mouel. J-L. Scenario-based earthquake hazard and risk assessment for Baku (Azerbaijan), Natural Hazards Earth Systems Science (NHES), 10, 2010, pp. 2697–2712

3. Nakamura, Y. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using ambient noise on the ground surface, QR Railway Tech. Res. Inst. 30, 1989, pp. 25-33.

4. Panou A.A., Theodulidis N., Hatzidimitriou P.M., Papazachos C.B., Stylianidis K. Ambient noise horizontal-to-vertical spectral ratio for assessing site effects in urban environments: the case of Thessaloniki city (Northern Greece), Bulletin of the Geological Society of Greece vol. XXXVI, Proceedings of the 10th International Congress, Thessaloniki, 2004, pp. 1467-1476.

## ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ И МАСШТАБА ПРОЯВЛЕНИЯ КАТАСТРОФИЧЕСКОЙ ФАЗЫ РАЗВИТИЯ ОПОЛЗНЕВОГО ПРОЦЕССА НА ОПОЛЗНЕВЫХ УЧАСТКАХ В ДОЛИНЕ Р. МОСКВЫ

Казеев А.И., Постоев Г.П.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва,  
тел. +7(495)607-46-23, факс +7(495)6231886,  
[opolzen@geoenv.ru](mailto:opolzen@geoenv.ru)

## ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY AND THE SCALE OF CATASTROPHIC PHASE OF LANDSLIDE PROCESS DEVELOPMENT ALONG MOSCOW RIVER

*The mechanism of deep block-type landslides on Moscow territory is considered. Based on the new developed technology the location of slip surfaces in soil massifs was assessed for 15 areas in Moscow with deep landslides.*

В Москве более 3% территории поражены оползнями. Наибольшую опасность для городской инфраструктуры представляют глубокие блоковые оползни, которые получили развитие на 15 оползневых участках с протяжением по берегу до 4,5 км, и глубиной захвата пород (с деформированием юрских глин) до 100 м.

Механизм деформирования грунтового массива при формировании и развитии глубоких блоковых оползней рассматриваемого типа заключается в следующем.

Начальные деформации массива в допредельном состоянии (до образования поверхности скольжения) происходят по схеме сжатия в виде преимущественной осадки грунтовой толщи. При этом под весом покрывающих пластов (бытового давления) деформируется, раздавливается горизонт, структурная прочность грунта которого меньше действующего вертикального давления. В определенных условиях в слое, находящемся в состоянии запредельного гравитационного сжатия, горизонтальное распорное давление, возникшее от сжимающей нагрузки, не встречает адекватного реактивного противодействия со стороны склона (пригрузка на указанный слой от примыкающих к надоползневому уступу оползневых масс оказывается недостаточной). При этом возникают условия деформирования грунтов раздавливаемого горизонта в сторону склона. Происходит проседание и прогиб вышележащего массива, с образованием затем трещины закола и с отделением и оседанием по крутой криволинейной поверхности скольжения нового оползневого блока в катастрофическую фазу оползневого цикла (стадию основного смещения оползня). Это в свою очередь резко ускоряет движение всей оползневой зоны.

В последние годы катастрофическая активизация глубоких оползневых подвижек произошла на двух оползневых участках: Хорошево (Карамышевский проезд) – в 2006-2007 гг. и Москво-

речь – в 2009 г. При этом разрушительные деформации берегового склона на протяжении 250-300 м составили  $(3-5) \cdot 10^{-2}$ .

Установлено, что основной причиной активизации оползневого процесса в каждом случае явилось достижение предельного состояния массива краевой части плато (надоползневого уступа) в центральной части оползневого цирка.

Для оценки риска подобного катастрофического развития оползневых смещений важно выявить участки береговых склонов, где подготовлены условия для формирования новых оползневых блоков. Такая технология оценки критической ситуации [1] и выявления поверхности скольжения нового блока, т.е. масштаба активизации [2] разработана в ИГЭ РАН.

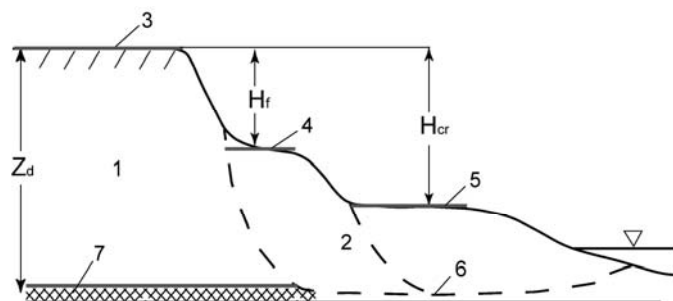
Выполнен предварительный анализ возможности проявления катастрофической активизации деформаций на оползневых участках Москвы.

Рассмотрены 15 оползневых участков Москвы с развитием глубоких оползневых подвижек. На двух из них (Хорошево-1 – у Карамышевского проезда; Москворечье) рассмотрена ситуация перед катастрофической активизацией. Анализ предварительный, поскольку не по всем участкам имелась доступная информация по геологическому строению, прочностным свойствам грунтов, морфометрии склонов, а имеющиеся геологические разрезы не всегда построены по осевому створу оползневого участка.

Для характеристики некоторых участков использовались космоснимки, мелкомасштабные карты. На данном этапе удельный вес  $\gamma$  грунтов, залегающих над горизонтом, в котором проходит поверхность скольжения, принят одинаковым для всех участков  $\gamma=20$  кН/м<sup>3</sup>, как для коренных массивов, так и для тела оползня. Соответственно структурная прочность грунта деформирующегося горизонта использована по участку Хорошево,  $\sigma_{str,d}=161$  кН/м<sup>2</sup>. Несомненно, принятые допущения влияют на точность результатов вычислений.

В исходной модели (рис. 1) принималось горизонтальное положение дневной поверхности на прибровочной части плато (коренной массив) и на площадках примыкающего к уступу блока и на оползневой террасе. В связи с этим расчеты производились в главных напряжениях на горизонте расположения поверхности скольжения.

Определение глубины  $Z_d$  до поверхности скольжения оползня (или до потенциально деформирующегося горизонта в коренном массиве) произведено по патенту № 2412305 [2].



**Рис. 1. Схема исходной модели для расчета глубины  $Z_d$  до поверхности скольжения и коэффициента устойчивости коренного массива:**

1 – коренной массив надоползневого уступа по осевому створу оползневого участка; 2 – тело оползня; 3, 4, 5 – соответственно принятые горизонтальные положения дневной поверхности прировочной части плато, блока примыкающего к надоползневному уступу и оползневой террасы; 6 – поверхность скольжения; 7 – потенциально деформирующийся горизонт слоя грунта со структурной прочностью  $\sigma_{str,d}$ .

Таким образом, определены ориентировочные значения глубины залегания  $Z_d$  поверхности скольжения на 15-ти оползневых участках Москвы (табл. 1). Значение  $Z_d$  линейно зависит от величины критической высоты надоползневого уступа (рис. 2).

Состояние коренного массива надоползневого уступа оценивается по близости к расчетному предельному. Для двух участков, где уже произошла катастрофическая активизация, получено, что с учетом условий, предшествующих активизации, расчетный коэффициент устойчивости также равен единице (предельное состояние). Еще для трех участков коэффициент устойчивости находится в интервале 1,07-1,19 (таблица).

Для этих участков в первую очередь необходимо провести дополнительные исследования с уточнением морфометрических параметров оползневого склона, геологического строения и прочностных свойств грунтов, в частности юрских глин.

Таблица

**Предварительные результаты по выявлению поверхности скольжения и оценке устойчивости (степени близости к предельному состоянию) коренного массива надоползневого уступа на участках развития глубоких оползней Москвы**

| № п/п | Название оползневого участка        | Расчетное значение глубины поверхности скольжения $Z_d$ , м | Расчетная отметка поверхности скольжения, м | Кэф. устойчивости надоползневого уступа $K^*$ |
|-------|-------------------------------------|---|---|---|
| 1     | Сходня                              | 46  | 127   | 1,56  |
| 2     | Тушино                              | 25,5  | 126,5                                       | 1,37  |
| 3     | Щукино                              | 20,5  | 130,5                                       | 1,80  |
| 4     | Серебряный бор                      | 13  | 129   | 1,55  |
| 5     | Хорошево-1:                         |   |   |   |
|       | – кат. акт-ции 2006 г.              | 31,2  | 117   | 0,99  |
| 5б    | – нижний участок                    | 42,5  | 112,5                                       | 1,07  |
| 6     | Фили-Кунцево                        | 69,7  | 110,3                                       | 1,19  |
| 7     | Нижние Мневники                     | 21  | 118   | 1,67  |
| 8     | Хорошево-2                          | 18  | 120   | 1,85  |
| 9     | Поклонная гора (ул. Кульнева)       | 37  | 110,5                                       | 1,39  |
| 10    | Воробьевы горы (Смотровая площадка) | 90  | 91  | 1,32  |
| 11    | Коломенское                         | 57  | 97  | 1,27  |
| 12    | Москворечье                         | 41  | 101   | 1   |
| 13    | Сабурово                            | 26  | 114   | 1,09  |
| 14    | Чагино                              | 18  | 114   | 1,68  |
| 15    | Капотня                             | 20,5  | 111,5                                       | 1,40  |

$$* K = \frac{Z_d - H_f}{Z_d - H_{cr}} \text{ – отношение мощностей примыкающего к плато оползневого блока и оползневых отложений террасы.}$$

оползневого блока и оползневых отложений террасы.

Целесообразно проведение исследований для целей выявления участков возможной катастрофической активизации, с охватом всех упомянутых оползневых участков с развитием глубоких блоковых оползней.



Рис. 2. Зависимость глубины залегания поверхности скольжения от  $H_{кр}$  для глубоких оползней Москвы

Своевременное выявление наиболее уязвимых и оползнеопасных участков позволит заблаговременно организовать работы: по уточнению масштабов возможной угрозы, определению риска опасного деформирования существующих сооружений, построек города, попадающих в зону возможной активизации, по мониторингу состояния оползневых и оползнеопасных грунтовых массивов, по изучению особенностей механизма развития оползневых деформаций на участке, по проектированию и осуществлению защитных мероприятий по предотвращению катастрофической активизации на участке.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Постоев Г.П. Оценка предельных состояний грунтовых массивов для целей управления природными рисками // Геориск-2009. М.: РУДН, 2009. Т.2. С. 330-335.
2. Постоев Г.П., Казеев А.И. Способ определения глубины заложения в оползнеопасном коренном массиве потенциально деформирующегося горизонта. Патент на изобретение РФ № 2412305. – 20.02.2011. – Бюл. № 5.

## ИЗУЧЕНИЕ ЗОНЫ ДИНАМИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ РАЗЛОМА МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Калинин Э.В., Барыкина О.С.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
Геологический факультет, тел.(495)9392263,  
e-mail: [barykina@geol.msu.ru](mailto:barykina@geol.msu.ru)

## STUDY OF ZONE OF DYNAMIC INFLUENCE OF FAULT BY MATHEMATICAL MODELLING

*The estimation of the size of the selvage area was carrying out with the help of the boundary element method and characteristics of stress distribution within this zone were revealed.*

Оценка реальных зон динамического влияния разрывных тектонических структур при инженерно-геологических изысканиях является достаточно сложной и малоизученной проблемой. Так называемые зоны динамического влияния разрывных структур, определяемые С.И. Шерманом [3], как области динамического влияния, не могут быть четко и определенно зафиксированы при полевых исследованиях. Тем не менее, эти зоны могут играть отрицательную роль при строительстве и эксплуатации сооружений.

В предлагаемой работе предпринята попытка выработать критерии оценки потенциальных размеров области динамического влияния. С помощью математического моделирования были решены вопросы соответствия наблюдаемых изменений в массиве – реальной мощности зоны динамического влияния, конфигурация этой зоны, расположение областей концентраций напряжений, перемещение свободной поверхности, изменение этих параметров в результате изменения тех или иных условий.

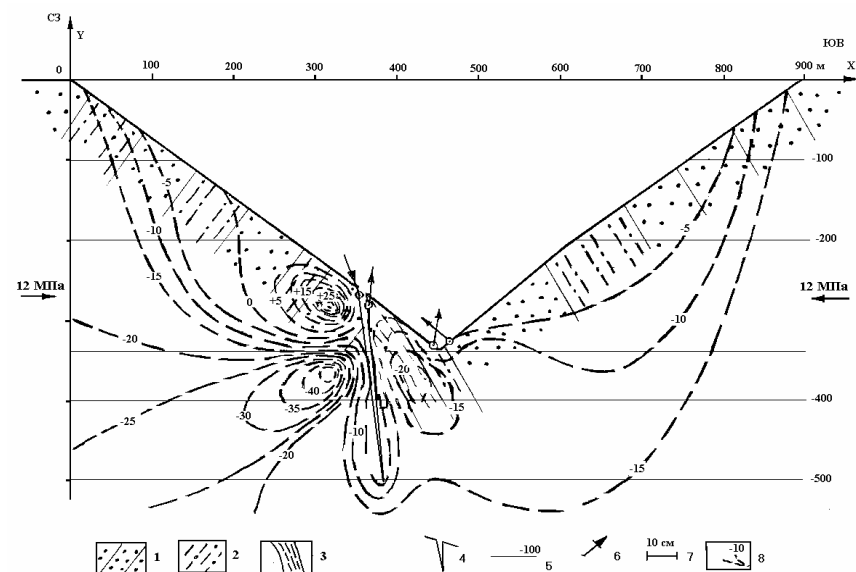
Целью моделирования стала оценка размеров области приразломных изменений (и, таким образом, определение ширины ЗДВ), выявление особенностей распределения напряжений в пределах этой зоны и характеристика перемещений свободной поверхности в основных узлах. Для этого изучались: во-первых, напряженно-деформированное состояние зоны влияния разрывной

структуры при действии гравитационной силы; во-вторых, то же при действии гравитационной и тектонической сил; и, в-третьих, направление и величины перемещений свободной (от напряжений) поверхности при действии гравитационной и тектонической сил. Решение поставленных задач осуществлялось с помощью расчетов, основанных на методе граничных элементов. Расчеты проводились с помощью вычислительной программы для двумерного метода разрывных смещений (TWODD) [1], переработанной и дополненной сотрудниками кафедры инженерной и экологической геологии геологического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова Э.В.Калининым и Л.Л.Панасьян. Массив горных пород рассматривался как изотропная линейно-упругая среда, при этом учитывалось влияние следующих факторов: неровности рельефа; нарушение массива разрывной структурой; гравитационная сила; горизонтальная сжимающая сила, моделирующая тектоническую.

В качестве объекта исследования был выбран участок Рогунской ГЭС, разбитый многочисленными разрывами различного порядка. Площадка Рогунской ГЭС находится непосредственно в зоне влияния Ионахшского разлома, который пересекает реку в районе верхнего клина плотины. По результатам комплексных наклономерно-деформографических наблюдений на площадке гидроузла [2] было показано, что эта разрывная структура является тектонически активной. Были зарегистрированы относительные вертикальные смещения бортов Ионахшского разлома, которые составляют 1-3 мм в год.

В основу расчетной схемы был положен геологический разрез, составленный на основе материалов инженерно-геологической съемки участка створа Рогунской ГЭС, проведенной сотрудниками института «Гидропроект». При составлении расчетной схемы, ширина Ионахшского разлома вместе с сопровождающей его зоной дробления на поверхности, была принята равной 20 м. При выборе расчетных показателей свойств горных пород рассматриваемого массива были использованы данные, полученные при изысканиях Средазгидропроекта. Так как большинство горных пород, слагающих склон, характеризуется близкими значениями плотности и коэффициента поперечной деформации, в расчетной схеме для всех пород принято: модуль деформации – 30 МПа; коэффициент Пуассона – 0,3; плотность – 2,6 г/см<sup>3</sup>. Горизонтальные сжимающие тек-

тонические силы, действующие согласно представлениям [2], полученным по геологическим и структурно-тектоническим признакам, задавались равными 12 МПа. На рисунке представлена расчетная схема и результаты изучения напряжений и перемещений в долине, осложненной разрывной тектонической структурой.



**Рисунок. Расчетная схема для изучения напряжений и перемещений в долине, осложненной разрывной тектонической структурой:**

1 – песчаники, 2 – алевриты, 3 – аргиллиты, 4 – разрывная тектоническая структура, 5 – глубины, на которых определялись напряжения, 6 – точки земной поверхности и векторы их перемещения, 7 – масштаб перемещений, 8 – изолинии горизонтальных напряжений, МПа

Проведенные расчеты показали, что зона динамического влияния ограничивается 200 м со стороны лежащего крыла и 70 м со стороны висячего, зоны концентрации располагаются в устье и в средней части разрывной структуры со стороны лежащего крыла и между висячим бортом РТС и дном долины. Анализ перемещений восьми точек (в верхних частях обоих склонов, в устье (на обоих берегах) и на окончании разрывной структуры, и на дне до-

лины свободной поверхности показывает, что направление перемещений соответствует наблюдающимся в массиве, и имеет взбросовый характер.

Суммарная амплитуда вертикальных перемещений двух точек на дне долины составляет 0,51 м. Векторы перемещений двух соседних элементов на дне долины направлены вверх. Значения результирующих перемещений с разных сторон разрыва равны соответственно 0,22 и 0,49 м. Векторы перемещений крайних элементов в верхних частях склона, с одной и с другой стороны, направлены в сторону долины и составляют 0,09 и 0,12 м. По данным инженерно-геологических изысканий, мощность подзон сместителя и тектонической брекчии Ионахшского разлома равна 80 м, а с зоной повышенной трещиноватости влияние разлома может увеличиться до 120 м. Однако по данным расчетов мощность ЗДВ составляет порядка 270 м. Таким образом, проведенные расчеты показали, что зона изменения напряженно-деформированного состояния превышает наблюдаемую в массиве зону измененных пород. Причем со стороны лежачего крыла зона измененного напряженно-деформированного состояния больше в два раза, чем со стороны висячего. Соответственно, реальная зона влияния от разрывной структуры превышает непосредственно измеренную более чем в 2 раза. На основании выше изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Использованный метод граничных элементов позволяет характеризовать напряжения в массиве пород и перемещения свободной поверхности при наличии разрывной тектонической структуры.

2. Примененный МГЭ можно использовать для прогноза расположения областей повышенных сжимающих и растягивающих напряжений в зоне динамического влияния разрывных тектонических структур.

3. С помощью метода граничных элементов экспериментальным путем была оценена площадь приразломных изменений, и таким образом определена ширина зоны динамического влияния.

4. Полученная с помощью расчетов мощность зоны упругих преобразований, обусловленных разрывной тектонической структурой больше непосредственно измеренной в натуральных условиях мощности зоны измененных пород в 2,17 раз.

5. На основании сравнения мощности зоны динамического влияния, полученной при расчетах, с мощностью, рассчитанной на основе фактического материала, можно утверждать, что зона динамического влияния разрывной тектонической структуры включает в себя не только проявляющиеся изменения пород (подзоны дробления и повышенной трещиноватости), но и область измененного напряженно-деформированного состояния.

6. В пределах этой области во время проведения строительных работ возможно проявление неблагоприятных явлений (горные удары, стреляние пород, вывалы и др.).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Крауч С., Старфилд А. Методы граничных элементов в механике твердого тела. М.: Мир. 1987. 328 с.

2. Старков В.И. Тектонические деформации земной поверхности на створе Рогунского гидроузла по результатам инструментальных измерений // Сейсмостойкие исследования в районах строительства крупных водохранилищ Таджикистана. Душанбе: Дониш, 1987. С. 49-63.

3. Шерман С.И., Борняков С.А., Буддо В.Ю. Области динамического влияния разломов (результаты моделирования). Новосибирск: Наука. 1983. 112 с.

## ЭКСПРЕСС-МЕТОДЫ ОПЕРАТИВНОЙ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ПО СЕЙСМОГЕОХИМИЧЕСКИМ ПОЛЯМ ФЛЮИДОВ В РЕАЛЬНОМ РЕЖИМЕ ВРЕМЕНИ

*Керамова Р.А.*

*Республиканский Центр Сейсмологической Службы Национальной Академии Наук Азербайджана (РЦСС НАНА), Баку, Азербайджан, тел. (99412)4471946, e-mail: [keramovar@mail.ru](mailto:keramovar@mail.ru)*

## THE EXPRESS-METHODS OF THE OPERATIVE ESTIMATION OF SEISMIC CONDITIONS ON SEISMOGEOCHEMICAL FIELDS OF THE FLUIDS, ON THE REAL MODE OF TIME

*For an operative estimation of seismic conditions on seismogeochemical fields of fluids, in a real mode of time, we have developed technology "SEISMOGEOCHEMICAL on-line" for the first time, which consists from 4 automated the express-methods (revealing of anomalies in seismogeochemical fields, definition of "ranges" of time, magnitude and coordinates of the center, which prepares for realization). This technology is tested (2001-2012) for hipocenters of the earthquakes in area of Caspian sea, territories of Azerbaijan and the adjacent countries (Russia-Dagestan, the Chechen Republic; Georgia, Armenia, Turkey, Iran).*

Территория Азербайджана и прилегающая акватория Каспийского моря относятся к сейсмически активным регионам Земли, поэтому исследования в области сейсмопрогноза по различным полям чрезвычайно актуальны. Сейсмогеохимические исследования в Республике проводятся с 1979 года по настоящее время (2012 г.). Они включают 3 направления: **а) экспериментальное** – проведение круглогодичного сейсмогеохимического мониторинга флюидов; **б) создание математических алгоритмов и программного обеспечения;** **в) теоретическое** – в области сейсмопрогноза.

В представленной статье отражен один из экспресс-методов технологии "SEISMOGEOCHEMICAL on-line", которая разработана в Отделении Сейсмогеохимии [1-2] с целью оперативной оценки сейсмической обстановки по сейсмогеохимическим полям флюидов, в реальном режиме времени. Для акватории Каспия и территории Азербайджана учитывается процесс подготовки землетрясений к реализации как слабых – средних ( $m_l=4.1\div 5.5$ ), так и сильных ( $m_l\geq 5.6$ ). А для территорий сопредельных стран (Россия – Дагестан, Чечня; Грузия, Армения, Турция, Иран) в оценке сейсмической обстановки отражена подготовка только сейсмических событий, начиная с магнитуды ( $m_l\geq 5.6$ ). Данная технология состоит из 4-х автоматизированных экспресс-методов (выявление ано-

малий в сейсмогеохимических полях "on-line"; определение «диапазонов» времени, магнитуды и координат очага, который готовится к реализации). Рассмотрим эти моменты подробнее:

**1. Экспресс-метод выявления аномалий в потоке ежедневных данных сейсмогеохимического мониторинга.** Эмпирически разработаны и протестированы формулы, благодаря которым, при ежедневном анализе данных (197 значений) сейсмогеохимического мониторинга флюидов, определяются аномальные значения для различных параметров во всех объектах наблюдений. Эти данные поступают в Отдел обработки и интерпретации со всех 5-ти сейсмогеохимических станций ежедневно.

**2. Экспресс-метод расчёта диапазона магнитуды по сейсмогеохимическим полям флюидов.** Эмпирически разработаны и протестированы формулы, благодаря которым рассчитывается "диапазон-интервал" магнитуды прогнозируемого землетрясения. Остальные параметры – "диапазоны-интервалы" расстояния от объекта наблюдения до гипоцентра и глубина залегания очага определяются по разработанной "Шкале градации землетрясений, диапазонов магнитуд и расстояний от объекта наблюдений до гипоцентра".

**3. Экспресс-метод идентификации "диапазона" времени, оставшегося до реализации сейсмического очага, по сейсмогеохимическим полям флюидов.** Эмпирически было установлено, что аномалии возникают только на заключительном этапе подготовки землетрясения к реализации. Он равен  $1\div 16$  дням.

**4. Экспресс-метод идентификации "диапазона" местоположения сейсмического очага (интервал координат) по сейсмогеохимическим полям флюидов.**

Предложенный метод определения "диапазона" местоположения сейсмического очага по аномалиям в сейсмогеохимических полях флюидов, основан на составлении "портретов" (рис.) гипоцентров ранее реализованных землетрясений. В них отражено сочетание (комбинации) различных параметров и их положительное или отрицательное значение. При анализе данных круглогодичного сейсмогеохимического мониторинга за длительный период (1979-2004 гг.) наших исследований, были установлены следующие важные закономерности: а) при подготовке землетрясений различной магнитуды, аномальное возмущение геохимическо-

го поля, по времени проявления и в комбинациях элементов-индикаторов, для разных сейсмических очагов имеет индивидуальный геохимический “портрет”; б) в пределах конкретного тектонического разлома, в разные годы в одной и той же очаговой зоне на заключительном этапе подготовки землетрясений одинакового диапазона магнитуд формируются аномалии идентичных параметров; в) при повторной реализации землетрясения в одном и том же очаге с аналогичными сейсмическими параметрами (магнитуда, глубина), его сейсмогеохимический “портрет” стабилен, т.е. это – эталон для данного очага землетрясения. На основе установленных закономерностей были впервые созданы: а) “Атлас геохимических “портретов” сейсмических очагов Каспия и Азербайджана для всех реализованных сильных и катастрофических землетрясений за период 1997-2012 гг.; б) “Атлас геохимических “портретов” сейсмических очагов Анатолийско-Ирано-Кавказского тектонического блока” для всех реализованных сильных и катастрофических землетрясений за период 1999-2012 гг.; в) “Атлас эталонов для идентификации сейсмических очагов землетрясений 2000-2012 гг. по сейсмогеохимическим полям флюидов Азербайджана”; в) “Атлас эталонов для идентификации сейсмических очагов катастрофических землетрясений мира в 2000-2012 гг. (зона Гиндукуша, Суматра-Индийский океан, Чили, Гаити) по сейсмогеохимическим полям флюидов Азербайджана”. Достоверность оценки сейсмической обстановки по сейсмогеохимическим полям флюидов в реальном масштабе времени, которая была отправлена по факсу руководству РЦСС НАНА, за период 2009-2011 гг. соответствует 70÷75 %. Ошибки, которые возникают на сегодняшний день при оценке сейсмической обстановки в реальном масштабе времени, связаны со следующими главными причинами: а) необходима обширная региональная сейсмогеохимическая сеть станций на территории Азербайджана (min=10 станций), а сейчас у нас всего их 5; б) необходима обширная трансрегиональная сейсмогеохимическая сеть станций, охватывающая все сейсмогенные зоны в странах, сопредельных с Азербайджаном (Грузия, Дагестан, Армения, Турция, Иран).

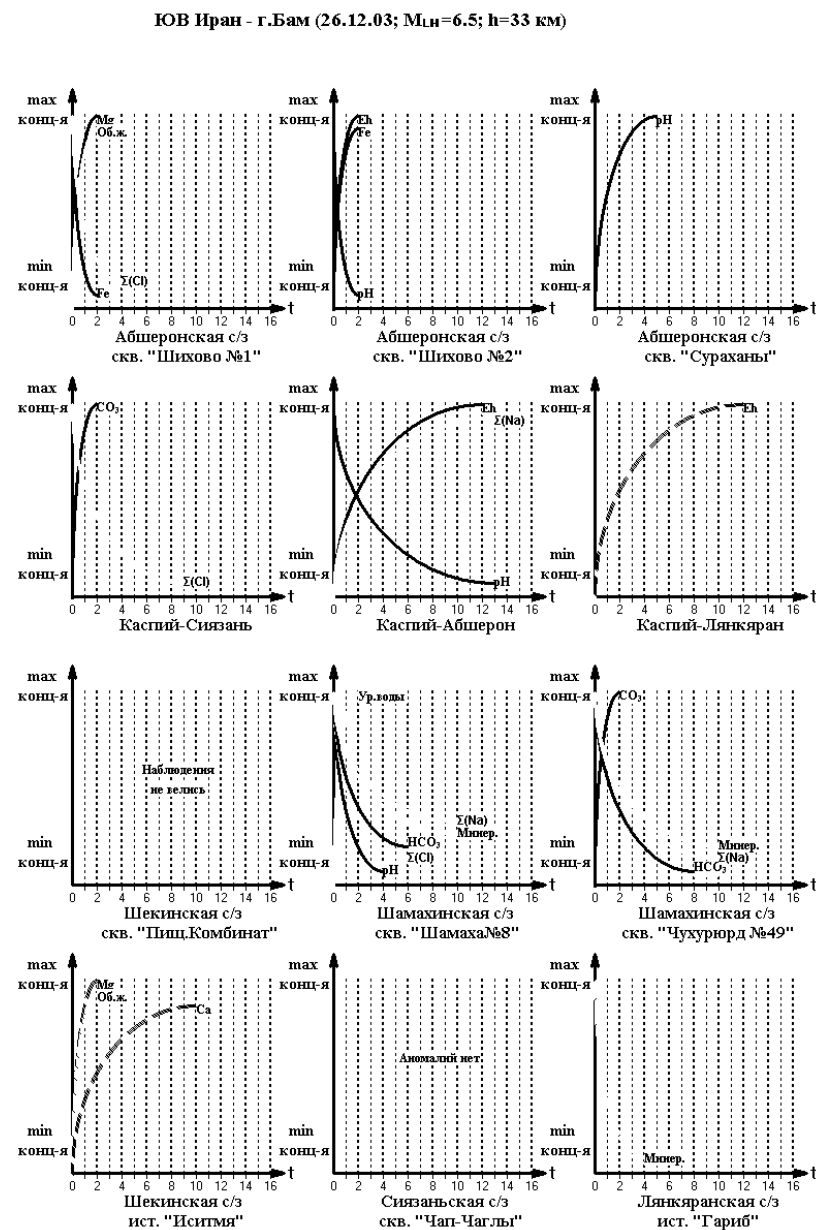


Рис. Геохимический “портрет” очага Иранского (г. Бам) землетрясения

Решение поставленных вопросов требует комплексного анализа закономерностей сейсмических, тектонических, геофизических и геохимических процессов с привлечением специалистов, живущих на территории Анатолийско-Ирано-Кавказского региона. Предложенные экспресс-методы тестируются в течение 2001-2012 гг. для гипоцентров землетрясений, расположенных в акватории Каспия, территориях Азербайджана и сопредельных стран (Россия-Дагестан, Чечня; Грузия, Армения, Турция, Иран). Это – наши первые шаги в области оперативной оценки сейсмической обстановки по аномалиям в сейсмогеохимических полях флюидов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Керимова Р.А. Сейсмичность и геохимические поля флюидов Азербайджана. Автореферат докторской диссертации. М., Институт Физики Земли, 2004.

2. Keramova R.A. The express-methods of the on-line forecast of “horizons of magnitude, time and the site” of the earthquake center on geochemical fields of fluids. //Science without borders. Volume 3. Transactions of the International Academy H&E. 2007/2008. ISBN978-9952-451-01-6.p. 424-432.

#### ИНТЕРАКТИВНАЯ ГИС-СИСТЕМА «КАРТА ЭКОНОМИЧЕСКОГО РИСКА ОТ ПОДТОПЛЕНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ТЕРРИТОРИИ г. МОСКВЫ»

*Киселев О.В., Миронов О.К., Пырченко В.А., Фесель К.И.*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской  
академии наук, Уланский пер., д. 13, стр. 2, Москва, 101000 Россия,  
тел. (495)6074726, факс (495)6231886, e-mail:geoinf@geoenv.ru*

#### INTERACTIVE GIS-SYSTEM «THE MAP OF ECONOMIC RISK FROM UNDERFLOODING FOR BUILDING OBJECTS IN THE MOSCOW'S TERRITORY»

*We represent interactive GIS-system which counts economic risk  
for construction object from flooding process on Moscow's territory.*

В течение последних десятилетий во много раз выросли темпы освоения городских территорий, увеличивается техногенное и антропогенное влияние на окружающую городскую среду. Дефицит и стоимость городских земель ведет к увеличению полезной нагрузки на территорию за счет увеличения этажности сооружений и активного освоения подземного пространства городов. Прямым следствием этого является увеличение рисков и материальных потерь от опасных геологических процессов. Картографирование ущерба и риска от развития опасных природных процессов является актуальной и рентабельной профилактической мерой, позволяющей уменьшить риск экономических потерь от развития опасных процессов

Одним из наиболее распространенных негативных процессов, которые развиты на территории Москвы, является подтопление. Негативное воздействие его на объекты строительства обусловлено корродирующим воздействием на заглубленные части строительных объектов.

Предлагаемая ГИС-система позволяет получить оценку экономического риска от процесса подтопления для любого проектируемого объекта на территории г. Москвы. Основой для ее создания послужил комплект тематических геологических крупномасштабных (1 : 10 000) карт, разработанных в 2010 году ИГЭ РАН совместно с Москомархитектурой и ОАО «Георесурс», а также Карта агрессивности грунтовых вод на территории Москвы масштаба (1 : 50 000). Исходная карта была составлена под редакцией профессоров ИГЭ РАН им. Сергеева, д.г.-м.н. И.В. Галицкой и д.г.-м.н., В.П. Зверева [1] Таким образом, данный проект реализует мультимасштабный подход.

Вторым источником системы является методика расчета риска от подтопления, изложенная в «Рекомендациях по оценке геологического риска на территории г. Москвы [5].

Первый этап работы над системой – создание картографической основы проекта, для чего из Единой Государственной Картографической Основы (ЕГКО) г. Москвы ФГУП Мосгоргеотрест, были выбраны следующие слои:

- Территория города (полигональные объекты).
- Административные округа, входящие в состав города (полигональные объекты).

- Слой гидрографии (линейные и площадные объекты).
- Слой, содержащий уличную сеть.
- Пути железнодорожного сообщения.
- Территории специального назначения.

Данная информация прошла тщательную обработку и необходимую генерализацию. Гидрографические объекты напрямую связаны с тематикой ГИС-системы. В целом при отборе линейных гидрографических объектов соблюдался ценз отбора равный 300 м, кроме объектов, исключение которых нарушит рисунок гидрографии на данной территории. Для площадных объектов (озера, водохранилища, пруды) ценз площади составляет более 1000 м<sup>2</sup>. Помимо цензового отбора проведена геометрическая генерализация, упрощены изгибы рек и ручьев, упрощены очертания, излишне подробные для тематического картографирования.

Слой автомобильных дорог является важным структурным элементом на картах, он придает территории узнаваемость и облегчает ее идентификацию по легко узнаваемой структуре дорог. В этом слое отобраны наиболее значимые улицы и шоссе города. Среди дорог были отобраны: улицы центра, опоясывающие культурно-историческое ядро города и основные выезды из центра; улицы, входящие в состав Садового кольца; улицы, входящие в состав третьего транспортного кольца; набережные в пределах третьего транспортного кольца, а также Лужнецкая и Воробьевская набережные за его пределами; вылетные магистрали и другие основные выездные трассы города; Московская кольцевая автодорога.

На карте показаны также основные направления железнодорожных перевозок.

В слое специальных территорий показаны территории кладбищ как непригодные для строительного освоения. Полученная основа позволяет улучшить восприятие тематической информации.

Важным этапом работы является составление карты грунтовых вод на исследуемую территорию, содержащей информацию об уровне залегания грунтовых вод, а также данные об их химической агрессивности. Уровень грунтовых вод и их химический состав являются фактором, непосредственно влияющим на экономи-

ческий риск строительного объекта. Было составлено два тематических слоя базы геоданных, содержащих в себе необходимую информацию о подземных водах в виде векторных полигональных объектов с атрибутивной информацией.

Исходными данными для составления корректного слоя уровня грунтовых вод пространственной базы данных являлись тематические векторные слои Карты оползневых явлений и подтопления подземными водами масштаба, входящей в комплект государственных тематических геологических крупномасштабных карт территории города Москвы [6].

На данной карте представлены данные об уровне грунтовых вод в следующей классификации: <1 м – «заболоченные» территории; 1-3 м – подтопленные территории; 3-5 м – периодически подтопляемые территории; >5 – неподтопленные территории.

Тематический слой химической агрессивности подземных вод к бетонным конструкциям был составлен с использованием карты агрессивности грунтовых вод на территории Москвы. Исходная карта была составлена под редакцией профессоров ИГЭ РАН им. Сергеева, д.г.-м.н. И.В. Галицкой и д.г.-м.н. В.П. Зверева. В рамках данной работы рассматривается лишь химическая агрессивность по отношению к бетонным конструкциям, согласно Рекомендациям по оценке геологического риска на территории г. Москвы [5].

Уровень грунтовых вод показан четырьмя градациями синего цвета с применением традиционного приема, при котором наиболее заметными становятся наиболее проблемные территории, то есть те, где процесс развит сильнее. Химическая агрессивность показана ареалом, составной штриховкой, фиолетового цвета. Использование штриховки позволяет свободно воспринимать информацию об уровне грунтовых вод благодаря ее невысокой интенсивности. Также штриховка без четких контуров границ распространения ареалов химически агрессивных вод соответствует природе картографируемого явления.

Еще одна промежуточная карта – планировочных зон г. Москвы и соответствующий тематический слой базы данных являются следующим этапом при работе над системой. В данной работе под планировочными зонами понимаются определенные уча-

стки территории города Москвы, объединенные общими трендами развития или преобразования территории в свете предполагаемых мероприятий Генерального плана развития города до 2025 года [3]. Выделяются следующие планировочные зоны: преимущественного сохранения; преимущественной реорганизации; трансформации производственных территорий, что характеризует предполагаемый характер строительного освоения территории. Целью включения планировочных зон в пространственный анализ является определение территорий, для которых расчет экономических рисков многоэтажного строительства не является необходимым или приоритетным.

В данной системе рассчитывается экономический риск от подтопления для фундамента сооружения. Фундамент представляет собой единственную часть сооружения, контактирующую с грунтовыми водами и испытывающую на себе их воздействие. Формула расчета риска учитывает тип фундамента (свайный, плитный, ленточный), глубину заложения, уровень грунтовых вод и их агрессивность в соответствии с Рекомендациями [5].

Алгоритм расчета экономического риска, реализованный в системе, представляет собой:

1) расчёт отношения подтопленной части фундамента к его общей глубине (задаваемая величина),  $((H-h)/H)$ , где  $H$  – глубина заложения фундамента ( $m$ ),  $h$  – уровень грунтовых вод под объектом (из базы геоданных);

2) исходя из полученного отношения определяется величина уязвимости ( $V$ ) фундамента в соответствии с Приложением 8 Рекомендаций [5].

Рассчитывается экономический риск по формуле:

$$R=P \times V \times A \times D,$$

где  $R$  – экономический риск,  $P$  – вероятность реализации процесса (для подтопления принята равной 1),  $V$  – уязвимость,  $A$  – понижающий коэффициент определяется в соответствии с агрессивностью грунтовых вод (содержится в базе геоданных системы),  $D$  – стоимость фундамента (в расчете принята за 100%) Таким образом значение риска является безразмерной величиной, выражающей

процент потери стоимости фундамента многоэтажного сооружения в год.

Процедура работы с интерактивной ГИС-системой представляет собой выбор местоположения предполагаемого объекта, введение данных о предполагаемом типе и глубине заложения фундамента. Полученные значения экономического риска позволят инвестору выбрать оптимальный тип фундамента, возможно, изменить местоположение проектируемого объекта, определить экономическую целесообразность применения мероприятий по инженерной защите сооружения от негативного воздействия процесса подтопления.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Москва. Геология и город / Под ред. В.И. Осипова, О.П. Медведева. – М., 1997.
2. Природные опасности России. Экзогенные геологические опасности / Под ред. В.И. Осипова, С.К. Шойгу. – М., 2002.
3. Генеральный план города Москвы [http://www.mka.mos.ru/mka/mka.nsf/va\\_WebPages/GenplanRus](http://www.mka.mos.ru/mka/mka.nsf/va_WebPages/GenplanRus).
4. ГКИНП (ОНТА)-01-268-02 – Основные положения по созданию и обновлению ОГС г. Москвы. – М.: ЦНИИГАИК, 2003.
5. Рекомендации по оценке геологического риска на территории г. Москвы Правительство Москвы. – М.: Москомархитектура, 2002.
6. Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы. Комплект тематических геологических крупномасштабных карт. – М., 2009.

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РАЙОНЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ОЛИМПИЙСКИХ ОБЪЕКТОВ

*Круподеров В.С.\*, Крестин Б.М\*., Мальнева И.В.\*,  
Кононова Н.К.\*\*, Барышева О.И\*.*

*\*ФГУП ВСЕГИНГЕО, Московская область, тел. (495)5212000,  
факс (495)5210950, e-mail: [vsegingeo@rambler.ru](mailto:vsegingeo@rambler.ru);*

*\*\*Институт географии РАН, Москва, тел. (499)1290474,  
факс (495)9590033, e-mail: [NinaKononova@yandex.ru](mailto:NinaKononova@yandex.ru)*

## PRREDICTION OF HAZARDOUS EXOGENIC GEOLOGICAL PROCESSES IN THE AREA OF CONSTRUCTIONS OF OLYMPIC OBJECTS

*A predicted estimation is given for the hazardous exogenic geological process on the territory of Major Sochi and Krasnaya Polyana. The estimation is made with the use of data from the meteorological stations available on this territory and the Calendar of successive shift of elementary circulation mechanisms (ECM).*

Черноморское побережье Кавказа и прилегающих горных районов – территория интенсивного развития парагенетических комплексов опасных экзогенных геологических процессов (ОЭГП). В высокогорных районах это лавины, осыпи, обвалы, сели. В среднегорных – осыпи, лавины, сели, оползни, обвалы. В предгорных равнинах – овражная эрозия, заболачивание, оползни, суффозия. Состав парагенезов определяется преимущественным распространением инженерно-геологических комплексов пород. Наиболее опасными экзогенными процессами в районе строительства олимпийских объектов являются оползни. Пораженность территории оползнями составляет в прибрежной части 50 – 70%, иногда достигая 80 – 90%. В районе Красной Поляны пораженность территории несколько меньше (30 – 40%), наиболее широко проявляются оползни – потоки, оплывины, сплывы и крип в делювиально-элювиальном покрове углистых и глинистых сланцев юры.

В настоящее время опасность их катастрофических активизаций существенно возросла в связи с изменением климатических тенденций и высокой вероятностью возникновения экстремальных климатических ситуаций, а также большим объемом строительных работ, связанных с возведением олимпийских объектов, особенно в бассейне р. Мзымта и в низкогорных районах Большого Сочи. Соответственно, весьма актуальной является задача прогнозирования катастрофических активизаций ОЭГП с целью минимизации их негативных воздействий на территории и хозяйственные объекты.

Во ВСЕГИНГЕО прогнозирование ОЭГП начато в 1975 году по заданию Мингео СССР в рамках проблемы «Защита берегов Черного моря от разрушения», когда впервые были составлены долговременные прогнозы оползней, селей, абразии на Черноморском побережье и прилегающих горных районах до 2000 года. В дальнейшем прогнозы активизаций ОЭГП составлялись и для других территорий (Поволжье, Прибайкалье, о. Сахалин, Курилы и др.). Проверка прогнозов показала вполне удовлетворительную их оправдываемость.

Разработанная во ВСЕГИНГЕО система прогнозирования предусматривает поэтапное составление прогнозов нескольких уровней заблаговременности. Сначала составляются **фоновые прогнозы заблаговременностью 10 – 15 лет, затем – прогнозы заблаговременностью 1 год или процессоопасный сезон и затем – краткосрочные прогнозы.** На каждом уровне отличаются состав, качество и конечные результаты работ по оперативной оценке опасности экзогенных геологических процессов.

Наибольшее значение для долгосрочного фонового прогнозирования имеют метеорологические факторы, обуславливающие развитие ОЭГП, и причинно-следственные связи между процессами и факторами, для выявления которых необходим анализ временных рядов метеоданных и данных об активности ОЭГП продолжительностью не менее 20-25 лет. Подобный анализ временных рядов метеоданных и информации о региональной активности оползней на исследуемой территории позволяют сделать вывод о совпадении экстремумов активизации оползневых процессов и экстремумов годового количества осадков. Отмечено, что активизация оползней наиболее значительна, если после 2 – 3 засушли-

вых лет наступает период повышенной увлажненности (1939, 1953, 1975, 1981, 1989, 1995 годы).

К сожалению, на исследуемой территории в настоящее время имеется только две метеостанции с достаточно длинными и репрезентативными наблюдениями – Сочи и Красная Поляна. Также необходимо констатировать, что за последние 20 лет практически отсутствуют систематические сведения об активности экзогенных геологических процессов на исследуемой территории, имеются лишь данные об активности отдельных оползней, что принципиально ограничивает возможности количественного прогнозирования активизаций ОЭГП.

В условиях дефицита информации о климатических условиях территории и активности ОЭГП, для составления региональных долгосрочных фоновых прогнозов активизаций ОЭГП предлагается использовать данные о погоде, под которой понимается общее состояние нижнего слоя атмосферы в данное время в данном месте. Погода представляется суммарным выражением основных условий развития ОЭГП. Для количественной оценки характера погоды используется типизация атмосферных процессов Северного полушария (по Б.Л. Дзердзеевскому) [1].

Имеющийся Календарь последовательной смены элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ) с 1899 по 2010 гг. ([www.atmospheric-circulation.ru](http://www.atmospheric-circulation.ru)) позволяет составить достаточно длинные и представительные временные ряды, позволяющие определить общие условия возникновения какого-либо опасного природного процесса в конкретный момент времени и выявить ЭЦМ, при которых его активизация наиболее вероятна (выявить процессоопасный тип погоды). Так, погодные условия, обеспечивающие оптимальный режим активизации оползневых процессов на площадях развития глинистых пород, можно выразить количественно числом дней с ЭЦМ 13л, 13з, 12а, 9а.

В целом по особенностям атмосферной циркуляции и техногенного воздействия предполагается значительная активизация в ближайшие 10 – 15 лет оползневых процессов, а также селевых процессов в среднегорье.

В эти годы возможны сильные морозы зимой и засухи летом вследствие повышенной роли меридиональной атмосферной циркуляции. Вероятны наиболее опасные сочетания выпадения интен-

сивных осадков после засухи. В осеннее-зимне-весенние периоды возможны экстремальные осадки при ЭЦМ 13з и 12а, а летом жаркая погода, чередующаяся с обильными ливнями при ЭЦМ 13л.

Конкретно для исследуемой территории, с учетом имеющихся сведений об активности ОЭГП и факторов, их обуславливающих, средняя активизация оползней и связанных с ними других ОЭГП в низкогорье возможна в 2012 году, сильная – в 2016 году. На территории среднегорья и высокогорья сильная активизация возможна в 2012 гг. и в 2016 – 17 гг., в 2012 – 2013 годах возможно увеличение активности селей.

**Сезонный прогноз на 2012 – 2013 годы.** Это – период максимума 11-летнего цикла солнечной активности, когда наблюдается повышение активности всех природных процессов на Земле. При этом на исследуемой территории ожидается повышенная опасность активизации ОЭГП, обусловленная характером погоды при ЭЦМ 13л, 12а. Особенно большое значение имеет годовой ход процессоопасного ЭЦМ 13л, наиболее активное проявление которого возможно в июне, июле, августе. Также большое значение имеет погода при ЭЦМ 12а, особенно в апреле и мае.

На основании анализа факторов, способствующих развитию ЭГП, подтверждается фоновый прогноз активизации оползней на уровне сильной.

В 2012 – 2013 гг. остается высокой опасность формирования селей, которая объясняется тем, что парагенез селевого и оползневых процессов является одним из основных на исследуемой территории (оползни являются основным источником формирования твердой составляющей селей на хр. Аибга, сели вызывают активизацию оползней за счет эрозионной подрезки склонов). В результате по долине р. Мзымта возможно формирование катастрофического селевого потока. Поэтому особое внимание следует обратить на оценку современной активности оползней различных генетических типов и возможность их проявления, как источников твердой составляющей селей.

При возрастающей техногенной нагрузке, в связи со строительством олимпийских объектов, общая степень воздействия природных и техногенных факторов будет также существенно расти. В глинистых породах бассейна р. Мзымты возможно возникно-

вание и массовая активизация техногенно-обусловленных ОЭГП (преимущественно оползней и мелких селей).

Для составления краткосрочных прогнозов необходимо иметь инструментальные наблюдения за ЭГП, а в настоящее время репрезентативные наблюдения имеются только за основными изменяющимися факторами, и то лишь для отдельных участков.

При отсутствии данных о проявлении экзогенных геологических процессов для оперативной оценки опасности можно использовать показатели, которые связаны со вспышками активности Солнца. При этом можно пользоваться материалами, представленными в сети Интернет на сайте [tesis.lebedev.ru](http://tesis.lebedev.ru). Например, при всплывающей активности Солнца в январе 2012 года наблюдалась сильная активизация оползней в районе Сочи: 28 января на Солнце произошла первая в 2012 году вспышка высшего балла и в это время произошла сильная активизация оползня в с. Барановка (Сочи). При условии подготовленности оползневых массивов к активизации, вспышки на Солнце могут дать дополнительный толчок развитию оползневого процесса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кононова Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому / Отв. ред. А.Б. Шмакин; Российская акад. наук, Ин-т географии. – М.: Воентехиниздат, 2009. – 372 с. Приложение 1. Календарь последовательной смены ЭЦМ за 1899-2008 гг.
2. Прогноз экзогенных геологических процессов на Черноморском побережье СССР / Под ред. А.И. Шеко. – М.: Недра, 1979. – 239 с.

## ТЕКТОНИЧЕСКИЕ НАРУШЕНИЯ И УЗЛЫ ИХ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ – ПРИРОДНЫЕ УЧАСТКИ ГЕОРИСКА

*Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б.*

*Институт экологических проблем Севера УрО РАН, Архангельск,  
Россия, тел. (8182) Тел.: 8(8182) 28 75 28; Факс.: (8182) 28 76 36;  
E-mail: [kutinov@iepn.ru](mailto:kutinov@iepn.ru); [zchistova@yandex.ru](mailto:zchistova@yandex.ru)*

## TECTONIC DISLOCATIONS AND KNOTS OF THEIR CROSSING – THE NATURAL SITES OF GEORISK

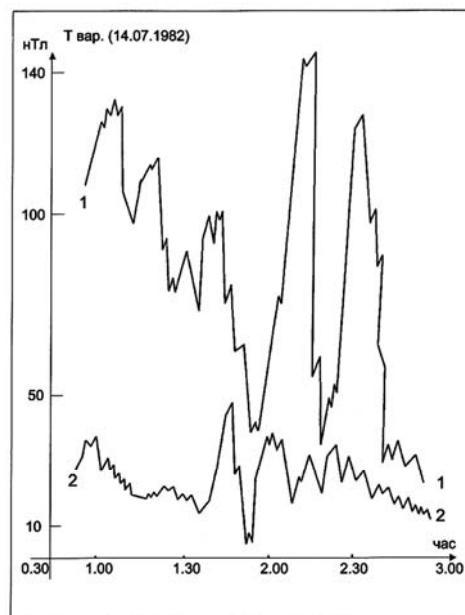
*Are examined structure and dynamics of changes gelio-meteoropnye factors in the regions of tectonic dislocation. The possibility of their environmental effect and technogenic objects is examined.*

В процессах взаимодействия геосфер значительную роль играют разломные структуры земной коры разных рангов, особенности строения которых определяют не только глубинную дегазацию и повышенную релаксацию горных пород, но и условия для формирования источников электромагнитных излучений. Исследования межгеосферных процессов в области развития пассивных и локальных тектонических нарушений и, особенно, узлов их пересечений на настоящий момент развиты слабо. Вопрос о механизме воздействия разломов на окружающую среду нуждается в изучении, так же как и роль каждого из факторов, сопровождающих это природное явление. Наименее изученными являются так называемые «энергетические» свойства тектонических нарушений. В последнее время появляются публикации, посвященные отдельным аспектам воздействия тектонических нарушений на состояние окружающей среды, однако до получения полной картины еще достаточно далеко.

На разных иерархических уровнях достаточно отчетливо проявляется связь между полями напряжений в земной коре и структурой геомагнитных вариаций [3]. Нами было проведено сопоставление характера распределения Dst-вариаций с деформационными полями и отмечено пространственное совпадение радиальной компоненты  $H_r^a$  аномального внутреннего поля первой временной гармоника Dst-вариаций (период  $T=24$  ч) с глобальным распределением полей деформаций. Отчетливо выделяется нулевая область, разделяющая Европу и Азию по Уралу [3]. На более детальной карте модуля радиальной компоненты (период  $T=6$  ч), просматривается область смены знака, разделяющая Западно- и Восточно-Европейскую платформы [3]. Практически все гармоники Dst-вариаций отражают геодинамически различные и разноранговые регионы и глобальные (панрегиональные) структуры. Авторы считают возможным возникновение такого эффекта за счет пе-

риодического изменения напряженно-деформированного состояния земной коры. Возникающие наведенные токи распространяются в первую очередь по ослабленным зонам. Такой механизм схож с процессами возникновения геоиндукционных токов (ГИТ) вдоль линий электропередач. Такая же картина наблюдается и на более детальном уровне, где в районах тектонических узлов регистрируется изменение характера и динамики короткопериодных магнитных вариаций во время магнитных бурь (рис. 1).

В работе [4] было высказано предположение, что в глубинных разломах, за счет тонкополосчатой структуры слагающих их пород (чередование токопроводящих слоев, сложенных минералами Fe-Ti-Mg-Mn, и слоев диэлектриков, сложенных минералами Si-Al-K-Na) в земной коре возникают гигантские по размерам флюидизированные конденсаторы. Следует отметить, что этот механизм возможен, в первую очередь, на площади активных глубинных разломов (надпорядковых или 1-го ранга). В тоже время в этой гипотезе не учитывается изменение напряженно-деформированного состояния в тектонических структурах и не объясняется возникновение наведенных магнитотеллурических токов в тектонических узлах и разломах более мелкого ранга. Неотектонические подвижки платформенных территорий характеризуются пульсирующим режимом с изменениями направления и амплитуды перемещения, сопровождающимися вариациями интенсивности дегазации и под-



**Рис. 1. Изменение характера высокочастотной составляющей короткопериодных возмущенных вариаций магнитного поля в зоне пересечения разломов [2]:**

1 — в узле пересечения разломов;  
2 — за пределами узла

тока минерализованных вод, электромагнитного поля и изменениями облачности вдоль дислокаций. Иначе дело обстоит с узлами пересечения тектонических нарушений, которые, как правило, представляют собой высокопроницаемые, сложно построенные в вертикальной и в горизонтальной плоскостях объемные тела, простирающиеся на значительные глубины, где обеспечиваются постоянный приток флюидов и глубинных газов (глубинный стволочный канал повышенного тепло-массообмена за счет взаимодействия динамопар глубинных дислокаций, нередко сопровождающийся повышенной сейсмичностью). Узлы пересечения тектонических нарушений, имея сложную структуру поля проводимости, могут являться источниками наведенных вихревых токов, изменяющих общую картину геомагнитного (своего рода магнитные диполи).

Изменения динамики короткопериодных вариаций в момент магнитных бурь (рис. 1) в тектоническом узле и наличие зон повышенной проводимости позволяет предположить возникновение в них наведенных магнитотеллурических токов и, как следствие, ионизацию воздуха над узлами разломов. Своеобразная структура облачности над узлами (повышенная плотность облаков по периферии узлов, и их отсутствие в центре) говорит об изменении электрической проводимости атмосферного воздуха. Этот вывод подтверждается также повышенной частотой прохождения гроз по периферии тектонических узлов по сравнению с их центрами (в 3-4 раза), что сказывается и на частоте лесных пожаров (рис. 2). На Беломорско-Кулойском плато (Зимнебережный узел) около 70% лесных пожаров возникает от молний. Таким образом, подобные явления отражают межгеосферные взаимодействия в системе литосфера-атмосфера-биосфера. Кроме того, в результате лесных пожаров увеличивается содержание CO.

Исследования на детальном уровне позволяют отметить, что: 1) «энергетические» свойства тектонических структур, в первую очередь наблюдаемые изменения короткопериодных геомагнитных вариаций и параметров атмосферного давления, являются природным фактором, влияющим на состояние окружающей среды и устойчивость инженерных сооружений; 2) эти свойства обладают повышенной дисперсией, сложным многограновым и полициклическим характером и имеют тесную связь с различными процессами от космических до локальных, от геологических до

биологических и техногенных; 3) достаточно сложным характером обладают не только пространственные, но и временные параметры геофизических полей и совпадение пространственных и временных аномалий может значительно усилить эффект воздействия на окружающую среду.

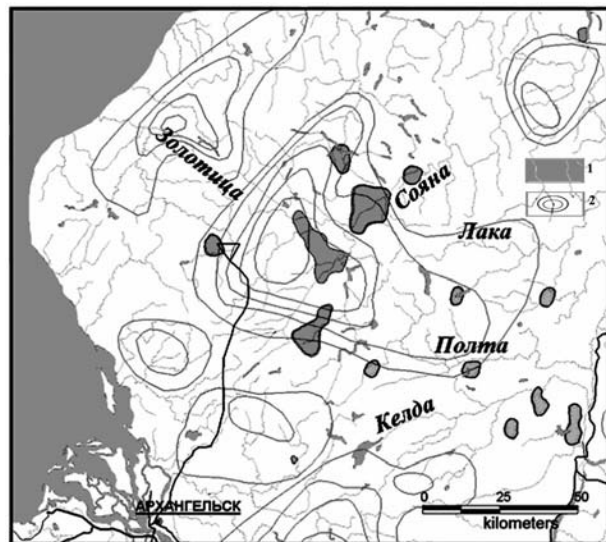


Рис. 2. Положение пирогенных кластеров в Зимнебережном тектоническом узле [1]:  
1 – пирогенные кластеры; 2 – тектонические узлы

Тектонические нарушения и узлы их пересечения являются природными участками георисков за счет: 1) возникновения геоиндукционных токов, воздействующих на инженерные сооружения; 2) подтока глубинных газов и флюидов; 3) характера облачности – своеобразные «окна» для проникновения биологически активного ультрафиолета; 3) повышенной опасности возникновения лесных пожаров.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 11-04-98802\_а север и целевой программы поддержки проектов в рамках содружества УрО РАН с СО РАН, проект 12-С-5-1013.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бурлаков П.С., Хмара К.А. Лесные пожары от гроз как геоэкологический фактор устойчивости светлохвойных лесов бассейна реки Сояна на Беломорско-Кулойском плато // Труды КарНЦ РАН, Сер. «Биогеография». 2011, № 1. С. 48-53.
2. Чистова З.Б. Выявление геофизических признаков рудного поля, куста и трубки взрыва с целью совершенствования методики поисков коренных источников алмазов на Европейском Севере // Геология и полезные ископаемые севера Европейской части СССР. Архангельск, 1991. С. 161-171.
3. Чистова З.Б., Кутинов Ю.Г. Пространственно-временная структура геомагнитных вариаций – неотъемлемая часть экологических исследований // Север: экология. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. С. 388-405.
4. Экология человека в изменяющемся мире // Колл. авторов. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 570 с.

## КАРТЫ ПРИРОДНЫХ ОПАСНОСТЕЙ В АТЛАСЕ ЧС РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Медеу А.Р., Благовещенский В.П., Киренская Т.Л.,  
Ранова С.У.

Институт географии, Алматы, Казахстан. тел. 8(727)2918129,  
факс 8(727)2918102, e-mail: victor.blagov@mail.ru

## NATURAL HAZARD MAPS IN THE EMERGENCY ATLAS OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

*The Emergency Atlas of Kazakhstan Republic was published in 2010. It contains 182 maps of natural and technogenic dangers and risks. A section of the Atlas is devoted to natural hazards. There are maps of mudflow, avalanche, landslide and rockfall hazards, as well as maps of meteorological and hydrological hazards.*

Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Республике Казахстан [3] опубликован Институтом географии Министерства образования и науки Республики Казахстан в 2010 г. Концепция и структура атласа разработана в Институте географии. При этом использовался опыт создания

Атласа ЧС России [2] и работы российских ученых в области оценки природного риска [1, 4, 5]. В создании атласа участвовали ведущие ученые Казахстана из 15 профильных организаций. Оформление карт выполнено в лаборатории геоинформационного картографирования Института географии.

Атлас состоит из пяти разделов: 1) карты общего содержания (8 карт), 2) карты средств организации предупреждения и ликвидации последствий ЧС (7 карт), 3) карты природных опасностей и рисков (108 карт), 4) карты биолого-социальных и экологических опасностей и рисков (34 карты), 5) карты техногенных опасностей и рисков (25 карт). Всего атлас содержит 182 карты. Наиболее обширным является раздел «Природные опасности и риски ЧС». Он состоит из 106 карт.

В подразделе геологических опасностей и рисков приведены сейсмические карты и карты опасных экзогенных процессов: сели, лавины, оползни, карст, эрозия, просадки грунтов, геокриологические, эоловые и соровые процессы. В подразделе гидрологические опасности и риски приведены карты наводнений на реках Казахстана, нагонных затоплений на побережьях водоемов, недостатка питьевой воды для населения, переработки берегов водоемов. В подразделе метеорологических опасностей и рисков собраны карты атмосферных осадков, атмосферных явлений, климатических экстремумов. В подразделе агроклиматические опасности и риски показаны природные процессы, представляющие собой опасность для сельского хозяйства: засухи, суховеи, заморозки, природные пожары.

Для каждого опасного природного процесса составлялись два типа карт: карта степени опасности и карта уровня риска. На карте опасности отображается масштабность проявления опасного процесса, которая обуславливает его разрушительную способность. Для снежных лавин главным показателем опасности является объем лавин, для селей – расход селевого потока. Весь интервал возможных значений показателя опасности разбивается на 5 градаций, которым дается качественное определение степени опасности: слабая, незначительная, умеренная, значительная, сильная. При слабой опасности масштабы проявления опасного процесса на данной территории таковы, что можно избежать ущерба для жизни и здоровья людей без использования защитных мероприятий. При

сильной опасности оказывается невозможным обеспечить безопасность жизнедеятельности современными средствами защиты.

На картах риска показывается вероятность нанесения ущерба, поэтому основным показателем для них является повторяемость опасного явления. Она обычно выражается через число случаев в год. Уровень риска, так же, как и степень опасности, разбит на 5 интервалов: низкий, пониженный, средний, повышенный, высокий. Низкий уровень риска соответствует повторяемости опасного явления, способного нанести ущерб, реже одного раза в 1000 лет. Такой риск обычно относят к категории пренебрежимого риска. Высокий риск наблюдается при ежегодной повторяемости разрушительного опасного явления. Риски средний, повышенный и высокий относятся к категории недопустимого риска. На территориях с таким уровнем риска необходимо осуществлять мероприятия по снижению уровня риска.

Селеопасные районы Казахстана занимают площадь 325 тыс. км<sup>2</sup>. Степень селеопасности территорий определяется сочетанием повторяемости и мощности селевых потоков.

Очень высокой степенью селеопасности характеризуются территории, на которых возможно прохождение селевых потоков с расходами 1000 м<sup>3</sup>/с и более, независимо от повторяемости таких явлений, так и территории, где наблюдаются сели с расходами от 200 до 1000 м<sup>3</sup>/с при повторяемости не реже 1 раза в 10 лет, и даже те, на которых имеют место сели с низкими (около 50 м<sup>3</sup>/с) расходами, но при очень частой (ежегодной) их повторяемости. К таким территориям относятся высокогорные и частично среднегорные зоны центральной части Илейского Алатау, высокогорные зоны Северного и Южного Жетысуского Алатау, высокогорные и среднегорные зоны его юго-западной части, а также высокогорье Териской Алатау.

Высокую и довольно высокую селевую опасность территории обуславливает прохождение селей с расходами от 200 до 1000 м<sup>3</sup>/с с периодичностью 1 раз в 20 и более (50, 100) лет, а также селей со средними, низкими и очень низкими расходами (100, 50 м<sup>3</sup>/с и менее), но с довольно частой, частой и очень частой повторяемостью (соответственно 1 раз в 10, 5 лет и ежегодно). Такими являются практически все среднегорные и частично высокогорные территории хребтов Илейского, Кунгей, Жетысуского, Те-

рискей Алатау, Кетмень, Пскемского и Угамского, Кыргызского, Каратау, Сауыр-Тарбагатай, Южный и Рудный Алтай.

К территориям со средней селевой опасностью относятся низкогорные и частично среднегорные зоны выше перечисленных хребтов, где с редкой и средней повторяемостью (1 раз в 50 и 20 лет) отмечается прохождение селей с расходами  $200 - 100 \text{ м}^3/\text{с}$ , 1 раз в 20 лет проходят селевые потоки с расходами  $100 - 50 \text{ м}^3/\text{с}$  либо с очень низкими расходами (менее  $50 \text{ м}^3/\text{с}$ ), но с довольно частой повторяемостью.

Низкая и очень низкая селевая опасность характерна для низкогорных и предгорных территорий.

Общая площадь лавиноопасных районов в Казахстане составляет  $137 \text{ тыс. км}^2$ . По степени лавинной опасности они делятся на 5 категорий: 1) районы с незначительной лавинной опасностью, 2) районы со слабой лавинной опасностью, 3) районы со средней лавинной опасностью, 4) районы с сильной лавинной опасностью, 5) районы с очень сильной лавинной опасностью,

Незначительная лавинная опасность наблюдается в малоснежных районах с неглубоким расчленением рельефа. Высота снега здесь менее 70 см, а превышение склонов менее 100 м. В этих районах лавины наблюдаются реже одного раза в 10 лет, их объемы обычно менее 1 тыс.  $\text{м}^3$ , а доля лавиноопасных участков не превышает 1 % общей площади. В таких районах, чтобы избежать ущерба от лавин, достаточно составить карты лавиноопасных участков и не размещать на них никаких объектов.

Слабой лавинной опасностью характеризуются районы, где лавины сходят ежегодно, объемы достигают 10 тыс.  $\text{м}^3$ , а лавинами поражается до 10 % территории. К ним относятся районы, где высота снега составляет 70-100 см, а глубина расчленения рельефа достигает 500 м. В качестве защитных мероприятий на этих территориях применяется прогноз лавинной опасности и ограничение доступа во время лавиноопасного периода.

К районам со средней степенью лавинной опасности относятся территории, на которых максимальные объемы лавин достигают 50 тыс.  $\text{м}^3$ , а доля лавиноопасных участков составляет до 50%. Такая степень лавинной опасности наблюдается в районах, где высота снега превышает 100 см, а глубина расчленения релье-

фа составляет 500 м. Для защиты от лавин здесь используются профилактические спуски лавин при помощи взрывов.

Сильная лавинная опасность возникает в районах, где ежегодно сходят лавины объемом до 100 тыс.  $\text{м}^3$ , поражающие более 50 % территории. В таких районах высота снега превышает 100 см, а глубина расчленения рельефа составляет 500-1000 м. Для борьбы с лавинами здесь можно использовать профилактические спуски, но наиболее надежным способом защиты являются инженерные сооружения (дамбы, галереи, снегоудерживающие щиты).

Очень сильная лавинная опасность отмечается в многоснежных (более 150 см) районах с глубоким (более 1000 м) расчленением рельефа с узкими долинами. Объемы лавин здесь достигают 1 млн.  $\text{м}^3$ . В таких районах зимой всякая деятельность человека практически невозможна.

Наводнения на реках, вызванные весенним либо весенне-летним половодьем, отмечаются практически во всех регионах Казахстана. Возникновение наводнений такого типа на реках Южного Казахстана вероятно в феврале-июне, Юго-Восточного и Восточного Казахстана – в марте-июле, на равнинных реках республики – в марте-июне.

В высокогорных районах период половодья наступает с мая и продолжается по сентябрь, максимальный расход половодья в среднем в десятки раз превышает средний годовой расход воды. По гидрологическому режиму эти территории относятся к рекам с летним половодьем.

По степени опасности наводнений территория Казахстана районирована на 5 типов: 1) чрезвычайно опасных наводнений республиканского уровня, где максимальные уровни воды более чем на 3,0 метра превышают уровни начала затопления прибрежных территорий; 2) значительно опасных наводнений, где максимальные уровни воды на 2,0-3,0 метра превышают уровни воды начала затопления; 3) опасных наводнений, где максимальные уровни воды на 1,5-2,0 метра превышают уровни воды начала затопления; 4) умеренно опасных наводнений, где максимальные уровни воды на 1,0-1,5 метра превышают уровни воды начала затопления; 5) мало опасных и незначительно опасных наводнений, где максимальные уровни воды менее чем на 1,0 метр превышают уровни воды начала затопления.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Акимов В. А., Лесных В. В., Радаев Н. Н. Риски в природе, техносфере, обществе и экономике. М., 2004. 352 с.
2. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации / Под редакцией С. К. Шойгу. М., 2005. 271 с.
3. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Республике Казахстан / Под редакцией А. Р. Медеу. Алматы, 2010. 264 с.
4. Мягков С. М. География природного риска. М., 1995. 224 с.
5. Природные опасности России. Монография в 6 томах / Под редакцией В. И. Осипова и С. К. Шойгу. М., 2003.

### ОЦЕНКА СОВРЕМЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ПРОЯВЛЯЮЩИХСЯ В ПРЕДЕЛАХ РЕЧНЫХ ДОЛИН (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ)

Мележ Т.А.

Учреждение образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины», Гомель, Беларусь. +375293988121, [tatka-zheludowich@yandex.ru](mailto:tatka-zheludowich@yandex.ru)

### EVALUATION OF MODERN GEOLOGICAL PROCESSES OCCURRING IN THE RIVER VALLEYS (ON THE EXAMPLE REPUBLIC OF BELARUS)

*In this paper, the classification of various grounds, consider the notion of geological hazards and risk describes modern geological processes in the territory of Belarus and mainly within the river basin.*

Любому виду деятельности сопутствуют различного рода опасности и неопределенности, а результат их проявления характеризуют рисками. Существующие риски можно классифицировать по различным признакам: объекту и источнику воздействия, местоположению относительно объекта воздействия, механизму возникновения, степени влияния, возможности страхования и прочее (рис. 1).



Рис. 1. Классификация рисков

Опасные явления, эпизодически происходящие в природе, техносфере и обществе, сопровождаются формированием негативных факторов, взаимодействие которых с элементами антропосферы приводит к ущербу для человека и социальных систем.

Под геологической опасностью понимается возможность (угроза) проявления геологических процессов, способных поражать людей, наносить материальный ущерб, разрушительно действовать на природную среду. Одной из основных задач при возникновении природной опасности является определение количественных характеристик опасностей и идентификация неблагоприятного последствия [3]. Геологические опасности характеризуются цикличностью своего развития. Развитие любой геологической опасности рассматривается как последовательная смена ее состояний в пространстве и во времени [2].

Под количественной характеристикой опасности понимают риск или состояние процессов и явлений. Риск – вероятность ущерба; ожидаемые экономические, социальные и экологические последствия от проявления опасных процессов, оцениваемые по отношению к конкретным объектам. Риск – произведение ущерба и вероятности получения ущерба за некоторый период времени [1]:

$$R_s = U \times P, \quad (1)$$

где  $R_s$  – риск,  $U$  – потенциальный ущерб,  $P$  – вероятность получения ущерба.

При оценке рисков, связанных с неблагоприятными геолого-геоморфологическими процессами количественный показатель риска рассматривается численно равным денежной сумме, которую необходимо затратить для устранения последствий [1].

Риск часто рассматривают как двумерную величину, включающую вероятность наступления нежелательного случайного события и связанные с ним потери.

В качестве примера проявления и развития современных геологических процессов рассмотрена территория Беларуси и главным образом речные бассейны.

Территория Беларуси расположена в пределах древней платформы, имеет характерный для равнин относительно выположенный рельеф, но здесь довольно разнообразно проявляются современные геологические процессы, которые по основному источнику энергии подразделяются на экзогенные, эндогенные и техногенные (рис. 2).

К категории экзогенных процессов относятся: делювиальный снос; суффозия; обвалы, оползни и осыпи; эоловая аккумуляция и дефляция; заболачивание и торфообразование; карст и крип.

К группе эндогенных процессов относятся: современные движения земной коры.

К числу техногенных процессов относятся: денудация; аккумуляция; просадки.

Интенсивность проявления природно-техногенных процессов варьирует на территории изучаемого региона. Различные виды проявления современной геодинамики взаимодействуют между собой, в результате чего, их скорости на отдельных участках могут достигать значений, при которых наносится существенный экономический ущерб и ухудшается экологическая обстановка. Так, рассматривая современные геологические процессы в пределах речных бассейнов Беларуси необходимо отметить следующее:

1) активное проявление ряда экзогенных процессов, таких как заболачивание, торфообразование, эоловая аккумуляция и дефляция, характерно для бассейна реки Припять, что объясняется

низинным рельефом территории и интенсивным, в прошлом, осушении торфяных массивов, опусканием земной коры. Суффозионные и гравитационные процессы, карстообразование, крип, а также линейная эрозия в наибольшей мере проявляются в пределах бассейнов рек Днепр и Неман. Это обусловлено особенностями литологии, уровнем залегания грунтовых вод и характером рельефа. В пределах бассейна Западной Двины современные геологические процессы протекают менее интенсивно, здесь фиксируются: эоловые процессы, районы распространения линейной эрозии и крип, это связано с тем, что данная территория, с позиции покровных образований является относительно «молодой», здесь преобладают более «прочные» к размыву и разрушению породы;

2) наблюдается проявление эндогенеза, несмотря на то, что территория Беларуси по степени сейсмической активности относится к сейсмически неактивной зоне, но все же движения блоков земной коры здесь происходят. Они обусловлены глубинными тектоническими процессами. Территория испытывает в настоящее время преимущественно нисходящие движения со скоростями от 1 до 2 мм/год. Локально интенсивность опускания может достигать 33 мм/год, а иногда сменяться поднятиями до 1 мм/год.

Эти участки являются потенциально опасными для строительства дорог, каналов, магистральных нефте-, газо-, продуктопроводов, предприятий нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей и химической промышленности и других крупных инженерно-технических сооружений, соответственно при планировании и эксплуатации объектов необходимо учитывать либо избегать такие территории. Движение блоков земной коры может со временем не только нарушить структурную целостность инженерных конструкций, но и спровоцировать экологические проблемы. Проявление эндогенных процессов обуславливает активизацию экзогенеза. Так, например, участки русел рек, дублирующие зоны опускания блоков земной коры, преимущественно широкие и здесь наблюдаются процессы заболачивания (долина реки Припять), и в противоположность этому, в районах поднятия блоков земной коры, в пределах речных русел (зоны бортов) происходит активизация процессов линейной и плоскостной эрозии и т.д.

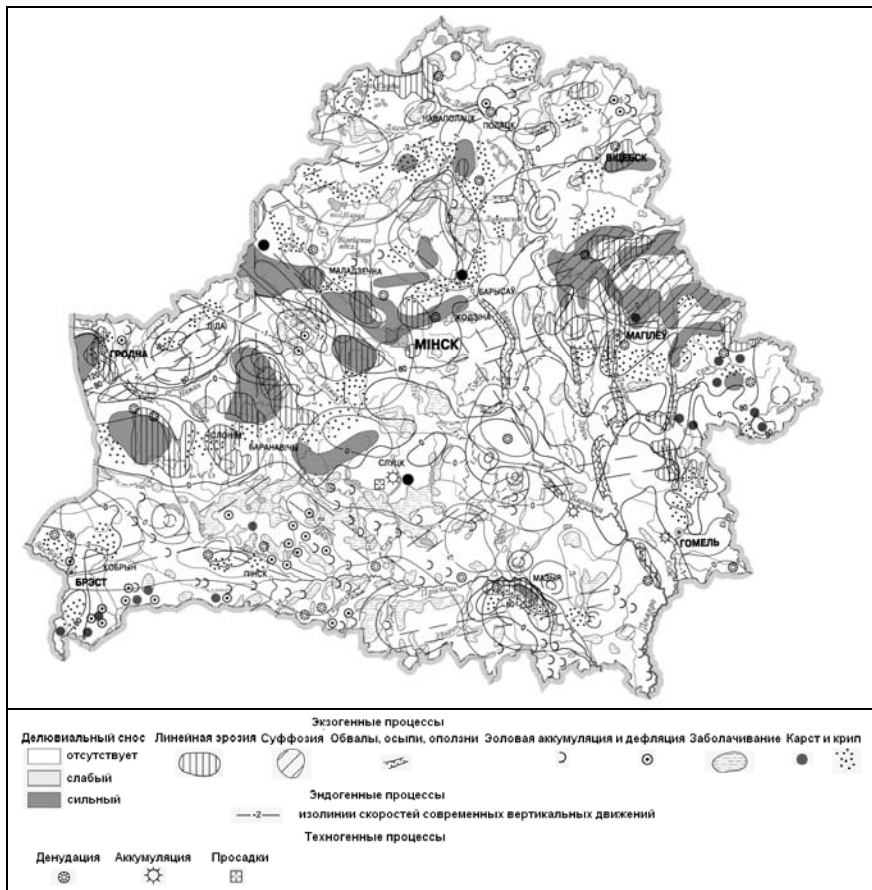


Рис. 2 Карта современных геологических процессов на территории Беларуси

3) техногенез проявляется в пределах всех речных бассейнов, и главным образом, в районах концентрации промышленных узлов и на урбанизированных территориях. Здесь формируются качественно новые техногенные формы рельефа (дорожные насыпи, выемки, горные выработки, отвалы, мелиоративные системы и прочее). Активный антропогенез стимулирует проявление и развитие опасных геологических процессов, таких как оползни, подтопления, изменения естественного режима подземных вод и связан-

ные с этими обстоятельствами процессы осушения, выщелачивания и т. п. Гидротехнический намыв аллювиального материала провоцирует появление карьерных водоемов в поймах рек, наблюдаются изменения режима речного стока и трансформация русловых процессов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вахрушев И.Б. Оценка сейсмоэкологической ситуации с использованием элементов ГИС-картографирования // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «География». – 2006. – №1. – С. 22-33
2. Козловский С.В., Шешеня Н.Л. Прогнозирование геологических опасностей и риска их проявлений как составная часть пространственно-временной системы // Известия высших учебных заведений. Серия «Геология и разведка». – 2010. – №6. – С. 59-61
3. Природные опасности России. Т. 1. Экзогенные геологические опасности / Под ред. В.М. Кутепова, А.И. Шеко. – М.: КРУК, 2002. – 345 с.

## ПРОГНОЗ ОПАСНЫХ ТЕХНОПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ОСВОЕНИИ ШЕЛЬФОВЫХ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Мельников Н.Н., Калашник А.И., Калашник Н.А.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Горный институт Кольского научного центра РАН, Апатиты, Россия, тел. (81555)79664, факс(81555)74625, e-mail:kalashnik@goi.kolasc.net.ru

## THE FORECAST OF DANGEROUS TECHNO-NATURAL PROCESSES AT DEVELOPMENT OF SHELF OF OIL AND GAS FIELDS

*Mechanisms of formation dangerous techno-natural processes are considered at development of shelf oil and gas deposits. The forecast of changes of a geomechanical condition of the maintained productive layers, blocking thicknesses both benthonic soils and the breeds leading*

*to destabilization of the geological environment and to consequences undesirable socially-economic is given.*

Морская (шельфовая) нефтегазодобыча в мировом объёме превысила 30% и в перспективе должна увеличиться до 50% [1]. Ежегодные суммарные затраты на освоение ресурсов нефти и газа на шельфе морей превышают 80 миллиардов долларов США, при этом экономический эффект от разработки морских месторождений составляет до 10 долларов на каждый затраченный доллар при сроках окупаемости капитальных вложений от 1 до 3 лет.

Вместе с тем, на морских нефтегазопромыслах по разным причинам возникают чрезвычайные ситуации техноприродного характера, которые приводят к непредвиденным сверхпланируемым экономическим затратам и ущербу. К основным техноприродным рискам возникновения чрезвычайных ситуаций и их катастрофических последствий можно отнести следующие [2]:

- природные, индуцированные и природно-техногенные землетрясения;
- крупномасштабные проседания морского дна;
- глубинные подвижки геологических блоков пород;
- оползни, сдвиги придонных слоев пород и грунтов;
- нефтегазовые фонтаны и выбросы на скважинах.

На формирование опасных техноприродных проявлений (оседания и смещения пород, землетрясения, а также вызванные ими оползни, грязевые вулканы, образование пустот, газовых каналов, выбросов и т. п.) влияют большое количество факторов и условий, но в основе этих явлений лежат геомеханические процессы. Именно недооценка влияния изменения напряженно-деформированного состояния (НДС) геологической среды (эволюции природно-технической системы [4]) и развития геомеханических процессов приводит к формированию условий возникновения необратимых геодинамических явлений, разрушающих скважины, трубопроводы, добывающие устройства и сооружения.

Геомеханические процессы и геодинамический режим региона разрабатываемого месторождения формируются под воздействием различного рода сил и факторов (рис.). Природное воздействие на нефтегазообъект оказывают гравитационные и тектониче-

ские силы, современные движения земной коры, процессы по активным разломам, природные землетрясения и др. Техногенное воздействие, соответственно, обусловлено механическим бурением, отбором флюида, закачкой воды и/или другими методами повышения нефтегазоотдачи. Совместное интегрированное воздействие приводит к изменению напряженно-деформированного состояния пород коллектора (деформирование скелета, формирование зон уплотнения и разуплотнения, образование микротрещин, микросейсмичность и т.п.), перекрывающего массива (деформирование пород, формирование зон уплотнения и разуплотнения, активизация тектонических нарушений, сейсмичность, вплоть до образования грязевых вулканов и газовых каналов) и придонных пород (просадка морского дна, сдвиги придонных грунтов и пород, деконсолидация/растепление газогидратов, оползни, генерация волн с вероятностью образования цунами) [3].

Вследствие этого происходят необратимые изменения состояния коллектора, перекрывающего массива и дневной поверхности (для морских и шельфовых месторождений – дна моря), обуславливающие дестабилизацию геологической среды в регионе и в конечном итоге приводящие к потерям запасов, ухудшению условий добычи и даже к повреждению/разрушению скважин, добычных комплексов, коммуникаций, локальных и магистральных трубопроводов.

Для коллектора эти негативные изменения приводят к снижению проницаемости пород, формированию зон с аномальным пластовым давлением, деформированию и разрушению призабойной зоны, а в крайних случаях и к разрушению самого коллектора. Следствием этого являются снижение дебитов скважин, потеря объемов добычи и запасов, а также нежелательные негативные скважинные явления, как внезапные выбросы и гидравлические удары, приводящие к пожаро- и взрывоопасным ситуациям. Для недропользователя и компании-оператора дополнительным бременем станут затраты на повышение флюидоотдачи, ремонт и восстановление скважин, а в особо тяжелых и аварийных случаях – затраты на ликвидацию последствий и восстановление экологического баланса окружающей природной среды.



**Рис. Формирование техноприродных процессов при освоении шельфового нефтегазового месторождения**

Перекрывающий массив испытывает изменение структуры и геодинамического режима, вследствие чего может произойти деформирование, смятие и обрыв колонн скважины. Нередки случаи, когда происходит нарушение сплошности покрывки (разгерметизация коллектора). В целом это приводит к дестабилизации всей геологической среды в регионе разрабатываемого месторождения, временной или безвозвратной потере скважин, и как следствие, – потеря объемов добычи и запасов. Экономический ущерб будет складываться из недополучения прибыли вследствие простоя скважин, затрат на ремонт имеющихся или на бурение новых дополнительных скважин.

Непосредственно на дневной поверхности (для морских и шельфовых месторождений – на дне моря) эти негативные процессы могут вызвать нарушение устойчивости приповерхностных (придонных) грунтов и пород, вертикальные и горизонтальные смещения и наклоны поверхности, приводящие к оползнеобразо-

ванию. Для придонных грунтов, особенно склонных к природному гидратообразованию, особую опасность вызывают процессы разжижения (растепления) оснований под добычными и обеспечивающими сооружениями и комплексами. Все это приводит к нарушению сплошности и повреждениям добычных комплексов, коммуникаций, локальных и магистральных трубопроводов. Экономический ущерб будет также заключаться в недополучении прибыли, внеплановых затрат на ремонт и восстановление технологических систем, а также затрат на ликвидацию последствий аварий и восстановление природной системы.

Вышесказанное, на наш взгляд, убедительно свидетельствует о том, что для безопасного освоения шельфовых нефтегазовых месторождений необходимо выполнение научно-технического геомеханического обоснования. Основная идея рационального и безопасного использования нефтегазового потенциала шельфов морей с минимизацией потенциально возможных социально-экономических последствий опасных техноприродных процессов заключается в том, что для каждого этапа жизненного цикла природно-технической системы – нефтегазообъекта должны выполняться опережающие специальные геомеханические исследования, в результате которых должны разрабатываться и реализовываться, в увязке с ведущимися технологическими работами, превентивные геобезопасные мероприятия по алгоритму «планирование работ по добыче – идентификация природных и техногенных опасностей – оценка геодинамического риска – разработка рекомендаций и мероприятий по уменьшению геодинамического риска – научно-техническое геомеханическое обоснование – технологические работы с учетом геомеханического обоснования».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вяхирев Р.И., Никитин Б.А., Мирзоев Д.А. Обустройство и освоение морских нефтегазовых месторождений. 2-е изд. доп. – М.: Изд. Академии горных наук, 2002. 420 с.
2. Калашник Н.А. Экономический ущерб от чрезвычайных ситуаций и аварий на морских нефтегазодобывающих комплексах: анализ и подходы к оценке // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2011. № 6. С. 15-19.

3. Мельников Н.Н., Калашник А.И. Шельфовые нефтегазовые разработки: геомеханические аспекты. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2009. 140 с.

4. Melnikov N.N., Kalashnik A.I., Kalashnik N.A. Geodynamical risks of production and pipeline transportation of hydrocarbon raw material in the western sector of the Russian Arctic // Environmental Geosciences and Engineering Survey for Territory Protection and Population Safety (EngeoPro-2011) / International Conference under the aegis of IAEG, Moscow, Russia, September 6-8, 2011 / Delegate paper CD. 2011. С.110-113.

## ОПЫТ КАРТИРОВАНИЯ ПЛОТНОСТИ ПОТОКА РАДОНА С ПОВЕРХНОСТИ ГРУНТА НА ТЕРРИТОРИИ МОСКВЫ

*Микляев П.С.\* , Петрова Т.Б.\*\* , Макеев В.М.\* ,  
Дорожко А.Л.\**

*\*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт геоэкологии им Е.М.Сергеева Российской академии  
наук (ИГЭ РАН), Уланский пер., д.13, стр. 2, г. Москва,  
101000 Россия, тел. (495)607-46-14, факс (495) 923-18-86,  
E-mail: v\_vel@mail.ru*

*\*\*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
119992, Москва, Ленинские горы, д1, стр. 10, тел. (495)939-2332,  
E-mail: alpinzayac@mail.ru*

## MAPING OF THE FLUX DENSITY OF RADON ON THE TERRITORY OF MOSCOW

*Mapping of radon field territory of Moscow has been spent. Results of researches have shown that the radon field of Moscow is inhomogeneous and has been divided into background and abnormal areas. Spatial structure of a background radon field is defined by the contents of radium in soil. Abnormal fields are controlled by tectonic structure of region.*

С середины 1990-х годов на территории Москвы, в рамках инженерно-экологических изысканий для строительства, были начаты работы по оценке потенциальной радоноопасности, т. е. оценке интенсивности поступления радона из грунтов основания

проектируемых сооружений в подвальные и жилые помещения для заблаговременного проектирования мер защиты (газонепроницаемых экранов, вентиляционных систем и т.п.). Первые обобщения материалов измерения плотности потока радона (ППР) с поверхности грунта были опубликованы, в том числе авторами данной статьи, в конце 1990-х – начале 2000-х годов [1-3]. Однако для построения обобщающей карты радонового поля такого крупного и сложного объекта как Москва, объем используемых материалов во всех перечисленных исследованиях был явно недостаточным.

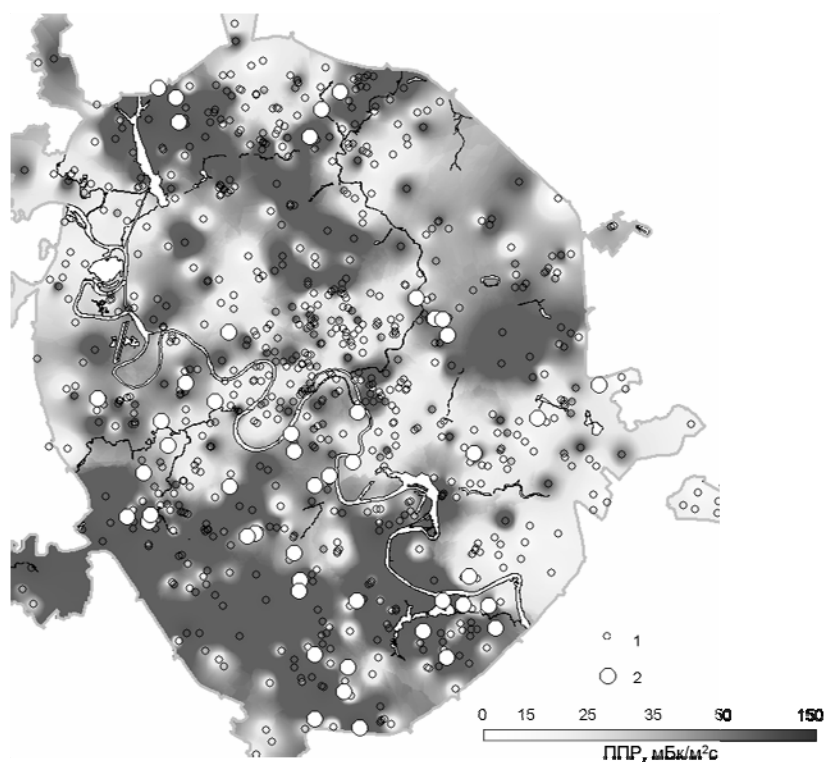
В рамках проекта по крупномасштабному геологическому картированию территории Москвы коллективом лаборатории эндогенной геодинамики и неотектоники было проведено картирование плотности потока радона (ППР) на территории города. В работе использовались данные измерений плотности потока радона на участках проектируемого строительства, выполненных подразделениями Группы компаний РЭИ при проведении инженерно-экологических изысканий на территории города в период с 2002 по 2010 год. Кроме того, использованы материалы ОАО «Мосгоргеотрест» и ООО «Геокон».

На рис. 1 представлена карта поля плотности потока радона территории Москвы. Как видно из приведенной карты, поле ППР имеет дискретную пространственную структуру, подразделяющуюся на фоновую и аномальную составляющие. Фоновая плотность потока радона показана на карте (рисунок) цветом. Аномальные значения плотности потока радона (более 1000 мБк/м<sup>2</sup>с) выделены немасштабными знаками.

Как показывают проведенные исследования, фоновые значения ППР определяются, прежде всего, литологическим составом приповерхностных грунтов (главенствующую роль играет содержание в грунтах радия), а также, отчасти, условиями дренированности территории. Области относительно высоких значений ППР приурочены к возвышенностям, поверхность которых сложена глинистыми четвертичными отложениями (Теплостанское, Орехово-Борисовское, Центрально-Московское, Лосиноостровско-Измайловское поднятия).

Структура аномального радонового поля на территории Москвы связана неотектоническим фактором, а именно с простираанием геодинамически активных зон – участков земной коры, на-

ходящихся в аномальном напряженном состоянии. Наибольшая плотность сгущения аномалий ППР проявляется в юго-западной и южной частях города, где первостепенным структурным элементом является поднятие Теплостанской возвышенности. Наиболее представительные и протяженные зоны сгущения аномалий ППР обрамляют эту возвышенность с северо-запада, северо-востока и с востока. На северо-западе аномалии ППР регистрируются по границе Теплостанского поднятия и Сетуньской депрессионной шовной зоны ВСВ-ЗЮЗ простирания, разделяющей собственно Теплостанский и Кунцевский блоки [4].



**Рисунок. Карта плотности потока радона с поверхности грунта на территории Москвы:**

1 – участки измерения ППР; 2 – участки с аномальными значениями ППР

В этой зоне ярко выражена система линейментов такого же простирания, что позволяет предполагать повышенную активность происходящих здесь деформационных процессов и аномальное напряжённо-деформированное состояние геологической среды, внешне, может быть, не видимых или, по крайней мере, малозаметных при существующих градиентах тектонических структур. Эта зона может интерпретироваться как геодинамически активная [4], и проявление аномальных значений ППР в пределах данной структуры можно считать неслучайным.

Аномалии ППР на северо-восточном склоне Теплостанского поднятия либо конформны, либо непосредственно связаны с границей между возвышенностью и крупной относительно опущенной зоной Москворецко-Рязанского тектонического линеймента СЗ-ЮВ простирания, приуроченного к долине р. Москвы и протягивающегося далеко на юго-восток вдоль долин рек Москвы и Оки через район Рязани. Зона характеризуется сдвиговыми напряжениями и слабыми деформациями, которые зафиксированы методами спутниковой геодезии [5]. С этим, скорее всего, связано проявление аномалий радона. Четко проявлены аномалии радона в пределах Царицынской депрессии, разделяющей собственно Теплостанский и Орехово-Борисовский блоки.

В северной части города (севернее долины р. Москвы) аномалии ППР проявлены значительно слабее. Здесь выделяется три локальных зоны сгущения аномалий ППР. В общем можно считать, что радоновые аномалии в северной части города проявляются на участках пересечения разнонаправленных (СЗ-ЮВ и ВСВ-ЗЮЗ) линейных элементов новейшей структуры.

Особенности формирования радоновых аномалий (пространственная дискретность, пульсационный характер проявления во времени, нелинейность отклика аномального радонового поля на воздействие внешних факторов) позволяют провести некоторую аналогию между отмеченными аномалиями ППР и явлением «суперинтенсивных» современных деформаций земной коры, представления о которых развиваются Ю.О. Кузьминым [6]. Суперинтенсивные деформации (СД) земной коры представляют собой локальные колебательные вертикальные подвижки (просадки) земной поверхности с амплитудой порядка нескольких сантиметров в год, и регистрируются высокоточным повторным нивелированием

в геодинамически активных зонах. Важно, что указанные деформации обладают знакопеременной и пульсационной направленностью (повторяются в одном и том же месте в разные интервалы времени), и для них характерна существенная нелинейность, выраженная в неадекватно больших деформационных откликах на малые воздействия (выпадения атмосферных осадков, слабые техногенные воздействия, отдаленные землетрясения и т.д.). Как полагает Ю.О. Кузьмин [6], при формировании просадок реализуется механизм параметрического возбуждения (индуцирования) аномальных деформаций в геодинамически активной зоне, когда в качестве источников «суперинтенсивных» деформаций выступает не внешнее (региональное, локальное) силовое поле напряжений, а процессы, протекающие в самой зоне – изменения параметров среды (модуля жесткости, коэффициента трения и т.п.), возникающие внутри зоны под влиянием крайне малых внешних воздействий. Для более далеко идущих выводов, имеющейся информации, прежде всего касающейся проявлений «суперинтенсивных» движений на исследуемой территории, к сожалению, пока не достаточно.

Таким образом, аномальные значения ППР (более 1000 мБк/м<sup>2</sup>с), очевидно, связаны с деформационными процессами, протекающими в геодинамически активных зонах, что следует учитывать при оценке радоноопасности. Очевидно, что эти зоны следует рассматривать как наиболее важный фактор, формирующий потенциальную радоноопасность территорий. В связи с чем, дальнейшие исследования роли геодинамически активных зон в формировании радоноопасности весьма перспективны. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 10-05-01050-а.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гулабянц Л.А., Иванов С.И., Охрименко С.Е. Методологические подходы к гигиенической оценке радонобезопасности территорий застройки в г. Москве // АНРИ, 2000. № 1(20). С. 24-30.
2. Кузнецов Ю.В. Проблема радона и достоверность его измерений // АНРИ, 1998. № 3(14). С. 9-12.
3. Микляев П.С., Петрова Т.Б., Охрименко С.Е. Новые аспекты оценки радоноопасности территорий строительства на примере Москвы // АНРИ, 2003. № 4(35). С. 63-71.

4. Москва: Геология и город / Под. ред. В.И. Осипова, О.П. Медведева. М.: АО “Московские учебники и картолитография”, 1997. 400 с.

5. Макаров В.И., Бойков В.В., Булаева Е.А. Опыт использования методов спутниковой геодезии (GPS) для изучения современных движений и деформаций земной коры платформенных территорий на примере Приокского района Русской плиты // Структура, свойства, динамика и минерагения литосферы Восточно-Европейской платформы. Материалы XVI Международ. конф. Воронеж, 20–25 сент. 2010 г. Воронеж: ВГУ, 2010. С. 33-39.

6. Кузьмин Ю.О. Современная аномальная геодинамика асейсмичных разломных зон // Электронный научно-информационный журнал «Вестник отделения наук о Земле РАН», № 1(20). 2002.

#### НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

*Миняева Ю.В.*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт водных проблем Российской академии наук, Москва,  
Россия, тел. (499)1355458, e-mail:jminyay77@mail.ru*

#### SOME ASPECTS OF INTEGRATED ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY

*The methodology of integrated assessment of groundwater protection is shown. The analysis of anthropogenic load from industrial enterprises, producing priority pollutants (heavy metals) during its cycle time, across administrative regions was carried out. Load module of nitrogen components was calculated for the study area.*

Интенсивный рост промышленности, значительные масштабы урбанизации, нерациональное использование природных ресурсов, в связи с нестабильной экономической ситуацией в ряде регионов, зависящей в основном от добычи, переработки и экспорта сырья, приводят к увеличению техногенной нагрузки на окружающую среду. И как результат, последствия технической деятельности общества отражаются на всех компонентах природной

среды. Вследствие этого остро встает вопрос о прогнозировании негативных процессов, которые могут возникнуть в результате хозяйственной деятельности и способствовать снижению устойчивости природной среды к загрязнению.

Для решения обозначенной выше задачи предлагается проводить типизацию источников антропогенной нагрузки с анализом характера, масштаба и последствий техногенного воздействия, а также выделением подверженных этому воздействию компонентов природной среды, что и было выполнено для Тульского промышленного района [2].

Следует отметить, что деятельность разных производственных объектов, оказывающих негативное воздействие, может затрагивать одни и те же компоненты природной среды, и в результате приводит к похожим последствиям. Однако все они характеризуются наличием определенных элементов-индикаторов, позволяющих довольно точно определить характер и источник загрязнения: участие определенных загрязняющих веществ в технологическом цикле промышленных предприятий; применение минеральных и органических удобрений, ядохимикатов; деятельность животноводческих комплексов, птицеферм; сельскохозяйственная освоенность территории; поступление коммунально-бытовых стоков. Для разных отраслей промышленности характерно наличие основных элементов-индикаторов загрязнения, а также второстепенных (в виде примесей). Поэтому при анализе техногенного воздействия на природную среду следует учитывать наиболее часто встречающиеся элементы-индикаторы, а также их токсичность и класс опасности.

При оценке техногенной нагрузки регион условно подразделяется на районы, испытывающие определенное направленное воздействие на природную среду с анализом расположения объектов хозяйственной деятельности, масштаба воздействия и выбора приоритетных загрязнителей. Также предлагается проводить оценку устойчивости природной среды исследуемой территории (и, в первую очередь, подземных вод), основанную на комплексной оценке защищенности подземных вод от выбранных приоритетных загрязнителей. Это позволяет применить для оценки защищенности подземных вод от загрязнения не одну методику, кото-

рая может давать хорошие результаты для одного типа загрязнения и ошибочные для другого, а целый ряд методологических подходов. Применимость и целесообразность комплексной оценки обусловлены, прежде всего, тем, что разные загрязняющие вещества характеризуются определенной степенью адсорбции и при тех или иных физико-химических свойствах среды, а также строении зоны аэрации, проявляется характерная степень миграции с поверхности в подземные воды. Здесь играет роль наличие гумусового горизонта, глинистых и пылеватых частиц, объемный вес скелета грунта, пористость, естественная влажность, биологическая активность бактерий в почве, состав жидкой и твердой фаз почвы и подстилающих пород, температурный режим, кислотно-щелочные и окислительно-восстановительные условия и др. В связи с этим, защищенность подземных вод от загрязнения хорошо сорбируемым компонентом предлагается оценивать по времени проникновения данного загрязнителя, на основании методики Пашковского И.С. [3], а для несорбируемых компонентов использовать расчет скорости инфильтрационного просачивания в зоне аэрации [4].

По результатам выполненной оценки строится итоговая карта комплексной защищенности подземных вод, на которой выделяются участки, соответствующие обобщенному времени проникновения группы загрязняющих веществ, типичных для данной территории, а также районы, характеризующиеся различной степенью устойчивости к определенному загрязняющему компоненту.

В случае если район исследований испытывает разноплановую нагрузку на природную среду и, в частности, на подземные воды, для оценки степени такого воздействия проводится анализ нагрузки основных загрязняющих веществ (например, азотсодержащих компонентов и тяжелых металлов на примере Тульского промышленного района) согласно административному делению. В промышленно развитых регионах основной вклад в загрязнение воздушного бассейна и, как следствие, водных ресурсов вносят предприятия черной металлургии, машиностроения и металлообработки, теплоэнергетики, химической, легкой промышленности, а также автотранспорт. Поскольку приоритетными загрязняющими веществами, поступающими в природную среду от перечисленных производств являются тяжелые металлы, участвующие в техноло-

гическом цикле данных предприятий, то именно они выбраны для анализа нагрузки от промышленного производства в качестве основных элементов-индикаторов. Оценка нагрузки тяжелых металлов проводится на основании качественного анализа степени воздействия промышленного производства на компоненты природной среды, изучаемой территории по административным районам. При проведении качественного анализа учитывается:

1. Наличие в административном районе промышленных предприятий, их расположение и концентрация.

2. Значимость расположенных в административном районе предприятий (их производственная мощность).

Эти критерии характеризуют объем выбросов и сбросов загрязняющих веществ в компоненты природной среды.

3. Технологическая направленность производства, позволяющая сделать вывод о степени токсичности элементов-загрязнителей.

4. Средняя нагрузка (на квадратный километр) за год по выбросам твердых частиц в атмосферный воздух от стационарных источников, расположенных в административном районе.

5. Наличие и разветвленность автомобильных магистралей. Известно, что автотранспорт вносит в общий объем загрязнения атмосферного воздуха более 50%, а в районах крупных городов влияние автотранспорта значительно увеличивается в связи с большой концентрацией автомобилей, а также наличием автомобильных заторов.

6. Направление и скорость ветра. Природную среду нельзя подвергнуть административному делению и промышленные предприятия могут оказывать воздействие на соседние районы благодаря господствующим направлениям ветра (так называемый трансграничный перенос).

Однако тяжелые металлы могут поступать в окружающую среду также в результате применения минеральных и органических удобрений и удобрений из шламов, полученных из промышленных и канализационных очистных сооружений, и из донного ила, поэтому при анализе нагрузки тяжелых металлов необходимо учитывать сельскохозяйственную освоенность административного района.

Для оценки нагрузки азотсодержащих компонентов на исследуемую территорию проводится расчет модуля нагрузки, определяемый как «суммарное количество поступающего N, отнесенного к единице площади» каждого административного района [1]. Конечно, для более детального анализа проводится расчет модуля для каждого крупного животноводческого комплекса и фермерского хозяйства, однако, при региональной оценке, а также в следствие недостаточного объема данных, расчет модуля нагрузки может быть выполнен согласно административному делению. Для расчета модуля учитывается только N, поступающий на дневную поверхность. В качестве составляющих параметров модуля нагрузки берутся N атмосферных осадков, минеральных и органических удобрений, стоков фермерских и отдельных подсобных хозяйств, стоков с селитебных территорий, хозяйственно-бытовых стоков на одного жителя района и N природных источников [5]:

$$\sum N_{\text{общ}} = N_{\text{ао}} + N_{\text{мин.уд.}} + N_{\text{орг.уд.}} + N_{\text{крс}} + N_{\text{ст}} + N_{\text{хб}} + N_{\text{пи.}}$$

Полученная нагрузка относится к единице земель без учета площади лесов. По величине модулей выделяются следующие градации для нагрузки: очень низкая, низкая, умеренная, выше среднего, высокая и очень высокая. Необходимо также помнить, что в окружающую среду соединения азота поступают и от предприятий промышленности – выбросы металлургических предприятий (цеха металлопокрытий) и промышленные стоки азотно-тукового производства.

Соотношение проведенного анализа нагрузки основных загрязняющих веществ и оценки комплексной защищенности подземных вод исследуемой территории позволяет охарактеризовать экологическую обстановку района исследований, выделить наиболее опасные участки и участки менее чувствительные к существующему антропогенному воздействию. Кроме того, выполненное районирование может использоваться для прогноза развития негативных процессов при существующей (а главное возрастающей) техногенной нагрузке и, в результате, стать основой для планирования работ по развитию территорий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Голодковская Г.А., Елисеев Ю.Б. Геологическая среда промышленных регионов. – М.: Недра, 1989. – 220 с.
2. Миняева Ю.В. Влияние техногенеза на геоэкологические условия Тульского промышленного района // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология. – 2010. – № 5. – С. 410-421.
3. Пашковский И.С. Современные проблемы гидрогеологии и гидрогеомеханики: Сб. докл. конференции. – СПб., 2002. – 572 с.
4. Шестаков В.М. Гидрогеодинамика: Учебник. – 3-е изд. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 368 с.
5. Штрингер Е.Е. «Оценка уязвимости грунтовых вод к сельскохозяйственным источникам загрязнения на примере водосбора Ивановского водохранилища». Диссертация на соискание степени кандидата геолого-минералогических наук специальности 25.00.36. Москва, 2003 г. 156 с.

## К ВОПРОСУ О МЕТОДАХ ОЦЕНКИ ДЕГРАДАЦИИ СВОЙСТВ ЛЕССОВ

*Мокрицкая Т.П.*

*Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара,  
Днепропетровск, Украина, Тел. +380982577019,  
Факс +38056 374-98-41, e-mail: [mokritska@i.ua](mailto:mokritska@i.ua)*

## ABOUT METHODS OF ESTIMATING THE PROCESS OF DEGRADATION IN LOESS

*In this paper proved the necessity of observing the state of the loess. The object of observation – changes in the properties of loess in the vadose zone of urban areas. The purpose of observing is the creation of a regional model degradation of the subsiding properties.*

Из стандартного определения опасных геологических процессов [1] следует, что критериями классификации являются отрицательные следствия. Вероятностные методы оценки опасностей и их следствий (ущерба) наиболее обоснованы при инженерно-геологических и геоэкологических исследованиях [2]. К опасным и

неблагоприятным инженерно-геологическим процессам можно отнести реактивные, способствующие переходу природно-техногенной системы к неоптимальному (опасному) состоянию. Реактивными будут процессы, развивающиеся в границах природно-техногенной системы. Процессы деградации свойств лессовых грунтов в процессе функционирования природно-техногенных систем представляют собой реактивный процесс, приводящий к ухудшению условий эксплуатации сооружений.

Просадки в лессовых грунтах относят к опасным геологическим процессам. Под просадочностью понимают свойство грунтов: «просадочность – потеря связности при увлажнении с последующим быстрым уплотнением под весом вышележащих пород и нагрузкой от зданий» [3, с. 345]. Свойство является функцией двух аргументов – давления и влажности, характерно для отложений четвертичного возраста, сформировавшихся за счет дальнего переноса в перигляциальных условиях. Функция двух взаимозависимых аргументов не линейна, на что указывал А.А. Мустафаев [4, с. 67], описывая результаты экспериментов зависимости просадочности от влажности. Вне зависимости от метода определения просадочности образца (метод одной или двух кривых, комбинированный), общий вид зависимости коэффициента пористости от давления, при стандартных испытаниях, не является предметом исследования. Количественная прогнозная оценка просадочности массива выполняется суммированием просадок отдельных слоев, при заданной расчетом величине давления, в условиях полного водонасыщения. Значения коэффициентов находят по результатам лабораторных испытаний, выполняя линейную интерполяцию. В результате нелинейный процесс деформирования просадочных грунтов заменяется линейным, на разных уровнях изучения и прогноза.

Н.И. Кригер считал, что просадочность является характеристикой не только возможных деформаций, но и потенциальной изменчивости массива [5]. В условиях городских территорий, вероятность изменений этой характеристики велика из-за интенсивных техногенных воздействий. В результате локальных техногенных аварий, на фоне многолетнего нестационарного положения уровня грунтовых вод, динамических и статических воздействий, происходит деградация просадочных свойств массива (как диссипативной динамической системы). Закономерности изменений коэффици-

коэффициентов относительной просадочности представляют собой закономерности расхода характеристик емкости системы, ее деградации в результате внешних воздействий.

Выполнен первичный статистический анализ изменчивости свойств верхнеплейстоценовых лессовидных просадочных грунтов зоны аэрации г. Днепропетровска за период 1964-2007 гг. Общее количество записей (строк) превышает 2000, объект изучения однороден как геологическое тело, что дает основания считать данные представительными. Резко выраженная неоднородность выборочной совокупности данных о физических и механических свойствах указывает на изменения в пространственно – временных координатах. Неоднородность проявляется в экстремальных значениях эксцесса природной влажности и нижнего предела пластичности, относительных деформаций, особенно на начальных ступенях компрессионных испытаний.

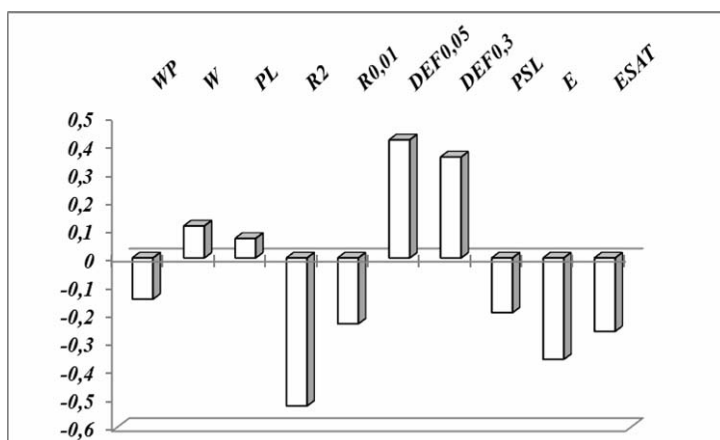


Рисунок. Коэффициенты ранговой корреляции значений свойств верхнеплейстоценовых лессовидных грунтов и года определения (зона аэрации, 1964-2007 гг.).

**Примечания:** *WP* – нижний предел пластичности, д.ед.; *W* – природная влажность, д.ед.; *PL* – плотность грунта, кг/м<sup>3</sup>; *PSL* – начальное просадочное давление, мПа; *R2*; *R0,1*; *R0,01* – содержания фракций размером более 2 мм; фракции в интервале 0,01-0,05 мм; *DEF0.05-0.3* – относительная деформация при компрессионных испытаниях на ступенях давления 0,05 и 0,3 мПа, д.ед.; *E* – модуль деформации на ступени давления 0,1-0,2, мПа, в природном и заданном состоянии.

Из анализа результатов корреляционного анализа (рисунок), можно сделать вывод о незначительном росте влажности и плотности грунтов зоны аэрации, по сравнению с изменениями микроагрегатного и гранулометрического состава. Об этом говорят отрицательная корреляционная связь содержания фракции размером более 2 мм, размером 0,01-0,05 мм и положительная влажности и плотности грунта, с годом отбора пробы. Высокие коэффициенты корреляции относительной деформации грунта *DEF0,05-0,3*, модуля деформации *E* с годом отбора указывают на значительные изменения механических свойств грунтов, слагающих активную зону территорий с высокой плотностью застройки, как результат изменений структуры и состава во времени.

Границы природно-техногенной системы известны, необратимые изменения ресурса (оценку деградации) можно оценить, рассчитав изменения показателя в долях от начальных значений. Модель эволюции геологической среды, как динамической подсистемы, представляет собой уравнение связи предшествующих и последующих состояний [6]. В данном случае модель должна отражать связи между интенсивностью внешних воздействий, начальным значением ресурсной и текущей емкостей. В работе [7] связь между дискретными значениями суммарной просадки и значениями интегрального показателя интенсивности техногенных воздействий задавалась в виде:

$$S_{st} = \begin{cases} -0,4203 * I_t + 0,1904 ; \\ 0,0928 * I_t + 0,0187 ; \end{cases} \quad (1)$$

где:  $S_{SL}$  – суммарная по разрезу просадка,  $I_t$  – интегральный показатель интенсивности техногенных воздействий. Уравнение было получено в ходе сплайн – регрессионного анализа зависимости суммарной просадки от интенсивности техногенного воздействия, узел сплайна определялся значением интегрального показателя 0,409. Для получения модели эволюции (деградации просадочных свойств) достаточно восстановить соответствие между приращением просадки во времени и значениями интегрального показателя при соблюдении той же методики расчета.

Наблюдаемая последовательность в развитии необратимых процессов (деградации просадочных свойств, суффозионных, эро-

зионных, карстовых и оползневых явлений) приводит к необходимости описания эволюции геологической среды, как последовательного прохождения областей фазового пространства (временных зон развития сингенетических реактивных процессов), разделенных критическими областями – переходами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 2.01.15-90 «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. – М.: Стройиздат, 1990. – 39 с. Введен 1.01.1992 г.
2. *Osipov V.I.* Natural risk management. Environmental geosciences and Engineering Survey for Territory Protection and Population Safety / Engeopro-2011. – Delegate papers, p. 29-38.
3. *Иванов И.П., Тржцинский Ю.Б.* Инженерная геодинамика. – СПб.: Наука, 2001. – 416 с.
4. *Мустафаев А.А.* Основы механики просадочных грунтов. – М.: Стройиздат, 1978. – 263 с.
5. *Кригер Н.И.* Лёсс, его свойства и связь с географической средой. – М.: Наука, 1965.
6. *Безручко Б.П., Смирнов Д.А.* Математическое моделирование и хаотические временные ряды. – Саратов: ГосУНЦ «Колледж», 2005. – 320 с.
7. *Мокрицкая Т.П.* Закономерности изменений геологической среды на примере Криворожской промышленно-городской агломерации. Автореферат. – К.: ИГН НАНУ:2003. – 18 с.

#### МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И СНИЖЕНИЕ ГЕОРИСКОВ В РЕГИОНЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

*Молдобеков Б.Д., Усупаев Ш.Э.*

*Центрально-азиатский институт прикладных исследований земли, Кыргызстан, Бишкек, тел. +996 312 55 51 11  
[b.moldobekov@caiag.kg](mailto:b.moldobekov@caiag.kg), [sh.usupaev@caiag.kg](mailto:sh.usupaev@caiag.kg).*

#### ENVIRONMENTAL MONITORING AND GEORISK REDUCTION IN THE CENTRAL ASIA

*This work represents new functioning systems of multidisciplinary monitoring and assessment of georisks, triggered by change of geological environment in the Central Asia and its sub-parts. The first results of integrated interdisciplinary analysis of priority areas of CAIAG activity are shown, ways of improving a scientific potential in the investigated region are given as well.*

Горный регион Центральной Азии (ЦА) расположен на границе столкновений двух гигантских литосферных плит: Евразийской, движущейся со скоростью 3,7 см/год и Индо-Австралийской, встречно сжимающей Кыргызский Тянь-Шань со скоростью 5,1 см/год. Эндогенные опасные процессы характеризуются в первую очередь современными деформациями исследуемой территории, которые распределены неравномерно и по мере движения с юга от Таримской платформы на север к Казахстанскому щиту и Туранской плите, уменьшаются от 20 мм/год до 5 мм/год. На северо-востоке регионального Таласо-Ферганского разлома, от узла сочленения Линии Николаева, установлена крутящая по часовой стрелке гео-деформационные движения, с углом поворота до 50° (здесь расположена Токто-гульская ГЭС), в то же время юго-восточная оконечность Таласо-Ферганского разлома деформируется против часовой стрелки, с углом поворота современных движений до 20° [1-2]. ЦА характеризуется неравномерным распределением природных ресурсов. Например, 52% речного стока бассейна Аральского моря формируется в горах Таджикистана, 25% Киргизстана, 10% Афганистана, 9,5% в Узбекистане, 2% в Казахстане и около 1% в Туркмении. Природные воды весьма опасны проявлениями селей, паводков, прорыва горных озер, подтоплениями территорий [1-3]. В соответствии с разработанной новой «Стратегией развития Центрально-азиатский институт прикладных исследований земли (ЦАИИЗ) до 2020 года», используется принцип мульти-дисциплинарных мониторинговых наблюдений за опасными изменениями природной среды по следующим позициям: 1. Для совместных исследований и сотрудничества предоставляются возможности Азиатско-Тихоокеанской наднациональной

сети спутникового мониторинга чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера “СЕНТИНЕЛ АЗИЯ”. Обученные в Центре СЕНТИНЕЛ АЗИИ, сотрудники ЦАИИЗ, способны в случае проявления катастроф с гибелью и большим ущербом, в кратчайшие сроки получить и обработать для оперативного реагирования на стихийное бедствие космические снимки с высокой точностью. 2. Внедрена, в рамках выполненного проекта «Трансграничное предотвращение стихийных бедствий в ЦА», и функционирует единая для стран региона в реальном режиме времени региональная сеть мониторинга сейсмической опасности “КАРЕМОН. Сеть мониторинга ЦАИИЗ состоит из современных 6 сейсмических станций (расположенных соответственно по 2 комплекта): в Туркмении (Ашхабад), Таджикистане (Джерино), Казахстане (Подгорная и Караганда) и на территории Кыргызстана (Суфикурган и Талас), которые работают в режиме реального времени. Сеть позволяет получить информацию о сильных и ощутимых землетрясениях в течение от 3-5 до 8-10 минут после землетрясения. 3. Успешно внедрен Европейский подход в оценке сайт-эффектов, для создания карт сейсмического микро-зонирования, в виде мобильных локальных сетей состоящих из групп сейсмостанций. Обновлено в течение последних 4 лет сейсмические характеристики сайт-эффектов грунтов для территорий городов Бишкек, Ташкент, Каракол. В настоящее время, с сейсмической аппаратурой проводится комплекс полевых мобильных и стационарных мониторинговых наблюдений на территории города Душанбе. 4. В рамках проекта “ЕМКА”, в реальном режиме времени проводятся испытания глубинных 6 акселерометров, размещенных в скважине на различных глубинах (до 150 м), с целью уточнения сейсмических свойств грунтов, также 4 подобных сейсмических датчика размещены на разных этажах здания ЦАИИЗ. Цель мониторинга – создание региональной сети системы раннего оповещения населения о сейсмических событиях для густонаселенных городов в странах ЦА. 5. В странах ЦА функционирует наращиваемая сеть мониторинговых наблюдений за климатическими данными, так в Кыргызстане и Таджикистане специалистами ЦАИИЗ установлены современные автоматические метеостанции, для наблюдений в реальном режиме времени за измерениями

осадков, давления, температуры и других важных прогностических параметров. 6. В течение более 12 лет ежегодно проводятся мониторинговые исследования в районе ледникового горного озера Мерцбахера. Одновременно проводятся комплексные работы по изучению деградации высокогорного уникального ледника Энгилчек на абсолютной отметке выше 3 км. Впервые в ЦА создана высокогорная «Обсерватория для исследований глобальных изменений климата и изменений природной среды» с жилым «Кампусом», где имеются условия для изучения деградации крупнейшего в ЦА горного ледника Энгилчек длиной 60 км и мощностью до первых сотен метров. Ежегодно, в августе-сентябре, происходят катастрофические прорывы озера Мерцбахера, когда с высоты 3,304 км по руслу реки Сары-Джаз обрушиваются потоки воды с объемом 129 млн. м<sup>3</sup>, размывая берега и инженерные сооружения. 7. Проведены исследования на региональном трансграничном профиле по проекту ТИПАЖ, здесь были развернуты более 40 сейсмостанций на территории Кыргызстана и Таджикистана, позволившие получить данные о сейсмическом режиме в пределах толщи земной коры и литосферы в регионе Памиро-Алая. Обработка сейсмических записей позволило инструментально уточнить особенности зоны надвига Памира (Таджикистан) на горный Алай (Кыргызстан). На границе надвига зафиксированы миграции сейсмичности, исходящие из Гиндукушского “гнезда” землетрясений через Памир, в район расположения села Нура в Кыргызстане.

Функционирующая основа междисциплинарной наблюдательной сети за изменениями окружающей природной среды ЦАИИЗ насчитывает не менее 30 станций различного назначения, которые размещены на территориях, где ранее не осуществлялись аналогичные полимониторинговые исследования. В Кыргызстане число участков активизации и развития более 20 разновидностей опасных экзо- и эндогенных процессов и явлений, составляет около 15000 единиц. Ежегодно инструментально фиксируется до 3500 тысяч землетрясений, десятки из которых ощутимые, а единицы наносят ущербы и приводят к гибели людей. Например, в результате Сусамырского землетрясения, произошедшего в Чуйской области в Сусамырской межгорной впадине  $M=7.3$  ( $I=10$  баллов) 19 августа 1992 года, пострадали более 60 000 человек. Ущерб от землетрясения составил около 175 млн. долларов США. В горной

зоне, вблизи водораздельных хребтов под языками, а иногда на самих языках ледников разместились более 2400 горных озер, до 300 находятся в различной степени прорывоопасности. В июне 1998г. прорыв озера Икедаван по реке Шахимардан, имевший трансграничный характер ущерба, привел к гибели людей в Кыргызстане и Узбекистане.

В Кыргызстане сосредоточены 3900 бассейнов рек длиной от 10 км и более, которые являются ежегодно селе- и паводкоопасными. Например, 18 мая 1998 года по реке Кугарт в Жалал-Абадской области Кыргызстана, в результате прорыва правобережной защитной дамбы на протяженности более 200 метров, были заилены и разрушены, с разной степенью аварийного состояния, около 1300 жилых домов. Из 92 объектов радиоактивных, токсичных и экологически опасных отходов горнорудной промышленности, наиболее подверженными воздействию экзо- и эндогенных процессов и представляющими риски бедствий являются хвостохранилища и горные отвалы: Майлуу-Суу, Мин-Куш, Ак-Тюз, Каджи-Сай, Сумсар и Шекафтар.

#### **Выводы**

1. В течение последних 10 лет, ЦАИИЗ проводит комплекс исследований для обеспечения ученых и специалистов, исследуемого региона информацией по приоритетным направлениям: а) геодинамика и геокатастрофы; б) водные ресурсы, климат, геоэкология; в) управление ресурсами и борьба с бедностью; г) новейшие технологии и коммуникационные системы; д) обучение и тренинги по современным прикладным достижениям науки и техники.

2. Внедрены в практику, и функционируют в странах Центральной Азии новые сети мониторинга, с использованием методов дистанционного зондирования, и получением в реальном режиме времени (в сочетании с наземными высокоточными измерениями) данных об опасных изменениях природной среды, для снижения рисков бедствий.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Молдобеков Б.Д., Сарногоев А.К., Усупаев Ш.Э. и др. (коллективная монография) Прогноз стихийных бедствий на территории Кыргызской Республики. Изд-во, Алл-Пресс. Бишкек, 1997. 172 с.

2. Ерохин С.А., Касаткин В.М., Романовский А.В., Усупаев Ш.Э., Молдобеков Б.Д. и др. Порядок определения зон паводкового и селевого поражения при прорывах горных озер. Система нормативных документов в строительстве. СП 22-02-01. Бишкек, 2001. 17 с.

3. Программа действий по подготовке к чрезвычайным ситуациям и реагированию на риски стихийных бедствий (землетрясений, оползней, подтоплений, прорыво-опасных высокогорных озер) и радиационно-экологической безопасности в Кыргызстане и трансграничных районах с государствами Центральной Азии / Под редакцией Ш.Э. Усупаева, А.М. Айталиева, А.В. Мелешко, Г.А. Абдрахманова, В.А. Брежнева, М. Аманова. Бишкек, 2006. 498 с.

#### **ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ТАВРИЧЕСКОМ НАЦИОНАЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ им. В. И. ВЕРНАДСКОГО**

***Насонкин В.А., Боборыкина О.В.***

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского,  
Симферополь, АРК, Украина, тел. +380503605363,  
факс +38 0652 63-75-89, e-mail: b0b04ka14@mail.ru*

#### **GEOPHYSICAL RESEARCH IN THE TAURIDA NATIONAL V.I.VERNADSKY UNIVERSITY**

*In this paper information about the Geophysical Observatory of Taurida National V.I.Vernadsky University is given. The purpose of conducting research is how to identify precursory signs of natural and man-made disasters.*

Более 25 лет проводятся геофизические измерения в Таврическом национальном университете им. В.И. Вернадского [1, 2]. Измерительный объём находится в штольне (глубина около 20 метров), и имеет серию герметичных перегородок-задраек (двери, лю-

ки), изолирующих от внешних воздействий. Эти характеристики стали решающими факторами при выборе места для установки высокочувствительных приборов, проведения первых измерений в 1986 году и созданию Геофизической обсерватории ТНУ.

Основное направление исследований:

Проведение мониторинга геодинамических процессов в регионе, с целью:

- выявления закономерностей долговременных процессов, протекающих в литосфере;
- поиска прогностических признаков, готовящихся региональных сейсмических событий, природного и техногенного происхождения.

В качестве основных инструментальных средств исследования процессов в окружающей среде в Геофизической обсерватории используются двухлучевые лазерные интерферометры майкельсоновского типа с разнесенными пучками, имеющие чрезвычайно высокие метрологические характеристики, использующие в качестве эталона длину волны стабилизированного по частоте лазера [3]. В настоящее время лазерные интерферометры являются самыми чувствительными приборами для измерения изменений оптической разности хода с широчайшим частотным диапазоном, что позволяет использовать их для измерения перемещений, деформаций, атмосферного давления, влажности, состава воздуха и т.п. Причём чувствительность таких измерений является, как правило, рекордной. Важным достоинством интерферометрических измерений является их абсолютность, так как результат измерений сопоставляется с длиной волны лазерного излучения, которая известна с высокой точностью. Достигнутый в настоящее время квадрат пороговой чувствительности к деформациям, приведенный к единичной полосе частот, на большебазовых лазерных интерферометрических системах составляет величину приблизительно  $E - 26$  с, что на несколько порядков превышает пороговую чувствительность современных кварцевых деформографов. Однако, систематические, долговременные измерения пространственно разнесенными системами такого типа в нашей стране и за рубежом не проводились.

С июля 1991 года по настоящее время были организованы и ведутся непрерывные автоматизированные измерения литосфер-

ных деформаций большебазовыми лазерными интерферометрическими комплексами, разработанными в университете. Параллельно проводятся непрерывные измерения температуры в штольне и на поверхности Земли, а также вариаций атмосферного давления.

Основные результаты, полученные в Геофизической обсерватории:

- исследована корреляция литосферных деформаций с важнейшими метеорологическими характеристиками [1,2].

- двумя одинаковыми равноплечными лазерными интерферометрами, установленными на одной станции, получены многолетние непрерывные записи и установлено, что долговременный аппаратный дрейф разработанных интерферометров не превышает  $2,5 \cdot 10^{-8}$  год $^{-1}$  [1,2].

- обнаружены новые закономерности в динамике литосферных деформаций: в спектрах зафиксированы периоды, соответствующие собственным колебаниям Чёрного моря, т.е. одной из причин возникновения длиннопериодных деформаций земной коры являются собственные колебания ограниченных водоёмов [1, 2].

- достигнута рекордная для двухлучевых интерферометрических схем пороговая чувствительность к деформациям.

- предпринята попытка выработать методику количественного сопоставления результатов деформографических измерений и характеристик объёмов добычи в окрестности Крымского полуострова природного газа [1, 2].

- сопоставлены результаты вычислительных экспериментов и инструментальных наблюдений по определению собственных колебаний Чёрного моря. Анализ вычисленных распределений амплитуд внутренних волн выявил определенные прибрежные и центральные зоны Чёрного моря, в которых наиболее вероятны сероводородные катастрофы [1, 2].

- выполнены расчеты периодов и собственных форм сейсмических колебаний Чёрного моря, а также Казачьей и Камышовой бухт Севастопольского побережья Чёрного моря, давления на литосферные плиты и их смещения под влиянием этих колебаний. Численные оценки периодов получены в результате решения задачи о колебании вращающейся идеальной несжимаемой жидкости в бассейне произвольной геометрии [1, 2].

## ЛИТЕРАТУРА

1. О. В. Боборыкина, В. А. Насонкин, Ф. Н. Панков. 25 лет геофизическим исследованиям в Таврическом национальном университете им. В.И. Вернадского // Сейсмологический бюллетень Украины за 2010 год. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2011. – С. 179-189.
2. [http://www.crimea.edu/tnu/str\\_praz/observatory/index.htm](http://www.crimea.edu/tnu/str_praz/observatory/index.htm)
3. Нестеров В.В. Большебазовые лазерные интерферометры в геофизических исследованиях. – Симферополь: «Таврия», 1996. – 285 с.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МОНИТОРИНГА В РАЙОНЕ ГОРНОГО АЛТАЯ

*Неведрова Н.Н., Санчаа А.М., Шалагинов А.Е.*

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН,  
Новосибирск, тел. (383)3331639, факс(383)3332513,  
e-mail: NevedrovaNN@ipgg/nsc/ru;*

## RESULTS OF ELECTROMAGNETIC MONITORING IN GORNY ALTAI AREA

*The main aim of the paper is to determine the anisotropic characteristics of the geoelectric section in the area of research in the village Mukhor-Tarkhan. It is shown that temporal changes in the coefficient of anisotropy, resulting from interpreting geoelectric data, characterize the ongoing aftershock process and can be used for problems of electromagnetic monitoring of seismotectonic processes.*

На территории Горного Алтая выполняются геолого-геофизические исследования, включающие электромагнитный комплекс с контролируемым источником. В комплекс входят методы электрических и нестационарных электромагнитных зондирований (ВЭЗ, ЗС). Измерения сосредоточены на нескольких участках эпицентральной зоны разрушительного Чуйского землетрясения. Событие произошло с магнитудой 7,3 и является наиболее сильным за период инструментальных сейсмологических наблюдений. Очаговая зона захватила территорию Чуйской и Курайской

впадин, Северо-Чуйского хребта. Измерения были начаты в 2004 г. сразу после события и продолжаются в настоящее время.

Общая цель работ методами геоэлектрики заключается в уточнении строения, а также изучении временных вариаций электропроводности и параметра электрической анизотропии, связанных с сейсмической активностью. На основе анализа вариаций электромагнитных параметров исследуются процессы консолидации геологического массива горных пород, подвергнутого сильному сейсмическому воздействию.

Следует отметить, что строение впадин Горного Алтая – Чуйской и Курайской – исследовалось методами геоэлектрики с контролируемым источником в несколько этапов. В 60-80-е годы прошлого века Алтайскими партиями на территории впадин был получен значительный объем данных (~2000 пунктов) методами ВЭЗ, ЗС. Работы были выполнены в период спокойной сейсмической обстановки. По этим данным оценены значения электрических параметров разреза до события.

Опыт работы в сейсмоактивных регионах показал, что для анализа материалов электромагнитного мониторинга и выявления закономерностей изменения электромагнитных характеристик, необходимы подробные сведения о строении площади исследования, особенно важны характеристики разломных нарушений, формирующие блоковую структуру межгорной впадины.

Несмотря на значительное количество имеющихся полевых данных, строение впадин изучено в разной мере, не до конца ясны некоторые структурные особенности. Каждый год выполняются новые измерения методами геоэлектрики для уточнения строения. Кроме того, существует целый ряд режимных пунктов, измерения в которых повторяются ежегодно различными методами электроразведки. Кроме установок с индуктивным возбуждением для нестационарных режимных зондирований были опробованы модификации метода с гальваническими и комбинированными установками. По данным этих установок возможно определение не только электропроводности разреза, но также параметра электрической анизотропии ( $\lambda$ ).

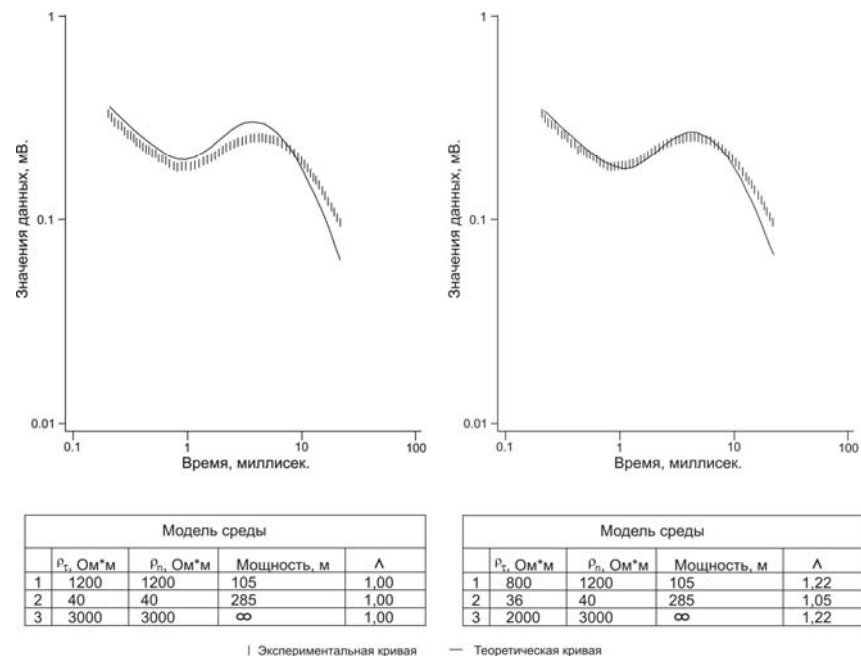
Интерпретация всех данных ЗС и ВЭЗ выполняется на основе решения обратной задачи для получения количественных оценок геоэлектрических параметров. По результатам интерпретации

выполнен анализ временных вариаций электропроводности. Кроме того, впервые для этого региона рассмотрены временные изменения параметра электрической анизотропии. Причем параметр  $\lambda$  был получен по данным электроразведки, как на постоянном, так и на переменном токе (Методы решения..., 2011).

Так, в рамках одной статьи невозможно рассмотреть все аспекты геоэлектрических исследований в Горном Алтае, остановимся на результатах мониторинга методом ЗС, выполненного с использованием установок АВ- $q$  и АВ-МN. В качестве генераторной конструкции использована заземленная линия АВ длиной 910 м, заземляющими электродами служили обсадные колонны самоизливающихся скважин. Для установки АВ –  $q$  приемный одновитковый контур был выбран квадратной формы со стороной 200 м; для установки АВ-МN заземленная приемная линия MN равна 200 м.

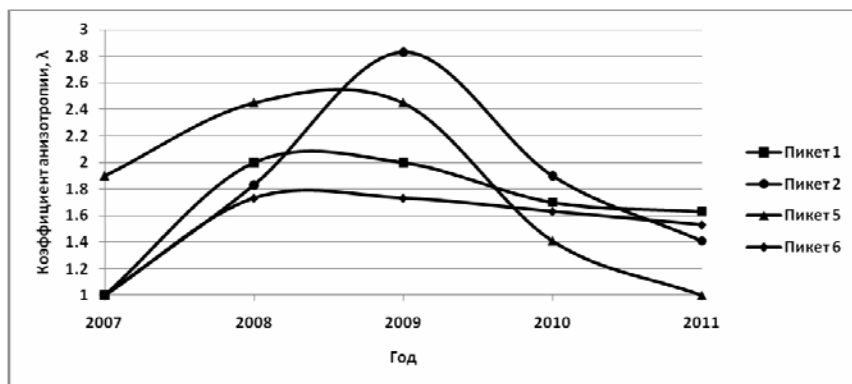
Данные установок АВ-МN обработаны с использованием новых программно-алгоритмических средств, реализованных в программе Rubai (Методы решения..., 2011). В процессе интерпретации была привлечена априорная геологическая, гидрологическая информация, данные по скважинам, а так же результаты индукционных ЗС. (Неведрова и др., 2001). Интерпретация данных с установкой АВ-МN проведена после того как определена геоэлектрическая модель участка исследования. На первом этапе интерпретация осуществлялась в программе Rubai с использованием изотропной модели, а затем была введена модель с анизотропией электропроводности (рис. 1).

Сравнение значений УЭС геоэлектрических моделей за разные годы показало, что геоэлектрические параметры до и после землетрясения существенно различаются, разрез в настоящее время стал более высокоомным. Это объясняется значительными гидрохимическими изменениями состава вод неоген-палеогенового комплекса после Чуйского землетрясения (Кац и др. 2006). По данным гидрогеологов в скважине с. Мухор-Тархата резко уменьшилась минерализация вод, что привело к повышению УЭС после сейсмического события.



**Рис. 1. Интерпретация данных ЗС З с установкой АВ-МN:**  
а – изотропная модель, б – анизотропная модель

Вариации коэффициента анизотропии в афтершоковый период Чуйского землетрясения существенно превышают величины вариаций УЭС. Вариации  $\lambda$  для верхнего и опорного горизонтов разреза достигают 100 и более процентов. Самые значимые изменения наблюдаются в зоне пикетов ЗС 5 и 6. По геолого-геофизическим данным в районе этих пикетов находится крупная разломная трещиноватая зона, что и объясняет столь существенные вариации  $\lambda$ . Наиболее вероятная причина анизотропии геологического массива в тектонической впадине связана с развитием трещиноватости в верхней части земной коры под воздействием происходящих сейсмических событий (Неведрова и др., 2011). Были построены графики зависимости величины коэффициента анизотропии от параметра, характеризующего текущую сейсмичность (рис. 2).



**Рис. 2. Зависимость значений коэффициента анизотропии от количества землетрясений**

Анализ сейсмологических данных за последнее десятилетие позволил установить, что афтершоковый процесс продолжается, и число землетрясений пока превышает фоновый уровень, наблюдавшийся до Чуйского события. В 2008-2009 гг. отмечается некоторое повышение сейсмической активности в эпицентральной зоне. Графики временных вариаций  $\lambda$  отражают изменения сейсмической активности.

Таким образом, в районе Горного Алтая впервые количественно оценен параметр электрической анизотропии по полевым данным нестационарных электромагнитных зондирований с заземленными установками (АВ-МН). На примерах обработки полевых данных наглядно показано, что параметр анизотропии можно использовать для характеристики напряженно-деформированного состояния геологического массива в зонах тектонических проявлений разрушительных землетрясений. Экспериментально доказано, что временные изменения электропроводности и  $\lambda$  характеризуют продолжающийся афтершоковый процесс, текущую сейсмичность.

Результаты получены на основе комплексной геолого-геофизической интерпретации полевых данных электромагнитных зондирований становлением поля. Интерпретация выполнена с помощью развитых программно-алгоритмических средств с ис-

пользованием численного решения прямых и обратных задач математической физики для анизотропных сред.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кац В.Е. Состояние подземных вод в Республике Алтай в период сейсмической активизации в Алтае-Саянском регионе / Основные проблемы охраны окружающей среды и благополучия человека в Сибирском Федеральном округе, перспективы их решения. Горно-Алтайск, 2006. С. 55-59.
2. Методы решения прямых и обратных задач сейсмологии, электромагнетизма и экспериментальные исследования в проблемах изучения геодинамических процессов в коре и верхней мантии Земли». Новосибирск. Изд-во СО РАН, 2011. С. 406.
3. Неведрова Н.Н., Эпов М.И., Антонов Е.Ю. Реконструкция глубинного строения Чуйской Впадины Горного Алтая по данным электромагнитных зондирований // Геология и геофизика, 2001. т. 42, № 9, с. 1399-1416.

## ТЕХНОЛОГИЯ МОНИТОРИНГА СИСТЕМЫ ГРУНТ – СООРУЖЕНИЕ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОЗМОЖНЫХ СЕЙСМОДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

*Низметов Г.М.*

*ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 121352, г. Москва, ул. Давыдовская, д. 7, тел.: 8-903-171-62-31, E-mail: tagirmaks@mail.ru.*

## MONITORING SYSTEMS TECHNOLOGY OF THE GROUND – CONSTRUCTION SYSTEM IN THE ZONE OF POSSIBLE IMPACT OF SEISMODYNAMIC LOADS

*The emergence of new digital measuring tools and computer technology allows you to organize an effective multi-channel measuring network for monitoring the condition of the soil-structure in terms of possible effects seysmodinamic loads of natural and manmade. Mechanical effects of seismic loads on the system of soil-structure is one of*

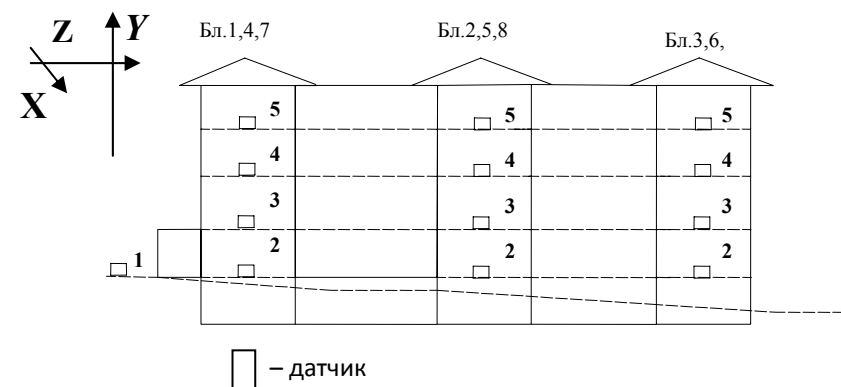
*the unexplored areas. The report describes the author's approach to creating technology for monitoring soil-structure system under the action of seysmodinamic loads for early warning of possible collapse of structures.*

Появление новых цифровых измерительных средств и вычислительных технологий позволяет организовать эффективные многоканальные измерительные сети по мониторингу за состоянием системы грунт-сооружение в условиях возможного воздействия сейсmodинамических нагрузок природного и техногенного характера. Механика воздействия сейсмических нагрузок на систему грунт-сооружение является одной из малоисследованных областей. В докладе излагается подход автора по созданию технологии мониторинга системы грунт-сооружение в условиях воздействия сейсmodинамических нагрузок для своевременного предупреждения возможного обрушения сооружений.

В СССР, помимо сети сейсмологических станций, существовала сеть сейсмометрических станций с помощью которых фиксировалось воздействие сейсмических нагрузок на сооружение и его основание. В настоящее время в России сейсмометрические системы, оставшиеся от Советского Союза, были утрачены по ряду организационных и технических причин. Основной технической причиной стала невозможность применения устаревшего оборудования, старая аппаратура в виде шлейфных аналоговых осциллографов не могла быть рационально использована в современных условиях. В то же время сейсмологические системы в современных условиях получили бурное развитие, оснастившись эффективными цифровыми станциями. Для выполнения задач по определению параметров землетрясений, сейсмологические станции, в отличие от сейсмометрических станций, должны быть удалены друг от друга. Технические параметры акселерометров, устанавливаемых на сейсμοстанциях, должны иметь частотный диапазон от 0,5 до 20 Гц и предназначаются только для своевременной засечки координат гипоцентров землетрясений и их мощности. Они не предназначены для мониторинга технического состояния системы грунт-сооружение. Система мониторинга грунт – сооружение должна включать минимум четыре рядом расположенных датчика: один датчик располагается на грунте рядом с сооружением, второй

в основании сооружения, третий в средней части сооружения, четвертый в верхней части сооружения. Частотные характеристики систем мониторинга грунт-сооружение должны иметь диапазон 0,1 -1000 Гц при чувствительности  $1B^*m/c^2$ . Задача системы мониторинга системы грунт-сооружение заключается не только в фиксации параметров воздействия сейсmodинамических нагрузок, но и в непрерывном определении технического состояния системы грунт-сооружение, его устойчивости и сейсмостойкости. Проведенные под научным руководством автора исследования в условиях реального воздействия динамических и сейсмических нагрузок с применением многоканальных сетей дают основание заключить, что можно создать мониторинговые технологии, обеспечивающие своевременное предупреждение диспетчерских систем о техническом состоянии систем грунт-сооружение, их устойчивости и сейсмостойкости.

Для определения динамических параметров здания и грунта и его сейсмостойкости применялся мобильный диагностический комплекс «Струна-3М».



**Рис. 1. Пример схемы расстановки датчиков в корпусе В-2 (бл. 1-9) казармы финансовой полиции в Республике Италия в эпицентральной зоне катастрофического землетрясения в г. Ак-Вила провинции Аbruццо, Италия**

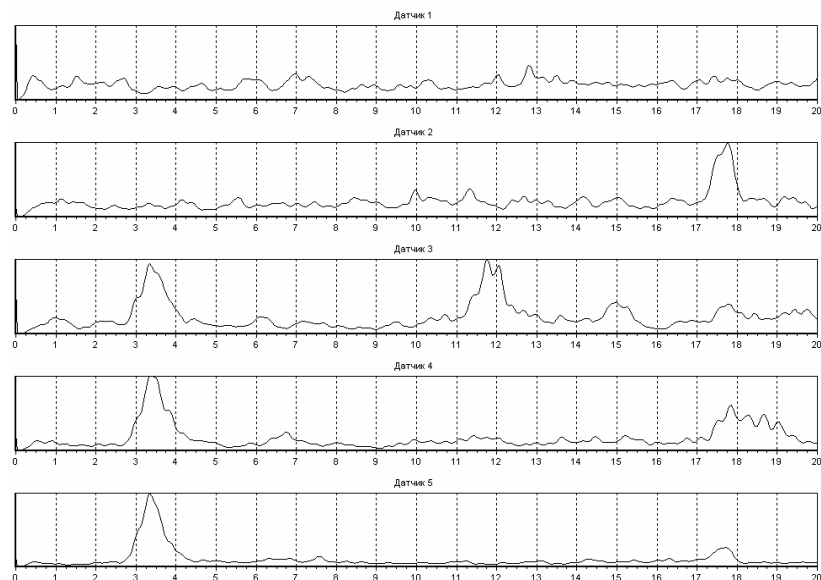


Рис. 2. Пример спектра собственных колебаний 1 блока здания по оси Y

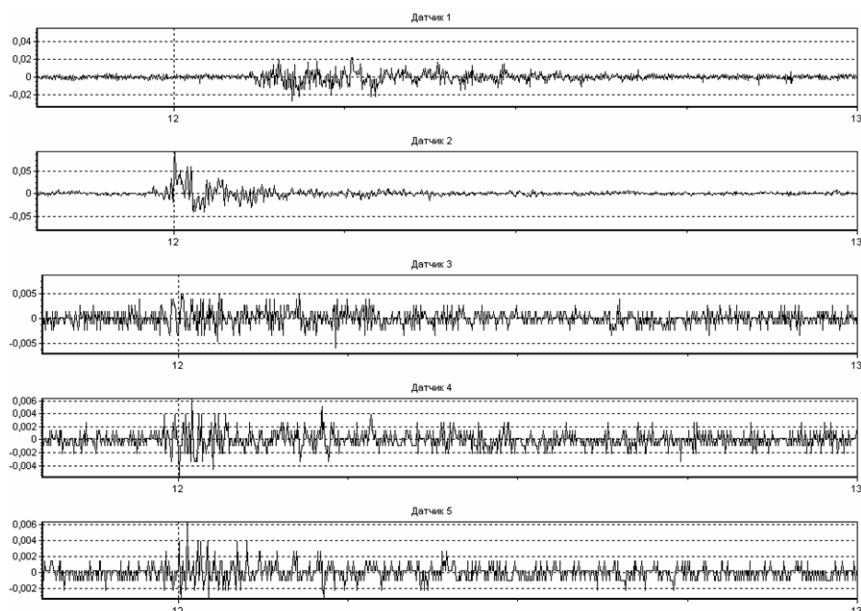


Рис. 3. Пример синхронной записи ускорений по оси X, возникающих в грунтовом массиве и блоке 1 от землетрясения небольшой мощности

В рассматриваемом примере первый датчик располагается на грунте остальные датчики в блоках казарм по четырем этажам по высоте друг под другом.

При динамических испытаниях системы грунт-здание записывались сейсмические воздействия от очаговой зоны катастрофического землетрясения.

Для регистрации сейсмоимпульсов использовался многоканальный сейсмоизмерительный комплекс «Струна-3М» с пятью трёхкомпонентными датчиками ускорений.

Первый датчик устанавливался на грунте, остальные по вертикали по этажам здания в соответствии со схемой испытаний см. рис. 1.

Дефицит жёсткости по осям X и Y блоков здания определялся путём сравнения расчётных и экспериментальных данных периодов собственных колебаний блоков по первому тону:

$$\Delta X \% 1 = \frac{T_{1X1} - [T_{1X}]_1}{[T_{1X}]_1} \cdot 100\% \quad (1)$$

$$\Delta Y \% 1 = \frac{T_{1Y1} - [T_{1Y}]_1}{T_{1Y1}} \cdot 100\% \quad (2)$$

Оценка сейсмостойкости блоков зданий выполнялась по разработанной автором расчётно-экспериментальной методике, учитывающей снижение жесткости на основе сравнения расчётных и экспериментальных значений периодов собственных колебаний сооружений и колебаний грунтового массива в основании сооружений. [2]

По результатам динамических испытаний и данным международных сейсмических шкал в рассмотренном примере здание обеспечивает сейсмостойкость до 0,241-0,48g.

Преобладающий период собственных колебаний грунтового массива в основании здания составляет 0,08-0,18 с, максимальный период собственных колебаний блоков составляет 0,42 с, отношение периодов колебаний грунта и блоков составляет 2,3 раза, что не приводит к эффекту резонанса при сейсмическом воздействии.

По результатам расчетов на ГИС «Экстремум» сейсмическое ускорение в основании здания от воздействия основного толчка составляло 0,18 g. По результатам геофизических исследований максимальное ускорение может составлять (0,3-0,4)g [1].

В целом рассматриваемое здание обладает сейсмостойкостью не ниже 0,48g при требуемых 0,4g, запас сейсмостойкости составляет 0,08g.

Таким образом, разработанная технология может найти применение не только для диагностики степени износа, дефицита жесткости зданий и сооружений, но и для мониторинга устойчивости и сейсмостойкости сооружений, включая грунтовый массив в их основании.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шахраманьян М.А., Ларионов В.И., Нигметов Г.М., Николаев А.В., Суцев С.П., Угаров А.Н., Козлов М.А., Фролова Н.И. Глобальная (мировая) географическая информационная система «экстремум» для принятия решений по управлению рисками и оперативному реагированию. В сборнике: 25 лет – от идей до технологий Сборник научно-технических трудов. Москва, 2001. С. 87-101.

2. Нигметов Г.М., Чубаков М.Ж. Проблемы мониторинга зданий и сооружений. Научно-технический журнал «Сейсмостойкое строительство Безопасность сооружений», № 4, 2011, с. 51-55.

#### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗРУШИТЕЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ С УЧЕТОМ МНОГОКРАТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СЕЙСМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

*Нигметов Г.М., Салтыкова О.М.*

ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 121352, г. Москва, ул. Давыдовская, д.7,  
тел.: 8-903-171-62-31, E-mail: [tagirmaks@mail.ru](mailto:tagirmaks@mail.ru),  
[olga-saltykova@inbox.ru](mailto:olga-saltykova@inbox.ru).

#### FORECASTING THE EFFECTS OF DESTRUCTIVE EARTHQUAKES IN VIEW OF REPEATED SEISMIC LOADS

*The first models on forecasting of consequences of the earthquakes, created in V.V. Kujbyshev Military-engineering academy by Larionov V.I., Sushchev S.P., Nigmatov G.M. and other authors, in connection with occurrence of new types of buildings and constructions, change of macroseismic scales, occurrence of new scientific and experimental data in the field of an estimation of individual seismic risk demand development of models of influence of seismic loading, defeat laws and destruction laws.*

Модель по прогнозированию последствий разрушительных землетрясений, получившая практическое применение в МЧС России, была разработана в военно-инженерной академии им. В.В. Куйбышева Ларионовым В.И., Суцевым С.П., Нигметовым Г.М. и другими авторами в начале 90-х годов. Основу модели составляют, полученные авторами, вероятностные законы поражения зданий и сооружений и людей, находящихся в них. В модели рассматриваются здания, учитываемые в сейсмических шкалах MSK-64, MMSK-86 и MM-31. Однако в связи с появлением новых типов зданий и сооружений, изменением макросейсмических шкал, появлением новых представлений о механизме сейсмического воздействия и сейсмической уязвимости требуется разработка новой модели по оценке последствий разрушительных землетрясений. [1]

Статистика катастроф показывает, что ежегодно на планете происходит до миллиона сейсмических толчков, при этом наносится огромный материальный ущерб в результате катастрофических обрушений зданий и сооружений, уносятся десятки тысяч человеческих жизней, навевая страх незащитности перед природной стихией.

Можно значительно сократить человеческие потери, если иметь в первые минуты после землетрясения данные о возможных последствиях катастрофического землетрясения. Впервые задача по оценке последствий катастрофических землетрясений была решена Российскими специалистами. В основу модели был положен вероятностный алгоритм, учитывающий связь между сейсмиче-



Турции. Координаты эпицентра: 38.86 градуса северной широты, 43.48 градуса восточной долготы. Глубина 10 км. По данным сейсмологов, эпицентр землетрясения находился на глубине 10 км и в 42 км к северу от населенного пункта Ван.

#### **Землетрясение в Турции (сильные повторные толчки)**

После главного сейсмического толчка последовала серия афтершоков:

23 октября 2011 года на юго-востоке Турции регистрируются сильные повторные толчки:

В 10 часов 56 минут (по Гринвичу) координаты эпицентра: 38.75 градуса северной широты, 43.41 градуса восточной долготы. Магнитуда  $M_b=5.9$ . Глубина 20 км.

В 11 часов 32 минуты (по Гринвичу) координаты эпицентра: 38.82 градуса северной широты, 43.33 градуса восточной долготы. Магнитуда  $M_b=5.9$ . Глубина 20 км.

В 20 часов 45 минут (по Гринвичу) координаты эпицентра: 38.64 градуса северной широты, 43.22 градуса восточной долготы. Магнитуда  $M_b=6.2$ . Глубина 15 км.



**Рис. 2. Рухнувшее 7-ми этажное здание в г. Ван**

24 октября произошло повторное землетрясение в Турции – Очаг землетрясения располагался на глубине 9,8 километров. Расстояние от эпицентра землетрясения до города Ван составляет 20

километров. По данным турецких сейсмологов, магнитуда подземных толчков равна 7,2. Вследствие, повторного землетрясения большое количество зданий было разрушено.

Сейсмические толчки ощущались и в соседних странах – в Грузии, Иране и Армении.

В результате Землетрясения погибли около 600 человек, ранения получили свыше 4 тыс. В результате удара стихии было разрушено 2262 здания.

Разработка динамической вероятностной модели, учитывающей механику накопления повреждений в зданиях и сооружениях при многократном воздействии разрушительных землетрясений, позволит повысить точность расчетов по прогнозированию последствий разрушительных землетрясений и более эффективно выполнять планирование предупредительных и спасательных операций.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Шахраманьян М.А., Ларионов В.И., Нигметов Г.М., Николаев А.В., Суцев С.П., Угаров А.Н., Козлов М.А., Фролова Н.И. Глобальная (мировая) географическая информационная система «экстремум» для принятия решений по управлению рисками и оперативному реагированию. В сб.: 25 лет – от идей до технологий Сборник научно-технических трудов. Москва, 2001. С. 87-101.

2. Sushchev S., Larionov V., Frolova N. Seismic risk assessment and management with extremum system application. В сб.: Проблемы защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций XV международная научно-практическая конференция. Материалы конференции. 18-20 мая 2010 года, Москва, Россия. МЧС России, 2010; ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2010. Москва, 2010. С. 327-346

## ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

*Николаев А.В., \* Башилов И.П., \* Keh-Jian Shou, \*\*  
Свалова В.Б., \*\*\* Манукин А.Б., \* Зубко Ю.Н. \*\*\*\**

*\*Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Россия  
\*\*Национальный Университет Чанг – Хсинг, Тайчунг, Тайвань  
\*\*\*Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Уланский пер., 13, Москва, Россия, 607-47-26, 623-18-86, inter@geoenv.ru  
\*\*\*\*ФГУП ОКБ Океанологической техники РАН, Россия*

### GEOPHYSICAL MONITORING OF NATURAL HAZARDS

*The concept of geophysical monitoring and geophysical devices for environmental monitoring are elaborated.*

Развитие экспериментальной геофизики неразрывно связано с совершенствованием существующего и созданием нового приборно-методического обеспечения, в первую очередь, для работ в «поле», на инженерных сооружениях, в труднодоступных местах, включая работы на шельфе. Особенно это касается сейсмической аппаратуры для исследований и контроля в выбранных местах характеристик микросейсмического волнового поля для решения целого ряда задач.

Сейсмо-деформационные измерения, которые должны вестись на экологически опасных объектах с целью прогноза развития аномальных процессов и возможных катастрофических событий, делятся на деформационные и сейсмические. Существенно различающийся частотный диапазон таких измерений определяет качественное отличие инструментов и технических требований, предъявляемых к ним.

Проведение сейсмических измерений на сооружениях позволяет выявить изменение некоторых динамических характеристик самого сооружения, в первую очередь, выявить вариации собственных частот его частей, что может свидетельствовать об изменении механических параметров и образовании дефектов.

Объекты, которые принято называть экологически опасными – широко известны. К ним относятся дамбы, высотные плоти-

ны, химические предприятия, атомные электростанции, захоронения высокоактивных отходов и т.д. Причиной процессов, приводящих к катастрофической ситуации на том или ином объекте, могут быть тектонические процессы в земной коре, проявляющиеся в подвижках по активным разломам, карстовые явления, оползневые эффекты и техногенная деятельность. Увеличение нагрузок на грунт, значительные вибрационные воздействия, нарушение гидрогеологического режима и т.п. могут существенно ускорить перечисленные выше естественные природные процессы.

Вариации метеопараметров (атмосферного давления, температуры, величины осадков и т.д.) могут являться “спусковым крючком” начала ощутимых деформаций в сооружениях, а также неким зондирующим сигналом, отклик на который позволяет выявить наиболее уязвимые, ослабленные, потенциально опасные зоны в земной коре и сооружениях, ненаблюдаемые визуально. В случае активизации деформационных процессов, именно по этим зонам могут начаться разрушительные явления. Именно в районе этих зон и необходимо устанавливать геофизическую аппаратуру для постоянного наблюдения – мониторинга деформационных процессов.

Научно-исследовательские и конструкторские работы, проводившиеся в нашей стране, были ориентированы в основном на создание систем, не учитывающих специфику контроля за состоянием целостности инженерных сооружений. Это ставит новые технические требования к системе геофизического мониторинга, разработке комплекса фундаментальных и прикладных проблем, модификации существующих аппаратных средств.

Работа посвящена двум основным задачам: разработке концепции геофизического мониторинга и предложению состава аппаратного комплекса для проведения долговременных наблюдений.

С помощью сейсмической части системы сейсмо-деформационного мониторинга решается несколько задач.

1. Измерение вариаций уровня сейсмической активности региона, в котором находится объект.

2. Использование данных сейсмических датчиков для экстренного выключения важнейших систем объекта при превышении сейсмическим сигналом заданного порогового значения.

3. Использование информации о вступлении Р-волны от мощного землетрясения для своевременного выключения ответственных систем объекта перед приходом разрушительной S – волны.

4. Использование данных о вариациях спектра регистрируемых сейсмометрами сигналов для получения косвенной информации об изменении собственных механических частот конструкций объекта, которые могли произойти при развитии аномальных, в том числе и деформационных, процессов, приводящих к нарушениям их целостности.

Эффективным средством для измерений микросейсмического волнового поля на объекте может служить портативный сейсмометр с трехканальной сейсмической станцией с цифровой регистрацией, разработанный совместно ИФЗ РАН, ИДГ РАН и ОКБ Океанологической техники РАН [1,2].

Специфика проведения этих работ предъявляет определенные требования к эксплуатационным характеристикам сейсмометров. Сейсмометр должен быть цифровым, компактным, удобным и надёжным в эксплуатации, с простыми процедурами установки, запуска на регистрацию, последующего съёма полученных данных, и соответствовать современным требованиям к метрологическим характеристикам.

С учётом этих требований был разработан портативный цифровой сейсмометр (ПЦС) [2], и изготовлены его макет для работ на шельфе и наземный опытный образец, пригодные, в том числе, и для мониторинга ядерных испытаний, как дополнительные средства оперативного контроля.

Макет сейсмометра, предназначенного для донных исследований, состоит из контейнера сейсмоприёмника СМ-5ДВ, куда размещены плата фильтра и плата регистратора, конструктивно закреплённые на одном шасси, а также отдельной аккумуляторной батареи. Макет имеет USB разъём для подключения к компьютеру и разъём RS-232 для подключения приёмника GPS, а также разъём аналогового сигнала и питания сейсмоприёмника СМ-5ДВ, выведенный через фланец шасси.

Использование контейнера от сейсмоприёмника СМ-3КВ обеспечивает возможность наземного применения разработанного сейсмометра.

Основные технические решения сейсмометра прошли комплекс исследований и испытаний, включая сравнительные испытания совместно с контрольными станцией «Экспресс-4», длинно-периодным датчиком СМ-5МП и короткопериодным датчиком СМ-6П. Регистрация колебаний, принимаемых контрольными датчиками, производилась по двум каналам станции «Экспресс-4», а регистрация колебаний сейсмоприёмника СМ-5Д, входящего в состав ПЦС, производилась одновременно регистратором разработанного сейсмометра и одним из каналов станции «Экспресс-4». Данные испытания проводились на постаменте ИДГ РАН.

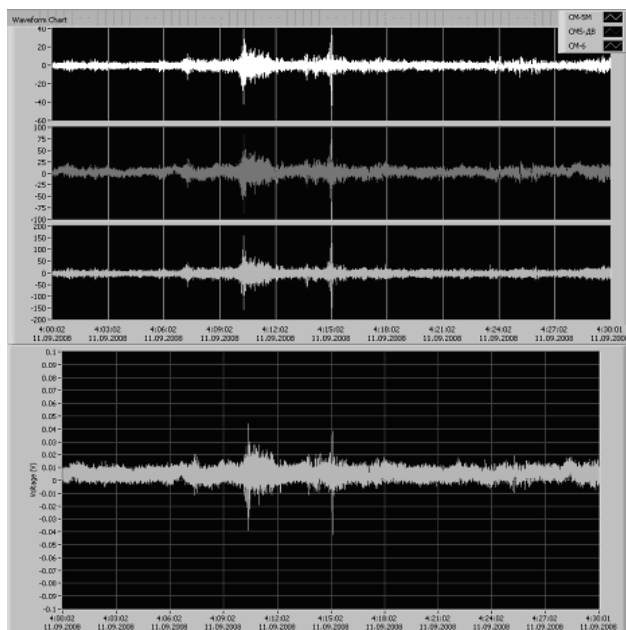
Записи сейсмических сигналов сейсмоприёмника СМ-5ДВ, сделанные регистратором разработанного сейсмометра и станцией «Экспресс-4», идентичны.

Это хорошо видно на примере сейсмограмм землетрясения магнитудой 5,5 mb, произошедшего во время испытаний 11.09.2008 на о. Хоккайдо (Япония) в 4:32:45 по Московскому времени на глубине 10 км. Рисунок 1 соответствует вступлению землетрясения, а рисунок 2 – мощной поверхностной волне, дошедшей до Москвы примерно через полчаса после толчков в эпицентре. Три верхние сейсмограммы на обоих рисунках записаны станцией «Экспресс-4», а нижняя – регистратором ПЦС.

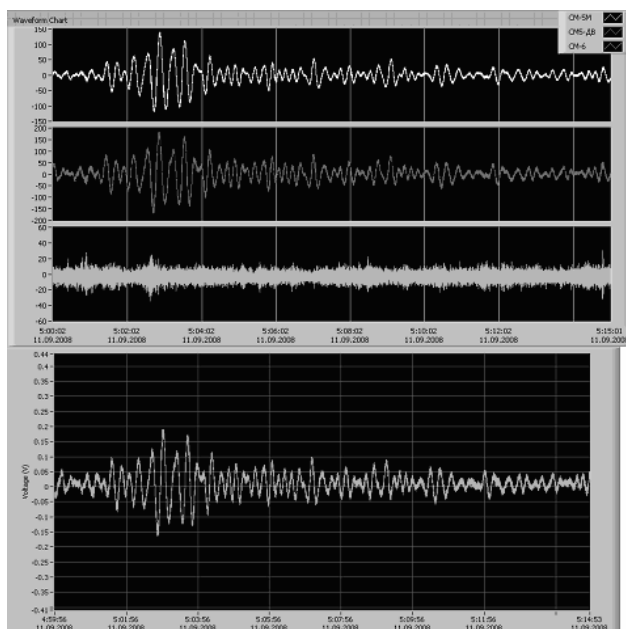
Записанные сейсмограммы датчика сейсмометра хорошо согласуются с аналогичными записями контрольных сейсмоприёмников СМ-6П и СМ-5МП с учётом рабочих диапазонов частот последних. Так, вступление землетрясения (рисунок 1) с частотой колебаний ~1 Гц и выше всеми тремя датчиками записано одинаково, а поверхностная волна (рисунок 2) с периодом ~20 с записана только каналами с широкополосными сейсмоприёмниками СМ-5МП и СМ-5ДВ.

Проведённый комплекс испытаний ПЦС показал, что он является работоспособным и удовлетворяет большинству технических требований, предъявляемых к таким устройствам, обеспечивая при этом максимальную простоту и удобство в эксплуатации в полевых условиях.

Технические решения, заложенные в ПЦС, получили своё развитие при создании трёхканальной портативной цифровой сейсмической станции (ПЦСС).



**Рис. 1. Записи сейсмограмм вступления землетрясения станции «Экспресс-4» и регистратора ПЦС**



**Рис. 2. Записи сейсмограмм землетрясения станции «Экспресс-4» и регистратора ПЦС**

Станция комплектуется широкополосными 100 секундными датчиками СМ-3Е, хотя ничто не препятствует использованию совместно с ней любых других сейсмоприёмников, в т.ч. и импортных.

ПЦСС может работать как в автономном режиме с записью данных во внутреннюю флэш-память, так и с передачей данных по кабелю в реальном масштабе времени. Связь с компьютером при этом может осуществляться по любому из интерфейсов: RS-232, RS-485, USB или Ethernet. Настройка режимов работы производится с компьютера также по любому из перечисленных выше интерфейсов. Все настройки сохраняются во внутренней памяти станции, поэтому при установке станции на объекте достаточно только включить питание. Это обеспечивает возможность работы с ней низкоквалифицированного персонала.

Таким образом, разработана концепция геофизического мониторинга и комплект аппаратуры для проведения долговременных наблюдений за экологически опасными объектами и опасными природными процессами.

Разработаны и созданы опытные образцы портативного сейсмометра и трёхканальной сейсмической станции с цифровой регистрацией для работ в «поле», в труднодоступных местах, а также макет портативного сейсмометра для донных исследований. Проведены всесторонние испытания технических решений, использованных в разработанной аппаратуре. В результате испытаний подтверждена работоспособность сейсмометра и сейсмостанции, и определены их основные технические характеристики.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Башилов И.П., Волосов С.Г., Зубко Ю.Н., Королёв С.А., Солдатенков А.М. Приборы для исследований микросейсмического волнового поля в геосистемах // Триггерные эффекты в геосистемах. – М.: ГЕОС, 2010. – С. 249-255.
2. Башилов И.П., Волосов С.Г., Зубко Ю.Н., Королёв С.А., Николаев А.В. Автономный портативный сейсмоприёмник с цифровой регистрацией для сейсмологических исследований // Вестник НЯЦ РК. – Курчатов: НЯЦ РК, 2009. – Вып. 3 (39). – С. 29-32.

## ТЕХНОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ОТКАЧКОЙ ГАЗА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ДРЕВНИХ ПОГРЕБЕННЫХ СУТУРНЫХ ЗОН

Нуртаев Б.С.

Институт геологии и геофизики АНРУз, Ташкент,  
тел. (99871)2626515, (99871)2626381, e-mail:nurtaevb@mail.ru

## TECHNOGENIC IMPACTS, CONNECTED WITH GAS WITHDRAWAL IN ZONE OF INFLUENCE OF ANCIENT BURIED SUTURE ZONES

*The severe earthquakes  $5.3 < M < 7.3$ , which occurred in regions, which thought before as stable areas in Uzbekistan, Turkmenistan, Russia testify possible influence of engineering activity of man on isostatic and hydrodynamic conditions of Earth crust even in the stable continental areas, redistribution of acting tectonic forces. Sometimes there was no clear relationship between the location of the earthquake hypocenters and any previously known active tectonic structures. Intersections of ancient suture zones with transform faults may be appropriate places for hydrocarbon accumulation and also for strong earthquakes occurrence.*

Многолетними наблюдениями ученых было обнаружено, что деятельность человека может способствовать возрастанию геодинамической и сейсмической активности. По различным данным сейчас в мире насчитывается более 40 случаев, когда разработка месторождений углеводородов (УВ) привела к ощутимому изменению режима района работ.

Газонефтяные месторождения Узбекистана расположены в пределах тектонических зон, сейсмический потенциал которых оценивается интенсивностью возможных землетрясений  $M \geq 6.0$ . Вопросы обеспечения сейсмической безопасности этих объектов основаны на оценке уровня сеймотектонического потенциала сейсмогенерирующих разломов, изучением закономерностей хода геодинамических процессов, выявлением характера влияния на эти процессы режима добычи УВ.

В районе Газли в спокойной сейсмической зоне произошла серия сильных землетрясений  $M \geq 7$ ,  $I_0 \geq 9$  баллов: два в 1976 г. и одно в 1984 г. По историческим и инструментальным данным (карта общего сейсмического районирования ОСР-68) район Газли относился к слабо сейсмичной – 6 балльной зоне [1].

Для оценки уровня сеймотектонического потенциала нами проводились полевые работы в районе месторождения Газли в 1991 г. с использованием 18 цифровых станций [2].

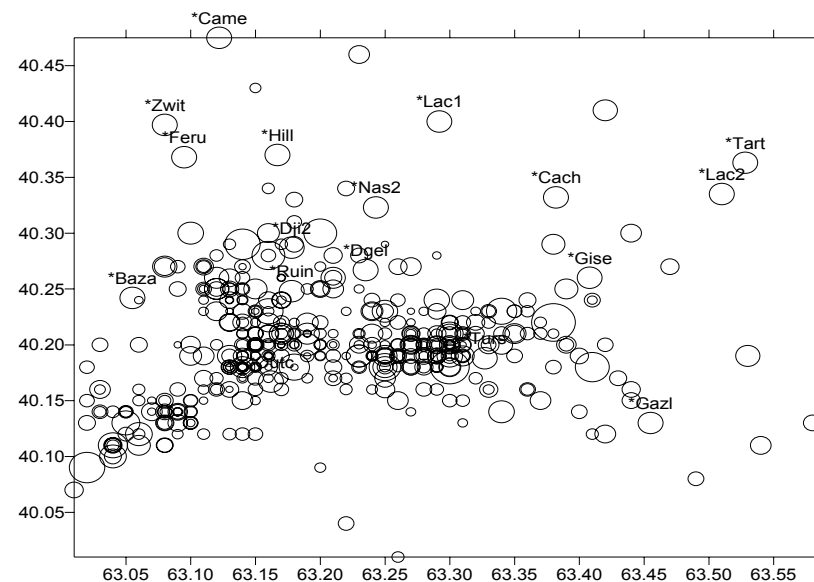


Рис. Карта эпицентров землетрясений, зарегистрированных за период наблюдений в районе месторождения Газли

Всего за период полевых работ (май-июнь) было зарегистрировано 650 событий с  $0.1 < M < 4.3$ . На карте показаны эпицентры 301 землетрясения, отобранных по следующим критериям:

- событие зарегистрировано не менее чем 6 станциями;
- среднеквадратичное отклонение локализации события не более 0.3с.

Целью проведения полевых работ было изучение природы и механизма проявления сейсмической неустойчивости в районах

газо-нефтедобычи. Детальное изучение механизма проявления сейсмогеодинамического процесса и особенностей снятия остаточных напряжений во времени в очаговых зонах Газлийских землетрясений, позволили получить дополнительные данные о техногенной природе этих аномальных событий.

О том, что эти события имеют техногенный характер, свидетельствуют следующие факторы:

1. Аномальный период повторяемости землетрясений интенсивностью  $M \geq 7$  в одном и том же районе;

2. Оси напряжений при этих толчках радиально распределены по отношению к купольной газовой структуре и отличаются от регионального – северо-западного направления. Такая необычная ориентация их свидетельствует о наличии зоны локальной аномалии напряжений;

3. Эпицентры основных землетрясений и их афтершоков расположены в нескольких километрах от месторождения и непосредственно под структурой: удаленность очагов трех основных толчков апрель и май 1976 и 1984 г.г. от месторождения равна соответственно 18 км, 10 км и 7 км. Это определяет размер зоны влияния деформации коллектора;

4. Время возникновения первого толчка (1976 г.) совпало с падением пластового давления на 50% от его первоначального значения (один из признаков индуцированной природы землетрясения);

5. Установлена корреляционная зависимость между режимом разработки месторождения и параметрами сейсмического режима. Это позволяет предполагать, что площадь возможной техногенной сейсмической активности значительно больше, чем площадь продуктивной структуры.

Расчет значений сеймотектонических деформаций для площади Газлийской структуры выявил наличие субвертикального блока однородного по типу деформаций, с высоким уровнем сейсмичности, низким значением вязкости пород фундамента, который интерпретирован нами как глубинный канал для продвижения флюидов [6]. Характерными чертами рассмотренного столбообразного сейсмогенного тела является его изометричность в плане, субвертикальная ориентировка и независимость от сеймотекто-

нической структуры региона, а также ярко выраженное состояние субвертикального удлинения его нижней части.

Подобные столбообразные сейсмогенные тела отмечены были также по афтершокам Дагестанского землетрясения 14 мая 1970 г. и Нефтегорского землетрясения 27 мая 1995 г. [5]. Они также отмечаются и в верхней мантии. В литературе подобные скопления сейсмических событий получили название сейсмофокальных зон особого, «гнездового» типа [7].

Нами были также проанализированы и обобщены в едином формате ГИС материалы сейсмической томографии, глубинного сейсмического зондирования, грави- и магниторазведки [3]. По комплексу геофизических данных прослежена система региональных разломов, как в открытых, так и в закрытых частях территории. Уточнено положение разломов север-северо-западного (каледонского) и субширотного (герцинского) простирания. Подтверждено и уточнено положение и простирание тектонических нарушений (трансформных разломов) северо-восточного (поперечно-тяньшанского) направления.

Согласно этим данным, Бухаро – Гиссарский разлом, в зоне влияния которого находится структура Газли, является фрагментом древней погребенной сутуры, разделяющей окраину древнего Каракумо – Таджикского континента от складчатых сооружений палеозойского Южного Тянь-Шаня. Древние погребенные сутуры образуют ослабленные зоны в литосфере внутренних частей континентов, и вдоль них нередко происходит разрядка внутриплитных напряжений и возникают разного рода дислокации. Сутуры – это важнейшие элементы строения не только подвижных поясов, но и континентов в целом, и с их выделения должно начинаться тектоническое районирование при составлении тектонических карт. В строении складчатых поясов и образующихся на их месте платформ, точнее их фундамента, сохранились следы трансформных разломов, существовавших на доорогенном этапе их развития. Одна из таких поперечных зон и пересекает Бухаро – Гиссарский разлом около структуры Газли. В местах пересечения разломов формируются зоны повышенной проницаемости, служащие каналами для дегазации недр и разгрузки флюидов Пересечения этих зон или каналов со структурами земной коры различной литологии

и геохимического состава могут стать благоприятным местом для концентрации углеводородов.

До возникновения в 1976 и 1984 гг. Газлийских землетрясений на северо-западном продолжении Бухаро – Гиссарского разлома, местоположение очагов двух Каратагских 1907 г. землетрясений в отрогах Гиссарского хребта с  $M=7.4$  и  $7.3$ . представлялось западной границей между сейсмоактивным орогеном и практически асейсмичной Туранской плитой.

Установленный характер проявления сейсмической нестабильности в районах разрабатываемых газонефтяных месторождений, был использован нами при оценке сейсмического риска в районе газоконденсатного месторождения Шуртан. В 1997 г. на основании разработанной методики, нами был дан прогноз параметров возможного техногенного землетрясения в результате разработки месторождения [4]. В конце 1999 г. северо-восточнее Шуртанской структуры вблизи п. Камаши, произошел сильный толчок  $M = 5.0$ , положивший начало высокомагнитудной  $M \geq 5.0$  серии землетрясений в 2000-2001 гг.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Газлийские землетрясения 1976 и 1984 гг. – Ташкент: Изд-во Фан Уз. ССР, 1986. – 328 с.
2. Нуртаев Б.С., Плотникова Л.М., Амores Д., Грассо Ж.Р., Босси Р. Системная идентификация кинематических и динамических параметров очагов Газлийских землетрясений 1976 и 1984 гг. – УГЖ, 1998. – № 2. – С. 11-18.
3. Нуртаев Б.С. Сейсмический мониторинг для изучения геодинамики региона по данным сейсмотомографии на примере Западного Узбекистана // Проблемы сейсмологии в Узбекистане. – 2006. – № 3. – С. 32-36.
4. Плотникова Л.М., Нуртаев Б.С., Фленова М.Г. К вопросу о механизме техногенных землетрясений (в свете снижения сейсмического риска для промышленных объектов) // Геология и минеральные ресурсы. – 1999. – № 1. – С. 54-58.
5. Шевченко В.И., Арефьев С.С., Лукк А.А. Близвертикальные скопления очагов землетрясений, не связанные с тектонической структурой земной коры // Физика Земли. – 2011. – № 4. – С. 16-38.

6. Plotnikova L.M., Nurtaev B.S., Grasso J.R, Matasova L.M., Bossu R. The character and extent of seismic deformation in the focal zone of Gazli earthquakes of 1976 and 1984, *M>7*. Pageoph, vol.147, 1996, N2,pp.377-387.

7. Zarifi Z., Havskov J. Characteristics of dense nests of deep and intermediate-depth seismicity. *Advances in geophysics*.2003. V.46.p.237-276.

#### ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ МЕЛИОРАЦИИ ЮЖНЫХ РЕГИОНОВ МОЛДОВЫ

*Олянский Ю.И., Чарыкова С.А.*

*Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, Волгоград, тел. (8442)974833, e-mail: [info@vgasu.ru](mailto:info@vgasu.ru)*

#### ENGINEERING-GEOLOGICAL PROBLEMS OF MELIORATION OF THE SOUTHERN REGIONS OF MOLDOVA

*On the example of Moldova characterized geoenvironmental and geotechnical problems of area covered by loess rocks. The measures to combat subsidence in the melioration sites.*

На примере Молдовы охарактеризованы геоэкологические и инженерно-геологические проблемы гидромелиорации территорий, сложенных лессовыми породами. Предлагаются мероприятия по борьбе с просадочностью на объектах гидромелиорации.

В южной зоне Молдовы, тяготеющей к территории между реками Прут и Ялпуг, проектирование гидромелиоративного строительства сопряжено с решением целого комплекса проблем, обусловленных инженерной деятельностью и реакцией на неё геологической среды. Деятельность человека в возрастающих масштабах становится геологическим фактором, многократно усиливающим интенсивность природных процессов. Она может способствовать активизации неблагоприятных инженерно-геологических процессов, уже имеющих развитие на данной территории или вызвать появление других процессов, ранее здесь не наблюдавшихся.

Южная зона республики характеризуется сложными инженерно-геологическими условиями, заключающимися, в частности, в широком распространении просадочных лессовых грунтов и высокой сейсмичностью – 8 баллов. Строительство оросительных систем на просадочных лессовых грунтах такого типа неизбежно сталкивается с деформациями конструкций, что влечет за собой создание аварийных ситуаций, а часто и разрушение сооружений. За первые 5 лет эксплуатации на просадочных лессовых грунтах разрушается 8,4-10,4 % сооружений, требует профилактического ремонта 27-34 % сооружений. Стоимость водохозяйственного строительства и освоение одного гектара земель в 1,97-2,20 раза выше, чем на обычных непросадочных грунтах. Продолжительность строительства оросительных систем на таких грунтах на 20-80 % больше, чем в обычных условиях. Затраты на ремонтно-восстановительные работы составляют только часть от величины ущерба, который наносится при мелиоративном освоении лессовых территорий. При общей стоимости объекта 760-940 у.е. прямой ущерб составляет 230-290 у.е., с учетом косвенного ущерба эта сумма значительно выше. Все эти данные приведены для несейсмических районов Средней Азии и Предкавказья. В условиях Южной Молдовы, относящейся к зоне высокой сейсмичности и характеризующейся распространением мощных толщ лессовых просадочных пород, общий ущерб может быть несравненно больше.

В связи с вышеизложенным, в настоящей статье мы стремимся очертить основной круг инженерно-геологических проблем, которые неизбежно придется решать ученым, изыскателям, проектировщикам и строителям, решающим вопросы мелиорации и водоснабжения южных районов республики.

Территория междуречья Прут-Ялпуг расположена в регионе, испытывавшем опускание на протяжении всего четвертичного периода. За это время здесь произошло накопление мощных толщ континентальных отложений, состоящих, в основном, из песка и пыли, и носящих название «лессовые породы». В настоящее время мощность этих пород на водоразделах достигает 40-60 м., уменьшаясь вниз по склону. Характерной особенностью этих пород являются их строительные свойства. В состоянии природной (невысокой) влажности они служат хорошим основанием для всех ин-

женерных сооружений и обладают высокой несущей способностью (0,5-0,4 МПа). Однако достаточно увеличить их влажность на 3-4 %, как эти грунты резко ухудшают свои свойства. Несущая способность их снижается в 2-3 раза, начинаются деформации сооружений.

Важнейшими особенностями воздействия гидромелиоративного строительства на геологическую среду является обязательное и весьма значительное изменение режима влажности пород в зоне аэрации; интенсивная фильтрация воды под ирригационными каналами и орошаемыми полями, приводящая к фильтрационному выщелачиванию пород; повышенная интенсивность проявления инженерно-геологических процессов, таких как просадки, суффозия, активизация оползней, обвалы, поверхностная эрозия. Просадки инженерных сооружений (насосных станций, водоводов и каналов), а так же на полях орошения причиняют значительный ущерб, удорожают и удлиняют освоение земель, требуют средств и времени на ликвидацию их последствий. Конструкция оросительной сети, варианты водоподачи, места размещения насосных станций и др., время и затраты на освоение, сохранение земельного фонда, экономический эффект от ввода земель зависят от качества прогноза просадок и эффективности мер по борьбе с ними.

В связи с этим, особое внимание в начальной стадии проектирования должно быть уделено изучению условий залегания, распространения и свойствам лессовых просадочных грунтов. Опыт исследований свидетельствует о том, что пространственная изменчивость просадочности может быть в достаточной мере охарактеризована посредством составления специальных прогнозных карт. Наиболее приемлемый масштаб таких карт 1:100 000. Основным картируемым элементом должна быть просадочная толща, а именно: мощность и возможная просадка её при замачивании. Предлагается следующая градация: до 5м., просадка отсутствует; 5-10 м, просадка до 5 см.; 10-20 м, просадка 5-10 см.; 10-20 м., просадка 10-50 см; более 20 м., просадка 10-50 см.; более 20 м., просадка >50 см. Наличие такой карты позволит проектировщикам на стадии ТЭО выбрать наиболее оптимальные варианты размещения инженерных сооружений и трасс, а так же обосновать мероприятия по борьбе с просадочностью в основаниях сооружений и на полях орошения.

Второй важной задачей должно быть прогнозирование изменения физико-механических свойств и деформации лессовых просадочных грунтов в условиях длительного воздействия на них воды и фильтрации. Противопросадочные мероприятия в основаниях сооружений, по трассам водоводов часто оказываются малоэффективными по причине, что назначены без учета длительного воздействия воды на грунт при систематической фильтрации и аварийных утечках. Результаты исследований, выполненных в лаборатории инженерной геологии Института геофизики и геологии АН РМ позволили сделать вывод о том, что для грунтовых условий республики, лабораторный метод определения просадочности в соответствии с ГОСТ 23161-76, применяемый в изыскательских организациях, не дает удовлетворительных результатов, так как не моделирует длительного воздействия воды на грунт и фильтрацию. Вследствие этого, противопросадочные мероприятия, назначаемые по результатам таких исследований, не могут обеспечить безаварийную эксплуатацию гидромелиоративных сооружений. Методика исследований просадочности с учетом региональных особенностей грунтов республики разработана в Институте геофизики и геологии АН РМ и может быть использована при инженерно-геологических изысканиях для стадии РЧ.

Проблема просадочности в регионе тесно переплетается с проблемой сейсмичности. Еще одним негативным свойством лессовых просадочных грунтов является их способность уменьшать скорость прохождения сейсмических волн при повышении влажности, что в свою очередь неблагоприятно сказывается на устойчивости зданий и сооружений, возведенных на таких грунтах. В связи с этим, вопросы сейсмичности требуют особого внимания при освоении территории.

По карте сейсмического районирования региона территория междуречья Прут-Ялпуг относится, в основном, к 8 бальной зоне. Это означает, что такой балл является только фоновым, в зависимости от конкретных инженерно-геологических условий площадки (вида пород, их мощности, глубины залегания воды и др.) может быть увеличен на 1-2 балла, что является серьезным фактором риска для строительства. Несомненно, что проблема сейсмичности и микрорайонирования территории по интенсивности сейсмического воздействия, особенно для площадок наиболее ответствен-

ных сооружений, должна находиться в центре внимания проектировщиков на более поздних стадиях проектирования. Это позволит существенно сократить затраты на строительство гидромелиоративной системы.

В заключение следует остановиться на таком практическом вопросе, как борьба с просадочностью при строительстве объектов гидромелиорации, тем более, что в общем объеме затрат на строительство сооружения на просадочных грунтах около 10-12 % приходится на подготовку грунтов основания, цель которой – устранение просадочности в основаниях сооружений. Известно, что основными характеристиками, влияющими на выбор способов и мер борьбы с просадочностью в основании сооружения служат: мощность просадочной толщи и возможная просадка толщи от собственного веса при замачивании. В зависимости от этих параметров для каждого сооружения намечается индивидуальный план подготовки основания. Среди методов борьбы с просадочностью в республике наиболее часто применяются следующие: уплотнение грунтов в котловане тяжелыми трамбовками, послойная укатка грунтов, буронабивные сваи, глубинное уплотнение грунтов взрывами и другие. Выбор способов борьбы с просадочностью осуществляется по результатам инженерно-геологических изысканий с учетом технических параметров сооружения. Однако, как уже отмечалось выше, инженерно-геологические изыскания производственными организациями выполняются по ГОСТам, некоторые из которых в грунтовых условиях республики требуют корректировки или даже изменения.

Таким образом, использование данных изысканий для разработки мероприятий по борьбе с просадочностью на юге Молдовы сопряжено с известной долей риска или перерасходом средств на строительство. Обеспечить безаварийную эксплуатацию гидромелиоративных объектов и возведение их с минимальными затратами помогут только специальные исследования, выполненные научной организацией, специализирующейся на региональном изучении лессовых пород в республике. В основу такого изучения должно быть положено детальное исследование состава и свойств лессовых пород, моделирование процессов длительного воздействия воды на грунт разработка методик определения различного вида просадочных и послепросадочных деформаций в комплексе с

работами по инженерно-геологическому районированию территории. Только при таком подходе могут быть разработаны научно обоснованные мероприятия по борьбе с просадочностью в регионе и гарантирована безаварийная эксплуатация объектов гидромелиорации.

**РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА МЕРЗЛОТНОЙ  
УСТОЙЧИВОСТИ КАК СПОСОБ ОЦЕНКИ  
УСТОЙЧИВОСТИ ЛАНДШАФТОВ В ПРЕДЕЛАХ  
ТРАССЫ ЛИНЕЙНОГО СООРУЖЕНИЯ  
(НА ПРИМЕРЕ А/Д «КС ВОРКУТИНСКАЯ –  
КС ЯРЫНСКАЯ» (Р-КА КОМИ, ЯНАО))**

*Панченко Е.Г.*

*Институт геоэкологии им. Е.М.Сергеева РАН, г. Москва,  
тел. (495)2089605, факс (495)9231886, e-mail:risk@geoenv.ru;*

**ASSESSMENT OF ROADSIDE LANDSCAPE RESISTANCE  
ON THE CALCULATION OF PERMAFROST STABILITY  
INDEX (AUTOROAD “СР VORKUTINSKAYA –  
СР YARYNSKAYA” (REP. KOMI, YNAO))**

*Methodology of landscape resistance assessment is examined.  
The base of the assessment is calculation of the permafrost stability index.  
The main landscape factors of permafrost stability and regional specific were described.*

**Введение в проблему.** От устойчивости ПТК, вмещающих инженерные объекты, напрямую зависит стабильное функционирование последних. Развитие многолетнемерзлых пород (ММП) в пределах подобных территорий является ключевым фактором, определяющим устойчивость геосистем криолитозоны. Поэтому оценка устойчивости мерзлотных ландшафтов при их освоении является важной фазой инженерных и экологических изысканий.

**Район исследований.** Трасса автодороги проложена в зонах сплошного и массивно-островного распространения ММП. Сред-

ние годовые температуры пород изменяются от  $-5,0$ ;  $-6,0^{\circ}\text{C}$  на севере до  $0$ ;  $-1,0^{\circ}\text{C}$  на юге. Значительные площади талых пород в южной части проектируемой трассы, а также активная эрозионная деятельность поверхностных вод, присущая большей части территории, является важной особенностью рассматриваемой территории.

**Методика исследований.** Алгоритм расчета КМУ заключался в следующем:

- Отбор критериев оценки, функции от которых и равен КМУ и составление таблицы градаций балльной оценки по выбранным критериям (для ранжирования этих критериев).

- Наделение выделов ПТК баллами, в соответствии с полученной таблицей балльной оценки. Экспертное назначение показателя КМУ по инженерно-геокриологическим выделам (ИГВ)

- Анализ корреляционной связи между экспертно назначенными значениями КМУ и рядом показателей с целью отбраковки наименее значимых показателей и определения относительной ошибки в проставленных значениях КМУ. Операция проводится с помощью статистической программы расчетов (Краснов С.Ф., 1993). Результатом является значения КМУ, рассчитанные программно, а также итоговое уравнение множественной регрессии для расчета КМУ по каждому ландшафтному выделу.

- Ранжирование ИГВ по степени устойчивости с учетом градаций КМУ к техногенному воздействию.

- Картирование опасности освоения ПТК (чем больше значение КМУ – тем выше вероятность возникновения опасных криогенных процессов).

**Результаты исследований.** Для расчета КМУ были выбраны следующие критерии, непосредственно определяющие ландшафтно-геокриологические особенности ПТК (таблица):

- Объемная льдистость (**I**)
- Среднегодовая температура грунта (**T**)
- Протекторные свойства растительности (**P**)
- Изменение СТС после техногенного нарушения (**S**),
- Скорость восстановления растительности после нарушения (**V**)

Таблица

**Шкала влияния мерзлотных критериев  
на возрастание опасности проявления криогенных процессов**

| Баллы    | 1                    | 2                    | 3                       | 4                      |
|----------|----------------------|----------------------|-------------------------|------------------------|
| Критерий |                      |                      |                         |                        |
| I        | <0.3                 | 0.3-0.5              | 0.5-0.75                | >0.75                  |
| T, °C    | -4.5:-7              | -3:-5                | -2:-4                   | -0.5:-3                |
| P        | Отсутствуют          | Незначительные       | Хорошие                 | Максимальные           |
| S        | Увеличивается<br>10% | Увеличивается до 20% | Увеличивается на 20-30% | Увеличивается >30%     |
| V, лет   | Быстрая<br>Менее 2-5 | Средняя<br>5-10      | Слабая<br>10-15         | Очень слабая<br>>15-20 |

На основе составленной матрицы было проведено наделение выделов в зависимости от их ландшафтно-геокриологических характеристик баллами по каждому из критериев и назначены экспертные показатели КМУ. Было выделено четыре группы ПТК по устойчивости: устойчивые ( $KMU < 0.2$ ), относительно устойчивые ( $KMU = 0.2-0.5$ ), относительно неустойчивые ( $KMU = 0.5-0.75$ ) и неустойчивые ( $KMU > 0.75$ ).

Расчет корреляции между экспертной оценкой КМУ и выбранными критериями устойчивости в зоне **сплошного** распространения ММП дал следующие результаты. Средняя относительная ошибка расчетов составила 4,479%. Наибольшие корреляционные связи потенциального риска активизации опасных экзогенных относятся к критериям S и I значения которых в корреляционной матрице равны соответственно 0.559 и 0.575. Было получено уравнение множественной регрессии, имеющее следующий вид:

$$KMU = -0,728 + 0,102I + 0,111T + 0,105P + 0,142S + 0,118V \quad (1)$$

К группе устойчивых ( $KMU < 0.2$ ) относятся урочища, занимающие самые высокие гипсометрические уровни, элювиальное катенарное положение и характеризующиеся минимальными для района мощностями снежного покрова: слабовыпуклые и плоские поверхности морских террас, гряды и увалы предгорий Полярного Урала. При этом состав грунтов практически не влияет на темпе-

ратуры пород – выпуклые поверхности террас с минеральными и органогенными грунтами имеют такую же температуру, как и песчано-супесчаные грунты поверхностей террас. Данные ПТК характеризуются преобладанием мохово-лишайниковых и осоково-моховых растительных ассоциаций и подчиненной ролью низкорослых кустарничков.

К группе неустойчивых ( $KMU > 0.75$ ) относятся все урочища, относящиеся к малым эрозионным формам (склоны и днища логов и термоэрозионных ложбин), а также пологие склоны различных геоморфологических уровней. Подобная неустойчивость объясняется тем, что эти урочища относятся к группе транзитных ландшафтов и характеризуются высокой скоростью вещественно-энергетических потоков в их пределах, а также опасностью быстрой активизации опасных склоновых процессов при нарушении целостности почвенно-растительного покрова. Растительные сообщества здесь представлены сочетанием мхов, кустарниковых травяных видов.

Расчет корреляции между экспертной оценкой КМУ и выбранными критериями устойчивости в зоне **прерывистого** распространения ММП дал следующие результаты. Средняя относительная ошибка расчетов составила 5,186%. Наибольшие корреляционные связи потенциального риска к критериям S и P, значения которых в корреляционной матрице равны соответственно 0.650 и 0.780. Уравнение множественной регрессии по показателю КМУ имеет следующий вид:

$$KMU = -0.546 + 0.100I + 0.134T + 0.107P + 0.115S + 0.143V \quad (2)$$

К группе наиболее устойчивых ( $KMU < 0.2$ ) относятся урочища, занимающие днища речных долин и озерных котловин. В пределах этих ПТК либо развиты сквозные талики, либо кровля ММП расположена очень глубоко для того, поэтому нарушение почвенно-растительного слоя здесь будет вести к агградации мерзлой толщ.

К группе неустойчивых ( $KMU > 0.75$ ) относятся урочища склонов ледниковой равнины, а также плоско- и выпуклобугристых торфяников. Для этих ПТК характерны наиболее высокие среднегодовые температуры пород, развитие растительного покрова с высокой протекторной ролью. Нарушение целостности

почвенно-растительного слоя будет приводить к резкой деградации мерзлой толщи, вытаяванию грунтовых льдов и потере устойчивости литогенной основы ПТК.

**Выводы.** Применение методики расчета КМУ при оценке устойчивости ландшафтов криолитозоны к антропогенному воздействию позволяет получить конкретные числовые значения данной величины. Программный расчет позволяет снизить влияние «человеческого фактора» при экспертной оценке. Также данная методика удобна для картографирования устойчивости ПТК в ГИС-пакетах.

Оценка мерзлотной устойчивости ПТК в пределах трассы автодороги показала, что данная территория в силу ее большой широтной протяженности обладает крайне разнообразными ландшафтно-мерзлотными условиями: от устойчивых ПТК, в северной части и предгорьях Урала в зоне массивного распространения ММП, до крайне неустойчивых ПТК – в зоне островного распространения ММП.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шаманова И.И. Методика составления карт оценки территории по устойчивости к техногенным тепловым осадкам // Инженерная геология. 1985, № 2.
2. Зотова Л.И. Методические принципы мерзлотно-экологической оценки потенциального риска освоения // Оценка и управление природными рисками. Том 2. М., 2003, с.4-8.

#### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ АРИДНЫХ ГЕОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ПРОДОЛЖАЮЩЕЙСЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ДЕСТАБИЛИЗАЦИИ В ПРИАРАЛЬЕ

*Рафиков В.А.,\* Рафикова Н.А.,\* Мамаджанова Г.Ф.\**

*\*Институт сейсмологии Академии наук Республики Узбекистан, Республика Узбекистан, г. Ташкент, тел.: (+99871) 241-75-38. E-mail: [uz-hydrolog@mail.ru](mailto:uz-hydrolog@mail.ru)*

#### FORECASTING OF CHANGES OF ARID GEOSYSTEMS IN THE CONDITIONS OF PROCEEDING ECOLOGICAL DESTABILIZATION IN ARAL SEA REGION

*The main natural and anthropogenous factors of forecasting are revealed; the basic tendencies to change of natural complexes are established; for the first time, it is scientifically proved that Aral Sea and Aral Sea region are genetically uniform and paragenetically dynamical macrogeosystems; considering properties and features of a structural and dynamic condition of supraaqual, subaqual and eluvial geosystems of Aral Sea region and Aral Sea, the forecast of their transformation till 2020 year is developed; are developed practical action for cardinal improvement of an environment in delta of Amudarya and the dried bottom of Aral Sea.*

Выявлены главные природные и антропогенные факторы прогнозирования; установлены основные тенденции изменения природных комплексов; впервые научно обоснованы Аральское море и Приаралье, как генетически единые и парагенетически динамичные макрогеосистемы; учитывая свойства и особенности структурно-динамического состояния супераквальных, субаквальных и элювиальных геосистем Приаралья, разработан прогноз их трансформации до 2020 года.

В условиях интенсивного опустынивания целинной части дельтовых равнин Приаралья, определенное значение имеет прогноз их дальнейшего развития по мере падения зеркала Аральского моря.

Устойчивое, прогрессирующее изменение природной среды Приаралья в связи со снижением зеркала Арала, диктует необходимость разработки прогноза трансформации геосистем региона до определенного времени [1].

Структурно-динамическое состояние геосистем дельтовой равнины Амударьи из-за их неравномерного обводнения находится в различной стадии изменения. На тех участках (массивах), где обводнение экосистем почти не наблюдается, трансформация природных комплексов общеизвестна: в них происходит становление элювиальных свойств, характерных для зональных пустынных ландшафтов. В межрусловых понижениях, в которых наблюдается

регулярное обводнение в различной степени, сохраняются в целом гидроморфные, а по периферии – полугидроморфные условия. Этим обусловлено развитие здесь преимущественно субаквальных и супераквальных геосистем.

В бессточных понижениях западной и центральной частей дельты Амударьи при прекращении обводнения следует ожидать поэтапное изменение геосистем, пока уровень грунтовых вод не снизится ниже 5-7 м. Здесь будут происходить почти все виды трансформации геосистем, от озерного до элювиального включительно, в течение определенного времени [4].

В межкотловинных повышениях дельты Амударьи, вследствие доминирования нисходящих токов влаги, геосистемы стремятся приобрести элювиальные свойства, следовательно, преобладание естественного рассоления в почвогрунтах сказывается на ускорении развития (эволюции) на значительной площади преимущественно автоморфных почв (пустынно-песчаных, такырных, остаточного солончаковых), которые способствуют широкому распространению ксерофитных, галофитных и псаммофитных группировок. Естественно, что в автоморфных условиях эоловые процессы становятся доминантными. Отсюда можно сделать важный вывод, что при дальнейшей интенсификации элювиальных динамических процессов при преобладании суглинисто-глинистых грунтов следует ожидать образование такыровидных, песчаных и супесчаных эоловых геосистем.

Нами на основе анализа эволюции палеоландшафтов дельтовых равнин Приаралья установлено, что им свойственны три этапа развития со времени их становления. В настоящее время в третьем этапе развития находятся ландшафты Акчадарьинской, Жанадарьинской дельты и восточная часть дельты Амударьи.

В условиях Приаралья природные комплексы, отличающиеся высокой динамичностью, и имеющие различные тенденции изменения, обуславливаются, главным образом, антропогенным опустыниванием. Следовательно, влияние антропогенного фактора составляет в сумме трансформации геосистем доминирующую роль, что должно учитываться в первую очередь при прогнозировании их изменения к определенным датам.

Дельта Амударьи во многом отношении сходна с дельтой Акчадарьи, Жанадарьи и Присарыкамышской дельтой, которые

сформировались значительно раньше. На современной стадии развития геосистем они находятся на одну ступень выше, по сравнению с современными дельтами Сырдарьи и Амударьи. Иными словами, они могут быть в определенной степени аналогами при прогнозировании геосистем современных аллювиальных равнин регионов, в условиях автоморфной тенденции развития.

Прогноз изменений геосистем дельты Амударьи и обсохшей части дна Аральского моря осуществлен нами на базе физико-географических микрорайонов.

Микрорайоны выявлены на основе детального физико-географического анализа территории Южного Приаралья с точки зрения их дифференциации на отдельные геосистемы, которые отличаются друг от друга по всем показателям ландшафтно-структурных особенностей. В свою очередь, каждая местность дифференцируется на сложные урочища, а последние на урочища, охватывающие естественно ограниченные территории с определенным природным режимом развития. Структурно-динамическое состояние этих геосистем отличаются, в целом, однообразностью устойчивости против воздействия антропогенного фактора, сходностью развития процессов опустынивания, одинаковым условием гидробиологического режима, доминированием тех или иных типов гидрогеологического режима, и в соответствии с ним преобладанием определенного типа почвообразовательного процесса (элювиальный, супераквальный и субаквальный) и др. [2].

При выявлении микрорайонов, наряду с другими компонентами, большое внимание обращено на литолого-геоморфологическое строение, определяющее свойство геосистем по типу почвообразовательного процесса, на дренированность грунтов, развитие физико-географических процессов и явлений, возможность обводнения, направленность потока грунтовых вод и др.

В Южном Приаралье, по схеме выявления геосистем, нами были определены микрорайоны, соответствующие субаквальным, супераквальным и элювиальным местоположениям. Этот принцип дает возможность более точно выявить определение мезогеосистемы, подвергающейся тем или иным типам опустынивания, а также выяснить динамику и устойчивость природных комплексов к воздействию внешних сил.

Каждый микрорайон включает преимущественно одинаковые классы опустынивания, которые доминируют в территориальном отношении. Учитывая площадной характер развития одних классов, была определена доминирующая степень их распространения, иногда при равных соотношениях или наряду с доминированием одних классов, имеются и другие степени, но незначительные по занимаемой территории.

Районирование опустынивания по современному состоянию может быть основой не только для дифференцированных мероприятий по борьбе с ним, но и для прогнозирования изменения геосистем в результате интенсификации их процессов. В этом отношении информация, содержащаяся в схеме районирования, способствует учету типа, классов, причин опустынивания, а также и других материалов, имеющих немаловажное значение в обосновании прогноза изменения геосистем в будущем [3].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рафигов А.А. Проблема Аральского моря. Ташкент: Узбекистан. 1978. С. 140.
2. Рафигов В.А. Состояние Аральского моря и Приаралья до 2020 года. Ташкент: UZINCOMSENTR. 2008. С. 140.
3. Рафигов В.А. Проблемы решения судьбы Аральского моря. Ташкент: УРФОН. 2009. С. 193.
4. Шерфединов Л.З. Комплексное использование водных ресурсов: состояния, перспективы, научно-технические аспекты совершенствования при решении проблем Арала/ Сб.тр. ИВП АН РУз «Водные проблемы аридных территорий // Ташкент: ФАН. 1993. С. 16-20.

#### ПРИРОДНЫЕ И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЛЕССОВЫХ ГРУНТАХ

*Рахматуллаев Х.Х.*

*Государственное предприятие Научно-производственный центр  
«Геология гидроминеральных ресурсов», г. Ташкент,  
тел. +998 71 2624378, факс +99871 2624378,  
e-mail: [ggpuz@rambler.ru](mailto:ggpuz@rambler.ru)*

#### NATURAL AND TECHNICAL PROCESSES IN LOESS SOIL

*Loess soils in territory of Uzbekistan distribute on various climatic, geomorphologic zones: on flat surfaces of mountains, their slopes, foothills, foothill plains and valleys of the rivers. This article gives results of research of different types of processes: erosion, suffusion, subsidence, pseudo-karst, collapse, liquefaction and landslide. The reasons of these processes can be as natural such under the influence of human activity*

Лессовые породы различного генезиса и возраста широко распространены на территории Республики Узбекистан. Большинство городов и населенных пунктов расположены в районах развития этих отложений. На лессовых массивах производится практически вся сельскохозяйственная продукция. При этом площадь орошаемых сельскохозяйственных угодий составляет около 4,5 млн.га.

В 2008-2009 гг. по заданию Госкомгеологии РУз, в рамках программы по изучению природных ресурсов республики, проведено детальное рекогносцировочное обследование территорий распространения лессовых пород. Одной из задач было изучение динамики развития наиболее характерных и распространенных природных и природно-техногенных процессов, формирующихся на лессовых толщах. В процессе обследования было определено, что на массивах лессовых пород независимо от генезиса, возраста и мощности отложений, широко распространены и наиболее часто встречаются такие процессы, как эрозия, суффозия, просадка, оползни, обрушения. Процессы площадной и линейной эрозии формируются благодаря сочетанию двух главных факторов: слабой водостойчивости лессовых отложений и обильного выпадения дождей, часто ливневых, особенно в весенний период. Эрозия повсеместно развита в горной зоне, в предгорьях и на равнинах. Нередко при интенсивном выпадении осадков в горах и предгорьях формируются селевые потоки, которые наряду с переносом больших масс горных пород на предгорную равнину, выполняют большую работу по эрозии склонов.

Просадки лессовых пород в естественных условиях проявляются в виде так называемых «степных блюдеч». Они как правило встречаются на поверхности предгорных равнин в Каршинской, Дальверзинской степях на Кокаральском лёссовом массиве и др. районах. Естественное проседание поверхности лессовой толщи формируется с момента скопления атмосферной влаги на небольшом пониженном углублении (например, норы землероев). Постепенно просадочная зона увеличивается, т.к. здесь возрастает объем накапливающейся атмосферной влаги. В условиях предгорных равнин и степей просадка сменяется суффозией, и в конечном итоге эрозией. Обрушения в лессовых уступах наиболее часто встречаются в речных долинах. Основным фактором обрушения отдельных участков низких аллювиальных террас является подмыв их основания в период весеннего половодья. В откосах делювиальных и пролювиальных лессовых толщ обрушения происходят из-за разрушения больших вертикальных отдельностей.

Суффозия встречается в лессовых толщах различного генезиса и представляет собой результат выноса грунтовыми и атмосферными водами тонкодисперсных частиц из толщи отложений. На земной поверхности суффозия проявляется в виде опускания отдельных участков и суффозионных пустот и воронок.

Наиболее масштабным и часто встречающимся геологическим процессом в горных и предгорных районах Ташкентской, Джизакской, Самаркандской, Кашкадарьинской и Сурхандарьинской областей и горного обрамления Ферганской долины являются оползни. Основными факторами формирования оползней является климат, рельеф, крутизна склонов, наличие мощных лессовых покровов, гидрогеологические условия и высокая сейсмичность. В горных и предгорных районах распространения лессовых пород наиболее часто встречаются оползни-потоки, оплывины, реже блоковые оползни-скольжения. При этом, объем происшедших оползней на лессовых склонах изменяется от 0,1 до 130 млн. м<sup>3</sup>. На основе анализа большого фактического материала Р.А.Ниязовым [1] установлена взаимосвязь оползней с сейсмичностью. Одним из важных факторов («спусковым крючком») в проявлении оползней, зачастую, являются глубокофокусные Гиндикушские землетрясения.

Формирование и развитие эрозии, просадки, суффозии, склоновых процессов на лессовых массивах взаимосвязаны и представляют звенья единой цепи их эволюционного развития. Так, просадки в виде отдельных понижений на дневной поверхности находят своё дальнейшее развитие в формировании небольших очагов эрозии, которые перерастают в оврагообразование. Активно протекающие на поверхности делювиальных лессовых склонов эрозионные процессы способствуют формированию оползней.

Выполненное рекогносцировочное обследование распространенных на территории республики массивов лессовых пород показало, что со времени освоения этих площадей (вторая половина 30-х годов прошлого столетия) и до настоящего времени, произошла значительная трансформация их естественного состояния под воздействием разносторонней деятельности человека. Современный техногенез явился новым дополнительным фактором формирования на лессовых массивах, так называемых природно-техногенных процессов.

Наиболее распространенным природно-техногенным процессом на территории многих городов республики и на орошаемых сельскохозяйственных массивах является подъем уровня грунтовых вод – подтопление. Этот процесс активно развивается на территориях гг.Ташкента, Самарканда, Бухары, Янгйюля и др. Подъем уровня грунтовых вод происходит вследствие потери воды из систем водоснабжения, канализации, ирригации; конденсации влаги под сооружениями, инфильтрации атмосферных осадков. Изменение режима влажности лессовых пород зоны аэрации способствует развитию деформаций лессового основания, что в конечном итоге отражается на сооружениях.

На орошаемых массивах подъем УГВ является причиной вторичного засоления почво-грунтов. Из общего объема поливных земель республики около 50% являются на сегодня засоленными. Линейная и поверхностная эрозия очень часто встречается на сельхозугодиях, что связано с распашкой склонов, нерегулируемым сбросом излишков поливной воды, прорывов воды из оросительных каналов.

Интенсивная разработка месторождений полезных ископаемых, реконструкция и строительство автомобильных и железных дорог, крупных гидротехнических сооружений стало основным

фактором формирования большого числа склоновых процессов, которые по своему генезису являются природно-техногенными. На основе изучения причин возникновения оползней в районе Ангреновского бурого углеродного месторождения Р.А.Ниязов [1] выделяет природные и природно-техногенные оползни. Наряду с природными факторами, способствующими развитию оползней (рельеф, климат, лессовые покровы на склонах, землетрясения) определены факторы, имеющие техногенное происхождение (промышленные взрывы, вибрация, подземная газификация, сооружение водохранилищ).

Среди крупных природно-техногенных оползней образовавшихся в Ангреновском горнопромышленном районе, особо выделяется Атчинский оползень объёмом 800 млн. м<sup>3</sup>, образовавшийся в 1972 г. в результате подземной газификации угля. В этот оползневой процесс вовлечены не только покровные лессовые породы, но и глины, песчаники и известняки неогена, палеогена и мела

Как известно, формирование инженерно-геологических условий связано с особенностями геолого-структурного строения и современными климатическими условиями [2]. На современном этапе техногенеза, к этим двум факторам прибавляется новый – техногенный. Эволюция инженерно-геологических условий под воздействием трёх факторов имеет свои особенности – наряду с другими признаками она характеризуется увеличением числа и масштабами проявления процессов, являющихся природно-техногенными.

На основе вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. На лессовых массивах распространены как природные, так и природно-техногенные процессы.
2. Имеется тенденция возрастания роли техногенного фактора в формировании негативных природно-техногенных процессов.
3. При дальнейшем освоении лессовых территорий, необходимо, на основе имеющихся материалов, разработать сценарии возможного проявления тех или иных негативных природно-техногенных процессов. В конечном итоге это даст возможность уменьшить ущерб от воздействия этих процессов

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ниязов Р.А. Оползни Узбекистана. ГП «Институт ГИДРОИН-ГЕО». Ташкент 2009 г. С.194-203.
2. Трофимов В.Т. Теоретические вопросы проблемы эволюции инженерно-геологических условий Земли в эпоху техногенеза. Тр. международн. науч. конф. «Эволюция инженерно-геологических условий Земли в эпоху техногенеза». Изд. МГУ. М., 1997. С.6-15.

## РУСЛОВЫЕ ДЕФОРМАЦИИ КАК ИСТОЧНИК РИСКА НА МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДАХ ЧЕРЕЗ ПОЛУГОРНЫЕ РЕКИ

*Резников П.Н.*

*ОАО «Проекттрансстрой», Москва, тел. (495)7969712, факс (495)7969747, e-mail: reznikov@ptst.ru*

## CHANNEL DEFORMATIONS AS SOURCE OF RISK ON BRIDGES ON SEMI-MOUNTAIN RIVERS

*Description of channel deformations near bridges on semi-mountain rivers (Vostochnaya Khandyga river and on Abakan river) which have an influence on safety of this constructions is given. Problems of channel deformations forecast in the case of mountain and semi-mountain rivers are considered.*

Недостаточное внимание к изучению руслового режима и прогнозу русловых и пойменных деформаций при проектировании и эксплуатации мостовых переходов на автомобильных и железных дорогах создает риск разрушения их опор и конструкций, что может привести к значительному ущербу. С особенно высоким риском сопряжено сооружение мостов на горных и полугорных реках из-за их недостаточной изученности и значительной интенсивности русловых процессов [4].

Наглядным примером подобной ситуации может послужить мостовой переход через р. Восточная Хандыга на автомобильной дороге «Алдан». Местоположение мостового перехода характеризуется интенсивными горизонтальными русловыми деформация-

ми. Характер водного режима реки (частые резкие подъемы и спады уровней, и вызванные ими скачкообразные изменения направления динамической оси потока) определили формирование распластанного, неустойчивого русла. Сопоставление космических снимков за июнь 2006 г. и август 2010 г. показало, что за этот период перемещение русла в створе мостового перехода составило 200 м, т.е. превысило меженную ширину основного русла (рисунок). За паводочный период 2010 г. на участке непосредственно выше мостового перехода отступление левого берега достигло 30 м. При этом угол пересечения оси мостового перехода и меженного русла изменился с  $90^\circ$  до  $35^\circ$ , что не могло не оказать влияния на безопасность мостового перехода.

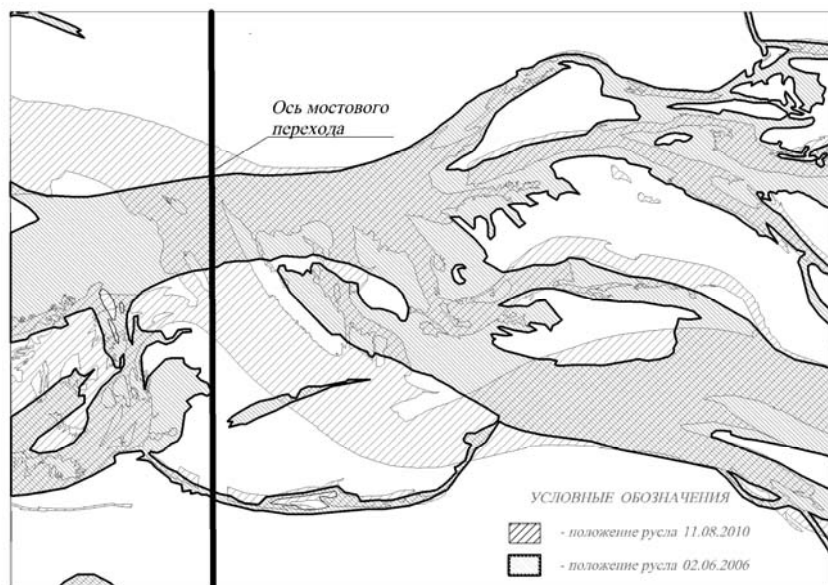


Рисунок. Деформации русла р. Восточная Хандыга на участке расположения мостового перехода (течение справа налево)

Однако при проектировании сооружения русловые деформации не были должным образом учтены. Обширные прирусловые отмели, являющиеся, по сути, частью паводкового русла реки, бы-

ли расценены как пойменные массивы равнинных рек, т.е. стабильные, слабо подверженные деформациям. В результате, береговые опоры моста, которые должны сооружаться на устойчивых участках поймы, были запроектированы на динамичных, не закрепленных растительностью прирусловых отмелях (побочнях). Отверстие моста в результате оказалось меньше зоны активных русловых деформаций. Ещё в ходе строительства (в 2010 г.) это привело к размыву 50-метрового участка левобережной насыпи автодороги, а в дальнейшем чревато повышенным риском нарушения нормальной работы мостового перехода и удорожанием его эксплуатации.

Другим примером проявления русловых процессов, представляющих опасность для инженерных сооружений и наносящих значительный экономический ущерб, является подмыв одной из русловых опор моста на р. Абакан в Хакасии, повлекший за собой обрушение двух пролетных строений и длительный перерыв железнодорожного сообщения с Саяногорским алюминиевым заводом.

Анализ картографических материалов 1941 г. (до постройки моста) позволил восстановить положение и форму русла на тот период. Основное русло изобиловало осередками; пойма, имеющая ширину от 3 до 6 км, была изрезана небольшими протоками, а в левой части долины, на расстоянии 3 км от основного русла, была крупная протока. В результате сооружения мостового перехода пойма была полностью перекрыта насыпью железной дороги. Весь паводочный сток сконцентрировался в стесненном струенаправляющими дамбами русле, что привело к формированию подпора и существенным изменениям руслового режима реки на рассматриваемом участке.

Вызванное подпором уменьшение уклонов водной поверхности и скоростей течения, привело к снижению транспортирующей способности и к отложению наносов. Аккумуляция наносов проявилась в разномасштабных морфологических изменениях в русле. Выше по течению оголовков струенаправляющих дамб сформировался осередок, а в самом отверстии моста – побочень, перекрывший более половины отверстия моста. Вместе с тем за период существования моста на протяжении нескольких километров вверх по течению произошло изменения типа русла: вместо

разветвленного русла стало формироваться меандрирующее. После постройки моста боковой размыв русла в вершинах излучин составил около 250 м.

Блокирование протоки, развитие вышележащей излучины и перемещение в створ моста побочня привели к увеличению косины потока в створе моста с 90° до 30-40°. Изменение угла атаки водным потоком опоры значительно увеличило сопротивление ему и привело к усилению местного размыва, который стал наиболее вероятной причиной падения одной из русловых опор.

В обоих описанных случаях налицо недостаточная точность прогноза русловых процессов. Очевидно, что снижение риска потенциального ущерба при сооружении мостовых переходов через горные и полугорные реки возможно при повышении точности прогноза русловых деформаций на них. В связи с этим следует отметить, что в нормативных документах в настоящее время отсутствует обоснованная, и учитывающая особенности мостостроения, методика прогноза русловых деформаций на горных и полугорных реках. Поэтому большое значение приобретают дальнейшие исследования морфодинамики русел горных и полугорных рек для разработки и внедрения такой методики в практику проектирования мостов и мостовых переходов.

Метод прогноза определяется в первую очередь морфодинамическим типом (типом руслового процесса) исследуемого участка русла, каждому из которых присущ определенный комплекс русловых деформаций [1]. На практике однозначное определение типа русла часто затруднительно и отчасти – субъективно. Например, в руслах обеих описанных рек имеются признаки нескольких типов руслового процесса: побочневый, русловая многоруканность (осередковый), незавершенное меандрирование и пойменная многоруканность.

Кратко перечислим основные возможные причины такого пересечения классификационных признаков различных типов руслового процесса. Во-первых, это разномасштабность выделяемых типов. Наличие в описаниях рек признаков нескольких морфодинамических типов может свидетельствовать о наложении нескольких различных процессов, протекающих каждый на своем структурном уровне с присущими ему закономерностями, набором ведущих факторов, пространственно-временным масштабом [3].

Во-вторых, континуальность, плавные взаимные переходы типов руслового процесса и отсутствие четких объективных количественных критериев их выделения. Поиск таких критериев ведется, однако для практического применения они пока мало пригодны.

Еще одной причиной наблюдаемого смешения признаков различных типов русел может быть изменение состояния пойменно-русловой системы, т.е. направленный, «необратимый» характер происходящих в русле деформаций (примером такого нарушения динамического равновесия пойменно-русловой системы является изменение типа русла на р. Абакан, обусловленное сооружением мостового перехода).

Таким образом, одним из вариантов повышения точности прогнозов русловых деформаций может служить модификация существующей классификации типов русловых процессов, в том числе учет многоуровневости русловых процессов, введение более объективных критериев классификации, а также исследование не только динамически устойчивых русел рек, но и находящихся в процессе измеримых направленных деформаций. Последнее особенно актуально при разработке прогноза в условиях значительно-го антропогенного влияния.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кондратьев Н.Е., Попов И.В., Смищенко Б.Ф. Основы гидроморфологической теории руслового процесса. – Л.: Гидрометеиздат, 1982.
2. Попов И.В. Деформации речных русел и гидротехническое строительство. – Л.: Гидрометеиздат, 1965.
3. Чалов Р.С. Русловедение. География, теория, практика. Т. 1 Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел. – М.: изд-во МГУ, 2003.
4. Чалов Р.С. Сравнительный анализ русловых процессов на горных, полугорных и равнинных реках. – М.: Изд-во «Гео», 2008.

## ОБ ОСНОВНОЙ ПРИЧИНЕ СЕЙСМИЧНОСТИ КОРЫ ЗЕМЛИ

Садиқов Ф., Алимухамедов И.М., Адылов И.И.

Институт Сейсмологии АН РУз, Ташкент, Узбекистан,  
тел. (998) 71 2414654, e-mail: [ilhom75@mail.ru](mailto:ilhom75@mail.ru)

### ABOUT THE MAIN REASON OF SEISMICITY OF THE EARTH CRUST

*In the thesis the results of long-term seismological study of authors in the main reason of seismicity of the Earth's crust are given. It is established that the main reason of seismicity of the Earth's crust in general, an occurrence of earthquakes and their precursors in particular, is an intensive deformation of certain volumes of the earth crust. Hence, an intensive deformation of the crust – initially, and an occurrence of earthquake and its precursors – secondary.*

С началом инструментального изучения землетрясений сейсмологов мира занимает проблема их предсказания. Со времени землетрясения в Сан-Франциско в 1906 г. принято считать, что землетрясение вызывается внезапной резкой подвижкой крыльев активного разлома друг относительно друга. Однако с тех пор взгляды на причины возникновения землетрясений претерпели значительные изменения. Решение проблемы прогноза землетрясений ведётся учёными по нескольким направлениям [1]. Одно из них – использование предвестников землетрясений. Сторонники этого направления полагают, что, даже не имея достаточно ясной физической картины грозных сейсмических событий, можно научиться предсказывать землетрясения по тем или иным стабильным признакам, проявляющимся накануне (свечение неба, пересыхание колодез, странное поведение животных и др.). Во всех этих явлениях – предвестниках пытались обнаружить смысл, систему, необходимую информацию [1]. Однако стало ясно, что обнаружение предвестников (всего их известно более трехсот) не может служить надёжным заблаговременным прогнозом землетрясения, во-первых, потому, что в каждом случае могут быть свои, особые предвестники, во-вторых, потому, что землетрясение может про-

изойти и без видимых предвестников [1]. Более плодотворное современное направление связано с исследованием физической сущности происхождения землетрясения и главной причины его возникновения.

Исследованиями установлено, что асейсмичные регионы отличаются низкими, а сейсмичные – высокими темпами деформированности земной коры. В объёмах с высокими темпами деформированности земной коры происходит интенсивное накопление энергии в процессе её непрерывной деформации. В блоке земной коры, подвергшемся наибольшей деформации под воздействием внешних сил различной природы, формируется крупный очаг землетрясения, представляющий собой единый сильно деформированный и напряжённый объём пород. Такой объём пород, подвергшийся наибольшей деформации, в конечном счете, должен претерпеть разрыв. В момент разрыва возникает упругая отдача и резкое перемещение разорванных частей объёма друг относительно друга, что служит источником землетрясения. Таким образом, землетрясение – индикатор хрупкого разрушения сплошности определённого объёма горной породы, слагающей верхнюю твёрдую хрупкую часть земной коры.

Исходя из механизма происхождения землетрясения и учитывая многообразие предвестников, авторы выбрали тот параметр (фактор), непосредственное изучение которого приведёт к однозначному решению проблемы прогноза землетрясений. Это – интенсивное деформирование земной коры. Землетрясение и его предвестники являются следствием процессов неупругих (пластических и хрупких) деформаций земной коры, поэтому изучение этих особенностей земной коры должно служить основой при прогнозировании землетрясений.

Известен ряд явлений и методов, позволяющих изучать деформированное состояние горных пород. Например, акустическое излучение при деформировании образцов горных пород отражает процесс трещинообразования и может рассматриваться при некотором допущении как аналог сейсмического процесса, происходящего в коре Земли. Для случая динамического распространения отрывных трещин установлена зависимость энергии излучаемого упругого импульса от параметров трещины [2].

$$E = \frac{A^2 \cdot G}{2\sqrt{2\pi} \cdot v \cdot T}, \quad (1)$$

где  $A$  – амплитуда смещения в волне,  $v$  – её скорость,  $G$  – модуль упругости и  $2T$  – время действия источника. Приближённые количественные оценки энергии акустического сигнала могут быть сделаны на основании зависимости

$$\tilde{E} = K \cdot \tilde{A}^2 \cdot \tau, \quad (2)$$

где  $\tilde{A}$  – амплитуда,  $\tau$  – длительность огибающей на пороге дискриминации сигнала,  $K$  – постоянная аппаратуры.

Частота излучаемых волн в первом приближении для круговой дислокации радиуса  $r$  описывается формулой

$$2\pi f_0 = \frac{3,64(V_p/V_s) \cdot V_d}{r(1,7 + (V_d/V_s)) \sin \theta}, \quad (3)$$

где  $f_0$  – угловая частота спектра упругой волны;  $V_p$ ,  $V_s$ ,  $V_d$  – скорости продольных, поперечных волн и распространения дислокации, соответственно;  $\theta$  – угол между точкой наблюдения и плоскостью дислокации.

Оценки и прямые измерения показывают, что при лабораторных экспериментах с горными породами трещины миллиметровой длины излучают упругие волны в частотном диапазоне в первые сотни килогерц, сантиметровой длины – в десятки килогерц [2]. Неоднородность строения и напряжённого состояния горных пород проявляются в пространственном распределении источников акустической эмиссии (АЭ), что подтверждено опытами по крупномасштабному моделированию землетрясений.

Таким образом, основной причиной сейсмичности коры Земли в целом, возникновения сильного землетрясения и его предвестников в частности является интенсивное деформирование отдельных объёмов коры Земли. Главная причина, вызывающая землетрясение, – хрупкое разрушение в его очаге. Очаг землетрясения – это определённый единый объём горной породы, слагающей верхнюю твёрдую хрупкую часть земной коры, очень сильно деформированный под воздействием внешних сил различной природы. Землетрясение не повторится из-за индивидуальности очага

и невозможности прежней монолитности очага после его хрупкого разрушения.

Для того чтобы реально осуществить прогноз предстоящего сильного землетрясения в изучаемом сейсмичном районе необходимо использовать глобальное спутниковое устройство связи в виде GPS, GLONASS и др.

### Выводы

1. Выяснилось, что само землетрясение и его предвестники – это различные явления. При этом предвестники землетрясения – это явления, предшествующие возникновению землетрясения.

2. Возникновение самого землетрясения и его предвестников обусловлено (связано) с локальным аномальным изменением физико-химических свойств горной породы, происходящего из-за постепенного и непрерывного усиления интенсивности её деформирования во времени под воздействием внешних сил различной природы.

3. Сейсмичность коры Земли, оказывается, напрямую связана с её интенсивным деформированием под воздействием внешних сил различной природы.

4. Уровень сейсмичности земной коры напрямую зависит от уровня её интенсивного деформирования.

5. Возникновение землетрясения – это не случайность, а закономерность. Оно говорит о том, что объём земной коры, где сформировался очаг, деформировался очень сильно.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Садиков Ф.С., Расулов А.В., Адьлов И.И. Барометр подземных бурь // Воспоминание о Г.А. Мавлянове. – Ташкент, 1990. – С. 23-25.
2. Соболев Г.А. Основы прогноза землетрясений. – М.: Наука, 1993. – С. 58-61.

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВЗРЫВНОГО МЕТОДА ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЛЕДОВЫХ ЗАТОРОВ НА РЕКАХ РФ

*Тодосейчук С.П., Архипенко А.А.*

ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), г. Москва, Россия, т. 8(499)445-50-24,  
E-mail: [ast33o@mail.ru](mailto:ast33o@mail.ru); [ast33o@mail.ru](mailto:ast33o@mail.ru)

### PECULIARITIES OF USING THE EXPLOSIVE METHOD IN THE LIQUIDATION OF ICE JAMS ON RIVERS IN THE RUSSIAN FEDERATION

*The article describes the causes, processes of formation of ice jams, the consequences and methods forced the destruction*

Среди природных ЧС ледовые заторы на реках занимают особое место. Это связано с достаточно большими размерами материального ущерба, сложности характера и скоротечности этого явления. При разрушении заторов (особенно мощных) вниз по течению устремляется волна прорыва с большим содержанием взломанного потока льда, что нередко приводит к затоплению ниже лежащих участков местности и разрушению дорог, мостов и других инженерных сооружений.

Кроме того, дополнительную опасность при заторах представляют навалы льда на берегах и в пойме высотой до 10-15 м (рис. 1).

Борьба с заторами льда – дело весьма трудное, как по условиям производства работ, так и потому, что река не может вскрыться без заторов, если они для нее характерны. В общем случае, заторов нельзя избежать, их можно лишь несколько ослабить или переместить на другое место. Конечно, все сказанное относится не ко всем заторным участкам рек и не к каждому году. Главное, к чему необходимо стремиться при борьбе с заторами – это регулирование стока ледового материала, вот почему взрывной метод является наиболее рентабельным в таком случае. Он широко применяется в оперативной борьбе с заторами на затороопасных участках, путем закладки зарядов взрывчатых веществ (ВВ) на лед, в лед и под лед. Взрывные работы особенно необходимы для

разрушения мощных заторов, когда другие способы их разрушения не дают положительных результатов, и когда время на проведение мероприятий по борьбе с заторами ограничено (рис. 2).



Рис. 1. Ледяной затор на реке Лена в мае 2001 года



Рис. 2. Взрывные работы на льду Сев. Двины

Для предварительного ослабления ледового покрова, взрывы производят за 10 – 15 дней до вскрытия реки. Глубина закладки заряда тем больше, чем толще лед. Затвор на широких реках разрушают, путем дробления его постепенно, снизу вверх по течению. Разрушение затвора следует начинать с подрыва ледяных полей ниже затвора. Ледяные поля раскалывают взрывами подводных зарядов.

Заторы большой длины ликвидируют одновременным взрывом большого числа зарядов, расположенных в 1-2 ряда под поверхностью льда. В результате взрыва образуется канал, и вода, устремляясь в него, увлекает большое количество льда, что приводит к "рассасыванию" затвора.

Взрывные работы по льду подводными зарядами, в основном, проводятся при профилактических работах для защиты мостов и гидросооружений в паводковый период. Для ликвидации затворов этот метод, как правило, не применяется, так как трудно заранее спрогнозировать, где он образуется, а на сформировавшийся затвор выход персонала для производства взрывных работ запрещается правилами безопасности.

Вода увеличивает дальность действия взрыва, гидроударные волны (ГУВ) в воде передают силовые нагрузки на значительно большее расстояние, чем в воздухе, а так же приглушает звуковой эффект и уменьшает радиус действия ударной воздушной волны. Звуковой эффект и воздушная волна уменьшаются с увеличением глубины погружения заряда в воду.

Еще более эффективен взрыв заряда в толще льда с забоечным материалом. При этом, как правило, образуется сквозное отверстие и разрушается большая площадь льда. Воздушная волна и звуковой эффект уменьшается, а радиус разлета льда увеличивается. Когда в составе взрывчатого вещества недостаток кислорода, по сравнению с необходимым, при взрыве образуется угарный газ – имеет место отрицательный кислородный баланс. Когда взрывчатое вещество содержит избыток кислорода (положительный кислородный баланс) при взрыве образуются окислы азота, кроме того, при взрыве взрывчатого вещества с нулевым кислородным балансом выделяется максимум энергии.

При погружении заряда на глубину, примерно в 1,5 раза большую оптимальной, лед взрывом не выбрасывается (майна не

образуется), а только вспучивается и раскалывается на крупные куски. При взрыве того же заряда на еще большей глубине происходит лишь небольшой подъем (всплеск) воды через лунку.

Эффект подводного взрыва увеличивается, если заряд взрывается на дне (или недалеко от него), так при этом часть энергии отражается от грунта. При определении воздействия ГУВ, массу заряда, лежащего на дне (по сравнению с подвешенным в воде), увеличивают в 1,3-1,5 раза (рис. 3).



Рис. 3. Проведение взрывных работ на дне реки

Не рекомендуется опускать заряды между стыками льдин, через трещины, прогалины и промоины. Одновременно готовят и опускают в воду только то число зарядов, которое взрывают за один приём. Заряды инициируют немедленно после подготовки к взрыву (при любом способе их инициирования).

В современной практике при ликвидации затворов наиболее распространенное применение нашло взрывчатое вещество Аммонит № 6 ЖВ – порошкообразное аммиачно-селитренное взрывчатое вещество, характерной особенностью которого является использование в его составе водоустойчивой селитры марки ЖВ. Допустимая влажность 0,5%, предельно-допустимая концентрация

пыли при работе 1 мг/м<sup>3</sup>. Чувствительность к удару определяется высотой падения двухкилограммового заряда с высоты от 60 см. Температура вспышки 312°C. Тротильовый эквивалент 0,35. Скорость детонации 1,5 – 2,2 км/сек. При хранении большими массами при повышенной температуре может произойти самовозгорание, с развитием теплового взрыва. Взрыв селитры может возникнуть при ее горении, так как для реакции кислород воздуха не требуется. Поэтому на складах хранения Аммонита температура помещения не должна превышать 30°C.

Длина зажигательной трубки для зарядов, бросаемых с сооружения на льдины, должна быть не менее 15 и не более 25 см. Эта длина рассчитана с учётом времени необходимой для зажигания шнура, размаха руки с зарядом, его полёта от взрывника до подплывающей льдины и некоторого запаса времени. Взрыв заряда на льдине должен произойти до того, как она подплывёт к объекту.

Следует помнить, что при взрывании за один прием нескольких зарядов, расположенных на близком расстоянии друг от друга, могут быть отказы соседних зарядов от разрыва бумажных оболочек, срыва шнура и пр., в результате воздействия ГУВ взрыва первого заряда. Такие случаи возможны, например, при иницировании зарядов массой 6 кг, расположенных на расстоянии около 5 м. Возможны отказы из-за нарушения жестких оболочек заряда льдом, отодвинутым первыми взрывами. При сбрасывании зарядов на затор необходимо также исключить повреждение соседних зарядов из-за одновременности их взрывания, в результате чего возможен отказ.

В соответствии с Едиными правилами безопасности при производстве взрывных работ безопасные расстояния на открытой местности должны быть не менее указанных ниже:

- при взрывании ледяного покрова толщиной до 1 м – 100 м;
- при взрывании заторов льда толщиной 1-2 м – 200 м;
- при взрывании льда толщиной более 2 м и заторов зарядами более 300 кг – 300 м.

Взрывные работы по шуге – 50 м. В остальных случаях – по проекту. При взрыве подводного заряда массой до 50 кг нахождение в воде водолазов и других лиц не допускается в радиусе 1000 м, а при зарядах более 50 кг – в радиусе 2000 м.

Для своевременного обнаружения отказавших зарядов и предупреждения его несанкционированного взрыва лица, проводящие взрывные работы, должны вести точный учет числа взрываемых зарядов, а все места взрывных работ после их проведения должны тщательно осматриваться. Дополнительный заряд для ликвидации отказавшего заряда может быть установлен дистанционно.

При производстве взрывных работ обязательна подача звуковых, а в темное время суток, кроме того, и световых сигналов для оповещения людей. Запрещается подача сигналов голосом, а также с применением взрывчатых материалов. В качестве одного из способов для доставки дополнительного заряда, к отказавшему МВЗД, может быть рекомендовано применение линеметов. Для применения линемета метательный снаряд необходимо переоборудовать так, чтобы он мог транспортировать две дополнительные нити (шпагат или полимерный материал), которые удерживаются на контейнере на специальном блочке или петле так, что после выброса контейнера их можно было перепустить протягивая по ним дополнительный заряд ВВ.

Взрывник с линеметом располагается от отказавшего заряда на расстоянии безопасном по действию УВВ (для заряда весом 40 кг – 45-50 м). С помощью линемета забрасывает метательный снаряд за отказавший заряд. Затем заводит две дополнительные нити непосредственно на отказавший заряд, к одной из них привязывает дополнительный заряд (тротильовая шашка весом 400 г или два патрона аммонита №6 ЖВ весом по 200 г) с ниткой ДШ длиной не менее 50 м и, перепуская нити, доставляет дополнительный заряд к отказавшему МВЗД. После этого подключает к ДШ электродетонатор с проводной магистралью, отходит на безопасное расстояние и производит взрыв.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шахраманьян М.А. Векслер А.Б., Пчелкин В.И., Трегуб Г.Б. и др. Методические рекомендации по предотвращению образования ледовых заторов на реках Российской Федерации и борьбе с ними. – М.: ФЦ ВНИИ ГОЧС, 2003, 234 с., с иллюстрациями.
2. Нежиховский Р.А. Гидролого-экологические основы водного хозяйства. – Л.: ГИМИЗ, 1990. – 230 с.

3. *Нежиховский Р.А.* Наводнения на реках и озерах. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 184 с.

4. Образование заторов и зажоров льда на реках // Труды ГГИ. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – Вып. 201. – С. 3 – 111.

### **РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ, ОХРАНА И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ГОРНЫХ И ПРЕДГОРНЫХ РАЙОНОВ В УЗБЕКИСТАНЕ**

*Гуйчиева М.А., Худайбергенов А.М., Джураев Н.М.,  
Хайдарова Б.Н.*

*Институт Сейсмологии им. акад. Г.А. Мавлянова АН РУз,  
1000128, Ташкент, Узбекистан, 717-88-03, 227-88-03,  
e-mail [nmjura89@mail.ru](mailto:nmjura89@mail.ru)*

### **DISTRIBUTION OF EXOGENOUS PROCESSES, PROTECTION AND RATIONAL USE THE GEOLOGICAL ENVIRONMENT OF THE MOUNTAIN AND FOOTHILL REGION IN UZBEKISTAN**

*The article includes the analysis spreading exogenous processes  
protection and rational use the geological environment mountain and  
foothill region in Uzbekistan*

Под воздействием техногенных факторов на урбанизированных территориях существенно изменяются все компоненты геологической среды. Качественная и количественная оценка их масштабов, и отрицательных последствий позволяет выделить главные и наиболее опасные типы, распространенные на конкретной урбанизированной территории. На основе таких данных можно определить основные направления природозащитных мероприятий, как средства регулирования изменений геологической среды и предотвращения социально-экономического ущерба при катастрофических явлениях, таких как землетрясения, оползни, обвалы, сели, снежные лавины, подтопление и др. виды.

В развитии инженерно-геологических процессов и их антропогенных изменений, отмечаются определенные закономерности, связанные, с одной стороны историей развития и экономическим профилем городов, характером их антропогенных воздействий, планировкой и застройкой, с другой стороны – с физико-географическими и регионально-геологическими факторами. В целом по Узбекистану выделяется два пояса сосредоточения урбанизированных территорий: 1. межгорные и предгорные впадины Тянь-Шаньского горно-складчатого региона (Восточный Узбекистан); 2. равнинные впадины и низкогорья Туранской плиты (Западный Узбекистан).

На территории Узбекистана имеют развитие разнообразные виды экзогенных процессов таких как: оползни, обвалы, сели, снежные лавины, подтопление и др. виды. В настоящей статье рассматриваются вопросы распространения только наиболее частых и опасных процессов, таких как оползни и селевые потоки.

Оползневые процессы в республике, в основном, развиты на склонах Чаткальского, Пскемского, Угамского, Кураминского и Гиссарского хребтов [1,2]. Всего здесь, начиная с 1961 г. зафиксировано более 4,0 тыс. проявившихся оползней, причем более 80% из них в лессовых породах. На северо-востоке республики особенно широко распространены оползни в Чаткальской зоне, площадь оползневого поражения здесь составляет более 40%, в Кураминской зоне оползни развиты в Ангренском промышленном районе, где они отличаются масштабностью и продолжительностью смещения (Атчинские оползни объемом более 800 млн.м<sup>3</sup>). В юго-западной части Узбекистана оползни развиты как в Сурхандарьинской, так и в Кашкадарьинской областях. Всего здесь зафиксировано 422 случая современного проявления оползней, с подавляющим преобладанием в бассейнах рек Кашкадарья (170 случаев), Катта-Урядарья (46), Туполанг (96), Сангардак (36). В отдельных районах Узбекистана отмечаются случаи одиночного развития оползней, где они серьезной угрозой объектам экономики не составляют. В целом, среди разнообразных типов оползней наибольшую опасность представляют оползни в лессовых породах – типа "оползни-потоки". При их развитии, обычно, в смещение вовлекаются лессовые породы мощностью до 35-40 м и объемом от нескольких сот тыс.м<sup>3</sup> до нескольких млн.м<sup>3</sup>. Данные оползни

наиболее чаще проявляются и распространяются на значительные площади, нередко создавая катастрофические ситуации. Более мелкие оползневые смещения типа "сплывов", "оплывин" менее катастрофичны, ввиду их малой масштабности проявления, но их широкая пространственная распространенность создает значительные трудности в освоении склонов. Подсчет потерь земель в оползнеопасных районах республики показал, что в предгорных и горных областях Узбекистана насчитывается до 104,05 тыс.га земель, пораженных оползневыми процессами, и на площади в 188,1 тыс.га возможно их развитие. Доля пораженности земель оползнями значительно выше на юго-западе республики (Сурхандарьинская и Кашкадарьинская области), где она составляет 60,1 тыс.га при возможном развитии оползней на площади в 115,6 тыс.га, против горных районов восточной части республики (Ташкентская область), где соответственно оползни развиты на площади до 20 тыс.га и возможны на 52 тыс.га. Причем, диапазон границ развития оползней в первом случае располагается в пределах 1200-2000 м (в абсолютных отметках), во втором – 800-1600 м. Помимо земель, в зоне активной угрозы со стороны оползней в республике находится 43 населенных пункта с 293 хозяйствами. Причем, наибольшее количество этих хозяйств насчитывается в Ташкентской (127 хозяйств) и в Кашкадарьинской областях (126 хозяйств).

Обвальные процессы в горных районах республики развиты значительно меньше, нежели оползневые, но отдельные представители последних могут нести значительную угрозу объектам экономики по своим последствиям. Опасность обвалов в практике освоения горных долин оценивается с двух точек зрения: как прямая угроза населенным пунктам и отдельным инженерным сооружениям и, как возможность перекрытия долин рек, которые в случае прорыва могут сформировать сель и затопить расположенную ниже местность.

Для Узбекистана, в первом случае, характерны в основном мелкие обвалы или осыпи-обвалы. Как правило, небольшие обвалы (объемом до 1000 м<sup>3</sup>) практически встречаются в каждой долине республики. Отдельные известняковые массивы палеозоя обладают высокой плотностью обвальных форм – до 3-4 на один км<sup>2</sup>; часто, вдоль скалистых уступов встречаются сочетания несколь-

ких форм процесса. Так, в долине р. Гурдара наблюдается осыпно-обвальный шлейф протяженностью по руслу до 250 м и состоящий из 17 осыпно-обвальных тел. Общая площадь, занятая осыпно-обвальными формами вместе со скалостенами, в республике составляет 143,5 тыс.га. Наиболее активно мелкие обвалы, вывалы глыб проявляются на участках склонов вдоль горных автодорог (Ташкент-Термез, Дехканабад-Бошчарбаг, Камаша-Яшилкуль, Ташкент-Коканд). Отличительной чертой активизации осыпно-обвальных и обвальных процессов мелких масштабов является их определенная периодичность проявления, связанная с интенсивным выпадением осадков, и в частности, предопределенная инженерной деятельностью человека. Всего в республике в зоне воздействия мелких обвалов и их сопутствующих форм расположено 3 зоны отдыха (отдельные корпуса пионерлагерей и турбаза), 7 хозяйств по трем населенным пунктам, и 6 участков горной дороги.

Опасность обвалов во втором случае определяется характером прорывоопасности образованных ими горных озер. Всего в республике насчитывается 10 завальных озер, созданных крупными обвалами (объемом от нескольких десятков до сотен миллионов кубических метров). Все озера расположены в Ташкентской области. Большая часть озер относится к группе устойчивых, за исключением трех Ихначских озер и озера Шавурколь. Помимо этого, отдельные районы республики находятся под угрозой затопления, в случае прорыва завальных озер, расположенных на сопредельных территориях Киргизии и Таджикистана. К этой группе относятся озера – Кугала (бассейн р. Гавасай), Мальгузар и Хазорчашма (Зеравшан), Каратоко (Чаткал).

Селевые процессы развиты не менее широко, составляя угрозу поселкам и объектам экономики, расположенным по долинам и на конусах выноса горных рек. В настоящее время на территории Узбекистана выявлено 993 речных бассейна, в которых можно наблюдать формирование и прохождение селевых потоков. Общая площадь этих селеопасных бассейнов – 45893 км<sup>2</sup>. Формирование селей обусловлено различными причинами. Основными из них являются дожди (интенсивные ливневые и продолжительные обложные, переходящие в ливневые). Имелись случаи образования селей при сочетании дождя со снеготаянием, а также при прорыве высокогорных озер. В общей сложности генезис селей распределяется –

50,2% случаев образование селей за счет ливней, 3,2% – обложные дожди, 1,2% – дожди с градом, 2,6% – дожди и снеготаяние, 1,5% ~ снеготаяние, 0,4% – прорывы горных озер, 40,9% – генезис не установлен. Внутригодовое распределение селей для территории Узбекистана обусловлено периодами ливневой активности и распределением осадков по высотным зонам. Большинство селей проходит в апреле-мае, причем на май приходится 32,4% всех наблюдаемых случаев, а на апрель – 25,7%. В южных районах республики "пик" селевой активности наблюдается в апреле. Интересно отметить, что сели проходили во все времена года, включая декабрь и январь. В этих случаях возникали, преимущественно, наносоводные селевые потоки.

На территории Узбекистана формируются селевые потоки различных типов. Когда в селеносных бассейнах имеются селевые очаги (участки селевых бассейнов, имеющие потенциальные возможности для развития селевых процессов), с запасом рыхлообломочного материала, то могут формироваться сели высокой плотности (грязекаменные и грязевые). При отсутствии селевых очагов или израсходовании рыхлообломочного материала (вследствие выноса предыдущими селями), в данном бассейне возникают сели низкой плотности (наносоводные селевые потоки). Чаще всего, последние возникают в низко-среднегорных селеопасных бассейнах, имеющих активные стокообразующие поверхности (так называемые селевые водосборы), на которых при выпадении интенсивных дождей возникает усиленный поверхностный сток. Селевые потоки низкой и высокой плотности распространены практически повсеместно. Главной особенностью географии селевых потоков является зональность в распределении типов селей. В верхних зонах гор, где в основном сосредоточены селевые очаги, возникают грязекаменные и грязевые селевые потоки. В пределах низкогорий и в предгорьях, где преимущественно развиты почвенные поверхности, способствующие образованию активного кратковременного поверхностного стока воды, формируются наносоводные селевые потоки. В одном и том же селевом бассейне могут возникать селевые потоки различных типов. Характерным районом возникновения селей высокой плотности являются южные склоны Гиссарского хребта (Сурхандарьинская область) – бассейны рек Туполанг, Сангардак, Обизаранг. Наибольшее распространение наносовод-

ных селевых потоков отмечено в низкогорной зоне хребтов Баба-таг и Байсунтау (восточный склон – Сурхандарьинская область, западный склон – Кашкадарьинская область), хребтов Нуратау, Актау, Каратау (Самаркандская область), Чирчик-Ангренского бассейна (Ташкентская область).

Классическим районом распространения наносоводных селевых потоков являются адырные территории Ферганской долины (Андижанская, Наманганская и Ферганская области).

Всего по территории Узбекистана выявлено более 7000 селевых водосборов, общей площадью 27291 км<sup>2</sup>. В селевых бассейнах отмечено 5500 селевых очагов. В силу природных особенностей селеобразования активность селепроявлений для горных районов различная. При освоении горной территории за последнее время участились случаи таких селевых потоков, катастрофичность которых усугубилась антропогенными факторами. Например, селевой поток 12 июня 1977 г. в бассейне р. Шахимардан, селевой поток 1 мая 1976 г. в бассейне р. Чартаксай (прорыв Чартакского селеводохранилища). Это необоснованное строительство жилых построек непосредственно в зоне затопления без инженерной защиты; искусственное сужение русла в населенных пунктах; большое количество разнообразных мостовых переходов, построенных без учета пропуска максимальных расходов, т.е. хозяйственная деятельность человека в горных и предгорных районах еще не достаточно четко учитывает селевую опасность.

*Статья написана при поддержке гранта Ф8-ФА-0-60200.*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ниязов Р.А. Оползни в лессовых породах. – Ташкент: Фан, 1974.
2. Ниязов Р.А., Абдуллаев Ш.Х. К вопросу поиска предвестников деформаций лессовых пород на оползневых склонах // Инженерно-геологические процессы и явления и охрана среды лессовых территорий: Тр. Всесоюзного сов. по проблемам лессовых пород. 1980. – Ташкент: Фан, 1985.

## МЕТОДИКА И НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ОСНОВАНИЯ ПЛОТИН И БОРТОВ ВОДОХРАНИЛИЩ ПО ГЕОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Умурзаков Р.А.

Алмалыкский горно-металлург. факультет НавГГИ. г. Алмалык.  
Филиал РГУ нефти и газа им.Губкина в г. Ташкенте,  
Республика Узбекистан. E-mail: [umrah@mail.ru](mailto:umrah@mail.ru)

### METHOD AND SOME RESULTS OF A STUDY OF DEFORMATIONS OF THE ROCK FOUNDATION OF THE DAM AND ON THE SHORES OF RESERVOIR BY THE GEOLOGICAL DATA

*The results of the study of deformation and kinematics of the blocks of rock base of the dam of the Charvak reservoir of geological data. The used technique has revealed that the north-eastern section of the base of the dam is moving to the south-east, and south-western part – of the west-south-west. In the body of the dam identified and studied the traces deformation of tectonic and manmade.*

Приводится описание материалов исследований деформаций (трещиноватости, зон дроблений и кинематики блоков горных пород) прибрежной части Чарвакского водохранилища (рис. 1). Чарвакское водохранилище находится в Чаткало-Кураминской горной области, в бассейне реки Чирчик. Заполнение чаши водоема начато в 1971 году. Максимальный объем воды – 2 миллиарда м<sup>3</sup>. Площадь около 40 км<sup>2</sup>, длина 22-25 км, ширина 10-12 км. Коренные выходы палеозойских пород образуют скальное основание водохранилища. Они представлены массивными известняками мощностью до 150 -220 м и залегающей на них свитой тонкослоистых трещиноватых известняков, в толще которых встречаются тела "каранкулитов" (породы силикатного состава – кремнисто-глинистые разности). Плотина Чарвакского водохранилища приурочена к зоне Кумбель-Угамских региональных разломов. Эта

зона, являясь поперечно-тяньшанской, параллельна другой крупной зоне Талассо-Ферганского разлома, ограничивающей с С-В Чаткало-Кураминскую горную область. Динамическая обстановка этого региона находится под влиянием относительного взаимодействия блоков по Талассо-Ферганской зоне глубинного разлома.

Непосредственно у створа плотины, в п.н.1 элементы залегающих известняков: азимут падения 0°, угол 60°. Южный борт каньона вблизи плотины характеризуется преобладанием северо-восточных и субмеридиональных простираний трещин с падением плоскости на запад и восток. Обнажение секут две крупные зоны дробления шириной до 0.3-0.5 м по плоскостям 110°<65° и 200°<35°-40°.



Рис. 1. Схема расположения пунктов наблюдений

В северном борте водохранилища вблизи плотины проявляются плоскости трещин С-В и С-З простираний с падением плоскостей на Ю-З и С-З (рис.1, в п.н.5,6,9,21,25,26). По крупным

плоскостям ( $305^\circ < 45^\circ$ ,  $260^\circ < 60^\circ$ ) обнаруживаются зеркала скольжения, где сбросы приурочены к  $320^\circ - 340^\circ < 40^\circ - 45^\circ$ , взбросы –  $240^\circ - 260^\circ < 35^\circ - 45^\circ$ . Крупные плоскости скольжения проявляются в п.н.6 ( $260^\circ < 60^\circ$ ,  $215^\circ < 75^\circ$ ,  $230^\circ < 75^\circ$ ). В основании плотины у нижнего бьефа преобладают трещины Ю-З и С-З падения (рис.1, п.н.9).

В целом, анализ материалов показывает, что вблизи плотины простираются трещины С-В, при падении плоскостей на Ю-В и С-З. На больших удалениях от плотины, в южном борте водохранилища, наблюдается простираение С-В и субширотное, с падением на Ю-В, С-З, Ю-З и запад.

На основе данных по бороздам скольжений, выполнен расчёт азимутов векторов смещений и построены розы-диаграммы (в связи с трудностями определения величины смещения, размер вектора условно принимается единичной, а направление соответствует направлению смещения всяческого блока).

Процедура построений заключалась в следующем. Отдельные замеры азимута и угла наклона линии борозды с элементами смещений наносятся в виде вектора в точке-полюсе плоскости зеркала скольжения. Нанося полюсы зеркал скольжения и векторы смещений на круговую диаграмму, получаем поле векторов, которое обычно используется при реконструкциях полей напряжений по методике О.И. Гущенко [1]. Вместе с этим нами проводится определение азимутов векторов борозд скольжений и формируется отдельный файл данных [2]. В докладе приводится описание и анализ ориентации векторов смещений в пунктах наблюдения.

Получены данные, свидетельствующие о том, что северный участок основания плотины имеет тенденцию смещения на юго-восток (рис.2, а). Южный участок основания плотины смещается на запад-юго-запад (рис.2, в). Линия, разделяющая их, имеет С-З простираение, протягивается под плотинной с небольшим углом к её простираению. По геологическим материалам известно, что здесь находится зона Кумбель-Угамских разломов. Судя по полученным данным, смещения вдоль линии имеют тектоническую природу.

Помимо этого, в отдельных участках обнаруживаются подвижки, возможно, техногенного характера. Детальное изучение обнажений горных пород пунктов наблюдений позволяет отметить

(п.н.9) отчетливую выраженность отдельных поверхностей ( $10^\circ < 70^\circ$ ,  $350^\circ < 75^\circ$ ) со свежими бороздами скольжений взбросового типа. Имеются и другие поверхности сбросового типа ( $340^\circ < 75^\circ$ ,  $335^\circ < 60^\circ$ ).

В п.н.10 наблюдается увеличение числа поверхностей скольжений с азимутами падения  $335^\circ < 58^\circ$ ,  $335^\circ < 55^\circ$ ,  $90^\circ < 55^\circ$ . Значение видимого смещения по ним достигает от 60 до 80 см, что однозначно устанавливается по очертаниям и рисунку смещённых крыльев.

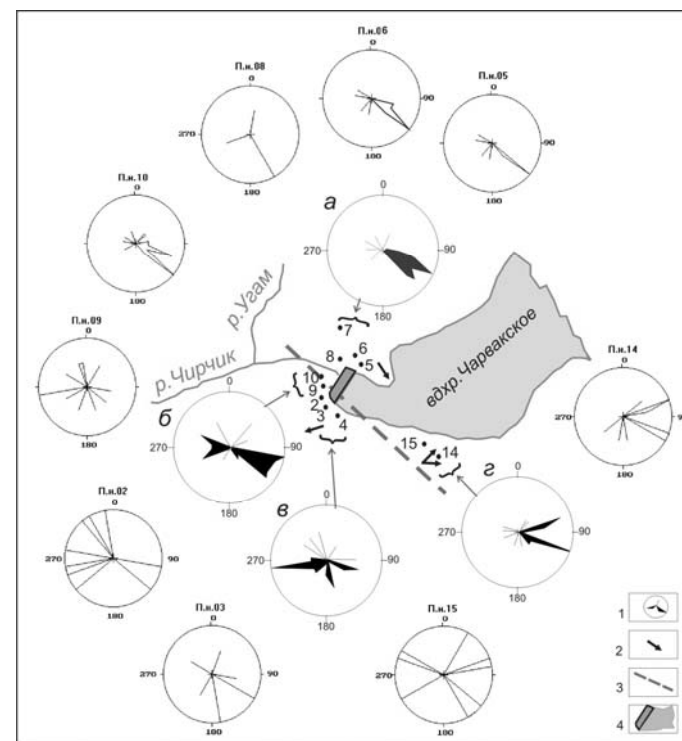


Рис. 2. Схема кинематики тектонических блоков участка основания плотины Чарвакского водохранилища:

1 – розы-диаграммы векторов подвижек в п.н. (обозн. цифрами) и сводные, для участков вблизи плотины:

а – северо-восточный, б – основание у нижнего бьефа плотины,

в – юго-западный, г- южный борт водохранилища

Эти данные свидетельствуют в пользу наличия смещений блоков горных пород в прибрежной части водохранилища, возраст которых соответствует времени эксплуатации водохранилища. При этом, следует отметить, что направления смещений висячих блоков ориентированы в сторону чаши водоема. Они больше проявляют себя на участках вблизи плотины. Величина и частота встречаемости остаточных деформаций различная – чаще проявляются в западной части, реже в северном и южном бортах водохранилища.

Наиболее ярким примером таких остаточных деформаций служат отмеченные выше плоскости скольжений ( $335^\circ < 58^\circ$ ,  $90^\circ < 55^\circ$ ) пункта наблюдения 10. Они оказывают влияние на состояние цементационной потерны, где трещины имеют две четкие системы С-В и С-З простираний, с падением, на С-З и С-В – их азимуты падений  $340^\circ < 45^\circ$  и  $30^\circ < 50^\circ$ . По этим данным, диаграмма поля напряжений (по методике М.В. Гзовского) имеет ось главного нормального сжатия субширотную, растяжения – субмеридиональную. Природу проявления такого поля напряжений в теле плотины можно связывать, например, с действием горизонтальной составляющей равнодействующего вектора давления воды. Однако этот вопрос имеет свою специфику и требует проведения дополнительных исследований.

В результате исследований получены данные о закономерностях трещиноватости, особенностях кинематики блоков северного, южного бортов и основания плотины, связанные с тектоникой района. Отмеченные в теле плотины элементы деформаций и поля напряжений имеют связь и с тектоническими факторами, и с техногенными (с эксплуатацией водохранилища).

Для обеспечения безопасности эксплуатации сооружения, требуется проведение детальных исследований.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гуценко О.И. Метод кинематического анализа структур разрушения при реконструкциях полей тектонических напряжений // Поля напряжений и деформаций в литосфере. – М.: Наука, 1979. – С. 7-25.
2. Умурзаков Р.А. Методика и некоторые результаты кинематической реконструкции региональных позднекайнозойских смещений тектонических блоков. В сб.: Рельефообразующие процессы: теория, практика, методы исследования. – Новосибирск, 2004. – С. 267-268.

## ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ СВОЙСТВ ГРУНТОВ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ОПОЛЗНЕЙ

*Федодеев В.И.*

*Военно-технический университет при Федеральном агентстве специального строительства, г. Балашиха*

## DETERMINATION OF SOIL PROPERTIES IN FORECASTING OF LANDSLIDES

*List of soil markers (properties), necessary for forecasting slides, is given. It is shown that seism acoustical method is perspective for evaluation of some properties; it allows evaluating deformation module and soil viscosity via wave propagation velocity.*

Установленные ранее [4,5,6] функциональные связи между действующими в оползневых массивах напряжениями, морфологическими особенностями последних, скоростью движения и свойствами слагающих их грунтов и изменением перечисленных показателей во времени позволяют составлять достаточно надежные средне- и краткосрочные прогнозы развития основных видов оползней. Указанные связи получены на основе математических моделей, включающих ряд параметров, которые необходимо определять экспериментально.

Так, для расчета скорости  $v_h(x)$  оседания неводонасыщенной части (НВЧ) оползня выдавливания по формуле [4]

$$v_h(x) = \frac{dh}{dt} \equiv \frac{g(\rho_w - \rho_s)(H_w^3 - H_{ow}^3)^2}{27\eta l^2 h^2} \quad (1)$$

требуется знать вязкость  $\eta$  и плотность в НВЧ ( $\rho_s$ ) и водонасыщенной толще (ВНТ) склона ( $\rho_w$ ). Кроме того, необходимо определить УГВ на бровке ( $H_{ow}$ ) склона и в месте их разгрузки ( $H_w$ ), форму их депрессионной поверхности ( $h(x)$ ) и протяженность  $l$  основания склона по горизонтали. Параметры  $\rho_s$ ,  $\rho_w$ ,  $H_{ow}$ ,  $H_w$ ,  $l$  и  $h$  нетрудно оценить и измерить, обустроив ряд наблюдательных скважин и используя отобранные при бурении образцы пород.

Вязкость  $\eta$  породы определить весьма непросто, тем более, что это желательно сделать не на образцах, а непосредственно в месте ее залегания.

В [5] показано, что оползни выдавливания на береговых склонах в зависимости от скорости выноса водным потоком выдавливаемой ВНТ могут сопровождаться либо только оседанием склона и прилегающей территории, либо отделением НВЧ на бровке склона от плато, ее движением совместно с ВНТ и раскалыванием на блоки, то есть образованием блокового оползня.

Для прогнозирования подобных явлений необходимо рассчитать напряжения, возникающие в НВЧ за счет изгиба и растяжения.

Напряжения растяжения-сжатия за счет изгиба рассчитываются по формулам [5,6]

$$\sigma_{\max} = \frac{5Eg(\rho_w - \rho_s)(H_w^3 - H_{ow}^3)^4}{243\eta\ell^4 H_{ow}^8} [H(x,t) - h(x)](t - t_0) \cos^2 \beta, \quad (2)$$

$$H(x,t) = H_{01}^{(0)} - xtg\alpha_0 - v_h(x)(t - t_0), \quad (3)$$

а напряжения растяжения за счет сил трения с ВНТ – соответственно:

$$\sigma_n = \frac{2g\rho_s tg\varphi}{\sin 2\theta} [H_{01}^{(0)} - v_h(0)(t - t_0) - z], \quad (4)$$

в которые входят также модуль Юнга  $E$ , угол трения  $\varphi$ , углы наклона относительно горизонтали внешней поверхности склона ( $\alpha_0$ ), касательной к депрессионной кривой  $h(x)$  в расчетной точке ( $\beta$ ) и угол  $\theta$  между векторами касательного и одного из главных нормальных напряжений.

Для оползней течения в [5] получено выражение, описывающее изменение во времени конфигурации внешней поверхности склона

$$h(x,t) = (\ell - x)tg\delta + \sqrt{H_{01}^3 + \frac{H_1^3 - H_{01}^3}{\ell} \left[ x + \frac{\rho g (H_1^3 - H_{01}^3)}{9\eta\ell} (t - t_0) \right]}, \quad (5)$$

в котором через  $\delta$  обозначен угол наклона к горизонту плоской поверхности течения,  $H_{01}$ , также как и  $H_{01}^{(0)}$  в (3),(4), означает начальную толщину оползневой массы на бровке склона, а  $H_1$  – на его нижней кромке.

Из формул (1) – (5) видно, что при прогнозировании указанных видов оползней основную проблему составляет определение параметров  $\eta$  и  $E$ , причем последний, также как и  $\eta$ , необходимо оценивать непосредственно в оползневом массиве.

Для решения этой проблемы весьма перспективным представляется применение сейсмоакустических методов.

Если использовать указанные выше разведочные скважины для сейсмического просвечивания [3], то с помощью трехкомпонентных сейсмоприемников можно измерить скорости продольных  $C_{p3}$  и поперечных  $C_{s3}$  волн по всей мощности (толщине) оползневой массы и его протяженности. При этом следует регистрировать прямые (падающие) волны, для которых в [7] получены детерминированные выражения скоростей  $C_{p3}$  и  $C_{s3}$  в песчано-глинистых отложениях. Последние, как правило, слагают полностью или частично оползневые массивы и являются зоной развития их подвижек. В [7] рассчитаны значения  $C_{p3}$  и  $C_{s3}$ , практически совпадающие с известными экспериментальными данными.

Для скорости  $C_p$  продольных падающих волн в глинистой фракции получено соотношение

$$C_p = \frac{l_o k_s}{2T_r \sqrt{6}}, \quad (6)$$

где  $l_o$  – линейный размер представительного микрообъема ("макроточки") песчано-глинистой породы, а  $T_r$  – время релаксации механических процессов

$$T_r = \eta_w \frac{3R^2}{8H_0^2 \Pi(H_0)}, \quad (7)$$

при воздействии на этот объем внешнего давления  $\delta P$ , задаваемого ступенчатой функцией времени. В (6) и (7), кроме того, обозначены:  $k_s / (2\sqrt{6})$  - коэффициент, учитывающий ориентацию глини-

стых частиц относительно вектора внешней силы, создающей  $\delta P$ ,  $\eta_w$  – вязкость воды,  $R$  – радиус глинистых частиц,  $H_0$  – ширина зазора между их базальными гранями, заполненного водой,  $\Pi(H_0)$  – расклинивающее давление в этом зазоре.

Ранее в [8] было показано, что песчано-глинистые отложения обладают свойствами тела Кельвина – Фойгта:

$$\mp \delta P = 2G_M \varepsilon_M + 2\eta_S \frac{d\varepsilon_M}{dt}. \quad (8)$$

В уравнении (8) использованы обозначения:  $G_M=E$ - модуль деформации (Юнга), равный

$$G_M = \frac{2\Pi(H_0)\ell_0}{H_0}, \quad (9)$$

$\eta_S$  – вязкость глинистого каркаса, равная приблизительно вязкости  $\eta$  песчано-глинистых отложений в целом -

$$\eta_S = \eta_w \frac{3R^2 \ell_0}{4H_0^3}. \quad (10)$$

Используя соотношения (7),(9) и (10) , нетрудно на основе (6) получить для  $C_p$

$$C_p = \frac{k_s}{2\sqrt{6}} \frac{G_M}{\eta_S} l_0 \equiv \frac{k_s}{2\sqrt{6}} \frac{E}{\eta} l_0. \quad (11)$$

Из выполненных в [7] расчетов следует, что эффективная скорость  $C_{ps}$  продольных волн в песчано-глинистых смесях приблизительно вдвое меньше скорости  $C_p$ , т.е. регистрируемая скорость равна

$$C_{ps} = \frac{k_s}{4\sqrt{6}} \frac{E}{\eta} l_0. \quad (12)$$

В (12) три неизвестных величины:  $E$ ,  $\eta$  и  $l_0$ . Последняя может быть найдена расчетным путем на основе анализа гранулометрического состава породы и применения статистических методов [4].

Для отыскания  $E$  и  $\eta$  необходимо иметь еще одно уравнение, подобное (12). Оно может быть получено на основе теоретических представлений, развитых в [7]. В этой работе показано, что поперечные волны возникают за счет преломления продольных волн в тех транзитных порах (капиллярах), которые ориентированы своими осями практически вдоль направления распространения плоской волны (угол отклонения  $\gamma$  весьма мал, порядка  $0,1^\circ$ ).

Эффективная скорость  $C_{s3}$  поперечных волн согласно [7] определяется соотношением

$$\frac{1}{C_{s3}} \approx \frac{n_s}{3C_{P1}}, \quad (13)$$

где  $n_s$  – эффективная пористость,  $C_{P1}$  – скорость продольных волн в указанных выше капиллярах –

$$C_{P2} = \frac{R_{10} \sqrt{\sin \gamma_1}}{T_{r1} \sqrt{3}}, \quad (14)$$

а  $T_{r1}$ - время релаксации процессов сжатия-растяжения при прохождении в них волны. В [7] приведено соотношение для  $T_{r1}$  , включающее трудноопределимый параметр  $\sigma$ - поверхностное натяжение на стенках этих насыщенных водой капилляров. Преодолеть это препятствие можно, если использовать условие совместности деформирования капилляров и глинистой фракции, которая образует стенки указанных капилляров. Это условие выражается в равенстве скоростей движения глинистых частиц  $v_H = \frac{dH}{dt}$  и стенок капилляров  $v_{R1} = \frac{dR1}{dt}$ .

Продифференцировав по времени  $t$  полученные в [9] выражения для  $H(t)$  и  $R_1(t)$  и приняв определенные упрощающие допущения, можно на основе условия  $v_H=v_{R1}$  выразить  $T_{r1}$  через  $T_r$ :

$$T_{r1} = \frac{3R_{10}^3 R^2}{2l_0^2 H_0^3} T_r. \quad (15)$$

Подставив выражение  $T_r$  из (7) в (15), а результат – в (14) и учитывая (9) и (10), нетрудно в итоге найти для  $C_{P1}$ :

$$C_{P1} = \eta_w \frac{\sqrt{\sin \gamma_1} l_0^3 E}{2\sqrt{3}\eta^2 R_{10}^2} \quad (16)$$

и для  $C_{SЭ}$ , приняв в (13)  $n_3 = 0,3$ :

$$C_{SЭ} = \frac{5\eta_w \sqrt{\sin \gamma_1} l_0^3 E}{\sqrt{3}\eta^2 R_{10}^2}. \quad (17)$$

Наконец, поделив выражение (12) для  $C_{PЭ}$  на  $C_{SЭ}$  из (17), после преобразований для вязкости  $\eta$  грунта можно получить:

$$\eta = \eta_w \frac{20\sqrt{2\sin \gamma_1} l_0^2 C_{PЭ}}{k_s R_{10}^2 C_{SЭ}}. \quad (18)$$

В (16) – (18) появилась еще одна неизвестная, величина – начальное значение радиуса  $R_{10}$  капилляров. Она определяется из фильтрационных экспериментов с использованием известной [2] формулы:

$$R_{10}^2 = \frac{8\eta_w K_\Phi}{g\rho_w n_3}, \quad (19)$$

в которой  $K_\Phi$  – коэффициент фильтрации, измеряемый опытным путем. При  $K_\Phi = 3,5 \cdot 10^{-3}$  м/сут [2] получаем  $R_{10}^2 = 10^{-13}$  м<sup>2</sup>.

Используя из [7] значения  $l_0 = 10^{-2}$  м,  $C_{PЭ} = 1620$  м/с,  $C_{SЭ} = 270$  м/с,  $K_s = 0,708$ ,  $\gamma_1 = 0,1^\circ$ , по формуле (18) находим  $\eta = 10^7$  Па·с ( $10^8$  пуаз), что по порядку совпадает с данными для глинистых грунтов [1]. При этом модуль деформации согласно (12) будет равен  $E \approx 22 \cdot 10^6$  МПа, что близко к соответствующим величинам для скальных пород [2].

Полученные результаты объясняются тем, что в рассматриваемых грунтах имеет место так называемый пространственно-временной масштабный эффект [8]. При постоянстве внешнего воздействия ( $\delta P$ ) с уменьшением размеров частиц и всего представительного объема грунты приобретают свойства упругого твердо-

го тела, однако в моменты времени, близкие к началу воздействия (возбуждения волны) в них преобладают "вязкостные" свойства.

Поскольку  $E$  в отличие от  $\eta$ , отображает макросвойства среды и определяется на образцах большого размера, учитывая последнее замечание о пространственно-временных эффектах, необходимо внести коррективы в оценку величины  $E$ . Если в (12) заменить  $l_0$  на длину волны  $L = 1620$  м первой гармоники ( $f \approx 1$  Гц), соответствующую размеру представительного макрообъема, то для  $E$  получается оценка  $E \approx 140$  Мпа, что по порядку соответствует экспериментальным данным для глинистых грунтов [7].

В заключение следует заметить, что полученные в данном сообщении и в цитированных работах [4,5,6,7] результаты близки к известным практическим данным. Это позволяет использовать указанные разработки при прогнозировании опасных геодинамических процессов (оползней, оседаний грунтов и т.п.).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вялов С.С. Реологические основы механики грунтов. М.: Высш. шк., 1978. 448 с.
2. Грунтоведение / Под ред. Е.М. Сергеева. М.: МГУ, 1971. 596 с.
3. Применение сейсмоакустических методов в гидрогеологии и инженерной геологии / Под ред. Н.Н. Горяинова. М.: Недра, 1992. 264 с.
4. Федодеев В.И. Моделирование склоновых процессов на берегах водоемов // Геоэкология. 2004. №6. С. 517-525.
5. Федодеев В.И. Математические модели и прогнозирование оползней выдавливания, скольжения и течения // Проблемы снижения природных опасностей и рисков. Том I. М.: РУДН, 2009. С. 364-368.
6. Федодеев В.И. Динамика оползней выдавливания на береговых склонах // Докл. РАН, 2009. Т. 426. №3. С. 364-368.
7. Федодеев В.И. Физико-химическая механика и сейсмические свойства полидисперсных грунтов // Докл. РАН, 2011. Т. 439. № 1. С. 86-91.
8. Федодеев В.И. Реологические модели и пространственно-временные масштабные эффекты в механике дисперсных сред // Сергеевские чтения. Вып. 11. М.: ГЕОС, 2009. С. 232-236.
9. Федодеев В.И. Динамика малых объемов, вязкость и уравнение состояния насыщенных полидисперсных пород // Изв. вузов. Сев.-Кавк. рег. Технич. науки. 2005. Прилож. к № 1. С. 15-53.

## СЕЙСМИЧНОСТЬ БЛИЖНИХ ЗОН ВОДОХРАНИЛИЩ И ПРОЧНОСТЬ ГОРНЫХ ПОРОД

Хамидов Л.А.

Институт сейсмологии им. Г.А. Мавлянова АН РУз,  
г. Ташкент, Узбекистан, e-mail: [hamidov\\_l@mail.ru](mailto:hamidov_l@mail.ru)

### SEISMIC CONDITION OF THE NEAR ZONES OF WATER RESERVOIR AND DURABILITY OF ROCKS

*This paper presents the result of research of seismic condition of the near zones water reservoir and change durability of rocks under different seismic load.*

В последние годы в комплексе исследований, способствующих повышению сейсмозологической безопасности и эффективности эксплуатации водохранилищ, новым направлением становится локальный сейсмический мониторинг [1,2].

Выполненный здесь анализ позволяет интерпретировать «высокочастотные» события, как проявления хрупкого разрушения в породном массиве (дальность до 30 км.). Результаты, касающиеся «низкочастотных» событий – пространственная и временная корреляция с горными работами, приуроченность очагов к поверхности, маловероятные параметры очагов в терминах модели Брюна – указывают на возможную искусственную природу их очагов.

В роли источников выступают внешние воздействия (ядерные испытания, обрушения фрагмента пород, прерывистые вибрации оборудования). В исследованных районах (Чарвакское, Андижанское, Гиссаракское и Туплангское водохранилища), определены «низкочастотные» события, которые составляют существенную часть фиксируемой сейсмичности (более 70% от всех событий в анализируемый период времени). Большинство эпицентров группируются в зоны, контролируемые структурными особенностями конкретного района: распределением разломов, зон трещиноватости, простиранием структур и т.п.

Например, наблюдается изменение плотности эпицентров в северо-восточной части Чарвакского района. Здесь в 1977 г. про-

изошло два землетрясения средней силы  $K=11,3$  и  $K=11,7$ , и на юго-востоке от поселка Чарвак в этом же году произошло Таваксайское землетрясение. Спустя десять лет землетрясение с  $K=12$  произошло в 30 км северо-западнее Чарвака. На карте эпицентров, за последующие 10 лет, отмечены три эпицентра землетрясений в 15-25 км от водохранилища. В 1993 г. произошло землетрясение с  $K=10,3$ . Через полгода в 1994 г. восточнее, произошло землетрясение с  $K=11,9$ . И в 1995 г. севернее, землетрясение с  $K=12,4$ . Все сильные землетрясения Чарвакского района, произошли в этой же зоне, включая и Бручмуллинское землетрясение 1959 г. ( $K=14$ ) [1].

Параметром, характеризующим изменение во времени сейсмичности, является угол наклона графика повторяемости и уровень активности по графику повторяемости. В табл. 1 представлены значения угла наклона графика повторяемости для периодов, по которым строились карты локальных эпицентров. За различные периоды времени наклон графика повторяемости практически не меняется незначительно, но ошибка определения  $\gamma \pm \sigma$  увеличилась значительно. Это видимо, связано с понижением уровня предсказательности землетрясений за последние годы.

Положение очагов локальных сейсмических событий и их деформационные характеристики в дальнейшем позволили оценить чисто сейсмическую составляющую деформирования породных массивов и смещения структур в ближних зонах водохранилищ.

Таблица 1

**Значения угла наклона графика повторяемости  
и сейсмической активности в различные периоды**

| Интервалы, годы | Классы К | Угол наклона $\gamma \pm \sigma$ | A10  |
|-----------------|----------|----------------------------------|------|
| 1960-1972гг     | 8-11     | $0.49 \pm 0.02$                  | 0.04 |
| 1973-1999гг     | 8-11     | $0.48 \pm 0.06$                  | 0.03 |
| 1989-1999гг     | 8-11     | $0.49 \pm 0.09$                  | 0.02 |
| 2001-2011гг     | 8-11     | $0,43 \pm 0,04$                  | 0,03 |

В районе Гиссаракского водохранилища р. Аксай расположена в пределах крупной межгорной впадины в системе центральных отрогов Гиссарского хребта. Границы бассейна р.Аксай на

востоке – Гиссарский хребет, на юго-востоке и юге – горы Байсунтау, на западе равнинная часть. На участке створа плотины, до поселка Мираки, р. Аксай течет в среднем каньонообразном ущелье. Участок створа плотины Гиссаракского водохранилища сложен массивами верхнемелового, палеогенового и четвертичного возраста [2]. Отложения верхнемеловой и палеогеновой системы в толще карбонатно-терригеновых отложений выделено в нескольких кусочных однородностях. Все разновидности коренных пород отнесены к скальным массивам, с временным сопротивлением сжатию в воздушно сухом состоянии от 22,4-150 МПа. Коэффициент размягчения для большинства пород 0,6-0,7 для алевролитов и алевролитовых брекчий временное сопротивление сжатию изменяются в пределах от 10,3 до 42 МПа. Коэффициент размягчения 0,42-0,45. На основании изучения параметров мелкой трещиноватости скального массива, закономерности изменения содержания экзогенного заполнителя в трещинах, деформационных и прочностных свойств, скорости продольных волн выделены следующие геомеханические зоны (табл. 2). Зона интенсивной консолидации с неупругой деформацией характеризуется сильной трещиноватостью пород с плотностью меньшей на 15%, чем среднее. При больших значениях сильных движений, особенно при 0,4g, т.е. ударе – порода разбивается на куски, с образованием свежих поверхностей скола.

Мощность зоны отдельных массивов 0–3,0 м, скорость продольных волн 1,5–1,9 км/сек. Зона интенсивной консолидации присутствуют в скальных склонах растягивающихся от 5 до 12 км.

Зона частичной консолидации с сохранением упругости при нагрузке-разгрузке. Относительно сохраненные породы, характеризуется наличием в трещинах экзогенного заполнителя, выполняющего до 15–20% зоны дробления, в отдельных случаях до 50%. При значениях сильных движений от 0,4g и более, т.е. ударе порода разбивается на большие куски, без образования мелких поверхностей скола. Мощность зоны отдельных массивов 0–4,0 м, скорость продольных волн 1,7–2,2 км/сек. На участке ядра и выходного портала мощность зоны увеличивается до 14 м. Скорость продольных волн 1,3 км/сек. Зона интенсивного деформирования практически отсутствует на скальных склонах.

Таблица 2

**Инженерно-геологическая характеристика нескальных массивов Гиссаракского гидроузла**

| № | Геологическое описание массива  | Стратиграфический индекс | Геомеханические свойства массивов            |                         |  |        |                                  |
|---|---|--------------------------|--|-------------------------|--|--------|----------------------------------|
|   |   |                          | Плотность грунта $\rho_0$ , т/м <sup>3</sup> | Модуль деф. $E_0$ , МПа | Сопротивление сдвигу в водонасыщ. сос. |        | Коэффициент фильтрации Кф, м/сут |
|   |   |                          |  |                         | tg $\varphi$                           | C, МПа |                                  |
| 1 | Галечник с валунами с гравийно-песчаным заполнителем                      | a Q <sub>IV</sub>        | 2,24   | 55                      | 0,6                                    | 0,02   | 34,0                             |
| 2 | Глыбово-щебенистый материал с суглинистым заполнителем, с линзами глин    | p Q <sub>IV</sub>        | 1,71   | 44                      | 0,7                                    | 0,03   | 3,5                              |
| 3 | Дресвяно-щебенистый материал с редкими глыбами с суглинистым заполнителем | d Q <sub>IV</sub>        | 1,87   | 14                      | 0,6                                    | 0,01   | 12,0                             |

Высокая пористость крупнообломочных пород данного района говорит о значительной потенциальной возможности проявления ее сжимаемости с увеличением нагрузки. В более крупных масштабах такое состояние при за критических нагрузках может привести и к местным сейсмическим процессам.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Хамидов Л.А., Шукуров М.А. Оценка локальной сейсмичности в зоне влияния Гиссаракского водохранилища // 3 – Межд. Сейсмологическая школа «Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных», 20-24 октября – Кисловодск. – М.: ГС РАН, ИФЗ РАН, Обнинск, 2008 – С. 211-215.

2. Хамидов Л.А., Зиявитдинов К.Ф., Шукуров М.Ш. Жесткостные характеристики массивов горных пород в ближней зоне водохранилищ // Геология и минеральные ресурсы. – Ташкент. – 2010. – № 4. – С.34-39.

## СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКИЕ ОЦЕНКИ КОЛЕБАНИЙ ЧАРВАКСКОЙ ПЛОТИНЫ

*Хамидов Л.А., Ибрагимов А.Х.*

*Институт сейсмологии им. Г.А. Мавлянова АН РУз,  
г. Ташкент, Узбекистан, e-mail: [hamidov\\_l@mail.ru](mailto:hamidov_l@mail.ru)*

## SEISMOMETRIC ESTIMATIONS OF VIBRATIONS OF THE CHARVAK'S DAM

*In work is organized estimation of the fluctuation of the dam Charvak, certain spectrums of the fluctuations on height and sharing the transverse waves in the dam.*

Для проведения оценок колебания плотины Чарвакского водохранилища (объем около 2км<sup>2</sup>), высотой более 100м и длиной более 800м, были установлены в теле плотины цифровые сейсмические станции и проведен анализ записей по обновленной сети АССН «Чарвак». Измерительные точки (ИТ) оборудованы высокочувствительными сейсмографами для записи местных и близких землетрясений с увеличением каналов в зависимости от фона помех 1-го рода от 10000. Диапазон периодов полосы пропускания 0.2-1.2 с амплитудно-частотных характеристик каналов соответствует главной части спектра сейсмических волн слабых близких и местных землетрясений [1].

Инженерно-сейсмометрические оценки по временной схеме представлены цифровыми записями в 12 ИТ. При переходе на постоянную схему ИСН, количество ИТ увеличено до 8. Из них ИТ в противоположных бортах и основании остались в прежнем положении. Чувствительность регистрационных каналов сейсмостанции в ждущем режиме установлена для записи скорости слабых колебаний грунта от 1 до 5 баллов ( $V_x = 10$  мм/с) и для более сильных – от 5 до 9 баллов ( $V_x = 1$ мм/с). В качестве сейсмо-

приемников применялись С – 5 -С с  $T_s = 4,5с$  ( $D_s = 0,6$ ;  $D_{so} = 0,02$ ) и гальванометров ГВ – IV с  $T_g = 0,008$  с ( $D_g = 0,7$ ). На сейсмограммах режимно измеряются максимальные амплитуды скорости колебаний –  $A_{max}$ (мм/с) и соответствующие им периоды колебаний, длительность колебаний. Произведен так же и расчет относительного изменения интенсивности колебаний  $\delta_i = A_{max(i)}/A_{ma}$ , где  $i$ -номер ИТ.

Определение сейсмических свойств мелкообломочных и крупнообломочных массивов в зоне плотины Чарвак, как экспериментальный материал при разных нагрузках и объемах воды, выполнялось несколькими методами: записью слабых далеких землетрясений; изучением спектральных характеристик грунтов с анализом микросейсм и методом Накамура (HVSР) [2]. Для обработки данных использовались программы JSESAME. И GEOPSY (в среде MATLAB 8.0). Метод регистрации землетрясений малых энергий использован для количественной оценки относительных изменений сейсмической интенсивности на участках с разными физико-механическими свойствами крупнообломочных массивов.

На основе метода Накамура, который основан на эллиптичности релеевских волн, и измерений трех-компонентными сейсмометрами природных микросейсм определены характеристики разнообломочных горных массивов и связанных грунтов вплоть до уровня разжиженного грунтового состояния. Всего произведено 12 измерений в теле плотины. Зарегистрированы 28 землетрясений на расстояниях от 10 до 550 км. К анализу приняты записи 17 землетрясений, наиболее характерно отражающих динамические смещения, как низкочастотных, так и высокочастотных колебаний. Расчеты мощности слоя, от крупнообломочных массивов до мелкообломочных пород, производились с использованием следующих эмпирических уравнений [1,2]:  $h = 156 f_0^{-1,08}$  где  $h$  – мощность слоя насыпных горных пород,  $f_0$  – резонансная частота каждой части обломочности массивов. Для определения скорости поперечных волн  $V_s$  использовано выражение [1,3]:

$$T = 4h/V_s;$$

где  $T$  – резонансный период для каждого типа массива пород,  $h$  – мощность каждой части пород,  $V_s$ - скорость поперечных волн. Для проверки справедливости уравнений был проведен анализ сейсмо-

грамм с трехкомпонентных сейсмометров, расположенных в разных местах в теле плотины при одновременной записи. Результаты расчетов показывают диапазон изменений  $V_s$  в пределах 627-647 м/с.

Поскольку плотина состоит из частей крупнообломочных консолидированных, мелкообломочных, менее консолидированных, массивов, были проведены специальные измерения на нетронутом массиве. Здесь приращение интенсивности колебаний (HVSR) составило 1,8. Ниже в табл.1. приведены результаты расчетов (высота показана от уровня моря)

Таблица 1

**Приращение интенсивности  $\Delta I$  и максимальные ускорения  $g$ ,  $m/c^2$**

| ИТ № | $f_0$ | $H$ , м | $V_s$ , м/с | HVSR | $L_k$ | Приращение интенсивности $\Delta I$ | Максимальные ускорения $g$ , $m/c^2$ |
|------|-------|---------|-------------|------|-------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 1    | 0,76  | 35      | 655         | 2,3  | 9,3   | +0,45                               | 0,23                                 |
| 2    | 0,71  | 145     | 630         | 3,2  | 17,0  | +0,73                               | 0,29                                 |
| 3    | 0,71  | 152     | 586         | 5,2  | 33,7  | +1,20                               | 0,34                                 |
| 4    | 0,67  | 155     | 564         | 4,3  | 25,4  | +1,03                               | 0,31                                 |
| 18   | 0,64  | 123     | 569         | 3,2  | 13,7  | +0,35                               | 0,22                                 |
| 19   | 0,60  | 86      | 607         | 6,5  | 12,4  | +0,25                               | 0,18                                 |
| 20   | 0,83  | 42      | 623         | 3,2  | 5,8   | +0,20                               | 0,12                                 |
| 14   | 0,79  | 20      | 675         | 2,1  | 6,9   | +0,01                               | 0,01                                 |

Здесь –  $*f_0$  – резонансная частота массива,  $H$  – мощность крупнообломочного слоя,  $V_s$  – скорость поперечных волн, HVSR – отношение спектров горизонтальных компонент к вертикальным,  $L_k$  – коэффициент сейсмического разжижения массива.

Также был рассчитан коэффициент разжижения мелкообломочных массивов, доведенных до состояния всесторонне сжатого, при циклическом воздействии:  $K_s = A_p^2 / F_p$  где:  $A$  – отношение  $H/V$ ,  $F_p$  – основная частота крупнообломочного массива. Были использованы данные мощности по типам обломленности пород, полученные методом HVSR, рассчитаны акселерограммы для пунктов регистрации наиболее различающихся по физико-механическим условиям блоков [2,3].

Используя метод Накамура и физико-механические характеристики по зарегистрированным данным и использованием технологии HVSR (метод Йошиито Накамура) построена скоростная модель тела плотины (табл. 2).

Таблица 2

**Распределение поперечных волн  $V_s$  (м/сек) и коэффициент разжижения грунтов  $K_L$  в теле плотины**

| $H$ , м | $V_s$  | $K_L$  |
|---------|--------|--------|
| 16,31   | 527,89 | 0,193  |
| 21,40   | 538,63 | 0,289  |
| 30,30   | 562,57 | 0,775  |
| 47,62   | 571,49 | 1,241  |
| 68,94   | 587,37 | 1,742  |
| 96,37   | 602,13 | 11,239 |
| 162,84  | 625,99 | 2,630  |

Здесь:  $H$  – глубина отражающих границ,  $V_s$  – средняя скорость в слое поперечных волн,  $K_L$  – коэффициент разжижения грунтов.

Результаты инструментальных сейсмометрических исследований показывают, что максимально возможные сейсмические ускорения находятся в пределах 0,24-0,32 g, или в диапазоне 8,0-9,0 баллов. Необходимо отметить, что тело плотины покрыто сыпным рыхлыми грунтами с плотностью  $1,4 \text{ г/см}^3$ , мощность которых достигает 3,0 метров. Специально проведенные измерения на неизменных массивах в естественном состоянии показали приращение балльности +0,5 (+0,3g). С учетом того, что под объекты насыпные грунты будут удалены, можно принять максимально возможную интенсивность сейсмических воздействий  $I=8,5$ ; а максимальные ускорения 0,27 g.

Количество землетрясений за последние 2008 и 2011 годы достаточно малы, и, возможно, это связано с продолжением сейсмического затишья на данном районе. Единственное Ташкентское землетрясение 22 августа 2008 года ( $M=4,5$ ;  $I=6-7б$ ) в зоне Чарвакского водохранилища отразилось 3-4 балльным колебанием.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Wathelet, M., D. Jongmans, M. Ohrnberger, S. Bonnefoy-Claudet.* Array performances for ambient vibrations on a shallow structure and consequences over  $V_s$  inversion // *Journal of Seismology.* – 2008. – №12. – P.1-19.
2. *Nakamura Y.* A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface using Micro tremor on the Ground Surface // *Quart. Report of RTRI.* – 1989. – Vol. 30. – № 1. – P. 25-33.
3. *Nakamura Y.* Clear identification of fundamental idea of Nakamura's technique and its applications // *Proc. of the 12th World Congress on Earthquake Engineering.-Auckland, New Zealand.* – 2000. – P. 64-88.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНЫХ ЗОН ЗАТОПЛЕНИЯ НА РЕКАХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РФ

*Шалашина Т.Л.*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Государственный гидрологический институт» (ФГБУ «ГГИ»),  
г. Санкт-Петербург, тел. (812) 3233519, факс (812) 3231028  
[shalashina-tatjana@rambler.ru](mailto:shalashina-tatjana@rambler.ru)*

## USING OF HYDROLOGICAL INFORMATION FOR DETERMINATION OF PROBABLE FLOOD ZONES ON THE RIVERS OF RUSSIAN NORTH-WEST

*A method of potential flood zones assessment has been developed at the State hydrological institute. The method is based on complex using of hydrological, geomorphologic, cartographical and aerospace information as well as application of modern processing and analysis methods including GIS-technologies.*

Проблема наводнений является сложной задачей, имеющей социальный, экономический и экологический аспекты. Актуальность ее заключается в необходимости проведения мероприятий по надежной оценке зон затопления в паводкоопасных регионах.

В Государственном гидрологическом институте, применительно к водным объектам, расположенным в пределах Ленин-

градской, Новгородской и Псковской областей, был разработан методический подход к оценке вероятных зон затоплений, который заключается в комплексном использовании гидрологической, геоморфологической, картографической и аэрокосмической информации и в применении современных способов и методик их обработки и анализа, включая ГИС-технологии. [5]

Основной задачей исследований для определения вероятных зон затопления на реках региона являлась оценка максимальных расходов и наивысших уровней воды различной вероятности превышения для выявления территорий, подверженных речным наводнениям различного генезиса, выделение на этих территориях зон с наиболее значительными затоплениями и разработка рекомендаций по защите их от наводнений.

В этом регионе нет крупных водохранилищ, предназначенных для предотвращения наводнений в условиях экстремально высокой водности.

Анализ генезиса наивысших в году уровней был выполнен на основе созданной информационной базы гидрологических данных по рекам региона, включающей сведения о максимальных расходах и уровнях воды, за весь период наблюдений, в том числе и по ранее действующим постам.

Одной из важнейших составляющих этого подхода являлось определение вероятностных характеристик наивысших уровней и максимальных расходов воды рек. Данные многолетних наблюдений за уровнями и расходами воды являются основным источником сведений о водности рек и соответствующих наполнениях их русел и пойм, а также о продолжительности и величине превышения уровнем воды критических отметок. Большое внимание было уделено сбору и анализу исходной информации. Наивысшие уровни воды приведены к единой системе отметок, т.к. на некоторых постах региона в течение периода наблюдений менялся «0» графика поста

Все инженерно-гидрологические расчеты выполнены в соответствии со Сводом правил (СП-33-101-2003) по определению основных расчетных гидрологических характеристик с использованием сертифицированного программного комплекса «HydroStatCalc», разработанного в ГГИ. [7,2,3]

Далее выполнено приведение максимальных расходов и уровней воды к многолетнему периоду. При выборе пунктов-аналогов учитывалось, как возможно большая продолжительность наблюдений в этих пунктах, так и более тесные связи между стоком (уровнем воды) в приводимом к многолетнему периоду пункте и стоком (уровнем воды) в пунктах – аналогах. Приведение гидрологических рядов к многолетнему периоду осуществлялось аналитическими методами, основанными на регрессионном анализе. В результате использования данных по всем постам (включая закрытые) и приведения их к многолетнему периоду, существенно увеличен объем исходной гидрологической информации. Устойчивость и надежность восстановленных данных определялась не только объемом исходных данных за совместный с аналогами период, но и объемом информации, эквивалентной наблюдаемым данным.

Определены параметры аналитических кривых распределения и расчетные значения заданной обеспеченности приведенных к многолетнему периоду рядов максимальных расходов и уровней. Проведена оценка однородности и стационарности рядов наблюдений за многолетний период [4].

Подобраны к эмпирическим кривым обеспеченностям теоретические кривые распределения, которые позволили рассчитать значения расходов и уровней воды редкой повторяемости. Подбор отношения  $C_s/C_v$  осуществлялся из визуального сопоставления эмпирических данных с аналитической кривой обеспеченности с принятым отношением  $C_s/C_v$ . Особое внимание обращалось на отдельные части кривой обеспеченности, особенно для наивысших уровней воды в верхней части кривой.

Выполненные расчеты позволили получить систематизированную информацию о распределении по территории максимальных расходов и уровней воды различной вероятности превышения.

Для построения межженных профилей водной поверхности выполнен комплекс расчетов для минимальных летне-осенних уровней воды. Целью этих расчетов являлась оценка средних многолетних значений минимальных уровней воды и построение межженных профилей водной поверхности. Результатом выполненных расчетов являются данные по превышению уровня различной обеспеченности над минимальными летне-осенними уровнями (данные по амплитуде уровней).

Полученные результаты были использованы для построения продольных профилей водной поверхности при наивысших уровнях различной вероятности превышения, которые позволили определить площади затопления для отдельных участков рек.

Используя [1] были выделены населенные пункты, подвергаемые периодическим затоплениям и подтоплениям в период прохождения весеннего половодья. Далее, используя ГИС-технологии, определены зоны затопления прибрежных территорий с использованием крупномасштабных топографических карт и планов участков рек. Выполненные расчеты позволили выделить участки рек, на которых в период формирования высоких уровней, возможны существенные негативные социально-экономические последствия затоплений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Каталог населенных пунктов Ленинградской области, подверженных периодическому затоплению (подтоплению) при высоких уровнях воды в реках и каналах. – ЦГМС, Спб, 2001, 12 с.
2. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при наличии данных гидрометрических наблюдений., Типография «Вектор-ТиС», Нижний Новгород, 2007, 134 с
3. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при недостаточности данных гидрометрических наблюдений. Ротопринт ГМЦ РФ ААНИИ, Санкт-Петербург, 66 с.
4. Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определение их расчетных значений по неоднородным данным., С-Пб, Нестор-История, 2010, 162 с.
5. Определение зон затопления на территории субъектов Российской Федерации в зоне деятельности Невско-Ладожского бассейнового водного управления Федерального агентства водных ресурсов и разработке рекомендаций по защите их от наводнений (р. Вуокса, р. Паша, р. Оять, р. Свирь, р. Луга Ленинградской области; р. Волхов Новгородской и Ленинградской области; бассейн р. Волхов: р. Тигода Новгородской и Ленинградской области, р. Тосна Ленинградской области). – Государственный контракт №4 от 24.06.2005 г.), СПб, 2005, 240 с.
6. Ресурсы поверхностных вод СССР (РПВ) (1972). – Т.2, Карелия и Северо-запад, часть 1-3, Л., Гидрометеоздат.
7. Свод правил для строительства (СП 33-101-2003) (2004) Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – М.: Госстрой России, 74 с.

**ОЦЕНКА ДИНАМИКИ  
РЕЛЬЕФОБРАЗУЮЩИХ ПРОЦЕССОВ  
СОЛИГОРСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА**

*Шишкова И.И.*

*Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины, г. Гомель, Республика Беларусь,  
тел. +375447326291, e-mail: phacops14@mail.ru*

**EVALUATION OF THE DYNAMICS OF RELIEF PROCESS  
SOLIGORSK INDUSTRIAL DISTRICT**

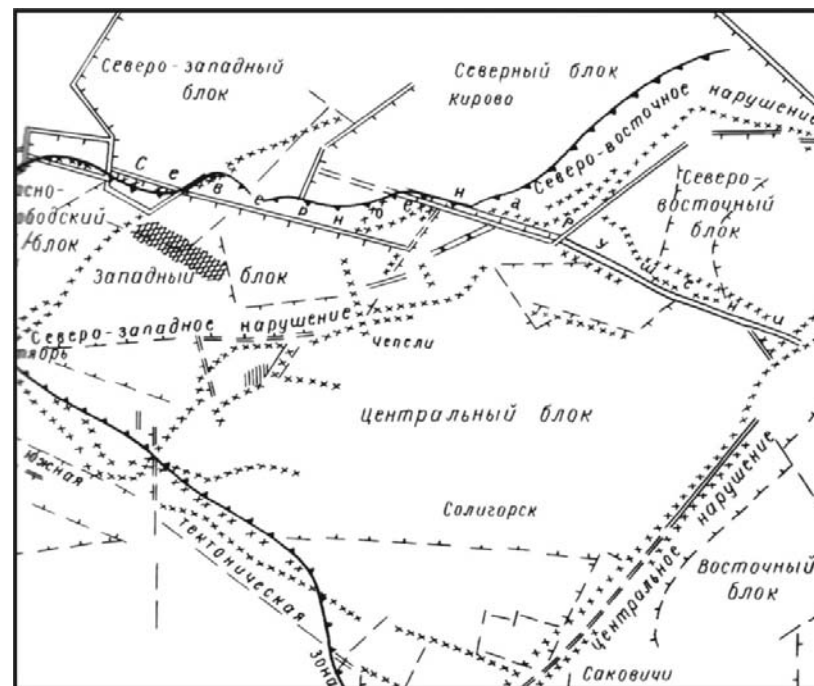
*In structural terms Soligorsk district installed Central and Eastern blocks, Central rift and South tectonic zone. Of greatest interest to study the interaction between endogenous, exogenous and technological processes is Central rift. Within Soligorsk district exogenous processes are manifested differently. There are a group of fluvial processes: erosion can proceed in a linear, resulting in forming gullies, ravines, gullies; erosion work of rivers – is manifested mainly in cleaning the coastal terraces, erosion, transport and accumulation of sediment on the bottom of the channel. Important role in the formation of the relief are the gravitational processes. Among them in Soligorsk district can distinguish avalanches, landslides and debris. The area Soligorsk industrial area of weak resistance to different anthropogenic loads and require special measures for protection of nature.*

В структурном плане Солигорского района установлены Центральный и Восточный блоки, Центральный разлом и Южная тектоническая зона.

Центральный блок самый крупный по площади структурный элемент в плане Старобинского месторождения калийных солей. На западе его ограничивает Западный разлом, на Востоке – Восточный, а с юга – Южная тектоническая зона. Центральный блок представляет собой пологую моноклираль северо-восточного падения по поверхности кристаллического фундамента, подсолевых и межсолевых отложений. На юге блока отметки изогипс составляют 220-225 м, достигая на севере значений 625 м. В пределах блока выделены Старобинская локальная пликативная структура,

которая уверенно дешифрируется на всех материалах аэрокосмических съемок [1].

Восточный блок на западе ограничен Центральным разломом и изучен только в западной его части. Это самый погруженный блок. В южной части его выделена Листопадовичская локальная структура по генезису аналогичная Старобинской.



**Рис. 1. Схема тектонического районирования Старобинского месторождения калийных солей\**

Наибольший интерес для изучения взаимодействия эндогенных, экзогенных и техногенных процессов представляет Центральный разлом, впервые установленный аэрогеологическими и структурно-геоморфологическими методами (Гридин, Тяшкевич, 1972), впоследствии подтвержденный геофизическим, буровыми и горно-шахтными работами. Амплитуда Центрального разлома колеблется от 100 до 200 м.

В пределах Солигорского района экзогенные процессы проявляются неодинаково. Прежде всего, необходимо выделить группу флювиальных процессов.

Проведенные на территории района работы позволили оценить площадное распространение и интенсивность плоскостного смыва. Плоскостная эрозия наблюдается примерно на  $\frac{1}{4}$  площади района, в основном в северной его части, где развит холмисто-рядовый и холмистый рельеф.

Плоскостная эрозия может переходить в линейную, в результате чего формируются промоины, овраги, балки. На территории Солигорского района формы линейной эрозии развиты слабо и представлены неглубоко врезанными (до 5-7 м) задернованными, реже заселенными оврагами и балками. Их длина колеблется от первых сотен метров до 3-4 км, ширина составляет 10-100 м, днища в основном плоские, склоны короткие, прямые или слабовогнутые. Эрозионный потенциал этих форм практически выработан. Активные эрозионные формы встречаются редко и представлены промоинами и небольшими оврагами длиной до 100 м, глубиной 2-3 м, шириной 0,5-4 м.

Эрозионно-аккумулятивная деятельность речных систем является конечным звеном в группе флювиальных процессов. Крупнейшей рекой изучаемого района является Случь. Общая длина 197 км, из них на территорию изучаемого района приходится порядка 50 км (часть верхнего и среднее течение). Долина слабовыражена в рельефе и имеет ширину 20-30 м, ниже по течению слабо меандрирует и имеет ширину 30-40 м. Глубина русла изменяется от 0,5 до 2-2,5 м. Высота поймы над урезом воды 0,5-1,5 м. Скорость течения 0,2-0,25 м/сек. Основными типами русловых процессов являются ленточно-рядовый (на канализованных участках), различные типы меандрирования. Эрозионная работа рек проявляется в основном в подмывании береговых уступов, эрозии, транспортировке и аккумуляции отложений на дне русла. Высота береговых уступов колеблется от 0,5 до 2,5 м, а скорость их отступления весьма незначительна и составляет 0,1-0,2 м/год. Наиболее крупным притоком является река Морочь. Остальная гидросеть представлена мелкими канализованными реками и осушительными каналами.

В 1967 году вблизи города Солигорска на р. Случь было создано Солигорское водохранилище, площадью 23,1 км. Длина водохранилища 24 км, максимальная ширина 1,9 км. Средняя глубина составляет 2,4 м, а наибольшая 7,5 м. Объем водной массы примерно 55,93 млн. м<sup>3</sup>. Береговая линия водохранилища извилистая, высота береговых уступов достигает 1-2,5 м. Здесь широко развиты абразионно-аккумулятивные процессы.

Немаловажную роль в формировании рельефа играют гравитационные процессы. Среди них на территории Солигорского района можно выделить обвалы, оползни и осыпи (идущие с высокой скоростью). Они проявляются в основном на техногенных формах рельефа, например, в карьерах, на насыпях и солеотвалах. Однако объемы этих процессов невелики и составляют десятки метров кубических в год [2].

Суммарный для района объем техноформ составил 260,5 млн. м<sup>3</sup> (средняя величина коэффициента техногенной преобразованности  $K_t$  составляет 108,5 тыс. м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup>), из них на долю солеотвалов и шламохранилищ приходится 60 %, каналов – 22 %, дорог – 8 %, карьеров – 10 %. Максимальные для рассматриваемой территории значения  $K_t$  приурочены к комплексу техногенного рельефа, связанного с добычей и переработкой калийного сырья – свыше 35 млн. м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup>. Сильно преобразованы районы добычи торфа к юго-западу и западу от Старобина ( $K_t$  свыше 100 тыс. м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup>) и участки, где расположены крупные карьеры ( $K_t$  до 500 тыс. м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup>). Значительно преобразованы территории крупных мелиоративных систем в центральной и юго-западной части района ( $K_t$  до 100 тыс. м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup>).

Коэффициент устойчивости рельефа ( $K_y$ ) в целом для всего района составляет 83 %. Локальные значения  $K_y$  по территории распределены неравномерно и зависят как от техногенной преобразованности естественного рельефа, так и от уровня, на котором располагается базисная поверхность от дневной. 20-25% поверхности, неподверженной антропогенному воздействию, имеют устойчивость 100 %. Основная часть территории, испытывавшая техногенные нагрузки, имеет высокую устойчивость – не менее 80 %. Отдельные участки характеризуются средней устойчивостью – от 80 до 50 %. Слабую устойчивость имеют участки с  $K_y$  от 50 до 0 %, что свидетельствует о сильной преобразованности земной

поверхности. Территории, потерявшие устойчивость, расположены в районах разработки калийных солей, и на территории торфо-разработок. На участках с  $K_y = 0$  естественный полого-холмистый рельеф к востоку от Солигорска полностью преобразован техногенными процессами, связанными с горнодобывающей промышленностью, и принял вид техногенного бедленда. Здесь искусственно созданы перепады высот в 110-115 м.

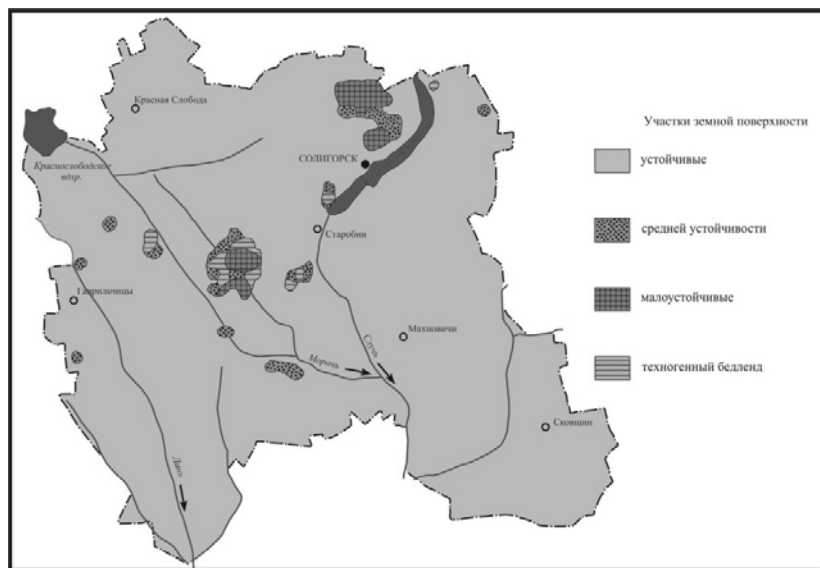


Рис. 2. Карта-схема устойчивости рельефа к техногенным нагрузкам Солигорского района

Территория Солигорского промышленного района отличается слабой устойчивостью к техногенным нагрузкам и нуждается в особых мероприятиях по охране природы, т.к. при уничтожении естественного рельефа обязательно будут уничтожены или сильно преобразованы и другие природные компоненты.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Губин В.Н. Экология геологической среды. – Мн.: БГУ, 2002. – С. 63-65.
2. Эколого-радиационный паспорт Солигорского района // Государственный комитет Республики Беларусь по экологии. – Мн., 1992. – С. 71-73.

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КАРСТОВЫХ ФОРМ

Щербаков С.В., Катаев В.Н.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Российская Федерация, +7(342)2396506, +7(342)2396668, e-mail: [greyvr@mail.ru](mailto:greyvr@mail.ru), [kataev@psu.ru](mailto:kataev@psu.ru)

## PREDICTION OF GENERAL MORPHOMETRIC PARAMETERS OF KARST FORMS

*The assessment of probably sizes of superficial and underground karst forms is one of key problem of karst engineering. Extension of our knowledge about available relationships between main morphometric parameters of superficial and underground karst forms is an actual subject. The research is executed within the international project «Methodology development risk-analysis of economic development and estimation of vulnerability of ground waters in karst areas» financed by the Ministry of Education of Permsky krai from means of the regional budget.*

Применяемые в практике инженерно-геологических исследований методы прогноза возникновения опасных ситуаций в пределах закарстованных территорий сводятся к получению двух основных характеристик – вероятности возникновения провала в данном месте и оценки его возможных размеров. Например, действующими нормативными нормами [2] при районировании закарстованных территорий по степени устойчивости наряду с качественными показателями регламентировано применение двух количественных величин, в зависимости от значений которых, территория относится к той или иной категории устойчивости. Этими величинами являются интенсивность провалообразования и средний диаметр провалов. Однако в настоящее время с применением действующих методических подходов точность прогнозирования этих двух величин в большинстве случаев является недостаточной. Кроме того, крайне мало внимания уделяется морфометрическим

параметрам подземных карстовых форм, от которых во многом зависят вероятные размеры вновь образуемых провалов.

Принимая во внимание выше изложенное, в данной работе приводится попытка обобщения обширного фактического материала по морфометрическим характеристикам карстовых форм, закартированных в пределах наиболее изученных территорий развития сульфатно-карбонатного карста Пермского края. Целью исследования являлось установление статистических закономерностей распределения морфометрических параметров как поверхностных, так и подземных карстовых форм с их последующей генерализацией.

В анализе использованы сведения о параметрах воронок и провалов, полученные в результате карстологических съемок, а так же сведения о параметрах карстовых полостей и зон дробления, вскрытых в результате буровых работ. Обоснование включения в карстологический анализ зон дробления было выполнено авторами ранее [4]. За исходные данные для анализа были взяты основные морфометрические характеристики карстовых форм: *средний диаметр* ( $d$ ) воронок и провалов, *высота* или *мощность* ( $h$ ) вскрытых бурением полостей и зон дробления.

В практике карстологического анализа давно доказано, что распределение диаметров карстовых провалов носит логарифмически нормальный характер [1], при этом в зависимости от возраста образования провалов кривая логнормального распределения постепенно отклоняется в сторону больших значений [3], однако характер этого отклонения в большинстве случаев оказывается незначительным.

К сожалению, изучение особенностей распределения параметров подземных карстовых форм в практике карстологического анализа применяется редко. Статистическая обработка большого объема информации по морфометрии полостей и зон дробления, закартированных на территории Пермского края, позволила установить логнормальный характер распределения их вертикальных размеров.

Принимая во внимание отмеченную общность распределений, закономерно возникает вопрос о наличии взаимосвязей между морфометрией поверхностных и подземных форм карста. Следует признать, что проследить взаимосвязь между средними диа-

метрами поверхностных и высотами (мощностями) подземных карстовых форм, а затем представить ее в количественной форме является достаточно сложной задачей.

Ввиду невозможности равномерного площадного изучения подземного пространства и, как следствие, установления мощности полостей и зон дробления во всех точках массива, невозможно осуществлять и их непосредственное сопоставление с провалами, происходящими на поверхности. Современными методами исследования устанавливается лишь случайное дискретное расположение карстовых форм в пространстве. В таких условиях оценка зависимостей между морфометрией карстовых форм должна осуществляться комплексированием нескольких подходов. В ходе исследований были использованы следующие процедуры анализа:

- 1) сопоставление кривых распределений основных морфометрических параметров карстовых форм;
- 2) оценка площадного развития равных интервалов значений морфометрических параметров;
- 3) картографическое сопоставление площадей с общими интервалами изменчивости морфометрии карстовых форм.

Сопоставление распределений морфометрических параметров поверхностных и подземных карстовых форм друг с другом осуществляется путем приведения их к общему виду. Для этого каждое частное значение рассматриваемой морфометрической характеристики делится на ее территориальный максимум – максимальное значение в пределах всей исследуемой территории. В результате исследователь получает возможность использования *индексных оценок морфометрии карстовых форм и зон дробления* ( $I$ ):

$$I_{d_i} = \frac{d_i}{\max d}, \quad I_{h_{pi}} = \frac{h_{pi}}{\max h_p}, \quad I_{h_{zi}} = \frac{h_{zi}}{\max h_z}, \quad (1)$$

где  $I_i$  – индексная оценка  $i$ -го значения какого-либо показателя, д.е.;  $h_p$  – высота полости, м;  $h_z$  – мощность зоны дробления, м.

Было установлено, что дифференциальные кривые распределения, построенные по индексным оценкам средних диаметров и мощностей карстовых форм в целом отражают логнормальный характер распределения этих параметров. Сопоставление кривых распределений различных морфометрических параметров между

собой, выраженных в индексной форме, свидетельствует об их практической идентичности, что позволяет вместо набора кривых распределений каждого из отдельных морфометрических параметров использовать одно распределение, в интегрированной форме отражающее каждое из них.

Совпадение индексных оценок различных морфометрических параметров между собой позволяет ввести самостоятельный показатель – *общий индекс морфометрии I*. Данный индекс характеризует как распределения средних диаметров и глубин провалов и воронок, так и вертикальных размеров полостей и зон дроблений.

Однако совпадение распределений морфометрических характеристик поверхностных и подземных карстовых форм хоть и является прямым индикатором их взаимозависимости, но отнюдь не дает гарантий того, что между ними имеются тесные корреляционные связи. Подтверждением взаимосвязи между морфометрией поверхностных и подземных карстовых форм может служить анализ их площадного развития в равных интервалах, а также картографическое сопоставление площадей их распространения.

Результаты картографического анализа свидетельствуют о том, что в площадном отношении в пределах исследуемых территорий наиболее развиты карстовые формы с относительно небольшими диаметрами и высотами (менее 0,2 в индексном выражении). С увеличением средних размеров провалов, полостей и зон дробления площади их пространственного развития заметно сокращаются.

Наличие общности распределений и фактическое совпадение площадей распространения подземных и поверхностных карстовых форм с близкими морфометрическими параметрами позволяет заключить о тесном характере взаимосвязи между их средними диаметрами и высотами. Принимая это во внимание, становится возможным осуществлять прогнозирование рассматриваемых морфометрических параметров одних карстовых форм по другим, отталкиваясь от их индексных оценок. На рисунке приведены прогнозные прямые, построенные по табличным данным.

Следует понимать, что установленная зависимость не является универсальной. Она лишь выражает принципиальный характер взаимосвязи между исследуемыми размерами поверхностных

и подземных карстовых форм. Их высота в данном случае выступает в роли ключевого фактора. Именно этот параметр оказывает наиболее сильное влияние и во многом предопределяет вероятные размеры вновь образующихся провалов на поверхности земли. Однако в природе нередки случаи, когда фиксируются значительные отклонения от установленной взаимосвязи.

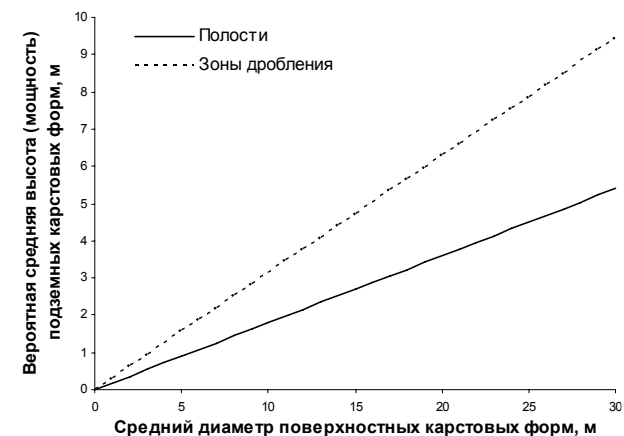


Рис. Взаимосвязь между средними диаметрами поверхностных карстовых форм и высотами (мощностями) карстовых полостей и зон дробления

## ЛИТЕРАТУРА

1. Горбунова К.А. Морфометрическая характеристика карбонатного карста // Карст Урала и Приуралья: матер. Всеуральского совещания, ноябрь, 1968 г. Пермь, 1968. С. 33-39.
2. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Ч. II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических инженерно-геологических процессов. М.: ПНИИИС, 2001. 101 с.
3. Толмачев В.В., Ройтер Ф. Инженерное карстоведение. М.: Недра, 1990. 151 с.
4. Щербаков С.В. Анализ подземной закарстованности на территории Полазненского полуострова // Геология в развивающемся мире: материалы I Всеросс. конф. студ., асп., и молодых ученых: в 2 т. Перм. гос. ун-т. – Пермь, 2010. Т. 2. С. 43-46.

**ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТИ И УЩЕРБОВ  
ОТ РАЗВИТИЯ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ  
ПРОЦЕССОВ**



**ASSESSMENT OF VULNERABILITY  
AND LOSSES CAUSED  
BY NATURAL HAZARDS**

## ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА СТРОИТЕЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Багмет А.Л.,\* Осика В.И.,\* Костин А.Б.\*\*

\*Институт Физики Земли им. О.Ю.Шмидта, Москва,  
Российская Федерация, тел.(499)7662656, факс (499)7662654  
e-mail [al.bagmet@yandex.ru](mailto:al.bagmet@yandex.ru), [osika@ifz.ru](mailto:osika@ifz.ru)

\*\*ОАО гостиница “Националь”, Москва, Российская Федерация,  
тел. (495) 2587000, факс 7 (499)2587100  
e-mail [a.kostin@national.ru](mailto:a.kostin@national.ru)

## THE INFLUENCE OF EXTERNAL PERIODIC EFFECTS TO THE CONSTRUCTION FACILITIES

*In the present work considers the impact of periodic natural and man-caused impacts on the construction of buildings – building, underground and hydraulic structures. It is shown that these effects can be used as test signals, which allow to estimate a condition of constructions (building structures, natural, technological test signals).*

В настоящей работе рассмотрено влияние периодических естественных и техногенных воздействий на строительные сооружения – здания, подземные и гидротехнические сооружения. Показано, что эти воздействия могут быть использованы в качестве тест-сигналов, позволяющих оценить состояние сооружений.

Результаты натурных наблюдений деформаций, описанные ниже, были получены на следующих объектах: гостиница “Националь”, -2 уровень подземного гаража “Паркинг-1”, Загорская гидроаккумулирующая электростанция.

Для измерения деформаций применялись кварцевые наклономеры и деформографы [1]. Измерения выполнялись 1 раз в час и записывались автоматическим регистратором с твердотельной памятью [2].

**Гостиница “Националь”.** Наклономеры были установлены на стене, выходящей к Моховой ул. на уровне подвала в двух пунктах наблюдений по обеим сторонам вертикальной трещины на фасаде здания, выходящем к Моховой ул. – ближе к углу (П.1, рис. 1) и с другой стороны трещины (П.2, рис.2).

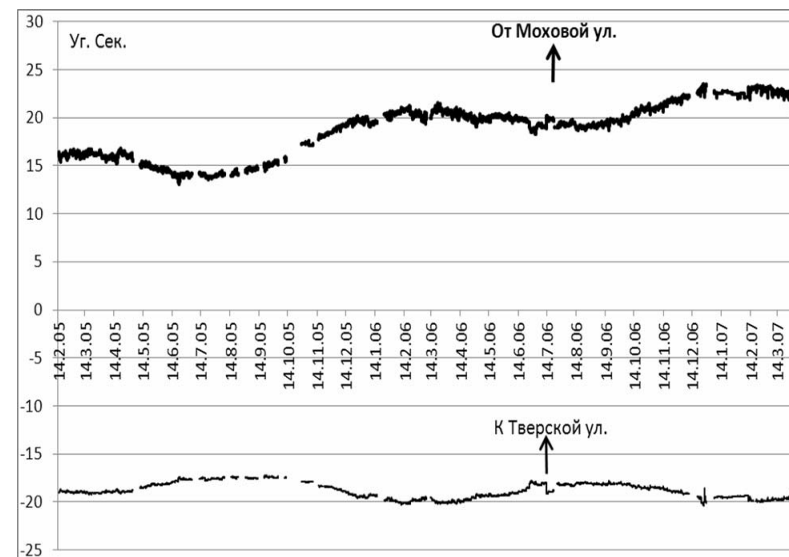


Рис. 1. Графики сезонных наклонов стены гостиницы, выходящей к Тверской ул. на уровне подвала (П.1)

На рис.1 показаны результаты измерения наклонов в п.1 за 2 года. Видны сезонные периодические наклоны, вызванные годовым изменением температуры наружного воздуха. Поперек стены амплитуда наклонов около 5 Уг.сек. поперек – вдвое меньше, что объясняется разной жесткостью стены в этих направлениях. Наклоны носят плавный характер, что присуще деформациям ненарушенной конструкции.

Совсем иной характер имеют наклоны в П.2 (рис. 2). Сезонные наклоны поперек стены в среднем имеют амплитуду около 9 Уг.сек., а вдоль – около 3 Уг.сек., а ход наклонов значительно менее плавный, чем в П.1.

Следовательно, два участка стены, разделенные вертикальной трещиной, деформируются по-разному, так что регистрация годовых сезонных наклонов позволила выявить, что вертикальная трещина привела к ослаблению прочности фасадной стены гостиницы. В этом случае сезонные годовые периодические наклоны играли роль деформационного тест – сигнала.

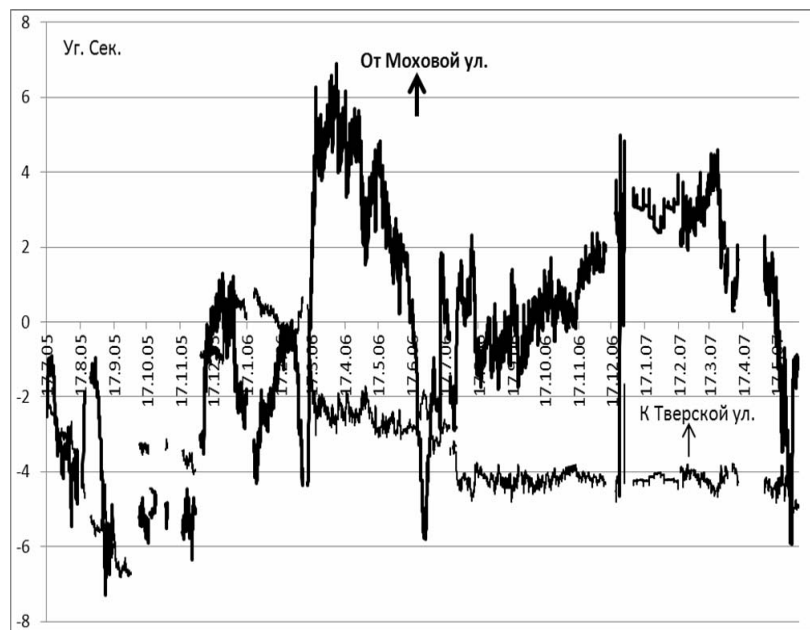


Рис. 2. Графики сезонных наклонов стены гостиницы (П.2)

**Подземная автостоянка Паркинг-1.** Наблюдения были начаты после сноса старой гостиницы “Москва” и начала земляных работ для строительства новой гостиницы вблизи Северной стены подземной автостоянки.

На рис. 3 показаны наклоны и деформации различных участков Северной и Южной стен. Видно, что наибольшему воздействию внешней нагрузки на грунты при строительстве подвергаются годовые периодические наклоны участков стен, ближе расположенных к строительной площадке (K2, K5, наклоны поперек стены). В то же время на Южную стену, находящуюся в 18 м от Северной, стройка практически не воздействует (K7). Отметим, что деформации сжатия-растяжения Северной стены в ее середине остаются неискаженными.

Таким образом, дополнительная нагрузка на стены подземного сооружения приводит к искажению периодических сезонных наклонов Северной стены. Зная величину нагрузки, можно расчи-

тать прочностные свойства основания, на котором покоится новая гостиница.

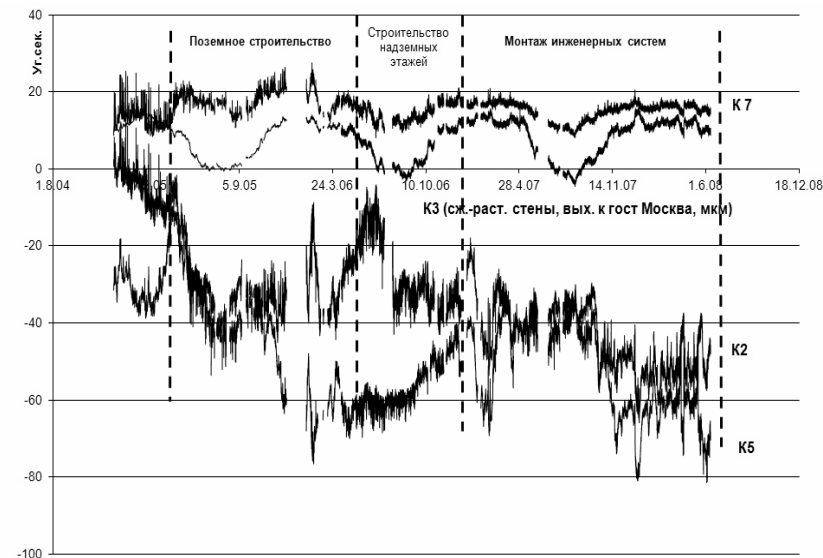


Рис. 3. Графики наклонов и деформаций на -2 уровне подземной автостоянки Паркинг-1

**Загорская гидроаккумулирующая электростанция.** Она построена на нескальном основании на левом берегу р. Куньи вблизи д. Выпуково в 30 км от г. Загорск. В нашей стране она единственная самая мощная из двух, а в мире их насчитывается более 460. Они предназначены для сглаживания пиковых нагрузок в энергосистеме и повышения стабильности работы электростанций. При этом КПД ГАЭС достигает не менее 0,75. ЗГАЭС в течение суток работает как в насосном режиме, так и в режиме генератора. При этом наполнение и сработка верхнего бассейна со среднесуточной амплитудой 9 м определяют перераспределение нагрузок в грунтовом массиве.

Безопасность эксплуатации станции обеспечивается прогнозом устойчивости склонов, удерживающих верхний бассейн (геодезические и спутниковые методы), с также контролем деформа-

ций напорной стенки и устоев при помощи наклономеров и деформографов.

Наклоны стен здания водоприёмника измерялись в шести пунктах. На отметках водоприёмника «0м» и «16,7 м» – наклоны внутренних стен главных устоев здания; кроме того, на отметках «16,7 м» и «23 м» – наклоны середины напорной грани. Расположение приборов показано на рис. 4.

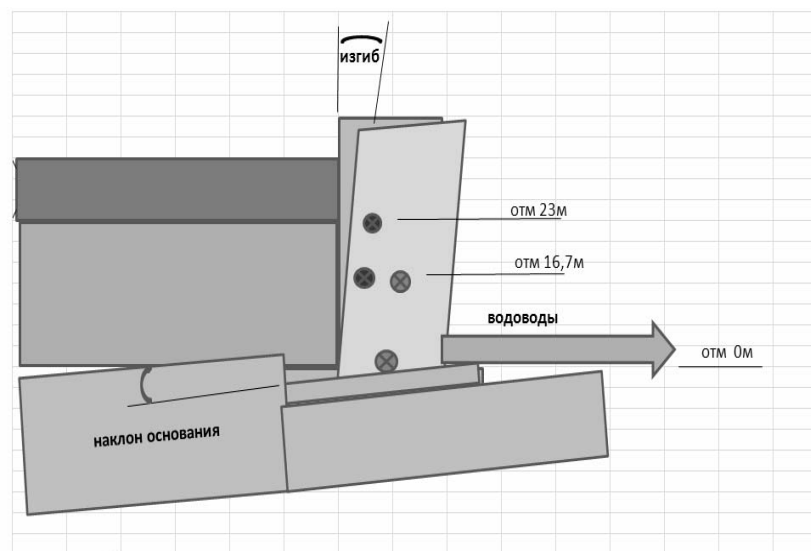


Рис. 4. Расположение наклономеров в ЗАГЭС, вид по вертикали

Ежесуточные колебания уровня воды (верхний блок на рис. 4) в верхнем бьефе составляют около 9 м, точность регистрации уровня воды 1 см. При увеличении объема воды в верхнем бассейне происходит наклон основания здания водоприёмника по направлению к центру бассейна, а также деформации конструкции здания, зависящие от высоты.

На отметке «0 м» регистрация данных проводилась с периодичностью 20 минут, в других пунктах – с периодом 10 минут.

**Отметка 0 м.** В этом пункте наклон происходит главным образом по причине деформации основания под фундаментной

плитой здания. Величина ежесуточных наклонов составляет около 8 Угл. сек. На обоих концах здания наклоны основания у правого и левого устоев практически одинаковые и синхронные и направлены к центру верхнего бассейна при увеличении в нём объема воды.

**Отметка 16,7 м.** Результирующий наклон стен устоев в этих пунктах меньше, чем у основания здания на отметке «0 м» из-за разнонаправленных наклонов основания и деформаций здания водоприёмника под воздействием статического напора воды. Кроме того, для обоих устоев он имеет нелинейный характер.

**Для напорной грани** суммарный наклон направлен к нижнему бьефу а изгибы напорной грани составляют около 30 Уг. сек. с учетом наклона основания.

Самыми информативными являются наклоны основания плотины на отм. 0 м и 16,7 м. Наиболее интенсивные наклоны основания (фундаментной плиты) (отм. 0 м) с двойной амплитудой до 10 Уг.сек. отмечаются в направлении вдоль потока для обоих устоев. При этом наполнение водохранилища вызывает синхронный наклон основания плотины в сторону верхнего бьефа (ВБ). Известны и другие примеры образования воронок проседания под действием массы воды и, связанных с этим прогибов берегов и осадок дна водохранилищ при их заполнении.

Поскольку имеется информация о наклонах здания водоприемника в 6 пунктах за много лет, рассмотрим модель поведения здания в виде оценки вариаций во времени коэффициента передачи внешнего силового воздействия на систему “основание-здание”. Из графиков наклонов видно, что связь между уровнем воды в верхнем бассейне и наклонами может быть описана как

$$\Phi = H/K_1 + L_1 H^2, \quad (1)$$

где:  $\Phi$  – наклон в пункте измерения,  $H$  – изменение уровня воды в верхнем бьефе,  $K_1$ – эффективная жесткость,  $L_1$ – коэффициент нелинейности.

Используя суточные колебания уровня воды в верхнем бассейне как тестовый сигнал, удалось выявить сезонные колебания эффективной жесткости различных частей здания водоприемника. Так, для отм. 0 м наибольшие значения жесткости обоих устоев приходится на середину марта, а наименьшие – на середину июля. При этом временной тренд практически отсутствует.

Для отм. 16.7 м (левый устой) картина иная. Здесь сезонные изменения эффективной жесткости системы “основание-устой” достигают 15%, а колебания ее и нелинейной передаточной функции (нагрузка-наклон) происходят в противофазе. Наименьшие значения жесткости и наибольшие коэффициента нелинейности приходится на зимние месяцы, когда термоупругие напряжения однородной среды малы. Это связано с тем, что коэффициент температурного расширения металлической арматуры меньше коэффициента расширения бетона. Тренд величины коэффициента эффективной жесткости при этом составляет около 1%/год. Усталость бетона приводит к увеличению амплитуды суточного прогиба со временем, поэтому амплитуда суммарного наклона уменьшается. Именно такая картина тренда и наблюдается.

**Заключение.** Периодические естественные и техногенные воздействия на строительные сооружения (наземные и подземные) могут быть использованы в качестве тест – сигналов, позволяющих оценить характеристики сооружений и систем “основание-сооружение”. Исследование годовых тепловых деформации зданий позволяет сделать заключение о целостности стен, на которых установлены приборы. Если же здание подвергается внешним непериодическим воздействиям (например, строительные работы вблизи него), это сказывается на годовых сезонных деформациях в виде их искажений. Это тоже тест – сигнал, позволяющий получить механические характеристики основания, если знать величину нагрузки вследствие строительных работ.

Изучение суточных периодических деформаций гидротехнических сооружений под воздействием колебаний уровня воды в верхнем бьефе дает возможность проводить мониторинг усталости различных элементов железобетонной конструкции, что важно для обеспечения безопасной ее эксплуатации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кочетков Б.М., Попов Е.И., Ребров В.И. Наклономер, а/с №1721438, БИ,1992. №11.

2. Пашкин Е.М., Багмет А.Л., Осика В.И., Новак Ю.В., Сухов А.А. Мониторинг деформаций как основа безопасной эксплуатации зданий и сооружений // Инженерная геология. – 2008. – № 3. – С. 40-50.

## ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО ФАКТОРА НА ОБРУШЕНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Байда С.Е.

ФГБУ ВНИИ ГОЧС МЧС России, г. Москва, тел. (499) 449-99-23,  
факс (499) 233-25-36, e-mail: oktaedr@yandex.ru

## FEATURES OF INFLUENCE OF THE SEISMIC FACTOR ON COLLAPSING BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS

*Now the damage from earthquakes due to collapse of buildings and constructions accounted for in the area of its epicenter. Investigation of the incidence of catastrophes at a considerable distance from the epicenter of the earthquake showed that the effect of the seismic factor is global in nature. The main reason for the influence are the slow seismic waves and «seismic sensitivity» of the geological preparatory basis of constructions.*

Исследования гелиогеофизических условий возникновения техногенных катастроф и, в частности, обрушения зданий и сооружений показали, что в большинстве случаев им предшествуют или сопутствуют:

- экстремальные значения солнечной активности, причем как максимумы, так и минимумы: в качестве учитываемого физического параметра принимаются числа Вольфа (W);
- экстремальные значения смещения земной оси, как максимумы, так и минимумы: в качестве учитываемого физического параметра принимаются координаты линейного смещения земной оси;
- изменение фаз Луны по числу суток от новолуния до новолуния;
- землетрясения с магнитудой более 4М, время события и географические координаты.

Для исследования связи изменения гелиогеофизических и космических условий, сейсмической активности и техногенных аварий, включая обрушения зданий и сооружений, использовался частотно-статистический анализ частоты откликов (катастроф)

после событий «воздействие – отклик» на интервалах времени и дальности от эпицентра землетрясения [1].

Расчет частотно-временного спектра обрушения зданий и сооружений, производится следующим образом. Вначале определяются интервалы времени запаздывания обрушения зданий и сооружений:

$$\Delta T_n = T_n - T_0, \quad (1)$$

здесь  $\Delta T_n$  – интервал времени между временем экстремального изменения влияющего фактора и временем обрушения зданий и сооружений;  $T_0$  – время экстремального изменения влияющего фактора;  $T_n$  – время обрушения зданий и сооружений;  $n$  – статистический учетный номер конкретного случая обрушения зданий и сооружений.

Время «задержки» обрушения зданий и сооружений –  $\Delta T_n$  после землетрясения собирается в матрицу распределения событий обрушения зданий и сооружений (2).

$$M_T = [\Delta T_1, \Delta T_2 \dots \Delta T_n] \quad \Delta T_1 < \Delta T_2 \dots < \Delta T_n. \quad (2)$$

На основе матрицы распределения событий  $M_T$  вычисляется гистограмма и формируется матрица количества событий обрушения зданий и сооружений  $N$  в суточном масштабе времени  $t_N$  (3).

$$Z_{NT} = [N, t_N] \quad (3)$$

Интерполяция матрицы  $Z_{NT}$  и гистограммы на её основе создают сплайн-функции частотно-временных спектров или спектр активизации обрушения зданий и сооружений.

Для определения пространственно-волнового спектра рассчитывается расстояние, между эпицентром, произошедшего накануне землетрясения, и местом, где произошло обрушение здания. Далее аналогично предыдущим расчетам рассчитывается матрица, гистограмма и сплайн-функция пространственно-волнового спектра.

Были определены частотно-временные и пространственно-волновые спектры обрушения зданий и сооружений после изменения солнечной активности, сдвигов земной оси, изменения фаз Луны и после землетрясений. Оказалось, что эти спектры имеют

близкую аналогию со спектрами землетрясений и аварий на шахтах.

Была выдвинута гипотеза, что одной из причин возникновения землетрясений и других катастроф являются землетрясения с магнитудой от 4М и более, вызванные взаимно индуцированной сейсмичностью [2] и медленные сейсмические волны (SS-волны), возникающие в момент землетрясения и имеющие скорость порядка 1700 км/час и менее.

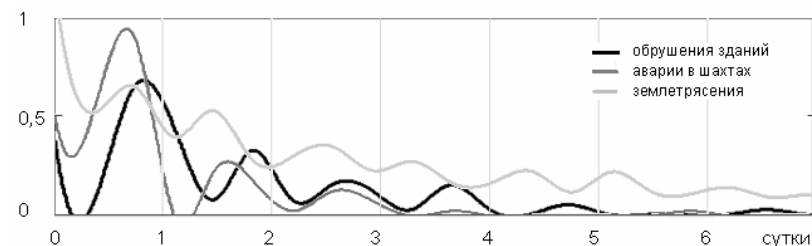


Рис. 1. Частотно-временные спектры обрушения зданий, аварий в шахтах и землетрясений после землетрясений с магнитудой более 6М

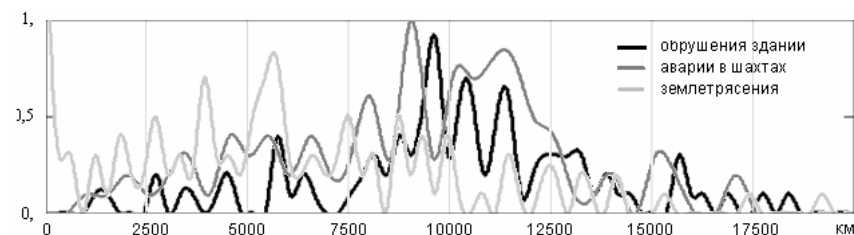


Рис. 2. Пространственно-волновые спектры обрушения зданий и сооружений, аварий в шахтах и землетрясений по дальности от эпицентра землетрясений силой более 6М в течение 7 суток

SS-волны по своим свойствам соответствуют уединенной волне или солитонам и распространяются в виде пакета скоростей  $V_0, V_0/2, V_0/4, \dots V_0/n$ .

$$V_0 = \sqrt{gH} \quad (4)$$

где  $g$  – гравитационная постоянная 9,8 м/сек;  $H$  – глубина очага землетрясения в м.

SS-волны отличаются тем, что передают не смещение частиц среды, а энергию волны. Этот период взаимодействия длится не секунды как при прохождении известных сейсмических волн, а несколько минут или часов, в зависимости от скорости и длины волны. При прохождении SS-волны изменяются локальные гравиметрические (поэтому эти волны считают гравитационными), электрофизические (локальный электрический потенциал поверхности Земли) и хрональные (интенсивность и аномальное отклонение хода времени) характеристики. Фронт SS-волны (вся длина волны, приближенно равна глубине очага землетрясения) имеет повышенные гравиметрические, электрофизические и хрональные характеристики, а хвост пониженные. Эти изменения влияют на ход и интенсивность естественных природных и техногенных физических процессов и ведут к катастрофам объектов и систем, с которыми возникает такое энергетическое взаимодействие.

При прохождении SS-волны в литосфере проявляется эффект возврата колебательной активности, известный как эффект Ферма-Паста-Улама и который определяет во времени место возбуждения колебательной активности (энергии) и расстояние от точки первичного возбуждения. Наиболее опасные области возникновения катастроф – это место встречи возвращающихся и догоняющих SS-волн. При взаимодействии SS-волны от разных источников проявляется явление интерференции, и возникают зоны, где энергетическое взаимодействие особенно усиливается.

Наиболее опасные условия волнового взаимодействия – это совпадение скорости волны с линейной скоростью физических и переходных процессов в этом объекте (Критерий Фруда).

Скорости SS-волн, вызвавших обрушения, определяются по формуле (5)

$$V_{SS} = L_n / \Delta T_n \quad (5)$$

где  $L_n$  – расстояние от эпицентра землетрясения, после которого произошло обрушение здания  $n$ ;  $\Delta T_n$  – интервал времени между временем землетрясения и временем обрушения зданий и сооружений.

Далее аналогично предыдущим расчетам рассчитывается матрица и гистограмма скорости сейсмических волн, при которых произошли обрушения зданий. Анализ частотно-скоростного спек-

тра SS-волны, имевших место при обрушении зданий (85 случаев катастроф), выявил их «чувствительность» к определенным скоростям 15 – 18, 41, 53, 64, 72, 81, 97, 112 – 118, 127 – 131, 155 – 163, 181 и 332 км/час (рис. 3).

Влияние сейсмического фактора и SS-волн на здания и сооружения, приводящее к их обрушению можно объяснить следующими причинами:

1. «Сейсмочувствительность» геоподосновы зданий и сооружений, приводящее к возникновению локальных микросейсм, входящих в резонансное взаимодействие с их конструкцией.

2. Увеличение механических и импульсных напряжений в конструкции зданий, превышающих безопасные, вызванные изменением собственной частоты, скорости и амплитуды колебания зданий, при подходе фронта, а затем «хвоста» SS-волн.

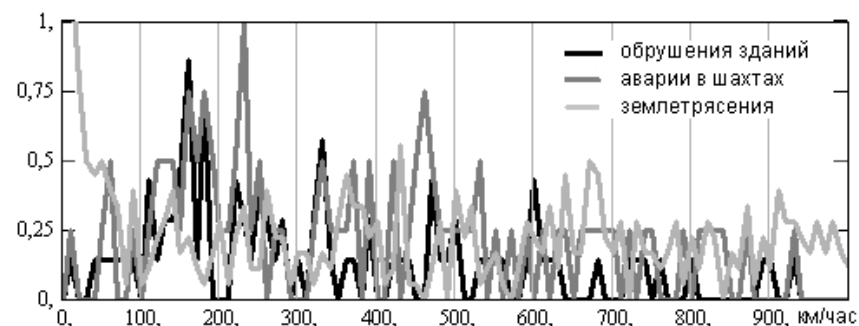


Рис. 3. Относительное количество случаев и скорости сейсмических волн, при которых произошли обрушения зданий, аварии в шахтах и землетрясения (спектр скорости SS-волны, вызывающий катастрофы)

В настоящее время при проектировании и строительстве зданий учитывается только сейсмоактивность региона, хотя локальные микросейсм, природного и антропогенного характера, могут возникать практически в любом месте, имеющем геологические или грунтовые неоднородности. Для обеспечения безопасности строительства и эксплуатации старых и новых зданий и сооружений необходимо разрабатывать принципиально новые мето-

дики выбора места, проектирования и проведения мониторинга состояния гео-подосновы и силовой конструкции, которые должны учитывать их взаимодействие с SS-волнами. Однако для этого необходимо разработать методы измерения и приборы для контроля SS-волн.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Байда С.Е. Исследование связи частотно-временных закономерностей возникновения землетрясений и техногенных аварий. Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций. Оценка рисков возникновения чрезвычайных ситуаций. IX-я научно-практическая конференция. 5-6 октября 2010 г. Сборник материалов. М.: Центр «Антистихия», 2010. С. 13-14.

2. Bayda S. Mutually induced seismicity properties and regularities. Environmental Geosciences and Engineering Survey for Territory Protection and Population Safety (EngeoPro-2011)/ International Conference under the aegis of IAEG, Moscow, Russia, September 6-8, 2011/Delegate papers – Moscow, 2011. P. 53-55.

## ПРОЯВЛЕНИЯ ОПАСНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ВЫЕМКАХ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ «БЕРКАКИТ – ТОММОТ – ЯКУТСК» И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НИМИ

*Байкова Л.А., Исаков В.А.*

*АО «Проекттрансстрой», Москва, тел. (495)796-97-12,  
факс (495)796-97-47, e-mail:geology@ptst.ru:*

## UNFAVORABLE GEOLOGIC PROCESSES WITHIN THE “BERKAKIT – TOMMOT – YAKUTSK” RAIL ROADWAY EXCAVATION AREA AND THE PREVENTIVE METHODS

*The paper considers the reasons of the railroad “Berkakit – Tommot – Yakutsk” embankment deformations and the methods of controlling them. The results of field works and data processing are pro-*

*vided with the emphasis on the unfavorable geologic processes and the results of the embankment grounds stabilization operations.*

Строительство железной дороги «Беркакит – Томмот – Якутск» является одним из важнейших инфраструктурных проектов на территории Дальнего Востока. Значение данной дороги для экономики и социальной сферы Северо-востока России сложно переоценить, поэтому важным остается решение вопроса по устойчивости дорожного полотна, применительно к данному сооружению. Инженерно-геологическое обследование трассы железной дороги проводилось сотрудниками ОАО «Проекттрансстрой» на стадии изысканий и авторского надзора после строительства в 2000 – 2011 гг. В результате обследований были выявлены участки интенсивных деформаций земляного полотна, проведено их детальное обследование с целью выявления причин развития деформаций и опасных инженерно-геологических процессов в полосе прохождения трассы, а также выработан набор методов для стабилизации деформирующихся участков.

В данной работе авторы хотели бы на примере отдельных участков с интенсивными деформациями земляного полотна продемонстрировать сложность и неоднозначность процессов, происходящих в массивах многолетнемерзлых грунтов, являющихся основаниями для выемок на железной дороге «Беркакит – Томмот – Якутск».

Рассматривая выемки как тип строения земляного полотна, необходимо отметить, что по сравнению с сооружением насыпей или мостовых переходов, проходка выемок и полувыемок подразумевает собой значительное механическое и тепловое вмешательство в состояние грунтовых толщ. Механическое воздействие может сказаться на устойчивости грунтовых массивов, гидрогеологических условиях прилегающей территории, привести к разуплотнению грунтов, слагающих основную площадку и откосы выемки. Изменение теплового равновесия в условиях распространения мерзлых пород может вызвать их протаивание, увеличение интенсивности неблагоприятных экзогенных, в том числе криогенных, процессов, снижению несущей способности грунтов в пределах отрицательных температур. Последствия такого вмешательства могут быть самыми различными, и далеко не всегда пред-

сказуемыми, в силу сложности взаимосвязей массивов мёрзлых грунтов с окружающей средой.

#### ***Полувыемка 36 км***

Сооружение полувыемки было осуществлено весной 1986 г. в сильнольдистых грунтах надпойменной террасы р. Чульман. Согласно проекту предполагалось провести замену грунтов в основании основной площадки выемки, однако, этого проведено не было – отсыпка земляного полотна велась прямо на сильнольдистые грунты мощностью до 3,5 м. Изменение условий теплообмена через поверхность, произошедшее в результате снятия естественных растительных покровов, изменения условий стока поверхностных и надмерзлотных вод, а также изменение конфигурации поверхности и формирование искусственных откосов, привело к тому, что температуры грунтов и глубина сезонного протаивания начали расти, что в свою очередь привело к оттаиванию льдистых горизонтов грунтов. В результате неравномерного протаивания льдистых грунтов в основании земляного полотна, оно начало интенсивно деформироваться, с формированием термокарстовых западин, котловин и озёр у откосов насыпи. Выправка пути проводилась путём постоянной подсыпки балласта. *По результатам обследования 2000 г. установлено, что температура грунтов в основании насыпи повысилась на 1-1,2°C, достигнув значений -0,6 – -0,8°C, а кровля многолетнемёрзлых грунтов под телом насыпи опустилась на 1,5 что привело к деформации насыпи за счёт оттаивания сильнольдистых грунтов.* По рекомендации Тындинской мерзлотной станции скальным грунтом были укреплены откосы насыпи. Дальнейшие наблюдения (2000 г) показали, что данная мера стабилизации грунтов основания выемки оказалась неэффективна – по сравнению с 1992 г насыпь просела ещё на 1 м.

По результатам инженерно-геологического обследования в 2000 г., была выдана рекомендация по установке сезонно-охлаждающих установок и проведение мероприятий по отводу воды, которые должны были стабилизировать мерзлотную обстановку на основной площадке выемки, однако, это не было выполнено, в результате чего деформации на данном участке продолжают (хотя их интенсивность несколько снизилась) и ликвидируются подсыпкой балласта.

#### ***Полувыемка 126 км***

Полувыемка разработана в доломитах разной степени выветрелости и трещиноватости. Пространство выемки пересекает несколько зон разрывных нарушений, вблизи которых формируются массивы раздробленных и разуплотнённых горных пород. Трещины в массиве доломитов до начала сооружения выемки были заполнены льдистым дисперсным заполнителем. Толща мёрзлых грунтов на данном участке отличается высокой температурой (не ниже -0,5°C) и сравнительно небольшой мощностью (не более 50 м), что обуславливает сравнительно низкую устойчивость грунтового массива к техногенному вмешательству.

Разработка полувыемки привела к обнажению тектонических трещин в откосах и на основной площадке, что со временем привело к вытаиванию льдистого заполнителя трещин и выносу грунтовых частиц на основную площадку и к основанию откоса полувыемки. Обследование, проведённое в 2002 году, выявило несколько крупных (амплитудой до 1 м и протяженностью 8-15 м) просадок земляного полотна, а также развитие суффозионных процессов по трещинам в откосах и на основной площадке выемки. Трещины формировали сетчатые структуры и имели раскрытие до 0,5 – 0,7 м. По отдельным трещинам на основной площадке проходило осыпание грунтов насыпи. Днище трещин (на глубине 2-3 м) было, как правило, обводнено. Кювет с нагорной стороны выемки был сильно обводнен и заилен. Зафиксировано дренирование воды и тонкодисперсных частиц непосредственно в основание насыпи.

По результатам обследования, были составлены рекомендации по стабилизации оснований, заключавшиеся в основном в необходимости засыпки или бетонирования трещин для предотвращения развития процессов карста, эрозии, суффозии, осыпания грунтов насыпи, а также блоковых подвижек массивов доломитов. Рекомендованные мероприятия были выполнены и последующие обследования не выявили значительных деформаций и развития опасных процессов на данном участке.

#### ***Выемка 448 км***

Выемка на данном участке пройдена в пределах замаренной водораздельной поверхности. В откосах выемки были вскрыты сильнольдистые органические и минеральные грунты, а в основа-

нии – щебенистые грунты. Для предотвращения поступления воды в выемку с окружающих пространств вдоль правого её откоса были выполнены нагорная канава, водоотжимный валик и отдельно стоящая дамба, перегораживающая поверхностный сток. Изменение гидрогеологических условий территории в результате сооружения выемки оказалось настолько значительным, что интенсивность притока воды в нагорную канаву существенно превысила предполагаемые значения. Обследования, проведённые в 2006-2007 гг. показали, что откос выемки и территория, прилегающая к его бровке, в том числе и нагорная канава с водоотжимным валиком, испытывают существенные деформации. Так днище нагорной канавы на значительном протяжении подверглось просадкам, что нарушило её общий уклон, а в валике образовались промоины размером в несколько метров поперёк. С нагорной стороны выемки началось заболачивание территории. Произошла резкая активизация процессов термокарста, эрозии, термоэрозии, суффозии, наледообразования. Предусмотренные мероприятия по водоотводу оказались неспособны эффективно защищать основную площадку выемки от притока воды. Дренажное устройство происходило через большую площадь откоса выемки, что создавало опасность образования оползня. На момент обследования все кюветы были заполнены водой и тонкодисперсным материалом, снесённым с откосов и прилегающих к ним территорий.

По результатам обследований в 2006-2007 гг. были выданы рекомендации по увеличению глубины и ширины нагорной канавы и продолжению её до ближайшей водопропускной трубы, укреплению водоотжимного валика и дамбы. После проведения данных мероприятий поступление воды на основную площадку насыпи прекратилось.

#### **Выемка 454 км**

Выемка разработана в трещиноватых доломитах. На данном участке основной проблемой, угрожающей устойчивости железной дороги является изменение гидрогеологических условий в результате проходки выемки и разработки карьера грунтовых строительных материалов на расстоянии 300 м выше по склону от выемки. После разработки карьера в нём сформировалось озеро, вода из которого по трещинам в коренных породах начала фильтроваться в нагорную канаву, а потом и на основную площадку выемки через

её откос. Это привело к образованию значительной по размерам наледи в выемке, перекрывшей вложенную в выемку насыпь. При таянии наледного льда произошло переувлажнение основной площадки выемки и грунтов насыпи, что привело к просадкам земляного полотна железной дороги.

Согласно выданным рекомендациям в 2007 г была проведена рекультивация карьера, и поступление грунтовых вод в выемку значительно сократилось. Наледи в данной выемке в дальнейшем не наблюдались.

Проведённые работы, результаты которых изложены выше, показывают, что устойчивость дорожной инфраструктуры зависит от большого количества природных и техногенных факторов, наличие и нестандартность проявления которых стоит учитывать при проектировании сооружений, а также планировании и проведении строительных и мониторинговых работ.

### **ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ УЯЗВИМОСТИ ОБЪЕКТОВ ЭКОНОМИКИ И ТЕРРИТОРИЙ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧС ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРА**

*Бурова В.Н., Заиканов В.Г., Заиканова И.Н., Минакова Т.Б.,  
Пырченко В.А., Булдакова Е.В., Савицько И.С.*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии  
наук. Уланский пер., д.13, стр.2, Москва, 101000 Россия;  
direct@geoenv.ru*

### **APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF VULNERABILITY OF OBJECTS OF THE ECONOMY AND TERRITORIES IN CASE EMERGENCIES OF NATURAL ORIGIN**

*Developed the structure and the subordination of objects for the  
vulnerability assessment, including the hierarchical levels of the natural  
component and the corresponding structure of the objects of study.  
Typing of objects to assess the vulnerability indicators determined by  
the type and mechanism of adverse effects and is applied to each of the*

*negative natural and technogene processes taking into account the degree of detail work. The basis of assessment areas (integrated territorial objects) is the study of natural and economic functioning of the organization, reflects the current structure of land use. The study of patterns in the "impact-resistance of natural systems" should be based on an integrated natural division of the territory, based on the principle of unity of the response to the same effect.*

Любое проявление опасных природных процессов связано с определенными последствиями и потерями (ущербами) в социальной, экономической экологической сферах. В последние десятилетия стало очевидным, что обеспечение природно-техногенной безопасности не может быть решено чисто техническими средствами из-за неизбежного возникновения вторичных опасных процессов, обусловленных использованием этих средств. А так же отсутствия у современного общества необходимых материальных ресурсов для осуществления в полном объеме защитных мероприятий. Речь может идти только о достижении определенного уровня безопасности, баланса выгод и потерь в пределах конкретных территорий, объектов и государств с помощью комплекса взаимосвязанных научно-исследовательских, организационных, технических, нормативно-правовых и других превентивных мер, направленных на уменьшение возможных ущербов. Из этого положения исходит новая концепция обеспечения безопасности любых природных систем.

В настоящее время обеспечение природно-техногенной безопасности связано с новым направлением – анализом риска, реализация которого предполагает решение задач в рамках различных составляющих его этапов. Одним из таких этапов риск-анализа является оценка уязвимости, которая характеризует реакцию объекта (реципиента риска) на конкретное воздействие, выраженная в определенных единицах.

В настоящее время оценка уязвимости объектов риска является самой неразработанной составляющей анализа риска. Это связано с недостатком статистических данных по ущербу от опасных событий природного характера, а также недостаточными разработками моделей взаимодействия природных опасностей с объектами риска на различных уровнях их оценки.

Изучение взаимодействия природных опасностей с объектами риска включает: обследование объектов риск-анализа, выявление закономерностей возникновения, развития и трансформации природных опасностей в природных компонентах и сферах деятельности человека, изучение свойств объектов риска, разработку моделей и количественный прогноз последствий, отвечающих природным ЧС всех уровней тяжести – от локальной до федеральной.

Существующие методики оценки ущерба имеют существенные недостатки, в первую очередь связанные с тем, что такие оценки не могут охарактеризовать полную картину потерь от проявления природных опасностей на определенной территории.

Главенствующее место в современной практике оценки уязвимости занимают экспертные оценки, которые должны быть подтверждены богатым статистическим материалом, а также высокой квалификацией эксперта, что далеко не всегда возможно.

В результате исследований был обоснован объект оценки, разработана структура и соподчинение объектов оценки уязвимости, включающая иерархические уровни природной составляющей и соответствующие им структуры объектов исследования (рис. 1).

В основу методологии оценки территорий от экзогенных геологических и гидрометеорологических процессов положен геосистемный принцип. Согласно ему территория представляется сочетанием природных и природно-техногенных систем различного иерархического уровня. Методология оценки уязвимости локальных объектов, как геосистем самого низкого иерархического уровня в общем территориальном объекте, производится с учетом их конструктивных особенностей, времени эксплуатации (других технических характеристик) и степени отклика на воздействие опасных природных процессов с использованием сравнительного анализа, статистических данных, математического моделирования и др.

Исследование уязвимости объектов проводится "снизу" т.е. от конкретных объектов. Показатели уязвимости агрегируются в укрупненные показатели следующего ранга с учетом структурных соотношений первичных объектов-элементов внутри объекта высшего порядка. Типизация объектов для оценки уязвимости определяется видом и механизмом негативного воздействия и производится применительно к каждому из негативных природных и техноприродных процессов с учетом уровня детальности работ.

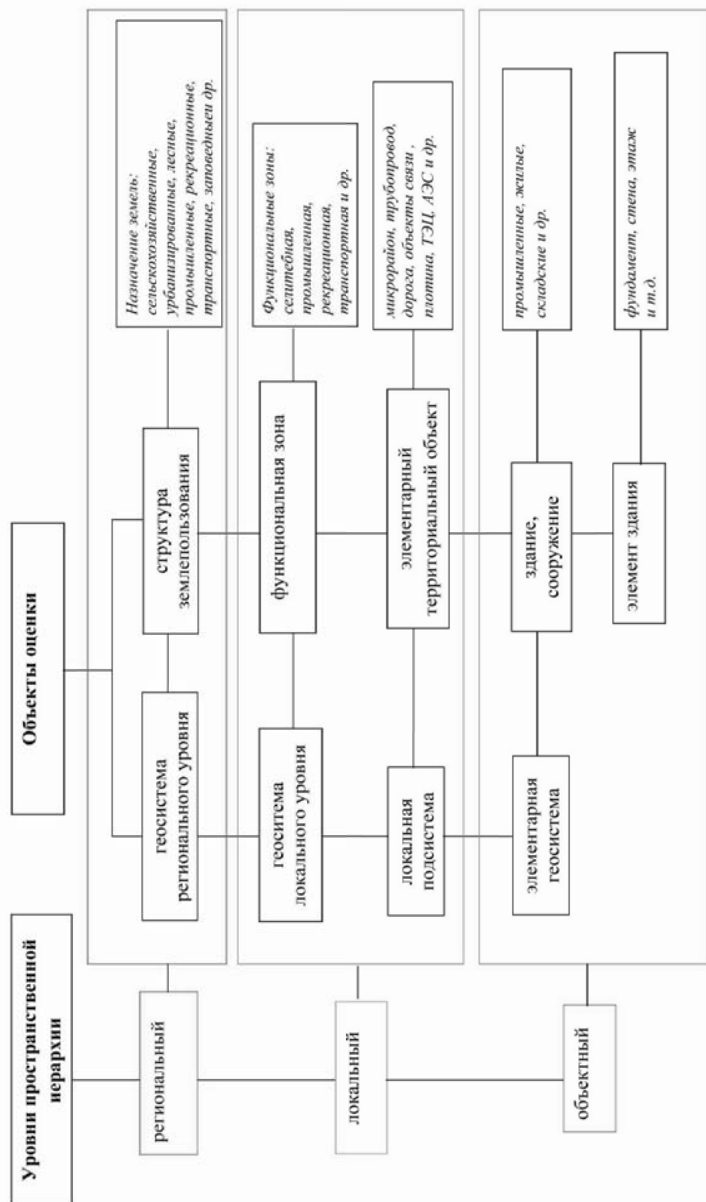


Рис. 1. Структура и соподчинение объектов оценки уязвимости

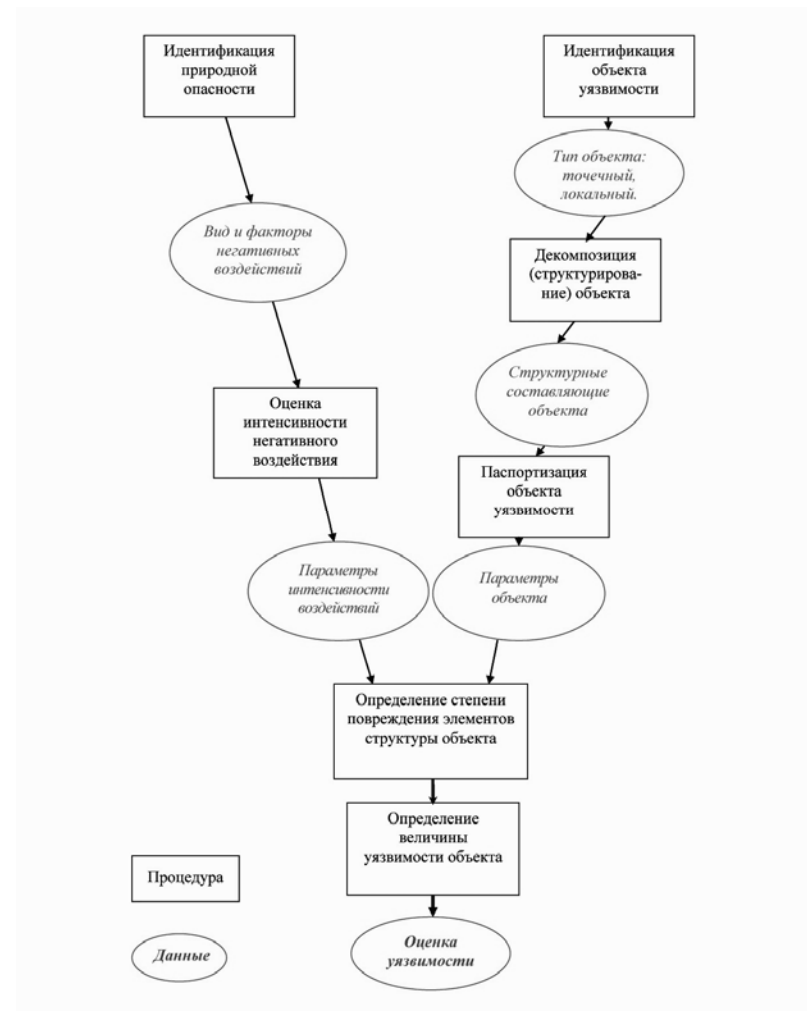


Рис. 2. Алгоритм процедуры оценки уязвимости объекта от опасных природных процессов

Уязвимость определяется авторами как свойство любого материального объекта частично или полностью утрачивать способность к выполнению своих естественных или заданных функций в результате его поражения процессом или явлением определенного генезиса, интенсивности и длительности воздействия.

Оценка и классификация поврежденных объектов в результате воздействия опасных процессов выполняется по методике, основные элементы которой представлены в виде блок-схемы на рис. 2. После представления изучаемого объекта в виде элементарных частей, однотипно реагирующих на негативное воздействие (декомпозиция объекта), осуществляется паспортизация выделенных элементов, в результате которой каждый элемент описывается качественно и количественно. Полученные параметры и будут служить информацией для оценки уязвимости.

Основой оценки территорий (комплексных территориальных объектов) является изучение ее природной организации и хозяйственного функционирования, отражаемого современной структурой землепользования. Территория обладает определенной емкостью, т.е. ее хозяйственное освоение имеет "границы", которые определяются не только таким показателем, как площадь, но и степенью измененности, оцениваемой как функция от двух переменных: характера воздействия антропогенных и природных факторов и устойчивости природных систем к этому воздействию.

Изучение закономерностей такого взаимодействия проводится на основе комплексного природного районирования территории, базирующегося на принципе единства реакции на одно и то же воздействие. В таком случае территорию можно представить как совокупность геосистем – природных комплексов генетически однородных, имеющих одинаковый геологический фундамент, один тип рельефа, определенное сочетание разновидностей почв, одинаковый климат и одну, свойственную только им, морфологическую структуру [1].

В основе любого вида оценок территорий лежит картографирование, которое позволяет проводить исследование, моделирование и отображение пространственного расположения, сочетания и взаимосвязи объектов и явлений природы и общества. Картографирование геосистем подразумевает необходимость дифференциации территории, то есть осуществление районирования, которое в зависимости от масштаба исследований ориентировано на обособление геосистем разного таксономического ранга. Картографическое обеспечение такой сложной и многоплановой проблемы, как оценка устойчивости или, наоборот уязвимости, гео-

систем к воздействию внешних факторов, способных вызвать ЧС, должно создаваться на основе комплексного подхода. Картографический банк данных территории формируется из карт разной тематики и степени пространственно-временной интеграции информации, разного масштаба и назначения, на основе анализа которого происходит выделение геосистем разного уровня. Можно выделить четыре основных уровня картографирования геосистем: глобальная геосистема (синоним географической оболочки); региональная геосистема – представляет собой дробное подразделение географической оболочки, которое достаточно полно характеризует местные особенности структуры географической среды; локальная геосистема, включающая набор элементарных геосистем; элементарные геосистемы, внутри которых природные условия практически однородны (соответствует фации). При этом естественно, что разные типы геосистем, выделяемые на карте, под воздействием инженерно-геологических процессов и гидрометеорологических факторов будут испытывать разную степень нагрузки или разрушения, которая определяется их устойчивостью или уязвимостью.

Любая геосистема, несомненно обладает устойчивостью в определенных пределах. Устойчивость не означает абсолютной стабильности, неподвижности. Напротив, она предполагает колебания вокруг некоторого среднего состояния, т.е. динамическое равновесие. Чем шире естественный, "привычный" диапазон состояний, тем меньше риск подвергнуться необратимой трансформации при аномальных внешних воздействиях, тем меньше его уязвимость.

Используемые в настоящее время методы оценки экономической уязвимости от опасных природных процессов определенного генезиса различаются с одной стороны вследствие характера их воздействий на оцениваемые объекты, с другой – в реакции этих объектов в виде деформаций и разрушений. Эти различия обусловлены так же отсутствием во многих случаях представительных фактических данных об ущербах от отдельных опасностей для разнотипных объектов.

Обоснованная оценка уязвимости объектов для многих других опасных природных процессов, в случае отсутствия достовер-

ных аналогов, в настоящее время возможна только путем моделирования и расчетов деформаций оцениваемых объектов. С этой же целью сейчас могут использоваться отдельные методические приемы и полуэмпирические таблицы уязвимости, разработанные для некоторых опасностей геологического ряда.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Заиканов В.Г., Минакова Т.Б. Геоэкологическая оценка территорий. – М.: Наука, 2005. – 319 с.

#### ОЦЕНКА ОТДЕЛЬНЫХ ФАКТОРОВ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ПЕРЕД ОТКРЫТИЕМ РАБОЧЕГО ДВИЖЕНИЯ ПО ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ УЛАК – ЭЛЬГА НА УЧАСТКЕ 0-54 КМ

*Исаков В.А., Наумов М.С., Телков Ф.С.*

*ОАО «Проекттрансстрой», Москва, тел. (495)796-97-12, факс (495)796-97-47, e-mail:geology@ptst.ru:*

#### THE ASSESSMENT OF THE SPECIFIC FACTORS OF THE GEOLOGIC RISK FOR THE OPERATIONAL STAGE OF THE RAIL ROAD “ULAK – ELGA” WITHIN THE SECTION 0-54 KM

*The paper considers the geologic risk factors revealed after the construction phase of the railroad “Ulak – Elga” section 0 – 54km. The insufficient road embankment sustainability is detected. The need for the reconsideration of some design solutions is advised for the highly deformed embankment sites.*

Железнодорожный путь, соединяющий разъезд Улак на БАМе и Эльгинское месторождение углей, на участке от 0 до 54 км был сооружен в 2001 г. В том же году дальнейшее строительство было остановлено. В период с 2001 по 2008 гг. эксплуатация и ремонт пути на данном участке не осуществлялись. После

возобновления строительства в 2008 г появилась необходимость в оценке состояния земляного полотна на уже построенных участках железной дороги. Перед специалистами ОАО «Проекттрансстрой» стояла задача определить насколько устойчив уже построенный путь и оценить масштаб изменения инженерно-геологических условий в основании сооружения.

Маршрутные наблюдения, проведённые в 2005 и 2006 гг. показали, что общая протяженность деформированных участков составляла до 17,5 км, или около трети от общей длины построенного пути. Основными видами деформаций, выявленными в ходе этих маршрутных исследований, являются волнообразные деформации, просадки основной площадки насыпи, а также отседание и эрозия откосов насыпи. Масштабы деформаций различны – на отдельных участках просадки основной площадки могут достигать величин 1 метра от проектного положения. Всё это делало эксплуатацию пути на таких местах либо невозможным, либо требовало существенного ограничения скорости и массы составов.

Зимой – весной 2010 г были проведены полевые и камеральные работы по изучению 53 «больных мест». В результате проведённых работ было выявлено, что в большинстве случаев в основании «больных мест» произошло значительное понижение кровли многолетнемёрзлых пород. Примерно в 20% случаев кровля вечной мерзлоты опустилась ниже 10 м от поверхности. Неравномерности в положении кровли мёрзлых пород могут достигать нескольких метров (до 3-4) на сравнительно небольших (первые десятки метров) расстояниях. Только в 10% от обследованных «больных мест» зоны развития таликов сложены исключительно непросадочными или малопросадочными грунтами. В остальных же случаях имеет место оттаивание супесчаных и суглинистых грунтов, имевших значительную льдистость.

Температура грунтов в основании деформированного полотна, по данным термометрических наблюдений не опускается ниже -1,5°C. Наиболее характерными значениями температуры мёрзлых грунтов являются -0,3 – -0,5°C. Температура талых грунтов даже в период максимального охлаждения может иметь значения до +3°C, но в среднем они находятся в диапазоне от 0 до +1°C.

В результате анализа информации, полученной по обследованным участкам интенсивных деформаций, были сделаны следующие выводы о причинах их развития:

- снижение несущей способности мёрзлых грунтов в результате повышения температур в пределах отрицательных значений;
- снижение несущей способности грунтов в результате оттаивания мёрзлой толщи;
- объёмные изменения мёрзлой толщи при оттаивании;
- неравномерная стабилизация и уплотнение грунтов насыпи и естественного основания дороги;
- развитие неблагоприятных экзогенных, в том числе криогенных процессов – термокарста, пучения, эрозии, подтопления и др.

В результате оценки масштаба деформаций и инженерно-геокриологических условий в основании железнодорожного пути был сделан вывод о недостаточной несущей способности грунтов для целей безаварийной эксплуатации сооружений. Было отмечено значительное отклонение свойств, сформировавшейся в результате техногенного воздействия грунтовой толщи в основании железной дороги, от естественных условий, наблюдавшихся до строительства. Формирование значительных массивов неустойчивых грунтов в основании сооружения, активизация криогенных процессов и формирование таликовых зон требует переоценки перечня и значимости инженерно-геологических опасностей, которые могут влиять на устойчивость и безопасность эксплуатации данного участка железной дороги.

Наиболее специфичной чертой мёрзлых пород является её отрицательная температура и наличие в ней льда, поэтому температурное состояние грунтов является одной из важнейших характеристик, которые должны учитываться при оценке устойчивости дорожного полотна. Поскольку для формирования полноценной чаши оттаивания необходимо от 30 до 50 лет [1], фактор изменения температуры грунтов должен стать одним из ведущих при оценке геологических рисков на данном объекте. Оттаивание или промерзание грунтов, находящихся в термодинамически неустойчивом состоянии (от  $-1$  до  $+1^{\circ}\text{C}$ ), может вызвать деформации земляного полотна. Оттаивание/промерзание грунтов может быть вызвано различными причинами: изменениями климата (данный ре-

гион характеризуется одним из максимальных значений потепления температуры воздуха за последние несколько десятилетий [2]), сукцессией растительности или значительным увеличением техногенной нагрузки.

С температурным режимом грунтов, особенно в основании насыпей, связан и ещё один важный аспект оценки геологического риска – состав и свойства грунтов насыпи. На обследованных участках, где насыпь была сложена скальными грунтами со значительным (20% и более) количеством мелкозёмистого заполнителя произошло формирование чаши растепления непосредственно под телом насыпи. Отепляющий эффект от насыпи на различных участках составил от  $0,1$  до  $1,1^{\circ}\text{C}$ . Насыпи, сложенные грунтами с меньшим количеством заполнителя, оказывали охлаждающее влияние на подстилающие грунты. Следует отметить, также, что примерно на 15% участков интенсивных деформаций не было отмечено формирование сколько-нибудь значимых таликовых зон в основании насыпи. Вероятнее всего, деформации на данных участках вызваны процессами уплотнения отсыпанных грунтов. Для прогнозирования геологических рисков необходимо учитывать, что в дальнейшем, в результате процессов криогенного выветривания и механического истирания материала насыпей, количество мелкозёма в насыпях будет увеличиваться.

Формирование таликов в основании насыпей и откосах выемок сопровождается осадкой и разуплотнением грунтов, изменением их влажности. В результате активизации неблагоприятных процессов (подтопления, сноса материала и др.) физико-механические характеристики грунтов в таликах могут существенно отличаться от проектных. Черты муссонного климата, подразумевающие интенсивные осадки в конце лета, сравнительно высокая изрезанность территории, через которую проходит трасса, а также широкое распространение дренирующих грунтов в основании железной дороги, обуславливают высокую изменчивость показателя влажности грунтов в течении года. Такой неустойчивый гидрогеологический режим будет способствовать сезонному изменению несущей способности грунтов таликов, а также различным неблагоприятным процессам при их сезонном промерзании – развитию криогенного пучения и формированию льдистых прослоев в сезонно-мёрзлом слое.

Отдельно, при подготовке к запуску рабочего движения и эксплуатации железнодорожного пути, необходимо оценивать степень активизации и потенциальной опасности экзогенных и криогенных процессов непосредственно в основании насыпей и выемок и в полосе отвода. В описываемом случае прогноз развития опасных криогенных процессов и масштабов их воздействия на сооружение существенно упрощается – за практически десятилетний перерыв между постройкой и запуском участка дороги процессы, связанные с изменением ландшафтных условий в результате строительства, успели проявиться в достаточной мере. Для обоснованной оценки опасностей и рисков, порождаемых экзогенными, в том числе криогенными, процессами необходимо установление постоянного наблюдения за динамикой процессов и создание ежегодно обновляемой карты их распространения и активности.

Подводя итог вышесказанному, хотелось бы сказать, что изменения в инженерно-геологических и геокриологических условиях, зафиксированные в результате работ 2005 – 2010 гг., требуют переоценки некоторых инженерно-геологических процессов как факторов геологического риска. Основной опасностью для эксплуатации железнодорожного пути «Улак – Эльга» на участке 0 – 54 км является растепление грунтов основания земляного полотна под влиянием природных и техногенных факторов. В результате подробного и конкретного анализа вновь проявившихся факторов риска на всех участках деформаций, необходимо пересмотреть принятые ранее проектные решения для увеличения устойчивости железнодорожного пути. Наиболее радикальным решением проблемы является допущение оттаивания мёрзлых пород в основании земляного полотна, с последующей компенсацией просадок отсыпкой балласта. Такой подход несет в себе значительные риски не только техногенного (неравномерные осадки будут происходить ещё достаточно долгое время, нанося ущерб рельсошпальной решётке и вызывая технологические перерывы в работе дороги), но и природного характера (развитие неблагоприятных процессов на окружающих территориях). Более верным авторам видится разработка новых проектных решений по стабилизации мерзлотной обстановки – планировка дренажа, применение охлаждающих установок, солнцезащитных покрытий и экранов, теплоизоляция и

армирование отсыпанных и естественных грунтов. Это достаточно дорогостоящий путь, но в перспективе он ведёт к уменьшению эксплуатационных затрат и увеличению пропускной способности дороги без ущерба для окружающей среды.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лисицына О.М., Минайлов Г.П., Романовский Н.Н., Пармузин С.Ю. Линейное строительство. // В книге: Геокриология СССР. Восточная Сибирь и Дальний Восток. – М. «Недра» 1989. – С. 452-457
2. Павлов А.В., Малкова Г.В. Современные изменения климата на севере России. Альбом мелкомасштабных карт – Новосибирск: Академическое издательство «ГЕО», 2005. – 52 с.

#### ОЦЕНКА ПРИБРЕЖНЫХ ЗОН ПРОВИНЦИЙ ВЕНЕТО И ФРИУЛИ-ВЕНЕЦИЯ-ДЖУЛИЯ (ИТАЛИЯ) ДЛЯ АНАЛИЗА ДЕФОРМАЦИЙ ИСТОРИЧЕСКИХ ЗДАНИЙ

*Кофф Г.Л., Чеснокова И.В., Борсукова О.В.*

*Институт водных проблем РАН, Москва,  
тел. (499)7833862, e-mail:koffgl@mail.ru*

#### ASSESSMENT OF COASTAL ZONES OF PROVINCES VENETO AND FRIULI-VENICE-JULIA (ITALY) FOR ANALYSIS OF HISTORICAL BUILDINGS DEFORMATIONS

*Article is devoted to an assessment of Italy coastal zones. Connection of historical buildings deformations with the geological environment in the cities is established.*

Деформация ценной исторической застройки проявляется в результате пространственных и временных изменений, которые определяются естественной эволюцией геологических и природно-климатических факторов, а также техногенезом. Инженерно-хозяйственная деятельность человека, в идеале сопровождающаяся предотвращением или смягчением воздействия негативных при-

родных процессов зачастую способствует их развитию, что отрицательно сказывается на состоянии зданий и сооружений, усиливает загрязнение окружающей среды.

Как установлено, около 70% всех деформаций, приводящих к аварийному состоянию исторических зданий, связано с техногенными изменениями геологической среды, что особенно ярко проявляется на территории городов, где с одной стороны, вследствие интенсивного подземного водоотбора происходит региональное снижение уровня грунтовых вод и оседание земной поверхности, а с другой – подтопление, изменяется химический состав подземных и поверхностных вод, вследствие уплотнения застройки изменяется напряженно-деформированное состояние массивов, активизируются склоновые и эрозионные процессы, трансформируются состав и свойства грунтов в основании сооружений.

На территории провинции Фриули-Венето-Джулия расположены уникальные историко-архитектурные памятники. В настоящее время их выявлено более 5000, а под охраной находится не более 20% от общего числа. Оценка их технического состояния показала, что около 80% памятников находится в неудовлетворительном или аварийном состоянии. Это обстоятельство является серьезным препятствием для оптимизации разработки проектов новых генеральных планов, т. к. историко-архитектурные памятники не только должны явиться ядром планировочной организации культурно-рекреационных зон, но и обусловить рациональную застройку селитебных зон (с учетом необходимости охраны массивов в основании памятников и соблюдения ландшафтно-эстетических требований). Историко-архитектурные памятники, находящиеся под охраной, расположены на территории весьма неравномерно и сконцентрированы преимущественно в 10 городах с различным строением и состоянием геологической среды.

С целью выявления задач по сохранению памятников и ранжирования ущербобразующих факторов нами разработаны: 1) способы оценки состояния зданий; 2) методика составления ГИС, включающей а) карту размещения зданий и памятников с дифференциацией их по возрасту, конструктивному типу, состоянию, виду использования; б) карту промышленного воздействия на окружающую среду. Анализируя полученные данные, удалось вы-

явить ареалы взаимодействия наиболее активных ущербобразующих факторов.

Анализ интегративной картографической модели должен включать последовательно:

а) инвентаризацию массивов, являющихся основанием и средой памятников;

б) оценку условий планируемого градопромышленного развития территории с учетом консервации или улучшения условий функционирования памятников;

в) выработку рекомендаций по совершенствованию планировочной структуры территории с включением в нее охранных целиков и зон;

г) разработку методов мониторинга состояния памятников с контролем "цепочки": естественная эволюция геологической среды – техногенные воздействия – изменения геологической среды – последствия в состоянии памятников.

Подобный анализ позволит при разработке проектов реставрации и консервации преодолеть так называемый "синдром площадки" и учесть трансляцию внешних воздействий из сопредельных блоков литосферы, атмосферы и поверхностной гидросферы на массив, являющийся основанием и средой памятника.

Исследования проводились в провинциях Фриули-Венеция-Джулия и Венето, которые расположены в северо-восточной части Италии и занимают предгорья Альп и прибрежные равнины северо-западного побережья Адриатического моря. Обследованная территория относится к сейсмической зоне, в пределах которой происходили достаточно частые сильные землетрясения. В целом, можно отметить, что в пределах обследованной территории наибольшее влияние сейсмические события оказали на развитие деформаций зданий и сооружений в городах: Асоло, Верона, Виченца, Триест, а также Венеции. Подтверждением этого служит мощное землетрясение с магнитудой 5,8, которое произошло на севере Италии 29 мая 2012 года, эпицентр находился в провинции Модена в 3 км от города Медолла.

Обследованные исторические города располагаются в основном на прибрежной аллювиально-морской равнине, образованной древними террасами и долинами множества рек. На побережье, сложенном морскими отложениями, расположены города

Венеция, Лидо-Ди-Эссоло, Бибионе, Каэрла, Линьяно, Виченца. Верона и Асоло находятся на древних террасах р. Brentы, переходящих в предгорную моренную равнину, а Падуа – в современной долине Brentы.

Для успешного выполнения работы по оценке экономического ущерба, вызываемого техногенными изменениями геологической среды в городах, авторами были поставлены следующие задачи: 1. выполнить анализ техногенных нагрузок на территории города и исходных инженерно-геологических характеристик с целью разработки системы представительных показателей состояния различных компонентов геологической среды и градоформирующих структур; 2. выполнить анализ воздействия техногенно измененной геологической среды на здания; 3. выявить на основании проведенного анализа основные ущербобразующие факторы и разработать систему показателей для оценки экономического ущерба, вызываемого техногенными изменениями геологической среды; 4. выполнить расчеты по определению величины ущерба, вызываемого техногенными изменениями геологической среды.

В целом при взаимодействии городской системы и геологической среды проявляются обратные связи, связанные с воздействием техногенно измененной геологической среды на город. В этом аспекте особенно важным является анализ информации, используемой для сохранения памятников архитектуры и районов древней застройки. В процессе преобразования и реконструкции сложившегося города, полученные оценки важны для решаемой задачи охраны, реставрации и современного использования отдельных памятников архитектуры, истории и культуры, сохранения ансамблей и комплексов, произведений садово-паркового искусства. Особенно важно выявить все виды борьбы с негативными воздействиями на исторические здания и сооружения. Для этого необходимо установить степень воздействия техногенно измененной геологической среды, дифференцированной по градостроительным зонам и типам геологической среды в исторических городах.

При обследовании Адриатического побережья провинции Фриули-Венето-Джулия были выделены три типа строения прибрежной зоны: отмельные аккумулятивные песчаные пляжи, переходящие в первую и вторую морские террасы (Линьяно, Бибионе,

Каэрла, Лидо-Ди-Эссоло) – более 80% побережья; частично приглубые песчано-гравийные и песчано-галечные пляжи, шириной от 15-25 до 30-40 м – менее 10% побережья; скальные берега с узкими песчано-гравийными и песчано-галечными пляжами шириной 10-25 м (в районе Триеста) – около 10% побережья.

В зонах развития побережья первого типа к числу проявляющихся в настоящее время опасных процессов, в первую очередь, относятся: дефляция с образованием движущихся дюн; абразия берегового уступа первой террасы; размыв пляжей; вдольбереговые перемещения песчаных наносов; подтопление первой, а в ряде случаев и второй террасы за авандюной с образованием нового (первого от поверхности) горизонта грунтовых вод; площадной выход грунтовых вод первого водоносного горизонта на поверхность с заболачиванием местности (Линьяно, Бибионе, Лидо-Ди-Эссоло).

Таким образом, в результате развития опасных геологических процессов разрушаются берега, ухудшаются ценные курортно-рекреационные ресурсы, гибнет прибрежная флора (не только на первой, но и на второй морских террасах), в том числе сосны и кедры различных видов, секвойи, лиственницы, араукария и др.

На отдельных участках (Линьяно и др.) с целью снижения уровня грунтовых вод были сделаны дренажные каналы, однако, значительная часть дренажных каналов обрушены или заросли растительностью.

С целью предотвращения разрушения или ухудшения состояния ценной исторической застройки и выбора методов снижения уязвимости исторических зданий и сооружений авторы рекомендуют провести следующие неотложные мероприятия:

- обследование деформирующихся исторических зданий и памятников современными аппаратными методами с последующей разработкой конструктивных и технических, а также правовых (уменьшение частоты прохода транспорта по прилегающим улицам) мероприятий;
- создание геоинформационных систем на территории исторических городов;
- организация и проведение мониторинга территорий.

Для обоснования мероприятий по улучшению состояния прибрежной полосы Адриатического моря рекомендуется: выпол-

нить обследование пляжей и территорий первой и второй террас, прилегающих к пляжам; выполнить обоснование и реализовать единую систему мониторинга геологической среды, зданий и сооружений, а также состояния флоры в прибрежной полосе.

## **ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ, УЯЗВИМОСТИ ЛЕССОВЫХ МАССИВОВ И СТЕПЕНИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ПРИ РАЗВИТИИ ЛЕССОВОГО ПСЕВДОКАРСТА**

*Лаврусевич А.А.*

*Московский государственный строительный университет,  
129337, г. Москва, Ярославское ш. 26,  
e-mail:lavrusevich@yandex.ru, tel. +7 495 500 8426*

## **ASSESSMENT OF HAZARD, VULNERABILITY OF LOESSIAL MASSIFS AND DEGREE OF GEOLOGICAL RISK AT DEVELOPMENT OF LOESSIAL PSEUDOKARST**

*One of attempts of an assessment of vulnerability, danger and geological risk of loessial massifs is given in article at defeat by their loessial pseudokarst. For an assessment the method of an ideal point Verzhbitsky which well proved at the solution of such tasks in geology is used.*

При освоении лессовых территорий необходимо показать уровень опасности лессового псевдокарста, который зависит как от степени опасности самого псевдокарстового процесса, так и от степени уязвимости лессовой территории [5]. Геологическая опасность лессового псевдокарста это угроза образования новых или активизация существующих подземных и поверхностных псевдокарстовых форм рельефа с определенными параметрами на лессовой территории (лессовом массиве) за заданный промежуток времени, которые представляют угрозу для жизни или благосостояния людей, объектов экономики или окружающей среды [3]. Обоснование уровня опасности лессового псевдокарста производится на основании данных инженерных изысканий. Оценка опасности лессового псевдокарста является основной задачей прогноза развития

псевдокарста на данной территории сложенной лессовыми породами.

Анализ результатов исследований факторов поражения территории лессовым псевдокарстом позволяет рекомендовать следующие основные показатели опасности, ранжированные по степени важности  $\delta_i$  (от 0,1 до 0,9): 1) пораженность территории лессовым псевдокарстом; 2) скорость развития лессового псевдокарста; 3) изменение свойств лессов, слагающих массив в результате развития лессового псевдокарста; 4) изменение гипсометрических отметок поверхности лессового массива; 5) индуцированные опасные геологические процессы [1,2]. Каждый из показателей оценивается по следующей порядковой шкале: 0 – безопасное состояние; 1 – малая степень опасности; 2 – средняя степень опасности; 3 – большая степень опасности.

Представленный порядок введения номеров и кодов позволяет дать характеристику процесса поражения территории лессовым псевдокарстом. Если она записана в цифровом выражении, а именно: например, код длиной из 5 символов – **1 2 0 0 3** означает, что первый показатель опасности (первая цифра, т.е. первый номер) представляет собой малую опасность поражения территории лессовым псевдокарстом; второй показатель (вторая цифра) указывают на среднюю степень опасности; а третий и четвертый показатели не вызывают никакой опасности, с точки зрения поражения территории лессовым псевдокарстом. Для последнего показателя (последняя цифра **3**) характерна большая степень опасности поражения территории лессовым псевдокарстом.

Таким образом, для характеристики опасности поражения следует иметь соотношение между показателями процесса поражения и кодами опасности, на основании которых может быть рассчитан коэффициент опасности, т.е. количественная величина, которую можно рассчитывать и использовать для обоснования необходимости защитных мероприятий.

Понятие «уязвимость» необходимо вводить и исследовать при оценке риска поражения лессовым псевдокарстом, прежде всего потому, что оно (это понятие) позволяет четко отделить опасность поражения от риска поражения, которые явно или неявно часто отождествляются в литературе. Это довольно часто имеет

место, когда дается какая-либо качественная оценка негативных процессов, связанных с поражением псевдокарстом.

Суть дела состоит в том, что одна и та же оценка опасности поражения псевдокарстом разных территорий может приводить к таким негативным последствиям, которые по своим масштабам могут быть несоизмеримы. Это связано с особенностями самой территории, ее функциональным назначением, наличием на данной территории тех или иных коммуникаций и объектов, способностью этих объектов реагировать на негативное развитие процессов поражения лессовым псевдокарстом, восприимчивостью к опасному воздействию поражения лессовым псевдокарстом.

Таким образом, каждому конкретному инженерно-геологическому объекту (территории) поставлен в соответствие 5-ти мерный вектор ранжировок, характеризующий уровень опасности лессового псевдокарста. Как известно, вектора в пространствах размерности больше 1 не могут быть упорядочены естественным образом, поэтому для возможности упорядочивания инженерно-геологических объектов по уровню опасности, необходимо использовать один из искусственных приемов их упорядочивания.

В настоящей работе предлагается использовать метод идеальной точки Вержбицкого, основная идея которого заключается во введении одной или нескольких идеальных точек в многомерном пространстве и упорядочиванию векторов, характеризующих уровень опасности, по специально введенной функции расстояния от конкретной точки в многомерном пространстве до априори заданной идеальной точки. Надо отметить, что данный подход хорошо зарекомендовал себя при решении подобного рода задач по оценке геологического риска для г. Москвы [4].

Введем безразмерный коэффициент опасности  $\lambda_0$ , который должен отражать то место рассматриваемого процесса на данной территории, которое он занимает между «идеальным» вариантом ( $\lambda_0^{ид} = 0$ ) и «негативно-идеальным» вариантом ( $\lambda_0^{нег.-ид} = 1$ ).

Тогда функция расстояния (интегральный критерий уровня опасности) может быть вычислена как

$$\lambda_0 = k_{норм} \sum_{i=1}^N \delta_i a_i \quad (1)$$

где  $\delta_i$  – коэффициент значимости  $i$ -го показателя опасности (значение устанавливаемое экспертом-аналитиком от 0,1 до 0,9);  $a_i$  – значение балла  $i$ -го показателя опасности;  $k_{норм}$  – нормирующий множитель, приводящий к  $0 \leq \lambda_0 \leq 1$ .

Итоговый результат этой методики может быть представлен в виде табл. 1.

Таблица 1 (фрагмент).

Оценка коэффициента опасности  $\lambda_0$  поражения территории лессовым псевдокарстом ( $k_{норм} = 0.0980$ )

| Код опасности | $\lambda_0$ | Код опасности | $\lambda_0$ | Код опасности | $\lambda_0$ | Код опасности | $\lambda_0$ |
|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
| 00000         | 0,0000      | 03221         | 0,4902      | 13333         | 0,8431      | 23333         | 0,9216      |
| 00002         | 0,1765      | 03310         | 0,4216      | 20002         | 0,3333      | 30002         | 0,4118      |
| 00131         | 0,2647      | 03332         | 0,6765      | 20131         | 0,4216      | 30131         | 0,5000      |
| 00023         | 0,3431      | 03333         | 0,7647      | 20023         | 0,5000      | 30023         | 0,5784      |

Аналогичным образом, с использованием метода идеальной точки Вержбицкого, можем быть произведено упорядочивание инженерно-геологических объектов по степени уязвимости лессовым псевдокарстом:

Таблица 2 (фрагмент)

Оценка коэффициента уязвимости  $\nu_y$  территории ( $k_{норм} = 0.0758$ )

| Код уязвимости | $\nu_y$ | Код уязвимости | $\nu_y$ | Код уязвимости | $\nu_y$ | Код уязвимости | $\nu_y$ |
|----------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|
| 00000000       | 0,0000  | 00020101       | 0,1515  | 00220101       | 0,2273  | 10220101       | 0,2955  |
| 00000002       | 0,0455  | 00020120       | 0,1894  | 00220120       | 0,2652  | 10220120       | 0,3373  |
| 00000013       | 0,0985  | 00020133       | 0,2879  | 00220133       | 0,3636  | 10220133       | 0,4318  |
| 00000021       | 0,0833  | 00020202       | 0,2121  | 00220202       | 0,2879  | 10220202       | 0,3561  |

Коэффициент риска поражения территории лессовым псевдокарстом определяется следующим образом:

$$R_n = \lambda_0 \cdot \nu_y \quad (2)$$

Для территории, по которой проведено районирование по степени опасности и уязвимости, коэффициент риска поражения лессовым псевдокарстом территории  $R_n$  определяется по формуле:

$$R_n = \frac{\sum_{i=1}^k V_{yi} \cdot \lambda_{0i} \cdot S_i}{S_0}, \quad (3)$$

где  $S_0$  – площадь территории, для которой определяется коэффициент риска поражения лессовым псевдокарстом  $R_n$ ,  $S_0 = \sum_{i=0}^k S_i$ ,  $k$  – число разбитых участков площади  $S_0$  на непересекающихся между собой площадях  $S_i$ , для которых оценены и известны коэффициенты опасности поражения лессовым псевдокарстом  $\lambda_{0i}$  и уязвимости поражения лессовым псевдокарстом  $V_{yi}$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Горелов Ю.И., Лаврусевич А.А., Вдовина О.К. Некоторые методические положения по оценке риска поражения территории лессовым псевдокарстом. Мат-лы Рос. конф. с междунар. участ. «Геотехнические проблемы проектирования зданий и сооружений на карстоопасных территориях» 22-23 мая 2012 г.– Уфа, 2012. – С. 173-178.
2. Лаврусевич А.А., Лаврусевич И.А. Типы лессового псевдокарста и оценка уровня геологической опасности. В сб.тр. Международной научно-практической конференции «Ресурсно-экологические проблемы волжского бассейна». – Владимир, 2011. – С. 75-77.
3. Природные опасности России. Т. 6. Оценка и управление природными рисками / Под. ред. А.Л. Рагозина. – М., 2003. – 320 с.
4. Рекомендации по оценке геологического риска на территории г. Москвы. – М.: ГУП «НИАЦ», 2002.
5. Lavrusevich A.A. Vulnerability of loess mass affected by pseudokarst. International conference. Engeopro-2011. – Moscow, 2011. – P. 215-218.

## ОЦЕНКА ОПОЛЗНЕВОГО РИСКА НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Мацкий С. И., Любарский Н. Н., Безуглова Е. В.

ООО «НТЦ GeoПроект», г. Краснодар, e-mail: matsiy@mail.ru, lubarskynikolai@mail.ru, nebo7@list.ru

### LANDSLIDE RISK ASSESSMENT OF KRASNODAR REGION ROADS

*An improved method of estimating the risk of displacement of soil on the slopes was proposing. The results of the survey of 136 landslides on the roads of the Krasnodar territory were presenting.*

Природно-климатические условия, литолого-структурные особенности пород, техногенное воздействие способствуют развитию большого количества оползневых явлений на участках автомобильных дорог в Краснодарском крае. При этом у эксплуатирующих организаций зачастую не достаточно средств для проведения защитных мероприятий на всех участках. Для выявления наиболее опасных из них и установления приоритетности строительных работ, необходимо проводить оценку риска, входящую в состав комплекса инженерно-геологических изысканий [7].

Под оползневый риск понимается произведение вероятности возникновения смещения на ожидаемый ущерб от этого события [3]. Риск определяется на основе количественного и качественного подходов. Промежуточным является полуколичественный подход, основанный на методе анализа иерархий [6] и суть которого заключается в переходе от количественных и качественных характеристик природных условий к балльным оценкам. Каждый из факторов оценивается в безразмерных единицах-баллах, по специальным шкалам, разработанным, исходя из интенсивности его проявления, а также роли, которую он играет в формировании оцениваемого геотехнического комплекса.

Данный метод оценки риска используется на стадии обоснования инвестиций, при обследовании большого числа участков. Его достоинствами являются высокая скорость обработки данных

и возможность сопоставления результатов, полученных различными специалистами. В условиях масштабной реконструкции транспортной инфраструктуры Черноморского побережья полукочественный метод является одним из самых востребованных и актуальных.

Однако, на данный момент существующей нормативной базой [1] даются только самые общие рекомендации по оценке риска, четкий алгоритм действий отсутствует. Ряд недостатков в уже разработанных методиках [3] не позволяет эффективно их использовать на дорогах Краснодарского края. Все это обуславливает необходимость разработки усовершенствованной методики полукочественной оценки и управления оползневой риском, адаптированной к особенностям рассматриваемого региона.

За основу взят метод балльных коэффициентов [2]. Для определения значимости различных факторов риска проведены анализ причин развития оползневых процессов на большом числе участков автомобильных дорог края и серия тестовых расчетов устойчивости склонов. На основе полученных данных определены балльные коэффициенты, учитывающие степень влияния каждого фактора, и разработан новый алгоритм интеграции оценочных баллов [4]. Получившиеся интервалы баллов ранжируются по пяти категориям риска: I-ой категории соответствует качественная характеристика – «очень высокий уровень риска», а V-ой – «очень низкий».

Большую помощь в управлении риском оказывает геотехнический мониторинг, одной из задач которого является выдача достоверного прогноза поведения оползневого участка [5]. Это позволяет своевременно реализовывать дополнительные защитные мероприятия или при необходимости корректировать рабочую документацию в процессе строительства противооползневых сооружений. Состав и периодичность наблюдений определяются исходя из геологических особенностей и категории риска исследуемого участка (таблица).

Разработанная методика апробирована при диагностике автомобильных дорог регионального значения Туапсинского, Апшеронского и Горячключевского районов Краснодарского края. В ходе работ проанализирован материал изысканий прошлых лет,

выполнено рекогносцировочное обследование трасс и прилегающих территорий, определена категория технического состояния существующих противооползневых и удерживающих сооружений. По результатам анализа полученных данных определен ориентировочный состав защитных мероприятий и разработаны соответствующие программы мониторинга.

Таблица

**Требуемые мероприятия на участках автомобильных дорог в зависимости от категории оползневого риска**

| Категория риска | Требуемые мероприятия   | Вид геотехнического мониторинга           | Частота наблюдений      |
|-----------------|---|---|-------------------------|
| I               | Временные крепления и постоянные противооползневые сооружения   | Непрерывные инструментальные наблюдения   | от 2 до 6 раз в сутки   |
| II              | Противооползневые сооружения  | Периодические инструментальные наблюдения | от 1 до 4 раз в месяц   |
| III             | Вспомогательная защита и противооползневые сооружения на ограниченной территории  | Геодезические и геофизические наблюдения  | от 1 до 4 раз в квартал |
| IV              | Устройство вспомогательной инженерной защиты  | Маршрутные наблюдения                     | от 4 до 6 раз в год     |
| V               | Ремонтные и восстановительные работы, а также наблюдения за участком ведутся в рамках эксплуатационного обслуживания дороги |   |                         |

В общей сложности из 136 оползневых участков выделены 28 наиболее опасных, общей протяженностью около 3620 м. Из рисунка видно, что стоимость мероприятий по инженерной защите пропорционально растет с увеличением категории риска. Ориентировочная стоимость строительно-монтажных работ (СМР) на участках I категории риска находится в районе 1800 млн. рублей, что составляет около 40% от общей стоимости мероприятий на всех участках.

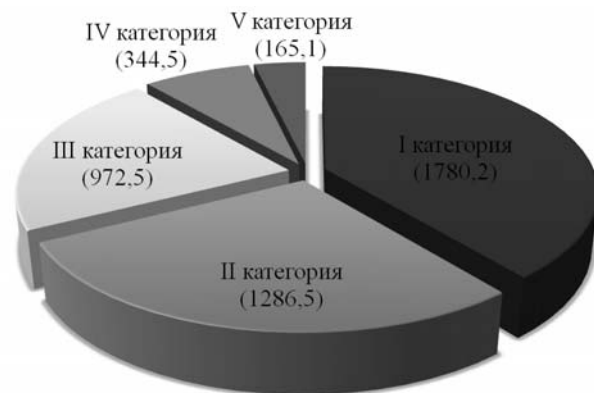


Рисунок. Распределение стоимости СМР по категориям риска, млн. руб.

Таким образом, предлагаемая усовершенствованная методика оценки риска эффективна при визуальном обследовании большого числа оползнеопасных участков. Ее применение позволяет своевременно выявлять наиболее опасные из них и определять приоритетность строительства сооружений инженерной защиты в сложных горных условиях Краснодарского края.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 53778-2010. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.
2. Маций С.И., Безуглова Е.В. Полуколичественная оценка оползневого риска на участках автомобильных дорог // Геориск. – М., 2009. – № 2. – С. 22–25.
3. Маций С.И., Безуглова Е.В. Управление оползневом риском / С.И. Маций, Е.В. Безуглова. – Краснодар: АлВи-дизайн, 2010. – 239 с.
4. Маций С.И., Любарский Н.Н. Полуколичественная оценка риска на оползневых участках автомобильных дорог // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – Вып. 4 (31). – С. 249-254.
5. ОДМ 218.3.008-2011 Рекомендации по мониторингу и обследованию подпорных стен и удерживающих сооружений на оползневых участках автомобильных дорог.
6. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1989. – 316 с.
7. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.

## СОЦИАЛЬНЫЕ, ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ И ЦУНАМИ 11 МАРТА 2011 ГОДА В ЯПОНИИ

*Петрова Е.Г.*

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия, Географический факультет, тел.(495)9392115, факс (495)9328836, e-mail: epgeo@mail.ru*

## SOCIAL, ECONOMIC AND ECOLOGICAL CONSEQUENCES OF MARCH 11, 2012 EARTHQUAKE AND TSUNAMI IN JAPAN

*One of the most large-scaled natural-technological disasters occurred on March 11, 2011 in Japan as a result of a massive 9.0-magnitude earthquake off the northeast coast of Honshu Island that caused a more than 30-meter tsunami. This disaster was yet another tragic confirmation of the vulnerability of modern techno-sphere and society, even such a highly developed one, as the Japanese, to the impact of natural hazards. The greatest number of fatalities and losses was caused in the Miyagi, Iwate, Fukushima, Chiba, and Ibaraki prefectures. The infrastructure in the north-east of the country is damaged to a considerable extent. The disaster had drastic social, ecological and economic consequences not only in Japan, but also around the world. At the same time, Japanese society has shown its resilience. The mutual help is very important. The work of rebuilding has started right off the disaster.*

11 марта 2011 года в Японии произошла одна из крупнейших в мире природно-техногенная катастрофа, вызванная 9-ти балльным землетрясением у северо-восточных берегов самого крупного японского острова Хонсю, в результате которого на побережье обрушились более чем тридцатиметровые волны цунами. Эта катастрофа явилась очередным трагическим подтверждением уязвимости современной техносферы и общества, даже такого высокоразвитого и подготовленного к стихийным бедствиям, как японское, к воздействию опасных природных процессов. Уязвимость эта тем выше, чем больше плотность населения и концен-

трация промышленных и инфраструктурных объектов (особенно, объектов повышенной опасности, таких как АЭС, нефтеперерабатывающие и химические предприятия, нефте-, газо- и продуктопроводы, хранилища ядерных и промышленных отходов и т.п.) в районах, подверженных природному риску.

Произошедшая катастрофа имела колоссальные социальные, экономические и экологические последствия не только для самой Японии, но и для других стран. По оценкам японских властей, количество погибших или пропавших без вести достигло почти 20 тыс. человек, еще около 6 тыс. человек получили ранения, более 350 тыс. человек лишились крова. Инфраструктура на северо-востоке страны была практически уничтожена: более 130 тыс. домов разрушены полностью или частично, еще 265 тыс. домов получили значительные повреждения, снесены тысячи километров коммуникаций, железных и автомобильных дорог, более 70 мостов. По суммарному объему нанесенного ущерба, который оценивается более чем в 400 млрд. долларов, это стихийное бедствие стало самым разрушительным и самым дорогостоящим за всю историю наблюдений. Согласно имеющимся оценкам, 41% прямых и косвенных экономических потерь был обусловлен самим землетрясением, 36% – воздействием цунами и 23% – последствиями спровоцированной ими аварии на АЭС «Фукусима-1». Помимо этой аварии, землетрясение и цунами вызвали также целый ряд других аварий в техносфере, в том числе – на АЭС «Онагава», «Токай» и «Хигасидори», хранилище ядерных отходов Роккасё, взрывы и пожары на НПЗ в Чибэ и на нефтехимическом предприятии в Сендае, множество других пожаров, железнодорожных катастроф, водных, автомобильных и других аварий.

Самой значительной по своим последствиям была авария на АЭС «Фукусима-1», в результате которой произошел выброс радиоактивных веществ в атмосферу, почву и в океан. Сначала этой аварии был присвоен 5-й уровень опасности по 7-ми-балльной международной шкале ядерных событий (INES), но достаточно быстро он был повышен до 7-го, самого высокого уровня. В первые дни после аварии было эвакуировано население из 20-ти-километровой зоны вокруг АЭС, впоследствии зона эвакуации была расширена до 30 км. В общей сложности свои дома были вынуждены покинуть более 140 тыс. человек. Располагавшиеся в зоне

отчуждения АЭС промышленные и сельскохозяйственные предприятия также должны были прекратить свою деятельность в связи с невозможностью ее продолжения.

Кроме значительного и еще до конца не оцененного экологического ущерба, который очевидно будет сказываться в течение многих десятилетий, авария на «Фукусиме-1» нанесла существенный ущерб экономике страны. Под давлением массовых протестов населения правительство Японии было вынуждено остановить все свои 55 промышленных ядерных реакторов (последний из них был остановлен 5 мая 2012 г.), которые до марта 2011 г. вырабатывали почти 30% электроэнергии страны. В результате стал ощущаться острый энергетический дефицит. Встал вопрос о переходе на альтернативные источники энергии, в том числе активизировались переговоры об участии Японии в энергетических проектах России, о расширении российских поставок углеводородов. Правда, японские ядерные реакторы были выведены из строя не навсегда, а только на плановую техническую проверку. Несмотря на очевидную опасность эксплуатации АЭС в условиях повышенного сейсмического риска, Япония пока не собирается полностью отказываться от использования атомной энергии. Между тем, многие другие страны мира заявили о пересмотре своих программ развития атомной энергетики. Так, правительство Германии объявило о решении прекратить эксплуатацию своих АЭС к 2022 г. Стала вновь актуальной проблема перехода на экологически безопасные технологии производства электроэнергии, а также обострилась до сих пор не решенная проблема утилизации ядерных отходов, отработанного ядерного топлива и надежной консервации самих АЭС.

Разрушение промышленных предприятий и инфраструктуры в восточных префектурах страны, особенно сильно пострадавших от последствий землетрясения и цунами – Фукусима, Мияги, Иватэ, Чибэ и Ибараки, привело к экономическим потерям среди промышленных компаний и в других регионах Японии и даже в других странах мира, которые были связаны с ними по технологическим цепочкам. Так, существенные убытки понесли автомобильные концерны Китая, США и некоторых европейских стран, которые в результате этой катастрофы лишились своих основных поставщиков электроники для автомобилей.

Огромный урон был нанесен лесному и рыбному хозяйству, а также сфере туризма. Приток иностранных туристов в Японию сократился в 2011 г. почти на треть.

Трудно переоценить социальные последствия этого стихийного бедствия. Оно повлекло за собой невосполнимые людские потери, привело к множеству жертв и значительному числу непосредственно пострадавших. Люди, эвакуированные из зоны бедствия, лишились не только своих домов и нормальных условий жизни, но также и привычного окружения, своей «малой родины»; многие из них потеряли работу. Особенно сильно пострадали пожилые люди и люди с ограниченными физическими возможностями.

Кроме того, землетрясение 11 марта 2011 г. оказало очень сильное психологическое воздействие на многих людей даже в районах, непосредственно не затронутых этой катастрофой. Для многих оно стало отправной точкой переоценки жизненных ценностей и изменения своего отношения к жизни в целом. Очень многие жители Японии отмечали в проводившихся после землетрясения опросах, что самым важным для них стало чувство взаимопомощи и социальной солидарности. Неожиданным результатом явилось то, что это чувство испытали в том числе и молодые люди, в обычных условиях проявлявшие себя индивидуалистами и державшиеся отстраненно от общества. После катастрофы многие из них стали волонтерами, добровольно отправившимися на помощь в пострадавшие районы. Существенно возросло значение семейных ценностей. По опросу японской телекомпании NHK, 63% респондентов признали, что отношения, связывающие их с другими людьми, после землетрясения укрепились. Не случайно, символом 2011 года в Японии стал иероглиф «кидзуна», обозначающий связь между людьми, сплоченность.

Несмотря на тяжелую ситуацию и значительные потери, японское общество в очередной раз подтвердило свою устойчивость к опасным природным воздействиям, которая помогла ему достаточно быстро оправиться от постигшего его бедствия и встать на путь восстановления пострадавших районов и экономики. Активно разрабатываются различные проекты, направленные на то, чтобы предотвратить новые катастрофы, повысить подготовленность населения к ним. Представляется, что изучение японского опыта управления природными рисками может оказаться

полезным и для нашей страны. Одним из важных уроков бедствия 11 марта 2011 г. должен стать вывод о недопустимости размещения особо опасных промышленных объектов в зонах повышенного природного риска. Необходимо также по возможности выводить из таких зон жилые и социальные объекты, создавать надежные убежища для людей, обеспеченные автономными источниками энергии, запасами воды и продовольствия. И конечно, чрезвычайно большое значение имеет обучение населения тому, как нужно действовать в экстремальных ситуациях, чтобы катастрофа, подобная бедствию 11 марта 2011 года больше никогда не повторилась.

### **НОВЫЙ СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ВЕРОЯТНОСТИ МАКСИМАЛЬНЫХ ВЕЛИЧИН ВОЗДЕЙСТВИЙ И УЩЕРБОВ**

*Родкин М.В., Писаренко В.Ф.*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт теории прогноза землетрясений и математической  
геофизики РАН, Москва, тел. +7 (495) 333-3401,  
факс +7 (495) 333-1255, e-mail: rodkin@mitp.ru*

### **NEW STATISTICAL APPROACH TO ESTIMATION OF PROBABILITY OF OCCURRENCE OF EXTREME AFFECTS AND LOSS VALUES**

*We examine the distributions of the earthquake size and peak ground acceleration values in the uppermost range of extremely rare events using a new method for statistical estimation of the tail distribution. Two main theorems in the theory of extreme values (the Generalized Pareto Distribution and the Generalized Extreme Value distribution) and the derived duality between them are used to estimate the maximum expected affects in the arbitrary future time interval  $T$ . A few examples of the application of such approach are presented. The used methods are very general and are applicable, not only to the assessment of earthquake hazard, but also to all those cases where the recurrence of rare large events is to be estimated.*

Известной проблемой оценки величин разного рода рисков (включая сейсмический риск) является оценка вероятности экстремально редких событий, а именно оценка величины квантилей, не обеспечиваемых реально наблюдаемой совокупностью данных. Значения таких квантилей могут быть оценены только исходя из тех или иных дополнительных физических или формальных соображений.

При оценке величин сейсмического риска ранее часто исходили из предположения о выполнимости закона распределения землетрясений Гутенберга-Рихтера (далее Г-Р) вне области наблюдаемых значений магнитуд землетрясений. На основании распределения величин магнитуд землетрясений рассчитываются уже другие характеристики, такие как максимальные значения ускорения или балльность. Однако предположение о выполнимости закона Г-Р в области редких экстремально сильных событий не представляется достаточно обоснованным. Более того, оно приводит к неправдоподобным заключениям, что для типичных значений наклона графика повторяемости землетрясений реализуется случай бесконечных средних значений выделенной сейсмической энергии и сейсмического момента. В дальнейшем было показано, что характер распределения редких сильнейших землетрясений отличается от закона Г-Р, справедливого для событий меньшей силы. Для параметризации особого характера распределения сильнейших землетрясений были предложены ряд моделей, обеспечивающих конечные значения средней величины выделенной сейсмической энергии и момента. Ни один из этих вариантов не является, однако вполне обоснованным или существенно более предпочтительным. Подробно эти вопросы изложены в монографиях [1,2].

Для решения поставленной задачи мы используем два варианта предельных распределений, используемых в теории экстремальных значений. Первый подход основан на Обобщенном распределении экстремальных значений (Generalized Extreme Value distribution, GEV); в рамках этого подхода рассматривается распределение максимальных значений, получаемых за разные промежутки времени длительностью  $T$ . Показано, что GEV распределения является предельным распределением при достаточно больших значениях  $T$ , обеспечивающих при этом достаточно большое

число таких последовательно получаемых максимумов. Другой подход основан на использовании Обобщенного распределения Парето (Generalized Pareto Distribution, GPD), выполняющегося для значений, превышающих данный, достаточно высокий, порог  $h$ .

В обоих случаях предполагается достаточно высокий порог (большая длительность интервала времени  $T$  или высокий порог  $h$ ), обеспечивающий анализ только больших значений, и достаточно большое число таких независимых больших значений, что обеспечивает статистическую достоверность. Распределение GEV зависит от трех параметров, GPD распределение определяется двумя параметрами (и величиной порога  $h$ ). Общим требованием выполнимости предельных GEV и GPD распределений является наличие некоего общего непрерывного закона распределения в области экстремально больших значений.

Следуя [1, 2], мы используем предельные распределения GEV и GPD и дуализм этих распределений, позволивший получить формулы пересчета между параметрами GEV и GPD распределений для разных интервалов времени  $T$  и порогов  $h$ .

Естественно, мы не можем гарантировать существование некоего неизвестного непрерывного истинного закона распределения в области больших и экстремальных значений. В частности, с таким предположением не вполне согласуется популярная некоторое время назад модель характеристических землетрясений. Предположение о выполнимости условий выполнения GEV и GPD предельных распределений (и соответствующих теорем теории вероятности) является «ценой» применения общего теоретического подхода основанного на использовании предельных GEV и GPD распределений.

Мы применили описанный подход к анализу Мирового Гарвардского каталога сейсмических моментов землетрясений и ряда региональных каталогов землетрясений и для расчета величин пиковых ускорений и балльности. Если анализируемое исходное распределение конечно, то его максимально возможное значение (например, магнитуда)  $M_{max}$  оценивается по формуле

$$M_{max} = h - s/\xi, \quad \xi < 0. \quad (1)$$

где  $h$  – порог отсека;  $s$  – параметр масштаба;  $\xi$  – параметр формы соответствующего GPD распределения. Аналогичная формула

выполняется для GEV распределения, но полученные нами формулы перехода между GEV и GPD распределениями позволяют проводить пересчет параметров GEV распределения в выражение (1), что позволяет без потери информации рассматривать параметры соотношения (1) для некоего выбранного значения  $h$ .

Как указывалось выше, для конечного распределения получаем значение  $\xi < 0$ , и максимально возможное значение определяется из соотношения (1). Однако для бесконечного исходного распределения ситуация иная. В частности, если в области экстремальных значений оно убывает экспоненциальным образом, то  $\xi = 0$ . В этом случае, что ожидаемо и следует из (1), имеем бесконечно большое максимально возможное значение.

Для реальных сейсмических каталогов при анализе возможных значений магнитуды значения  $\xi$  оказываются ненулевыми и отрицательными, что указывает на конечность распределения и соответственно конечность максимально возможных величин сейсмических воздействий. Однако значения  $\xi$  по абсолютной величине обычно малы ( $\xi \approx -0.2$ ), и получаемые значения максимально возможной магнитуды  $M_{max}$  оказываются статистически неустойчивыми. Такой характер поведения величин  $M_{max}$  является математическим выражением хорошо известной ненадежности карт сейсмического районирования. Действительно, все такие карты приходилось ранее периодически (раз в 15-20 лет) перестраивать, так как регулярно происходили сильные землетрясения в областях, ранее полагавшихся практически асейсмичными. При этом именно такие – наиболее неожиданные – землетрясения часто и оказывались наиболее разрушительными. Таким, в частности, было самое разрушительное в РФ Нефтегорское землетрясение 1995 года на Сахалине.

Применение нашей методики к региональным каталогам землетрясений показало ее высокую эффективность. Так, например, применение ее к региональному каталогу землетрясений Японского Метеорологического агентства JMA по данным за 1923-2007 гг. показало возможность возникновения в Японии землетрясений магнитудой  $M=9$  и более [3]. Исходя из данных исторического каталога Японии [4] и отсутствия в Японии длинных (более 1000 км) прямолинейных участков зон субдукции, возмож-

ность реализации в Японии столь сильных  $M \approx 9$  землетрясений ранее обычно отрицалась. Защитные сооружения АЭС Фукусима были, в частности, рассчитаны на более слабое землетрясение. Реализация 11 марта 2011 землетрясения Тохоку с  $M=9$  подтвердила наши расчеты. Защитные сооружения АЭС Фукусима оказались недостаточными, что и привело к сильнейшей в Японии техногенной катастрофе.

С целью избежать неробастности оценок величин  $M_{max}$  вызванных делением в формуле (1) на близкое к нулю значение параметра  $\xi$ , мы предлагаем использовать при расчетах сейсмической опасности вместо величин  $M_{max}$  квантили этой величины  $M_{max}(T)$  для данного конечного интервала времени  $T$ . В отличие от значения  $M_{max}$  для бесконечного интервала времени квантили для конечного  $T$  определяются с существенно меньшей (в разы) погрешностью.

Кроме значений  $M_{max}(T)$  аналогичным образом рассчитывались величины ожидаемой балльности и пиковые значения ускорения грунта в выбранных пунктах по соотношениям из [5, 6].

Отметим в заключении, что описанный общий теоретический подход применим во всех случаях, когда нужно оценить вероятность реализации экстремально редких и сильных событий и есть основания предполагать общий закон распределения в области больших значений исследуемых параметров.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Писаренко В.Ф., Родкин М.В. Распределения с тяжелыми хвостами: приложения к анализу катастроф // Вычислительная сейсмология. Вып. 38. – М.: ГЕОС, 2007. – 240 с.
2. Pisarenko V., Rodkin M. Heavy-Tailed Distributions in Disaster Analysis. *Advances in Natural and Technological Hazards Research*, Volume 30, Springer, Dordrecht-Heidelberg-London-New York, 2010, DOI: 10.1007/978-90-481-9171-0.
3. Pisarenko V. F., Sornette D., Rodkin M.V. Distribution of maximum earthquake magnitudes in future time intervals: application to the seismicity of Japan (1923–2007). *Earth Planets Space*, 62, 567–578, 2010.
4. Usami T., 2002, Table of historical damaging earthquakes in Japan. *International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology, Part A*,

CD №1, Eds.: W.H.K.Lee, H.Kanamori, P.C.Jennings and C. Kisslenger, (IASPEI, Academic Press).

5. Joyner, W., Boore, D., 1988, Measurement, characterization and prediction of strong ground motions. In Von Thun, J.L.(ed.), Recent Advances in Ground-Motion Evaluation. Park City, Utah, ASCE Geotechnical Special Publication No.20, pp.43-102.

6. Aptikaev F.F., 2009, Pregled empiriskih ocena silnog pomeranja za analizu sezmickog hazarda. Selected Topics in Earthquake Engineering—from Earthquake Source to Seismic design and Hazard Mitigation. Institute for Construction Banja Luka-ZIBL, pp. 27-54.

### **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И УСЛОВИЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК**

*Салямova К.Д. \*, Гасанова Н.Ю. \*\**

*Институт механики и сейсмостойкости сооружений АН РУз,*

*\* Ташкент, Узбекистан, тел. (+99871)-262-24-22,*

*факс (+99871)-262-71-52, e-mail: klara\_51.mail.ru;*

*Ташкентский государственный технический университет,*

*\*\*Ташкент, Узбекистан, тел. (+99897)-341-70-48,*

*факс (+99871)-227-19-31, e-mail: kaplan\_77.mail.ru*

### **ESTIMATION OF THE STATE AND SAFETY CONDITIONS FOR HYDRAULIC ENERGY STATION CONSTRUCTIONS AT INFLUENCE OF THE SEISMIC LOADS**

*Statement of the problem and methods of the decision of the estimation of the condition of hydraulic energy station constructions is brought in report on example of the Charvak hydraulic energy station's dam under seismic influence. The problem is solved by numerical method of the final differences. The Certain regularities of the deformation and tension depending on length of the seismic influence in different point of the construction are defined.*

Анализ накопленного опыта изучения разрушений и повреждений грунтовых плотин показывает, что наступление большин-

ства видов предельных состояний определяется особенностями напряженно-деформированного состояния (НДС) сооружений. Расчетные оценки НДС эффективно используются на стадии проектирования для сопоставления и выбора вариантов конструкции, а также на стадиях строительства и эксплуатации при анализе контролируемых параметров состояния сооружений, оценке надежности и определения необходимости проведения мероприятий по повышению безопасности плотин [1].

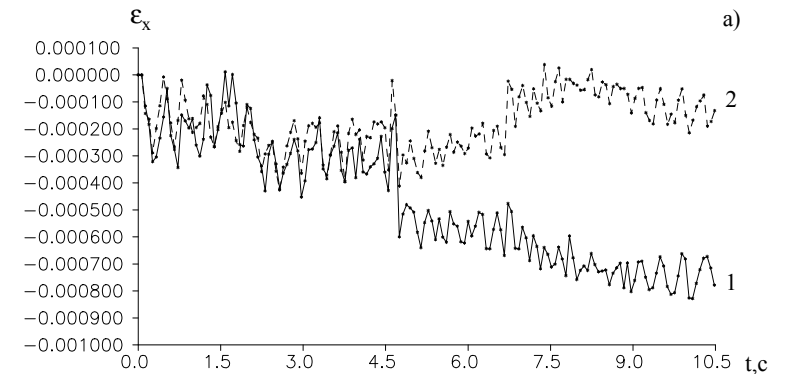
Использование сложных и трудоемких универсальных методов, учитывающих многочисленные особенности конструкций, воздействий и деталей механического поведения грунтов тела плотины и пород оснований, часто оказывается неэффективным. Детальность описания состояния сооружения при помощи расчетной модели не должна противоречить возможностям определения необходимых свойств грунта (параметров модели) с учетом большого разнообразия карьерного грунта и технологических особенностей работ по отсыпке и уплотнению тела плотины. Это особенно важно при оценке безопасности эксплуатируемого сооружения – в этом случае идентификация параметров сложных расчетных моделей оказывается чрезмерно сложной и практически нереализуемой. Применяемая расчетная модель должна отражать основные особенности грунта, рассматриваемого как сплошная упругопластическая, в общем случае водонасыщенная среда, и обеспечивать получение несмещенных оценок показателей состояния плотины.

Грунтовые плотины, строящиеся, эксплуатирующиеся и проектирующиеся в сейсмоактивных зонах, подвергаются действию высоких статических и динамических напряжений. Учет реальных свойств грунта при определении напряженно-деформированного состояния грунтовой плотины связан с исследованием нелинейных свойств грунтов, слагающих тело сооружения, и созданием численных алгоритмов расчета, что открывает новый подход к его прогнозу и позволяет проектировать его более экономично и, самое главное, надежно.

На основе численного метода (метод конечных разностей) по двумерной схеме, предложенной М. Уилкинсом, предложены методика и решение динамических задач применительно к наземным грунтовым гидротехническим сооружениям типа плотин, дамб, водохранилищ при действии динамической нагрузки со

стороны грунтового основания с учетом нелинейных свойств грунта. Рассматривается нестационарная задача исследования динамического поведения и напряженно-деформированного состояния грунтовой плотины, стоящей на жестком основании и представляющей собой протяженное сооружение с трапецидальным русловым сечением, при динамических воздействиях с учетом нелинейных свойств грунта (упругопластичность, структурное разрушение). Постановка задачи включает в себя замкнутую систему дифференциальных уравнений движения. Уравнение состояния грунта принимается нелинейным в зависимости от используемой модели грунта. При учете упругопластических свойств грунта принимается модель, предложенная С.С. Григоряном [2], с использованием обобщенных условий текучести Мизеса-Шлейхера. Связь тензора скоростей деформаций с массовыми скоростями частиц грунта осуществляется соотношениями Коши. Так как в уравнениях динамики грунта используются эйлеровы переменные, то для замкнутости систем уравнений добавляются уравнения неразрывности. Эти уравнения замыкаются граничными условиями (на поверхностях откоса) и нулевыми начальными условиями. По основанию грунтового сооружения прикладывается динамическое (сейсмическое) воздействие. Задачи решены на примерах ряда грунтовых плотин (Чарвакской, Ходжикентской), расположенных недалеко от города Ташкента. Конструктивные особенности сооружений, а также физико-механические характеристики грунтов были предоставлены ОАО «Гидропроект» [3]. В качестве примера расчета выбрана грунтовая плотина Чарвакской ГЭС: высота руслового сечения 168 м, ширина гребня 12 м, крутизна верхового откоса 1:2, низового 1:1.9, ширина центрального ядра 110 м у основания и 12 м при высоте 164 м. Физико-механические характеристики материала грунта плотины модули упругости и коэффициенты Пуассона:  $E_{пл}=6,21$  ГПа,  $\nu_{пл}=0,3$  и ядер  $E_{яд}=3,105$  ГПа,  $\nu_{яд}=0,3$ ; прочностные показатели откосов:  $Y_0=1$  МПа,  $\mu=0,4$ ,  $Y_{PL}=20Y_0$  и ядра плотины:  $Y_0=0,6$  МПа,  $\mu=0,4$ ,  $Y_{PL}=20Y_0$ . На границе ядра и откосов плотины приняты условия полного прилипания (равенство смещений и скоростей частиц контакта).

При этих же физико-механических характеристиках грунтов плотины решена задача о влиянии направленности сейсмического воздействия на динамическое поведение и НДС плотины.



**Рис. 1. Изменение горизонтальных деформаций в пригребневой зоне плотины во времени**

Плотность каменной пригрузки и ядра верхового откоса выше кривой депрессии  $\rho_{сух}^к=1950$  кг/м<sup>3</sup> и  $\rho_{сух}^я=1710$  кг/м<sup>3</sup>, а ниже для зон в водонасыщенном состоянии:  $\rho_{нас}^к=2330$  кг/м<sup>3</sup> и  $\rho_{нас}^я=2110$  кг/м<sup>3</sup>.

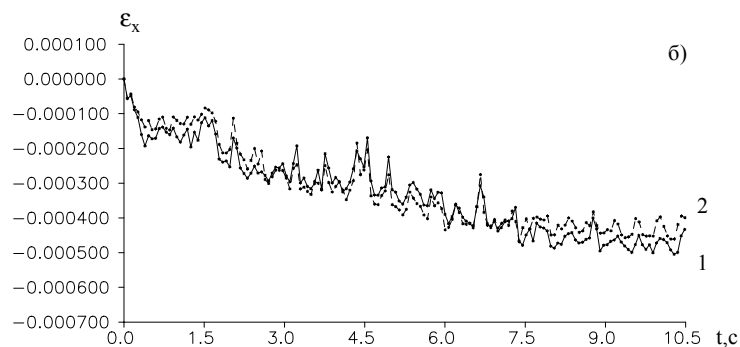
В расчетах в качестве сейсмического воздействия использовалась характеристика реальной велосиграны землетрясения интенсивностью 7 баллов. Численным методом исследовано нестационарное поведение частиц плотины. Получены зоны образования: остаточных смещений, разуплотнения и доуплотнения грунта, концентрации сжимающих, растягивающих (нежелательных для грунта) напряжений, т.е. эффекты, приводящие к оползнию и отрыву грунта, наблюдаемые при сильных землетрясениях.

На рис. 1 показано изменение горизонтальных деформаций по времени в пригребневой зоне с учетом кривой депрессии.

С начального момента времени действия нагрузки до 4,5 с водонасыщенность практически не отражается на горизонтальных деформациях, а затем в течение времени она приводит к увеличению уплотняющих деформаций.

Изменение горизонтальных деформаций во времени в откосной зоне плотины показано на рис. 2. Здесь же в отличие от

прибрежной зоны водонасыщенность грунта не сказывается на величине остаточных деформаций.



**Рис. 2. Изменение горизонтальных деформаций в откосной зоне плотины во времени**

Анализ результатов показал, что учет нелинейных свойств грунта, волнового характера сейсмического воздействия показывает на несинхронность динамического поведения – колебаний и НДС плотины, а также приводит к уточнению по значениям и местоположению неблагоприятных эффектов для грунта, и тем самым, на необходимость их учета.

Следовательно, сейсмическое воздействие на плотину, направленное горизонтально, является наиболее опасным для формирования зон разуплотнения и трещинообразования грунта в плотине.

Анализ результатов показал, что учет нелинейных свойств грунта, волнового характера сейсмического воздействия показывает на несинхронность динамического поведения – колебаний и НДС плотины, а также приводит к уточнению по значениям и местоположению неблагоприятных эффектов для грунта, и тем самым, на необходимость их учета.

Рассмотренные факторы указывают на необходимость учета водонасыщенности при проектировании и эксплуатации грунтовых плотин в сейсмоактивных регионах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Иващенко И.Н.* Инженерная оценка надежности грунтовых плотин. – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 140 с.
2. *Григорян С.С.* Некоторые вопросы математической теории деформирования и разрушения твердых горных пород // ПММ. – 1967. – Т. 31. – № 4. – С. 643-669.
3. *Иващенко И.Н., Нуртаев Б.* Моделирование записей землетрясений для расчета надежности плотин // Сб. научных трудов Гидропроекта. Вып. 150. – М., 1988. – С. 41-47.

## ФАКТОРЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА НА ТЕРРИТОРИИ ИМЕРЕТИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

*Телков Ф.С., Наумов М.С., Исаков В.А.*

*ОАО «Проекттрансстрой», 129329, Россия, Москва, ул. Кольская, д. 2, корп. 6, тел. 796-97-12, факс 796-97-47, e-mail: pts@ptst.ru*

## FACTORS OF ENGINEERING AND GEOLOGICAL RISK IN THE TERRITORY OF THE IMERETY LOWLAND

*Engineering and geological division into districts of the territory of the Imerety lowland is given in article, factors of engineering and geological risk are shined.*

В 2010-2011 гг. по заданию ГК «Олимпстрой» ОАО «Проекттрансстрой» выполняло проектно-изыскательские работы для создания системы инженерной защиты территории Имеретинской низменности. В результате выполненных работ были подтверждены и при этом уточнены и детализированы основные черты геолого-геоморфологического и инженерно-геологического строения, выявленные предыдущими изысканиями.

Основными факторами, определяющими сложность инженерно-геологических условий Имеретинской низменности являются: повсеместно высокий уровень грунтовых вод; широкое распространение заболоченных земель; наличие значительной по площади распространения и мощности толщи глинистых грунтов пла-

стичных и текучих консистенций, с высоким содержанием органического вещества, выходящих непосредственно на поверхность, или залегающих на небольших глубинах (лагунная толща нимфейского возраста); высокая сейсмическая активность.

Территория Имеретинской низменности характеризуется широким распространением различных опасных инженерно-геологических процессов. Наибольшее развитие имеют подтопление и затопление в результате ливневых осадков, заболачивание, абразионно-аккумулятивные процессы за счет сгонно-нагонных и волнового воздействий в береговой зоне морского побережья.

К основным факторам, определяющим формирование и развитие процессов подтопления и затопления, относится: плоский рельеф с западинами и затрудненным стоком поверхностных и грунтовых вод; большое количество атмосферных осадков, а также ливневые паводки рек Мзымта и Псоу. Эти же факторы являются, как следствие, причинами заболачивания по западинам рельефа.

Формирование просадок насыпных грунтов по автодорогам и планировочным насыпям отмечается в районе строящегося Медицентра и других местах, на участках распространения с поверхности специфических грунтов (илов, торфа) и иловатых глин, намокающих при повышении уровня грунтовых вод.

Паводковые затопления происходят в пойменных частях долин рек Мзымта и Псоу и крупных балок. Паводки, иногда катастрофические, наблюдаются чаще всего в летний период и вызываются ливневыми осадками большой интенсивности. Затопляемая площадь достигает от 10 до 100%.

Абразионно-аккумулятивные процессы и нагонные явления – служат одной из главных опасностей в береговой зоне морского побережья для проектируемых объектов. Затопление территории происходит в прибрежной зоне в результате подъема воды в море при нагонных явлениях (0,56 м при 1% обеспеченности).

Сейсмичность территории, согласно СНиП II-7-81\*, составляет 9 баллов по карте ОСР-97 В. В соответствии с произведенным ЗАО “НИПИ “ИнжГео”, в 2007 г. сейсмическим микрорайонированием установлено, что сейсмичность территории изменяется от

8 до 9 баллов и более, в зависимости от инженерно-геологических и сейсмических свойств грунтов оснований в 10-метровой толще.

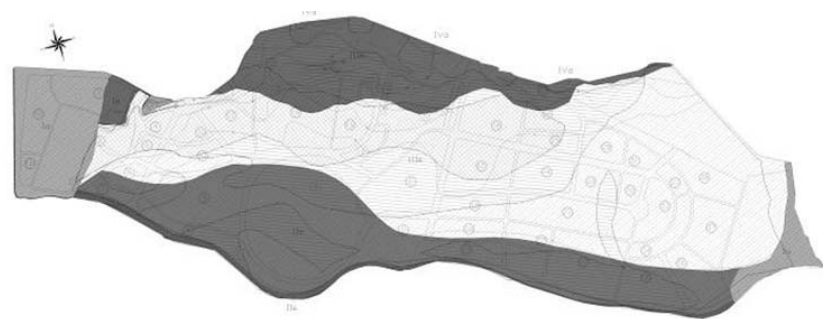
Специфические “слабые” грунты – иловатые глины, органоминеральные и органические грунты (илы, торф) и другие грунты, относимые к грунтам III категории по сейсмическим свойствам (т.1 СНиП II-7-81\*) достигают по площади по отношению к площади Имеретинской низменности 15%, а по отношению к территории, планируемой застройке олимпийскими объектами это отношение увеличивается. По результатам исследований ООО «Мостдоргеотрест» данные грунты подвержены разжижению грунтов при сейсмическом воздействии.

Инженерно-геологические процессы в результате роста техногенных нагрузок активизируются в процессе строительства Олимпийских объектов. В результате интенсивной разработки грунтовых материалов р. Мзымта произошло сокращение береговой зоны. Это привело к интенсивному размыву пляжей в устье р. Мзымта и прилежащих участков берега. В начале 90-х годов прошлого века на участке Адлерских очистных сооружений ширина пляжа составила 15 – 21 м. В 2003 – 2004 годах берегоукрепительная дамба была полностью разрушена, крупноглыбовый материал ядра был перемещен в подводную зону.

Специалистами ОАО «Проекттрансстрой» была детализирована ранее созданная ОАО «Росстройизыскания» карта инженерно-геологического районирования и сейсмического микрорайонирования (рисунок).

По карте инженерно-геологического районирования и сейсмического микрорайонирования выделяется 4 района с различными инженерно-геологическими условиями.

*I – Район распространения аллювиально-морских отложений приустьевых участков долин рек Мзымта и Псоу* расположен в западной и восточной частях территории Имеретинской низменности, занимает около 9 % всей площади. Сейсмичность в пределах этого района (согласно ОСР 97 В) достигает 8-8,5 баллов. Район подразделяется на 2 подрайона: Ia – подрайон голоценовых поймы и голоценовых террас, Ib – Подрайон плейстоценовых террас (II терраса).



**Условные обозначения**



**Рисунок. Карта инженерно-геологического районирования и сейсмического микрорайонирования**

Иа. В геолого-литологическом строении участвуют валунно-галечниковые и гравийно-песчаные отложения; специфические грунты представлены в разрезе террас в виде прослоев и линз торфа и ила; уровень грунтовых вод связан с уровнем воды в реках. Из опасных инженерно-геологических процессов выделяются паводки, иногда катастрофические, и связанные с ними подтопление территорий и деформации береговых зданий и сооружений. Для локализации процессов проводится проектирование и строительство берегоукрепительных сооружений, однако опыт показывает, что принимаемых мер недостаточно.

Иб. В геолого-литологическом строении участвуют валунно-галечниковые и гравийно-песчаные отложения; специфические

грунты не встречены. Проявлений опасных инженерно-геологических процессов в пределах подрайона не отмечено. Объектов олимпийского комплекса не проектируется.

II – Район распространения морских отложений расположен в южной части территории Имеретинской низменности, занимает около 25 % всей площади. Сейсмичность в пределах этого района достигает 8-9 баллов. Максимальные уровни грунтовых вод и верховодки от 0,4 до 1,4 м в дождливый период и 0,7 – 3,5 – в сухой. Район подразделяется на 2 подрайона: Па – подрайон распространения морских отложений новочерноморской террасы, Пб – подрайон распространения отложений современного пляжа.

Па. В геолого-литологическом строении участвуют гравийно-галечные отложения с песчаным заполнителем, песками различной крупности местами с прослоями глин. Мощность – 26-30 м. Ниже верхнеплейстоценовые пески различной крупности; специфические грунты представлены отдельными линзами и прослоями илов, иловатых глин в разрезе новочерноморских отложений. Из опасных инженерно-геологических процессов выделяются подтопление и затопление территорий в дождливый период. Для локализации процессов были устроены мелиоративные и дренажные сети, которые в настоящее время практически уничтожены. Для обеспечения безопасности проектируется новая система дренажей с общим расходом около 12000 м<sup>3</sup>/сут.

Пб – подрайон распространения отложений современного пляжа. В геолого-литологическом строении участвуют валунно-галечные отложения мощностью до 5 м, ниже – гравийно-галечные отложения с песчаным заполнителем, пески различной крупности, местами с прослоями глин; специфические грунты не встречены. Из опасных инженерно-геологических процессов выделяются подтопление и затопление территорий во время штормов, абразия и отступление пляжа, связанные с ними деформации береговых и берегоукрепительных сооружений. Существующие берегоукрепительные сооружения не решают полностью проблем берегоукрепления, поэтому проектируется новая система берегоукрепления пляжей.

*III – Район распространения лагунных отложений* расположен в центральной части территории Имеретинской низменности, занимает около 65 % всей площади. Сейсмичность в пределах этого района достигает 8 – 9 и больше (из них 9 и больше баллов – 15% площади Имеретинской низменности). Максимальные уровни грунтовых вод и верховодки от 0,4 до 1,4 м в дождливый период и 0,7 – 3,5 м – в сухой. Район подразделяется на 2 подрайона: Ша – подрайон распространения лагунных отложений, перекрытых делювиально-пролювиальными отложениями, ШБ – подрайон распространения лагунных отложений, залегающих с поверхности.

Ша – подрайон распространения лагунных отложений, перекрытых делювиально-пролювиальными отложениями. В геолого-литологическом строении выделяются глины, часто иловатые, суглинки, супеси и специфические грунты, залегающие под слоем гравийно-галечных и песчаных отложений. Мощность лагунных отложений изменяется от 2 – 5 до 20 – 30 м. Специфические грунты представлены “слабыми грунтами”: органо-минеральные (илы), органические (торф), заторфованные (иловатые) глины, переувлажненные супеси, пески, содержащие пылеватую фракцию. Из опасных инженерно-геологических процессов выделяются: подтопление и затопление в дождливый период, заболачивание, переход грунтов в период максимальных уровней грунтовых вод в III категорию по т.1 СНиП II-7-81\*; подверженность “слабых грунтов” потере несущей способности, разжижению (тиксотропии) при динамических (сейсмических) воздействиях. В связи с тем, что “слабые грунты” подвержены потере несущей способности при динамических нагрузках, возможны: осадки, местами неравномерные, планировочных отсыпок и автодорог; выдавливание “слабых грунтов” из-под насыпных грунтов; площади с сейсмичностью “9 баллов и более” могут увеличиваться. Для обеспечения безопасности проектируется комплекс мероприятий по стабилизации и консолидации грунтов оснований с дифференцированным учетом глубины залегания и простираения специфических слабых грунтовых толщ, а также новая система дренажей с общим расходом около 5500 м<sup>3</sup>/сут.

ШБ – Подрайон распространения лагунных отложений, залегающих с поверхности. Лагунные отложения залегают с поверхности до глубины 8 – 10 м и подстилаются гравийно-галечными от-

ложениями с песчаным заполнителем. Инженерно-геологические условия схожи с подрайоном Ша. Для обеспечения безопасности проектируется комплекс мероприятий по стабилизации и консолидации грунтов оснований с дифференцированным учетом глубины залегания и простираения специфических слабых грунтовых толщ, а также новая система дренажей с общим расходом около 2000 м<sup>3</sup>/сут.

*IV – Район распространения коренных неогеновых отложений* расположен в южной части территории Имеретинской низменности, занимает около 1 % всей площади. Сейсмичность в пределах этого района достигает 7-8 до 9 баллов. В пределах района выделяется подрайон распространения коренных неогеновых отложений, перекрытых пролювиально-делювиальными отложениями (IV а). В геологическом строении принимают участие глины и суглинки от твердых до туго- и мягкопластичных со щебнем и галькой из неогеновых конгломератов с прослоями торфов. Подземные воды представлены в виде сезонной верховодки. Из опасных инженерно-геологических процессов выделяются: делювиальный смыв и эрозия. Объектов олимпийского комплекса не проектируется. Для локализации процессов проектируется укрепление склонов.

Проведенное инженерно-геологическое районирование позволяет более точно оценить инженерно-геологические опасности, учет которых при проектировании позволит свести к минимуму возможные природные и техногенные риски.

## **АНАЛИЗ ПРИЧИН АВАРИЙ СООРУЖЕНИЙ И УЩЕРБОВ В КАРСТОВЫХ РАЙОНАХ**

*Толмачёв В.В., Давыдько Р.Б.,  
Уткин М.М., Махнатов С.А.*

*ОАО «Противокарстовая и береговая защита»,  
Дзержинск, Россия, тел./факс (8313)259801,  
e-mail: altolm@sinn.ru*

## ANALYSIS OF ACCIDENTS AND DAMAGE TO BUILDINGS IN KARST REGIONS

*The article presents the information on typical emergency situation in karst regions worldwide. The analysis shows that in order to assess probable damage to buildings it is recommended to turn to expert judgement based upon previous experience of dealing with karst collapses.*

Анализ аварийных ситуаций при застройке закарстованных территорий проводился в ОАО «Противокарстовая и береговая защита» при участии Института геоэкологии РАН (аварии в Москве). Работа выполнялась по заданию Национального объединения изыскателей. В общей сложности было проанализировано около 130 характерных аварий строительных объектов вследствие различных проявлений карста на территории бывшего Советского Союза, а также Бельгии, Германии, Канады, США, Франции, ЮАР. При анализе учитывались: вид сооружений, характер возникшего ущерба, вид карстопоявлений, типы карста, недопустимые техногенные воздействия на геологическую среду, ошибки в инженерно-строительной или управленческой деятельности. В настоящей работе основное внимание обращается на влияние отдельных видов карстопоявлений на характер аварий и связанные с ним ущербы.

В Российской Федерации наибольшее число аварий строительных объектов на закарстованных территориях зафиксировано в Нижегородской и Тульской областях, Пермском крае, республиках Башкортостан и Марий Эл.

Из поверхностных карстопоявлений, в результате которых чаще всего происходят аварии со значительными ущербами, являются **провалы**. Нередко эти аварии (именно из-за внезапности образования провалов) носят катастрофический характер. Это относится, прежде всего, к сооружениям с отдельно стоящими фундаментами (такие случаи ниже помечены значком \*). В качестве примеров такого рода аварий в **России** можно назвать случаи, происшедшие в следующих городах:

– Арзамас – провал диаметром  $d = 3$  м, крушение грузового поезда (2004), разрушение цистерн с опасными химическими веществами;

– Березники – крупные провалы  $d = 50 - 100$  м вследствие активизации техногенного соляного карста, недопустимые повреждения зданий и сооружений, в том числе магистральных железнодорожных путей (1987, 2007, 2010, 2011) [3].

– Дзержинск – разрушение жилого дома (1959,  $d = 25$  м), крушение грузового поезда (1960,  $d = 7$  м), разрушение промышленного здания (1992\*,  $d = 32$  м) [8, 9];

– Казань – провал диаметром 5 м, разрушение здания театра (1977);

– Нижний Новгород – провал  $d = 12$  м, разрушение двухэтажного жилого дома (1973);

– Тула – провал  $d = 8$  м, недопустимое повреждение десятиэтажного промышленного здания, которое в срочном порядке демонтировано (2005\*) [5];

– Уфа – провалы  $d = 3$  и 7 м, частичное разрушение здания больницы, здание демонтировано (1965) [1];

– Село Фалдино Тульской области, провал  $d = 50$  м вблизи пионерского лагеря (1981). Перенос лагеря на новое место [2].

Во всех названных случаях лишь случайно удалось избежать человеческих жертв. Кроме того, были также нарушения геологической среды (Березники, Арзамас), а экономический ущерб достигал в ряде случаев нескольких сотен миллионов и даже нескольких миллиардов рублей.

Характерной аварийной ситуацией, хорошо известной среди специалистов проектно-изыскательских организаций, можно назвать ситуацию, которая была вызвана образованием карстовых провалов на участке строительства основных сооружений Ровенской АЭС и в городе атомщиков Кузнецовске (**Украина**) (1982). Основной причиной этого являлся недоучёт при инженерно-геологических изысканиях значительных техногенных воздействий на геологическую среду. Риск аварий с тяжёлыми последствиями был снижен лишь в результате беспрецедентных многомиллиардных затрат. Такова была цена ошибок, допущенных при проектно-изыскательских работах.

Из аварий сооружений в других странах вследствие карстовых провалов, можно назвать следующие:

– ЮАР. Йоганнесбург (1962). Полное разрушение промышленного здания вследствие образования провала  $d = 50$  м, гибель 29 человек [4].

– Йоганнесбург (1964). Обрушение жилого дома в результате провала  $d = 60$  м; гибель 5 человек [4].

– Франция. Париж (1970\*). Обрушение здания вследствие образования провала  $d = 10$  м. Большое число пострадавших [10].

– США. Шт. Канзас (1979). Разрушение нескольких зданий на железнодорожной станции провалом  $d = 72$  м [10].

– Шт. Флорида, Уинтер Парк (1981). Разрушение нескольких одноэтажных зданий и плавательного бассейна в результате провала  $d = 100$  м. Экономический ущерб составил более 3 млн. долларов [8].

Достаточно близкими к карстовым провалам по характеру воздействия на сооружения являются локальные карстовые оседания. Однако, если провалы в основании сооружений образуются практически мгновенно, то локальные оседания формируются в основании сооружений и на земной поверхности в течение более длительного времени. Это позволяет применить своевременные меры по обеспечению безопасности людей. Примерами аварий сооружений, вызванных локальными оседаниями, являются:

– Уфа (1968 – 1987), длительные деформации здания школы, в результате которых здание было демонтировано [1];

– Москва (1977), постепенные деформации жилого дома в течение нескольких месяцев, здание было демонтировано [2];

– Нижний Новгород (1993), постепенное образование кренов колонн здания склада хлора на городской водопроводной станции. В срочном порядке удалось откачать хлор, тем самым предотвратить экологическое бедствие. Здание разобрано.

– Железнодорожная линия Москва – Нижний Новгород (1995), постепенные деформации железнодорожного пути, длительное ограничение скорости движения поездов.

Эти примеры показывают, что локальные оседания могут приводить к значительному экономическому ущербу, но позволяют минимизировать социальный и экологический ущербы.

Недопустимые деформации сооружений почти всегда происходят в случае, если сооружения располагаются непосредственно над старыми поверхностными карстовыми формами (воронками, мульдами оседаний и др.) или вблизи них. Именно здесь при техногенных воздействиях от сооружений почти всегда происходят неравномерные осадки, просадки или повторные провалы. Характерными примерами являются следующие аварийные ситуации:

– Уфа (1970 – 1979), прогрессирующие деформации многоэтажного здания, развивавшиеся в течение десяти лет. В итоге здание было разобрано [6].

– Дзержинск (1992), катастрофическое обрушение промышленного здания вследствие образования провала между старыми карстовыми воронками [7];

– Кунгур (1996), недопустимые деформации жилого дома вследствие регулярных просадок в зоне старой карстовой воронки.

Для сооружений с фундаментами глубокого заложения весьма опасными являются карстовые полости, даже небольших размеров, которые расположены в зоне влияния этих фундаментов. К таким сооружениям относятся, прежде всего, мосты через крупные реки, реакторы АЭС и т.п. Особенностью данной ситуации является то, что такие полости при изысканиях практически никогда не обнаруживаются. Разрушение моста по этой причине (с гибелью людей) имело место в США (1969) [8]. Известен случай, когда строители двухъярусного моста через р. Волгу (Горький, 1962) сумели предотвратить возможную аварию в будущем этого уникального сооружения. При погружении свай-оболочек в период строительства одной из опор была обнаружена небольшая полость. Строительство моста на время было приостановлено, пока полость не была затампонирована цементно-песчаным раствором.

Проведённый анализ аварий сооружений вследствие негативного влияния карста показал, что при оценке наиболее вероятных ущербов наиболее целесообразно следует отдавать предпочтение экспертным методам с учётом уже имевших место аварийных ситуаций. На это уже обращалось внимание на конференции «Геориск-2009», а также на научно-практических конференциях МЧС России по оценке рисков возникновения чрезвычайных ситуаций (2010, 2011).

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Абдурахманов Р.Ф., Мартин В.И., Попов В.Г., Рождественский А.П., Смирнов А.И., Травкин А.И.* Карст Башкортостана. Уфа: Информреклама, 2002. 383 с.

2. *Кутепов В.М., Кожевникова В.Н.* Устойчивость закарстованных территорий. М.: Наука, 1989. 152 с.

3. *Красноштейн А.Е., Барях А.А., Санфиоров И.А.* Березники: риски и реалии // Геориск, декабрь, 2007. С. 4 – 6.

4. *Леггет Р.* Города и геология. М.: Мир, 1976. 558 с.

5. *Леоненко М.В., Толмачёв В.В.* Анализ причин повреждения промышленного здания в Туле вследствие карстовых провалов // Труды Международной конференции «Проблемы механики грунтов и фундаментостроения в сложных грунтовых условиях». Уфа, 2006, т.2. С. 86 – 91.

6. *Мулюков Э.И., Урманишина Н.Э., Колесник Г.С.* История строительства и ликвидации здания, построенного на палеокарстовых воронках // Труды Международной конференции «Проблемы механики грунтов и фундаментостроения в сложных грунтовых условиях». Уфа, 2006, том 2. С. 98 – 106.

7. *Сорочан Е.А., Толмачёв В.В.* Анализ аварий сооружений на закарстованных территориях // Труды Юбилейной конференции, посвящённой 50-летию РОМГГиФ «Российская геотехника – шаг в XXI век, том I, М.: 2008. С. 154 – 162.

8. *Уолтхем Т.* Катастрофы: неистовая Земля. Ленинград: Недра, 1982. 222 с.

## 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       |
| Алёшин 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       |
| Белюсова 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,<br>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,<br>109   | Миронов О.К.     | т. 1 | с. 113      | Садабаева Н.Д.    | т. 1 | с. 43       | Хайдарова Б.Н.     | т. 1 | с. 225      |
|                  |      |                     |                  | т. 2 | с. 172      | Садиков Ф.        | т. 1 | с. 215      | Хамидов Л.А.       | т. 1 | с. 243, 247 |
| Коган Р.М.       | т. 2 | с. 250              | Миронюк С.Г.     | т. 2 | с. 61       | Салтыкова О.М.    | т. 1 | с. 175      | Харькина М.А.      | т. 2 | с. 284      |
| Козлякова И.В.   | т. 2 | с. 15               | Мокрицкая Т.П.   | т. 1 | с. 153      | Салямова К.Д.     | т. 1 | с. 319      | Хаустов А.П.       | т. 2 | с. 289      |
| Козырев А.А.     | т. 2 | с. 161              | Молдобеков Б.Д.  | т. 1 | с. 157      | Санчаа А.М.       | т. 1 | с. 165      | Хуан Ж.Ж.          | т. 2 | с. 280      |
| Колесников И.Ю.  | т. 2 | с. 265              | Морозов В.Н.     | т. 2 | с. 265      | Сафаров Р.Р.      | т. 1 | с. 94       | Худайбергенов А.М. | т. 1 | с. 225      |
| Кондрагьев В.Г.  | т. 2 | с. 167              | Музалевский А.А. | т. 2 | с. 157, 177 | Свалова В.Б.      | т. 1 | с. 181      | Чарыкова С.А.      | т. 1 | с. 37, 192  |
| Кононова Н.К.    | т. 1 | с. 119              | Мухтаров А.Ш.    | т. 1 | с. 94       | Светлосанов В.А.  | т. 2 | с. 187      | Чеснокова И.В.     | т. 1 | с. 296      |
| Костин А.Б.      | т. 1 | с. 267              | Нарышкин Ю.В.    | т. 2 | с. 42       | Семенова И.Э.     | т. 2 | с. 161      |                    | т. 2 | с. 294      |
| Кофф Г.Л.        | т. 1 | с. 296              | Насонкин В.А.    | т. 1 | с. 162      | Сергеев В.Я.      | т. 2 | с. 236      | Чистова З.Б.       | т. 1 | с. 123      |
|                  | т. 2 | с. 294              | Наумов М.С.      | т. 1 | с. 291, 324 | Степанова В.И.    | т. 1 | с. 63       | Чукин Б.А.         | т. 2 | с. 9        |
| Кочкин Б.Т.      | т. 2 | с. 104              | Неведрова Н.Н.   | т. 1 | с. 165      | Стрижельчик Г.Г.  | т. 2 | с. 119      | Шаазизов Ф.Ш.      | т. 2 | с. 197      |
| Крестин Б.М.     | т. 1 | с. 119              | Нигметов Г.М.    | т. 1 | с. 170, 175 | Стром А.Л.        | т. 2 | с. 98       | Шакирова Г.А.      | т. 2 | с. 209      |
| Круподеров В.С.  | т. 1 | с. 119              | Николаев А.В.    | т. 1 | с. 181      | Сушев С.П.        | т. 2 | с. 51       | Шалагинов А.Е.     | т. 1 | с. 165      |
| Крымский В.Г.    | т. 2 | с. 255              |                  | т. 2 | с. 241      | Татаринов В.Н.    | т. 2 | с. 265      | Шалашина Т.Л.      | т. 1 | с. 251      |
| Кудин В.Н.       | т. 2 | с. 187              | Носков В.М.      | т. 2 | с. 245      | Татарина Т.А.     | т. 2 | с. 265      | Шау Й.             | т. 2 | с. 78       |
| Кутинов Ю.Г.     | т. 1 | с. 123              | Нуднер И.А.      | т. 2 | с. 109      | Ташлыкова Т.А.    | т. 2 | с. 192      | Шестопёров Г.С.    | т. 2 | с. 98       |
| Keñ-Jian Shou    | т. 1 | с. 181              | Нуртаев Б.С.     | т. 1 | с. 187      | Телков Ф.С.       | т. 1 | с. 291, 324 | Шешеня Н.Л.        | т. 2 | с. 202      |
| Лаврусевич А.А.  | т. 1 | с. 301              | Олянский Ю.И.    | т. 1 | с. 37, 192  | Тихонова Т.М.     | т. 1 | с. 37       | Шишкова И.И.       | т. 1 | с. 255      |
| Ларионов В.И.    | т. 2 | с. 51               | Опекунов А.Ю.    | т. 2 | с. 270      | Тодосейчук С.П.   | т. 1 | с. 219      | Шумакова Е.М.      | т. 2 | с. 131      |
| Лобацкая Р.М.    | т. 2 | с. 294              | Ордобаев Б.С.    | т. 1 | с. 43       | Толмачев В.В.     | т. 1 | с. 330      | Щербаков С.В.      | т. 1 | с. 260      |
| Любарский Н.Н.   | т. 1 | с. 306              | Осика В.И.       | т. 1 | с. 267      | Торгоев И.А.      | т. 2 | с. 9, 72    | Эсенов Э.М.        | т. 2 | с. 209      |
| Макеев В.М.      | т. 1 | с. 143              | Панин В.И.       | т. 2 | с. 161      | Трубицина О.П.    | т. 2 | с. 275      |                    |      |             |
| Максимов В.В.    | т. 2 | с. 109              | Панченко Е.Г.    | т. 1 | с. 197      |                   |      |             |                    |      |             |
| Малаева Н.С.     | т. 2 | с. 51               | Паролаи С.       | т. 2 | с. 78       |                   |      |             |                    |      |             |
| Мальнева И.В.    | т. 1 | с. 119              | Петрова Е.Г.     | т. 1 | с. 310      |                   |      |             |                    |      |             |
| Мамаджанова Г.Ф. | т. 1 | с. 201              | Петрова Т.Б.     | т. 1 | с. 143      |                   |      |             |                    |      |             |

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| <b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b> .....  | 3  |
| <b>Методы изучения, прогноз и картирование<br/>опасных природных и техноприродных процессов</b>   |    |
| <i>Андреев Ю.Б.</i> Сравнительная оценка риска для лавин различного генезиса на основе релевантных функций пространственно-временного прогноза.....   | 7  |
| <i>Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Мирзаев М.А.</i> Вероятностное районирование сейсмической опасности территории Узбекистана .....   | 11 |
| <i>Байда С.Е.</i> Влияние изменения гелиогеофизических и космических факторов на обрушение зданий и сооружений.....   | 16 |
| <i>Байкова Л.А., Мельников Е.Н.</i> Изучение и прогноз температурного поля грунтов естественного основания станции Нижний Бестях .....  | 22 |
| <i>Балабанов И.П.</i> Проблемы инженерно-геологического картирования прибрежно-морских зон Черноморского побережья Кавказа.....   | 28 |
| <i>Балабанов И.П., Манучарянц Е.М.</i> Современная динамика и долгосрочный прогноз развития береговой зоны междуречья Мзымта – Псоу.....  | 32 |
| <i>Богомолов А.Н., Олянский Ю.И., Чарыкова С.А., Киселева О.В., Тихонова Т.М.</i> Опыт прогноза подтопления лессовых территорий.....  | 37 |
| <i>Бозов К.Д., Ордобаев Б.С., Айдаралиев Б.Р., Садабаева Н.Д.</i> Мониторинг прорывоопасных озер Кыргызстана.....   | 43 |
| <i>Гонсировский Д.Г.</i> Вклад Башкаринских 2008 года работ МЧС России в опознание прилетающих к Земле солнечно-ветровых плазменных сгустков как фактора космопогодозависимой метеогляциоэкзогеодинамики..... | 48 |
| <i>Григорьева С.В., Бондаренко В.М.</i> Зависимость радоноопасности от структурно-геодинамических особенностей (на примере восточного участка Москвы) .....   | 53 |
| <i>Жданов В.В.</i> Прогнозирование лавин в Илейском Алатау: состояние проблемы, перспективы.....  | 58 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Зайцев В.Н., Степанова В.И., Баранов И.П.</i> Геоэкологические принципы формирования устойчивости геоморфологического каркаса ландшафта урбосферы.....                                      | 63  |
| <i>Захаров В.Н., Фейт Г.Н.</i> Разработка геомеханического и геофизического обеспечения автоматизированной системы мониторинга опасности газодинамических явлений в шахтах.....                | 68  |
| <i>Зеркаль О.В.</i> Картирование оползневой и селевой опасностей при региональной оценке геологического риска (на примере Юго-Западного Таджикистана) .....                                    | 73  |
| <i>Зеркаль О.В., Гвоздева И.П.</i> Изучение и картирование развития оползневых процессов в долине гейзеров (Камчатка).....   | 79  |
| <i>Зокиров М.М., Азизов У.А., Умурзаков Р.К.</i> Роль новейшей тектоники в формировании гидрогеологических условий города .....  | 84  |
| <i>Золотарев Д.Р., Катаев В.Н.</i> Прогностические показатели линейментной тектоники применительно к карстовому процессу на локальном уровне .....   | 90  |
| <i>Кадиров Ф.А., Бабаев Г.Р., Гадиров А.Г., Сафаров Р.Р., Мухтаров А.Ш.</i> Микросейсмическое районирование города Баку по данным микротреморных измерений.....                                | 94  |
| <i>Казеев А.И., Постоев Г.П.</i> Оценка возможности и масштаба проявления катастрофической фазы развития оползневого процесса на оползневых участках в долине р. Москвы.....                   | 98  |
| <i>Калинин Э.В., Барыкина О.С.</i> Изучение зоны динамического влияния разлома методом математического моделирования.....  | 104 |
| <i>Керамова Р.А.</i> Экспресс-методы оперативной оценки сейсмической обстановки по сейсмогеохимическим полям флюидов в реальном режиме времени.....  | 108 |
| <i>Киселев О.В., Миронов О.К., Пырченко В.А., Фесель К.И.</i> Интерактивная ГИС-система «Карта экономического риска от подтопления для строительных объектов на территории г. Москвы» .....    | 113 |
| <i>Круподеров В.С., Крестин Б.М., Мальнева И.В., Кононова Н.К., Барышева О.И.</i> Прогнозирование опасных экзогенных геологических процессов в районе строительства олимпийских объектов ..... | 119 |

|   |     |
|---|-----|
| <i>Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б.</i> Тектонические нарушения и узлы их пересечения – природные участки геориска.....   | 123 |
| <i>Медеу А.Р., Благовеценский В.П., Киренская Т.Л., Ранова С.У.</i> Карты природных опасностей в Атласе ЧС Республики Казахстан.....                        | 128 |
| <i>Мележ Т.А.</i> Оценка современных геологических процессов, проявляющихся в пределах речных долин (на примере Республики Беларусь).....                   | 133 |
| <i>Мельников Н.Н., Калашник А.И., Калашник Н.А.</i> Прогноз опасных техноприродных процессов при освоении шельфовых нефтегазовых месторождений .....        | 138 |
| <i>Микляев П.С., Петрова Т.Б., Макеев В.М., Дорожко А.Л.</i> Опыт картирования плотности потока радона с поверхности грунта на территории Москвы.....       | 143 |
| <i>Миняева Ю.В.</i> Некоторые аспекты комплексной оценки устойчивости природной среды .....   | 148 |
| <i>Мокрицкая Т.П.</i> К вопросу о методах оценки деградации свойств лессов.....   | 153 |
| <i>Молдобеков Б.Д., Усупаев Ш.Э.</i> Мониторинг окружающей среды и снижение георисков в регионе Центральной Азии.....                                       | 157 |
| <i>Насонкин В.А., Боборыкина О.В.</i> Геофизические исследования в Таврическом национальном университете им. В.И. Вернадского .....                         | 162 |
| <i>Неведрова Н.Н., Санчаа А.М., Шалагинов А.Е.</i> Результаты электромагнитного мониторинга в районе Горного Алтая.....                                     | 165 |
| <i>Нигметов Г.М.</i> Технология мониторинга системы грунт – сооружение в зоне воздействия возможных сейсмодинамических нагрузок.....                        | 170 |
| <i>Нигметов Г.М., Салтыкова О.М.</i> Прогнозирование последствий разрушительных землетрясений с учетом многократного воздействия сейсмической нагрузки..... | 175 |
| <i>Николаев А.В., Башилов И.П., Keh-Jian Shou, Свалова В.Б., Манукин А.Б., Зубко Ю.Н.</i> Геофизический мониторинг опасных природных процессов.....         | 181 |
| <i>Нуртаев Б.С.</i> Техногенные воздействия, связанные с откачкой газа в зоне влияния древних погребенных сутурных зон... ..                                | 187 |
| <i>Олянский Ю.И., Чарыкова С.А.</i> Инженерно-геологические проблемы мелиорации южных регионов Молдовы.....   | 192 |
| <i>Панченко Е.Г.</i> Расчет коэффициента мерзлотной устойчивости как способ оценки устойчивости ландшафтов в пределах                                       |     |

|   |     |
|---|-----|
| трассы линейного сооружения ( на примере а/д «КС Воркутинская – КС Ярынская» (Р-ка КОМИ, ЯНАО)).. ..  | 197 |
| <i>Рафиков В.А., Рафикова Н.А., Мамаджанова Г.Ф.</i> Прогнозирование изменений аридных геосистем в условиях продолжающейся экологической дестабилизации в Приаралье.....  | 201 |
| <i>Рахматуллаев Х.Х.</i> Природные и природно-техногенные процессы в лессовых грунтах.....  | 205 |
| <i>Резников П.Н.</i> Русловые деформации как источник риска на мостовых переходах через полугорные реки.....  | 210 |
| <i>Садиков Ф., Алимухамедов И.М., Адылов И.И.</i> Об основной причине сейсмичности коры Земли.....  | 215 |
| <i>Тодосейчук С.П., Архипенко А.А.</i> Особенности применения взрывного метода при ликвидации ледовых заторов на реках РФ.....  | 219 |
| <i>Туйчиева М.Т., Худайбергенов А.М., Джураев Н.М., Хайдарова Б.Н.</i> Распространение экзогенных процессов, охрана и рациональное использование геологической среды горных и предгорных районов в Узбекистане..... | 225 |
| <i>Умурзаков Р.А.</i> Методика и некоторые результаты изучения деформаций основания плотин и бортов водохранилищ по геологическим данным.....   | 231 |
| <i>Федодеев В.И.</i> Об определении свойств грунтов при прогнозировании оползней.....   | 236 |
| <i>Хамидов Л.А.</i> Сейсмичность ближних зон водохранилищ и прочность горных пород.....   | 243 |
| <i>Хамидов Л.А., Ибрагимов А.Х.</i> Сейсмометрические оценки колебаний Чарвакской плотины.....  | 247 |
| <i>Шалашина Т.Л.</i> Использование гидрологической информации для определения вероятных зон затопления на реках Северо-Запада РФ.....   | 251 |
| <i>Шишкова И.И.</i> Оценка динамики рельефообразующих процессов Солигорского промышленного района.....  | 255 |
| <i>Щербаков С.В., Катаев В.Н.</i> Прогнозирование основных морфометрических параметров карстовых форм.....  | 260 |

**Оценка уязвимости и ущербов  
от развития опасных природных процессов**

|   |     |
|---|-----|
| <i>Багмет А.Л., Осика В.И., Костин А.Б.</i> Влияние внешних периодических воздействий на строительные сооружения..... | 267 |
|---|-----|

|  |            |
|--|------------|
| Байда С.Е. Особенности влияния сейсмического фактора на обрушение зданий и сооружений .....  | 274        |
| Байкова Л.А., Исаков В.А. Проявления опасных инженерно-геологических процессов в выемках железной дороги «Беркакит – Томмот – Якутск» и методы борьбы с ними.....  | 279        |
| Бурова В.Н., Заиканов В.Г., Заиканова И.Н., Минакова Т.Б., Пырченко В.А., Булдакова Е.В., Сависько И.С. Подходы к оценке уязвимости объектов экономики и территорий при возникновении ЧС природного характера..... | 284        |
| Исаков В.А., Наумов М.С., Телков Ф.С. Оценка отдельных факторов геологического риска перед открытием рабочего движения по железной дороге Улак – Эльга на участке 0-54 км.....                                     | 291        |
| Кофф Г.Л., Чеснокова И.В., Борсукова О.В. Оценка прибрежных зон провинций Венето и Фриули-Венеция-Джулия (Италия) для анализа деформаций исторических зданий.....  | 296        |
| Лаврусевич А.А. Оценка опасности, уязвимости лессовых массивов и степени геологического риска при развитии лессового псевдокарста.....   | 301        |
| Маций С.И., Любарский Н.Н., Безуглова Е.В. Оценка оползневового риска на автомобильных дорогах Краснодарского края.....  | 306        |
| Петрова Е.Г. Социальные, экономические и экологические последствия землетрясения и цунами 11 марта 2011 года в Японии.....   | 310        |
| Родкин М.В., Писаренко В.Ф. Новый статистический подход к оценке вероятности максимальных величин воздействий и ущербов.....   | 314        |
| Саямова К.Д., Гасанова Н.Ю. Оценка состояния и условий безопасности гидротехнических сооружений при воздействии сейсмических нагрузок.....   | 319        |
| Телков Ф.С., Наумов М.С., Исаков В.А. Факторы инженерно-геологического риска на территории Имеретинской низменности.....   | 324        |
| Толмачев В.В., Давыдько Р.Б., Уткин М.М., Махнатов С.А. Анализ причин аварий сооружений и ущербов в карстовых районах.....   | 330        |
| <b>УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ.....</b>  | <b>336</b> |

## CONTENT

|   |          |
|---|----------|
| <b>INTRODUCTION.....</b>  | <b>3</b> |
| <b>Methods of investigation, forecast and mapping of dangerous natural and technonatural processes</b>  |          |
| <i>Andreev Y.B.</i> Comparative risk evaluation for various genesis avalanches based on relevant spatial-temporal forecast functions... ..  | 7        |
| <i>Artikov T.U., Ibragimov R.S., Mirzaeva M.A.</i> Probabilistic zoning of seismic hazard of Uzbekistan.....  | 11       |
| <i>Baida S.E.</i> Influence of change heliogeophysical and cosmic factors on collapsing buildings and constructions .....   | 16       |
| <i>Baikova L.A., Melnikov E.N.</i> The studying and forecast of temperature field of the frozen grounds used as a natural basement on the rail-station of Nizhni Bestyakh .....   | 22       |
| <i>Balabanov I.P.</i> Problems of Caucasus Black Sea coastal area geotechnical survey .....   | 28       |
| <i>Balabanov I.P., Manycharyans E.M.</i> Recent dynamics and long-term forecast of Msymta - Psou interstream coastal area development .....   | 32       |
| <i>Bogomolov A.N., Olyanski U.I., Charikova S.A., Kiseleva O.V., Tikhonova T.M.</i> Experience of forecast of flooding of loess areas..   | 37       |
| <i>Bozov K.D., Odorbaev B.S., Aidaraliev B.R., Sadabaeva N.D.</i> Monitoring of glacial lakes of Kyrgyzstan .....   | 43       |
| <i>Gonsirovskiy D.G.</i> Contribution of works of the Ministry of Emergency Situation of Russia in 2008 for identification of clots of solar wind arriving to earth as a factor of dynamic of terrestrial processes ..... | 48       |
| <i>Grigoreva S.V., Bondarenko V.M.</i> Dependence of radonic danger from structuring – geodynamical peculiarities ( an example of the Eastern district of Moscow) .....   | 53       |
| <i>Zhdanov V.V.</i> Avalanche forecast in the Ile Alatau: condition, problems, prospects .....  | 58       |
| <i>Zaisev V.N., Stepanova V.I., Baranov I.P.</i> Geotecological principles of formation of stability of the geomorphological skeleton of landscape of urbosphere .....  | 63       |

|   |     |
|---|-----|
| <i>Zakharov V.N., Feit G.N.</i> Geomechanical and geophysical support of automatic system of monitoring gasdynamic hazards in mines .....   | 68  |
| <i>Zerkal O.V.</i> Landslide and debris flow hazard mapping for a regional assessment of geological risk (on an example of South-Western of Tajikistan area) .....                            | 73  |
| <i>Zerkal O.V., Gvozdeva I.P.</i> Investigation and mapping of landslide activity in Geyser valley (Kamchatka) .....  | 79  |
| <i>Zokirov M.M., Azizov U.A., Umurzakov R.K.</i> Role of recent tectonics and its affect to the hydrogeological conditions of the cities .....  | 84  |
| <i>Zolotarev D.R., Kataev V.N.</i> The predicted indexes of lineament tectonic with regard to karsts processes on the local level.....  | 90  |
| <i>Kadirov F.A., Babaev G.R., Gadirov A.G., Safarov R.R., Mukhtarov A.Sh.</i> Microseismic zoning of Baku city on the basis of microtremor measurements .....                                 | 94  |
| <i>Kazeev A.I., Postoev G.P.</i> Assessment of the possibility and the scale of catastrophic phase of landslide process development along the Moscow river .....                              | 98  |
| <i>Kalinin E.V., Barikina O.S.</i> Study of zone of dynamic influence of fault by mathematical modeling .....   | 104 |
| <i>Keramova R.A.</i> The express-methods of the operative estimation of seismic conditions on seismogeochemical fields of the fluids on the real mode of time .....                           | 108 |
| <i>Kiselev O.V., Mironov O.K., Pyrchenko V.A., Fesel K.I.</i> Interactive GIS system “The map of economic risk from underflooding for building objects in the Moscow’s territory” .....       | 113 |
| <i>Krypoderov V.S., Krestin B.M., Malneva I.V., Kononova N.K., Barisheva O.I.</i> Prediction of hazardous exogenic geological processes in the area of constructions of Olympic objects ..... | 119 |
| <i>Kutinov U.G., Chistova Z.B.</i> Tectonic dislocations and knots of their crossing – the natural sites of georisk .....   | 123 |
| <i>Medey A.R., Blagoveshenski V.P., Kirenskaya T.L., Ranova S.U.</i> Natural hazard maps in the emergency atlas of the Republic of Kazakhstan .....   | 128 |
| <i>Melezh T.A.</i> Evaluation of modern geological processes occurring in the river valleys ( on the example of Republic of Belarus) .....  | 133 |
| <i>Melnikov N.N., Kalashnik A.I., Kalashnik N.A.</i> The forecast of dangerous techno-natural processes at development of shelf of oil and gas fields .....                                   | 138 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Miklyayev P.S., Petrova T.B., Makeev V.M., Dorozhko A.L.</i> Mapping of the flux density of radon on the territory of Moscow.....   | 143 |
| <i>Minyaeva U.V.</i> Some aspects of integrated assessment of environmental sustainability .....   | 248 |
| <i>Mokriskaya T.P.</i> About methods of estimating the process of degradation in loess .....   | 153 |
| <i>Moldobekov B.D., Usupaev Sh.E.</i> Environmental monitoring and georisk reduction in the Central Asia .....   | 157 |
| <i>Nasonkin V.A., Boborikina O.V.</i> Geophysical research in the Taurida National V.I.Vernadsky University .....  | 162 |
| <i>Nevedrova N.N., Sanchaa A.M., Shalaginov A.E.</i> Results of electromagnetic monitoring in Gorny Altai area .....   | 165 |
| <i>Nigmatov G.M.</i> Monitoring systems technology of the ground – construction system in the zone of possible impact of seismodynamic loads .....                                       | 170 |
| <i>Nigmatov G.M., Saltikova O.M.</i> Forecasting of the effects of destructive earthquakes in view of repeated seismic loads .....   | 175 |
| <i>Nikolaev A.V., Bashilov I.P., Keh-Jian Shou, Svalova V.B., Manukin A.B., Zubko U.N.</i> Geophysical monitoring of natural hazards .....   | 181 |
| <i>Nyrtaev B.S.</i> Technogenic impacts connected with gas withdrawal in zone of influence of ancient buried suture zones .....  | 187 |
| <i>Olyansky U.I., Charikova S.A.</i> Engineering-geological problems of melioration of the Southern regions of Moldova .....   | 192 |
| <i>Panchenko E.G.</i> Assessment of roadside landscape resistance on the calculation of permafrost stability index (autoroad “CP Vorkutinskaya – CP Yarynskaya” (Rep. KOMI, YNAO)) ..... | 197 |
| <i>Rafikov V.A., Rafikova N.A., Mamadjanova G.F.</i> Forecasting of changes of arid geosystems in the conditions of proceeding ecological destabilization in Aral Sea .....              | 201 |
| <i>Rakhmatullaev Kh. Kh.</i> Natural and technonatural processes in loess soil .....   | 205 |
| <i>Reznikov P.N.</i> Chanel deformations as a source of risk on bridges on semi-mountain rivers .....  | 210 |
| <i>Sadikov F., Alimukhamedov I.M., Adilov I.I.</i> About the main reason of seismicity of the Earth crust .....  | 215 |
| <i>Todoiseichuk S.P., Arhipenko A.A.</i> Peculiarities of using the explosive method in the liquidation of ice jams on rivers in the Russian Federation .....                            | 219 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Tuichieva M.T., Khudaibergenov A.M., Dzhuraev N.M., Khaidarova B.N.</i> Distribution of exogenous processes, protection and rational use of the geological environment of the mountain and foothill regions in Uzbekistan ..... | 225 |
| <i>Umurzakov R.A.</i> Method and some results of a study of deformations of the rock foundation of the dam and on the shores of reservoir by the geological data .....   | 231 |
| <i>Fedodeev V.I.</i> Determination of soil properties in forecasting of landslides .....   | 236 |
| <i>Khamidov L.A.</i> Seismic condition of the near zones of water reservoirs and durability of rocks .....   | 243 |
| <i>Khamidov L.A., Ibragimov A.Kh.</i> Seismometric estimations of vibrations of the Charvak's Dam .....  | 247 |
| <i>Shalashina T.L.</i> Using of hydrological information for determination of probable flood zones on the rivers of Russian North-West .....   | 251 |
| <i>Shishkova I.I.</i> Evaluation of the dynamics of relief process of the Soligorsk industrial district .....  | 255 |
| <i>Sherbakov S.V., Kataev V.N.</i> Prediction of general morphometric parameters of karst forms .....  | 260 |

**Assessment of vulnerability and losses caused  
by natural hazards**

|  |     |
|--|-----|
| <i>Bagmet A.L., Osika V.I., Kostin A.B.</i> The influence of external periodic effects to the construction facilities .....  | 267 |
| <i>Baida S.E.</i> Features of influence of the seismic factor on collapsing buildings and constructions .....  | 274 |
| <i>Baikova L.A., Isakov V.A.</i> Unfavorable geologic processes within the “Berkakit – Tommot – Yakutsk” rail roadway excavation area and the preventive methods .....   | 279 |
| <i>Byrova V.N., Zaikanov V.G., Zaikanova I.N., Minakova T.B., Pyrenchenko V.A., Byldakova E.V., Savisko I.S.</i> Approaches to the assessment of vulnerability of objects of the economy and territories in case emergencies of natural origin ..... | 284 |
| <i>Isakov V.A., Naumov M.S., Telkov F.S.</i> The assessment of the specific factors of the geologic risk for the operational stage of the rail road “Ulak – Elga” within the section 0-54 km .....   | 291 |
| <i>Koff G.L., Chesnokova I.V., Borsukova O.V.</i> Assessment of coastal zones of provinces Veneto and Friuli-Venice-Julia (Italy) for analysis of historical buildings deformations .....  | 296 |

|   |     |
|---|-----|
| <i>Lavrusevich A.A.</i> Assessment of hazard, vulnerability of loessial massifs and degree of geological risk at development of loessial pseudokarst .....            | 301 |
| <i>Masy S.I., Lubarsky N.N., Bezuglova E.V.</i> Landslide risk assessment of Krasnodar region roads .....   | 306 |
| <i>Petrova E.G.</i> Social, economic and ecological consequences of March 11,2012 earthquake and tsunami in Japan .....   | 310 |
| <i>Rodkin M.V., Pisarenko V.F.</i> New statistical approach to estimation of probability of occurrence of extreme affects and loss values .....                       | 314 |
| <i>Salyamova K.D., Gasanova N.U.</i> Estimation of the state and safety conditions for hydraulic energy station constructions at influence of the seismic loads ..... | 319 |
| <i>Telkov F.S., Naumov M.S., Isakov V.A.</i> Factors of engineering and geological risk in the territory of the Imerety lowland .....                                 | 324 |
| <i>Tolmachev V.V., Davidko R.B., Utkin M.M., Makhnatov S.A.</i> Analysis of accidents and damage to buildings in karst regions ....                                   | 330 |
| <b>AUTHOR'S INDEX</b> .....   | 336 |

**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 I**

Издание подготовлено в авторской редакции

Технический редактор *Н.А. Ясько*  
Компьютерная верстка *М.Н. Заикина*  
Дизайн обложки *М.В. Рогова*

Подписано в печать 17.09.12 г. Формат 60×84/16. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 22,0. Тираж 320 экз. Заказ 1097

---

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

Для ЗАМЕТОК

---

Для ЗАМЕТОК

---