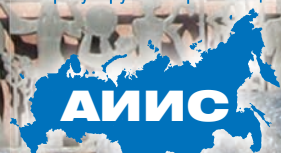


ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



ИГИИС

Саморегулируемая организация



Ассоциация
«Инженерные изыскания
в строительстве»

**Ташкентское землетрясение
1966-2016**



Общество с ограниченной ответственностью
**«Институт геотехники
и инженерных изысканий
в строительстве»
(ООО «ИГИИС»)**

Институт разрабатывает карты общего сейсмического районирования (ОСР) территории РФ, выполняет работы по уточнению исходной сейсмичности (УИС) и сейсмомикрорайонированию (СМР), в том числе выполняет сейсморазведку методами КМПВ, ОГТ, ВСП, MASW, межскважинное просвечивание, электро-разведку методами электротомографии, дипольного электромагнитного профилирования, РМТ, георадарные обследования.



По результатам работ УИС и СМР предоставляются параметры расчетных сейсмических воздействий для площадных и линейных объектов, включая интенсивность сотрясений в баллах, пиковые ускорения, пиковые скорости, пиковые перемещения, обобщенные спектры реакции, спектры реакции сценарных землетрясений, акселерограммы, вибросигналы, сейсмограммы.

Тел.: +7 (495) 366-3189, факс: +7 (495) 366-3190

Электронная почта: mail@igiis.ru, сайт: www.igiis.ru



2017

ПЕРЕЧЕНЬ КОНФЕРЕНЦИЙ ЖУРНАЛА «ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ» в 2017 году

Тел.: +7 (495) 210-63-90, 210-89-92, Москва, Электrozаводская улица, д. 60, conf@geomark.ru



Саморегулируемая организация



13-14 февраля 2017 года

Вторая научно-практическая конференция
**«ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ: НОРМАТИВНАЯ БАЗА,
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ОБОРУДОВАНИЕ»**

30-31 марта 2017 года

Пятая научно-практическая конференция
**«СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОЛЕВЫХ И ЛАБОРАТОРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ ГРУНТОВ»**

21-22 сентября 2017 года

Первая научно-практическая конференция
**«ИЗУЧЕНИЕ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ
И ГЕОТЕХНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ»**

19-20 октября 2017 года

Вторая научно-практическая конференция
«ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА»

5-8 декабря 2017 года

XIII общероссийская конференция и выставка
с международным участием
**«ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»**

www.geomark.ru

Международная научная конференция «Актуальные проблемы современной сейсмологии» 12–14 октября 2016 г., г. Ташкент, Узбекистан МАВЛЯНОВА Н.Г. Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН	Особенности организации сейсмологической сети в Беларуси АРОНОВ А.Г. Центр геофизического мониторинга Национальной академии наук Беларуси
4	40
О роли академика Г.А. Мавлянова в развитии сейсмологии в Узбекистане МАВЛЯНОВА Н.Г. Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН	Уменьшение сейсмического риска при застройке территорий со сложными инженерно-геологическими условиями АКБАШЕВ Р.Р. Камчатский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН»
12	48
Исследование погрешностей современных карт сейсмического районирования (на примере территории Восточного Узбекистана) АРТИКОВ Т.У. Институт сейсмологии им. Г.А. Мавлянова Академии наук Республики Узбекистан	Сейсмобезопасность конструктивных систем современных жилищно-гражданских зданий Центрально-Азиатского региона ХАКИМОВ Ш.А. Ташкентский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт жилищно-гражданского строительства «ToshuyjoyLITI»
20	54
Сейсмогеофизические исследования на территории Таджикистана и проблемы прогнозирования тектонических землетрясений КАРИМОВ Ф.Х. Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии Академии наук Республики Таджикистан	Результат воздействия опасных природных процессов и страхование их последствий (на примере землетрясений) ЧЕСНОВА И.В. Институт водных проблем РАН
30	62
	Рефераты на английском языке 70

НАУЧНО-РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

БОГДАНОВ М.И. Председатель научно-редакционного совета, главный редактор, генеральный директор ООО «ИГИИС», к.г.-м.н.	ЛЕВИН Б.В. Председатель Сахалинского научного центра ДВО РАН, председатель комиссии по цунами Отделения наук о Земле РАН, д.ф.-м.н., профессор
АЛАБЯН А.М. Доцент кафедры гидрологии суши географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, к.г.н.	МАКСИМОВИЧ Н.Г. Заместитель директора по научной работе Естественно-научного института Пермского государственного национального университета, к.г.-м.н., доцент
ГОРОДНИЦКИЙ А.М. Заслуженный деятель науки РФ, академик РАН, главный научный сотрудник Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, д.г.-м.н., профессор	РАЗУМОВ В.В. Профессор кафедры картографии и геоинформатики Северо-Кавказского федерального университета, главный научный сотрудник ОАО «Российские космические системы» Роскосмоса, д.г.н.
ЗЕРКАЛЬ О.В. Заведующий лабораторией инженерной геодинамики и обоснования инженерной защиты территорий геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, к.г.-м.н.	САСОРОВА Е.В. Главный научный сотрудник Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, д.ф.-м.н.
КАЗАКОВ Н.А. Директор Сахалинского филиала Дальневосточного геологического института ДВО РАН, заведующий лабораторией лавинных и селевых процессов, к.г.-м.н., доцент	СВЯТЕНКО И.Ю. Председатель комиссии по безопасности Московской городской думы, д.т.н.
КОСИНОВА И.И. Заведующая кафедрой экологической геологии Воронежского государственного университета, д.г.-м.н., профессор	ТРОФИМОВ В.Т. Советник ректората, заведующий кафедрой инженерной и экологической геологии геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, д.г.-м.н., профессор

International conference «Actual problems of the modern seismology», october 12–14, 2016. Tashkent, Uzbekistan MAVLYANOVA N.G. Sergeev Institute of Environmental Geoscience of Russian Academy of Sciences 4	The features of seismological network in Belarus ARONOV A.G. Centre of Geophysical Monitoring, National Academy of Sciences of Belarus 40
The role of academician g.a. mavlyanov in creation of the institute of seismology in Uzbekistan MAVLYANOVA N.G. Sergeev Institute of Environmental Geoscience of Russian Academy of Sciences 12	Reduction of the seismic risk at building the territories with difficult engineering-geological conditions AKBASHEV R.R. Kamchatka branch of the Federal Research Center «United Geophysical Service RAS» 48
Research of inaccuracy of modern seismic zoning maps (on example of eastern Uzbekistan) ARTIKOV T.U. Institute of Seismology, Academy of Science of the Republic of Uzbekistan 20	Seismic safety of modern residential buildings structural systems of central-asian region KHAKIMOV SH.A. Tashkent scientific-research and design-survey institute of civil construction «ToshuyjoyLITI» 54
Seismogeophysical researches on the territory of Tajikistan and tectonic earthquakes prediction's problems KARIMOV F.H. Institute of geology, earthquake engineering and seismology of the Academy of sciences of the Republic of Tajikistan 30	Result of impact of natural hazards and insurance consequences (on example of the earthquakes) CHESNOKOVA I.V. Water problems institute RAS 62
	Abstracts in English 70

РЕДАКЦИЯ

Торбина Екатерина
Генеральный директор

Ефименко Анна
Литературный редактор

Крендясова Ольга
Корректор

Крюков Павел
Отдел рекламы
kpp@geomark.ru

Лузганов Григорий
Отдел подписки и распространения
pr@geomark.ru

Иванова Анжелика
Верстка
ivanova_a@igiis.ru

Фото на обложке: <https://img.tourister.ru/files/7/5/3/1/0/0/3/original.jpg>

107076, Москва,
ул. ЭЛЕКТРОЗАВОДСКАЯ, д. 60
Тел.: +7 (495) 210-63-90, 210-63-06
E-mail: info@geomark.ru

Редакция может не разделять точку зрения автора.
За содержание рекламных материалов
ответственности не несет.

Подписано в печать 30.01.2017. Тираж 1000 экз.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации
ПИ № ФС 77-48920 от 20 марта 2012г.

Цена свободная. ООО «Геомаркетинг»

Журнал включен в печать ВАК

По вопросам подписки обращайтесь в редакцию.
Подписной индекс ОАО Агентства «Роспечать»: 71510.
Подписные индексы в объединенном каталоге
«Пресса России»: 42192 (полугодовой), 42193 (годовой).

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ СЕЙСМОЛОГИИ» 12–14 ОКТЯБРЯ 2016 г., г. ТАШКЕНТ, УЗБЕКИСТАН

INTERNATIONAL CONFERENCE «ACTUAL PROBLEMS OF THE MODERN
SEISMOLOGY», OCTOBER 12-14, 2016. TASHKENT, UZBEKISTAN

МАВЛЯНОВА Н.Г.

Главный научный сотрудник Института геоэкологии
им. Е.М. Сергеева РАН, д.г.-м.н., mavnad13@rambler.ru

MAVLYANOVA N.G.

Leading researcher of Sergeev Institute of Environmental
Geoscience of Russian Academy of Sciences, DSc (Doctor of
Science in Geology and Mineralogy), mavnad13@rambler.ru

УСМАНОВА М.Т.

Ученый секретарь оргкомитета TASECO-2016, старший
научный сотрудник Института сейсмологии им. Г.А. Мавлянова
Академии наук Узбекистана, к.г.-м.н., taseco2016@mail.ru

USMANOVA M.T.

Executive secretary of the Organizing committee «TASECO-2016»,
senior researcher of Mavlyanov Institute of Seismology, PhD (Candidate
of Science in Geology and Mineralogy), taseco2016@mail.ru



Ключевые слова: конференция TASECO–2016; международное сотрудничество в области сейсмологии; прогноз землетрясений; сейсмическая опасность; риск; безопасность населения.

Аннотация: 12–14 октября 2016 г. состоялась международная научная конференция «Актуальные проблемы современной сейсмологии TASECO–2016», организованная Академией наук Республики Узбекистан, Институтом сейсмологии, Министерством по чрезвычайным ситуациям при поддержке Программы развития ООН в Узбекистане. Конференция, посвященная 50-летию Института сейсмологии им. Г.А. Мавлянова Академии наук Республики Узбекистан, вызвала большой интерес в научном сообществе. В работе конференции приняли участие более 130 ведущих специалистов, молодых ученых из 76 научно-исследовательских, научно-изыскательских, производственных организаций, высших учебных заведений из 16 стран мира. Открытые дискуссии, обсуждения докладов и живое общение способствовали налаживанию тесных связей между сейсмологическими центрами стран СНГ и мира, а также распространению передового научного опыта и развитию сейсмологической науки.

Keywords: conference TASECO-2016; international cooperation in the area of seismology; earthquake prediction; seismic hazard; risk; public safety.

Abstract: from October 12th to the 14th of 2016, Tashkent hosted the international scientific conference «Actual Problems of Modern Seismology TASECO-2016». This conference was organized by the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, the Institute of Seismology, and the Ministry of Emergency Situations, with the support of UNDP in Uzbekistan. The conference was dedicated to the 50th anniversary of the Institute of Seismology, and aroused much interest in the scientific community. Attendance drew from 16 countries, including more than 130 leading experts and young scientists from 76 research and development, science and research, industrial organizations, and higher education institutions. Open discussion forums, discussions of conference presentations, and in-person connections helped to establish close ties between the seismological centers of the CIS countries and the world, as well aiding the dissemination of scientific excellence and the development of seismological science.

Международная научная конференция «Актуальные проблемы современной сейсмологии», посвященная 50-летию Института сейсмологии им. Г.А. Мавлянова Академии наук Республики Узбекистан (ИС АНРУз) («Actual Problems in Modern Seismology» — TASECO-2016), состоялась 12–14 октября 2016 г. в столице Узбекистана г. Ташкенте. Конференция подготовлена Академией наук Республики Узбекистан, Институтом сейсмологии, Министерством по чрезвычайным ситуациям при поддержке Программы развития ООН в Узбекистане и Программы по подготовке к бедствиям DIPECHO IX Директората европейских операций по гражданской защите и гуманитарной помощи.

В XXI в. в результате роста численности населения на Земле, развития процессов глобализации экономики и интенсивного роста мирового производства резко усилился рост социально-экономического ущерба от природных опасностей. Катастрофические землетрясения, произошедшие только за последние 5–6 лет (Япония, Непал, Чили, Италия и др.), показали, что сильное землетрясение может стать

социальной и экономической катастрофой в масштабе целой страны. С развитием урбанизации землетрясения приносят все больше людских и материальных потерь. В XX в. во всем мире основное внимание в сфере защиты населения уделялось проблеме «восстановления», то есть готовности к ликвидации последствий катастроф. В XXI в. в соответствии с развитием мирового сообщества и оценкой последствий сильных землетрясений во многих странах принята концепция «готовности к землетрясениям», которая опирается на три главных приоритета: оценка долгосрочной сейсмической опасности и риска; адекватное опасностям и риску сейсмостойкое строительство; управление снижением риска.

Тематика конференции «TASECO-2016» охватила ряд современных направлений сейсмологических исследований, направленных на изучение природы сейсмичности и решения актуальных сейсмологических задач. В ходе конференции были рассмотрены следующие проблемы:

- оценка сейсмической опасности;
- проблемы прогноза землетрясений;
- сейсмогеодинамика;

— инженерная геология и инженерная сейсмология;

— проблемы снижения сейсмического риска;

— международное сотрудничество в области сейсмологии.

Следует отметить повышенный интерес научного сообщества к настоящей конференции. В адрес оргкомитета поступило 162 доклада, из которых оргкомитетом конференции отобраны и опубликованы 127 докладов в сборнике трудов конференции, представляющем собой том объемом 734 страницы. Весь тираж распространен среди очных и заочных участников конференции, а также передан в заинтересованные организации (сборник в формате PDF можно скачать на сайте конференции «TASECO-2016»: www.conf.seismos.uz). Отдельно были опубликованы тезисы к докладам. В работе конференции приняли участие более 130 ведущих специалистов, молодых ученых из 76 научно-исследовательских и научно-изыскательских, производственных организаций, вузов из 16 стран мира: России, США, КНР, Японии, Турции, Великобритании, Германии, Белоруссии, Таджикистана, Казахстана, Кыргызстана, Туркменистана, Узбекистана, а ученые из Азербайджана, Украины, Замбии, Марокко, Израиля, Нигерии прислали свои доклады для публикации в сборнике материалов конференции. Всего на пленарных и секционных заседаниях было заслушано 52 научных доклада.

Участники конференции представляли следующие организации: Администрация землетрясений Синцзян-Уйгурского автономного района КНР, Международный сейсмологический центр Великобритании, Берлинская строительно-изыскательская компания, OYO International Corporation, Университет Богазичи (Турция), Санкт-Петербургский метеорологический университет, Центр геофизического мониторинга Национальной академии наук Беларуси, Институт геофизических исследований НЦД Казахстана, ООО «Институт геотехники и инженерных изысканий в строительстве» (Россия), ООО НПК «Вулкан» (Россия), Геофизическая служба РАН, Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН, Институт геоэкологии им.



Рис. 1. Большой интерес участники конференции проявили к журналам и книгам издательского центра «Геомаркетинг»

Е.М. Сергеева РАН, Институт земной коры Сибирского отделения РАН, Институт геологии Карельского научно-го центра РАН, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, ООО «ДСис», Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии АН Республики Таджикистан, Институт астрофизики АН Республики Таджикистан, Центрально-Азиатский институт прикладных исследований Земли (Кыргызстан), Институт сейсмологии НАН Республики Кыргызстан, Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, Научно-исследовательский институт сейсмостойкого строительства Министерства строительства и архитектуры Туркменистана, Государственная сейсмологическая служба Республики Туркменистан, Институт сейсмологии и физики атмосферы АН Туркменистана, ДТОО «Институт ионосферы» Республики Казахстан, ТОО «Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция» МОН Республики Казахстан и др. Активное участие принимали и местные специалисты из следующих организаций Республики Узбекистан:

Министерство по чрезвычайным ситуациям РУз, Государственный комитет по геологии и минеральным ресурсам РУз, ГП «Институт ГИДРОИНГЕО», холдинговая компания «Узбекнефтегаз – ИГИРНИГМ», Национальный центр геодезии и картографии РУз, АО «ToshujoyLITI», Национальный университет Узбекистана, Ташкентский государственный технический университет, Ташкентский архитектурно-строительный институт, Ташкентский институт инженеров транспорта, Институт геологии и геофизики, Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Институт сейсмостойкости сооружений АН РУз, Национальный комитет МАБ ЮНЕСКО при АН РУз, Навоийский государственный горный институт и др. (рис. 1).

Проблематика сейсмологических исследований, проводимых в Узбекистане и в зарубежных странах, представленных в докладах участников, полностью соответствовала тематике конференции (рабочие языки конференции: русский и английский). Целью конференции являлось обсуждение вопросов сейсмологии среди

ученых, аспирантов и всех заинтересованных лиц по решению актуальных задач современной науки и общества для повышения уровня научно-исследовательской деятельности, обеспечения безопасности территорий, выработки совместных решений по предупреждению природных и техногенных опасностей, управление сейсмическим риском, обмен опытом по решению региональных проблем.

Конференцию открыл директор ИС АН РУз С.С. Хусамиддинов. Он приветствовал всех участников и отметил, что институт был создан на основании постановления правительства Узбекистана в октябре 1966 г., после разрушительного Ташкентского землетрясения 26 апреля 1966 г. Организация специализированного института позволила сконцентрировать и расширить тематическую и материально-техническую базу сейсмологических исследований. С приветственным словом выступили: вице-президент Академии наук РУз проф. С.Л. Лутпуллаев, первый заместитель министра по чрезвычайным ситуациям РУз К.М. Арипов, Постоянный координатор ООН и Постоянный



Рис. 2. М.И. Богданов представляет новую карту общего сейсмического районирования Российской Федерации ОСР-2016

представитель Программы развития ООН в Узбекистане Ф. Караханов. С поздравлениями в честь 50-летнего юбилея ИС выступили следующие представители: от Института физики Земли им. Шмидта РАН (г. Москва) — А.Д. Завьялов, директор Центра геофизического мониторинга НАН Белоруссии — А.Г. Аронов (г. Минск), от Института геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии АН Республики Таджикистан (г. Душанбе) — Ф.Х. Каримов, от Центрального-Азиатского института прикладных исследований Земли (г. Бишкек) — Ш.Э. Усупаев. Они поздравили коллектив с 50-летним юбилеем института и отметили ведущую роль академика АН РУз Г.А. Мавлянова (создателя ИС) в развитии сейсмологии как в Узбекистане, так и во всех странах Центральной Азии.

В пленарном заседании были представлены доклады из разных регионов мира, показывающие актуальность исследований по сейсмической опасности. В докладе «Достижения современной сейсмологии в Узбекистане» С.С. Хусамиддинов рассказал, что

сейсмологические исследования на территории Узбекистана были начаты еще в XIX в. — первый сейсмоскоп был установлен в Ташкентской физической обсерватории еще в 1881 г. (135 лет назад). Первая сейсмическая станция в Туркестанском крае была открыта в 1901 г. в г. Ташкенте Российской академией наук. Достижения ИС стали важной вехой в развитии сейсмологии. В последнее десятилетие учеными института разработана новая методология и карта общего сейсмического районирования, создана геофизическая модель подготовки землетрясения, в результате реализации Государственной программы по реконструкции и развитию системы мониторинга сейсмической опасности создана автоматизированная сеть из 60 сейсмологических станций на основе современных цифровых аппаратных информационных, телекоммуникационных технологий. В настоящее время имеется возможность регистрировать землетрясения от магнитуд $M=1,5-2,0$ по всей территории Узбекистана. Концепция развития сейсмологии в Узбекистане до 2025 г. предусматривает решение

перспективных фундаментальных и прикладных задач. Доклад профессора Мустафы Эрдика (Dr. Mustafa Erdik, Турция) «Applications of seismic hazard assessment, seismic monitoring early warning and rapid response» ознакомил слушателей с исследованиями, проводимыми в Турции для развития систем раннего оповещения. Следует отметить также и презентацию Д. Стопчака (D. Storchak) из Международного сейсмологического центра (ISC, UK) «Contribution of Uzbekistan seismic network to the database of the International Seismological Centre (ISC)», где он рассказал, что задачей центра является долгосрочная международная миссия по сбору данных и изданию международного сейсмологического бюллетеня. В настоящее время ISC имеет бюллетень данных с 1904 по 2016 г., основанный на записях 16 тыс. станций из 140 организаций в мире. В СССР ежегодно издавался бюллетень «Землетрясения в СССР», где были опубликованы данные о 608 землетрясениях, многие из которых происходили на территории Центральной Азии (ЦА). В настоящее время из стран ЦА только Казахстан



Рис. 3. Председатели секции «Оценка сейсмической опасности»: Н.Н. Михайлова, д.ф.-м.н., профессор, директор НЦД Казахстана; Д.А. Сторчак, директор Международного сейсмологического центра (ISC, UK)

и Кыргызстан являются членами ISC. Учитывая высокую сейсмическую опасность в регионе, докладчик призвал Узбекистан, Таджикистан и Туркмению также срочно наладить контакт и передавать данные сейсмических станций. Накопленный опыт и результаты исследований, изложенные в докладе М.И. Богданова (ООО «ИГИИС», в соавторстве с В.И. Уломовым (ИФЗ РАН) «Новые карты общего сейсмического районирования РФ ОСР–2016»), вызвали несомненный интерес и множество вопросов к докладчику (рис. 2).

Пленарное заседание продолжилось докладами Н.Н. Михайловой «Важные результаты в связи с созданием в Казахстане новых сейсмических групп» (НЦД Казахстана, Институт геофизических исследований Министерства энергетики РК), А.Г. Аронова «Особенности организации сейсмологических наблюдений в Беларуси (Центр геофизического мониторинга НАН Беларуси).

В докладах пленарной секции были обсуждены основные проблемы, стоящие перед специалистами в

разных странах в области изучения сейсмической опасности и рисков, воздействий и последствий для населения и окружающей среды. Предложены пути их решения. К сожалению, ограниченное время заседаний не позволило включить в устную программу конференции большую часть докладов, поступивших в адрес оргкомитета конференции. Однако все секционные заседания конференции предоставляли время для обсуждения докладов и дискуссий.

В секции «Оценка сейсмической опасности» (рис. 3) рассматривались различные подходы к решению данной проблемы как в Узбекистане (Т.У. Артиков, «Анализ точности современных карт сейсмического районирования»), так и в других странах (В.И. Уломов, Т. Данилова, «О моделях сейсмичности при оценке сейсмической опасности» (Россия); Ли Джин (Mr. Li Jin, Китай), «Preliminary study for seismogenic structure of the Pishan ms 6,5 earthquake of July 3, 2015»; Ф.Х. Каримова. «Сейсмогеофизические исследования на территории Таджикистана и

проблемы прогнозирования землетрясений» (Таджикистан). Об использовании оценок сейсмической опасности с целью подготовки планов для населения на примере Японии рассказал М.С. Йоситака Ямадзак (M.S. Yoshitaka Yamazaki, Япония) в статье «Application of seismic hazard assessment for preparedness planning for the public in Japan» (рис. 4).

Ученые Института сейсмологии АН РУз внесли весомый вклад в развитие фундаментальной базы проблемы прогнозирования землетрясений своими открытиями ранее неизвестных явлений природы, обусловленных процессами подготовки землетрясений: «Изменение газового и компонентного состава подземных вод при землетрясениях», «Электромагнитные излучения на заключительном этапе подготовки землетрясений», «Модификация электронных слоев ионосферы над очагом готовящегося землетрясения». Поэтому данному вопросу на конференции была посвящена отдельная секция «Проблемы прогноза землетрясений», где выступил



Рис. 4. Докладчик М.С. Йоситака Ямадзэки (M.S. Yoshitaka Yamazaki, OYO International Corporation and Keiko Saito: GFDRR, Japan)

академик АН РУз К.Н. Абдуллабеков с докладом «О связи вариаций геомагнитного поля с сейсмогеодинамическими процессами в земной коре», в котором он рассказал о полученных уникальных результатах проявления предвестников землетрясений, так как вариации геомагнитного поля, обусловленные сейсмогеодинамическими и техногенными процессами, исследуются в Узбекистане с 1968 г. Китайские коллеги продолжили тему докладом о наведенной сейсмичности: Ланлан Танг (Lanlan Tang) «The injection unduced seismicity in a natural gas reservoir in Utubi, Southern Jungarr Basin, Nortwest China»; российские исследователи представили результаты исследований в следующих докладах: А.Д. Завьялов «О временном группировании афтершоков и его связи с магнитудой основного толчка», Н.В. Шаров «Мониторинг геофизических полей в Республике Карелия», В.Н. Боков «О связи геофизических предвестников с краткосрочным прогнозом землетрясений». Также в этой секции ученые из Камчатского

филиала Геофизической службы РАН представили три доклада о своих исследованиях.

Секции 3 и 4 провели совместное заседание «Сейсмогеодинамика, инженерная геология и инженерная сейсмология». Следует отметить следующие доклады: И.Н. Соколова «Характеристика сейсмичности в областях Сарезского озера и Нурекского водохранилища: адаптация литосферы к дополнительной нагрузке», В.В. Ружич «Влияние сейсмогеодинамического взаимодействия литосферных плит в зоне гималайской коллизии на сейсмичность Южнобайкальского рифта». Исследования по использованию аппаратуры в сейсмологических исследованиях представлены в докладах: О.Г. Разинков, Сугио Имамура (Sugio Imamura) «Особенности сейсмической аппаратуры для систем раннего предупреждения о землетрясениях», А.В. Вилев «Применение GPS мониторинга в оценке современных деформаций земной коры юго-востока Казахстана», С.А. Петров и др. «Инструментальное обеспечение

систем сейсмического и сейсмометрического мониторинга».

Для обеспечения безопасности населения необходимо снизить возможные социально-экономические последствия от катастрофических землетрясений, с этой целью оценивается сейсмический риск и разрабатываются методы по его минимизации. Эти задачи рассматривались в секции «Проблемы снижения сейсмического риска». Последствия развития опасных природных процессов и страхование их последствий на примере землетрясений рассматривались в докладе И.В. Чесноковой. Большой интерес слушателей вызвал доклад Ш.А. Хакимова «Сейсмическая безопасность жилищно-гражданских зданий современной застройки городов ЦА региона и концепция ее повышения». Докладчик отметил, что в Центрально-Азиатском регионе за последние 20 лет строительная практика возведения гражданских зданий изменилась — исчезли привычные, проверенные экспериментально — теоретическими исследованиями и реальными землетрясениями — конструктивные системы, что



Рис. 5. Заседание секции «Проблема прогноза землетрясений». Председатели секции: академик АН РУз К.Н. Абдуллабеков, профессор А.Д. Завьялов

привело к повышению сейсмической уязвимости всей современной инфраструктуры. В своем докладе он привел результаты обследований объектов современного строительства и предложил мероприятия по повышению сейсмической безопасности жилищно-гражданских зданий. Тема оценки уязвимости зданий получила свое развитие и в докладе С.А. Тягунова (Dr. S.A. Tyagunov, Германия) «Seismic vulnerability assessment of exciting buildings».

Оргкомитетом конференции организовано посещение Центра симуляции землетрясений Института гражданской защиты Министерства чрезвычайных ситуаций РУз, где участники могли в реальности на себе ощутить землетрясения различной интенсивности (рис. 6, 7). «Вибростол-Shaking Table» был установлен в 2015 г. и используется для обучения населения поведению во время землетрясения и для испытаний различных конструкций зданий и сооружений.

На заключительном заседании участники пришли к единому мнению, что представленные на

конференции доклады имеют высокое научно-практическое значение. Открытые дискуссии, обсуждения докладов, живое общение способствовали налаживанию тесных связей между сейсмологическими центрами стран СНГ и мира, а также распространению передового научного опыта и развития сейсмологической науки.

По итогам конференции принята резолюция по оказанию содействия участниками конференции:

- объединением усилий ученых и специалистов по сбору и обмену сейсмическими и сейсмопрогностическими данными как в регионе Центральной Азии, так и с национальными и международными центрами с целью уменьшения риска от вероятных местных и трансграничных землетрясений;
- международным организациям в реализации проектов, направленных на обеспечение сейсмической безопасности населения, оценку и снижение сейсмического риска для стран Центральной Азии;
- в создании регионально-го центра сбора, хранения и обмена

сейсмологических, геофизическими (сейсмопрогностическими) данными;

- в оперативном развертывании систем сейсмического мониторинга в эпицентральных зонах сильных землетрясений в регионе;
- в расширении сотрудничества среди специалистов — геофизиков, метеорологов и сейсмологов с целью дальнейшего развития методов прогноза землетрясений.

Реализация вышеперечисленных мер позволит максимально снизить размер ущерба и потерь в случае возникновения чрезвычайных ситуаций.

Участники выразили благодарность организаторам за инициативу в организации и проведении данной конференции и предложили признать состоявшуюся Международную конференцию «Актуальные проблемы современной сейсмологии TASECO-2016» успешной, которая должна послужить уменьшению сейсмической опасности во многих странах мира, и рекомендовать дальнейшее проведение подобных конференций с периодичностью один раз в два года.



Рис. 6. Посещение участниками конференции Центра симуляции землетрясений Института гражданской защиты Министерства чрезвычайных ситуаций РУз



Рис. 7. Имитация землетрясения на вибростоле

О РОЛИ АКАДЕМИКА Г.А. МАВЛЯНОВА В РАЗВИТИИ СЕЙСМОЛОГИИ В УЗБЕКИСТАНЕ

THE ROLE OF ACADEMIC G.A. MAVLYANOV IN DEVELOPMENT OF SEISMOLOGY IN UZBEKISTAN

МАВЛЯНОВА Н.Г.

Главный научный сотрудник Института геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, д.г.-м.н., mavnad13@rambler.ru

MAVLYANOVA N.G.

Leading researcher of Sergeev Institute of Environmental Geoscience of Russian Academy of Sciences, DSc (Doctor of Science in Geology and Mineralogy), mavnad13@rambler.ru

РАХМАТУЛЛАЕВ Х.Л.

Старший научный сотрудник, ученый секретарь Института сейсмологии им. Г.А. Мавлянова Академии Наук Узбекистана, к.г.-м.н., г. Ташкент, khikmat@mail.ru

RAKHMATULLAEV Kh.L.

Leading researcher of Mavlyanov Institute of Seismology, PhD (Candidate of Science in Geology and Mineralogy), Tashkent, khikmat@mail.ru

Ключевые слова: академик Г.А. Мавлянов; Институт сейсмологии в Узбекистане; прогноз землетрясений; минерал «мавляновит».

Аннотация: академик Г.А. Мавлянов — организатор и первый директор (1966–1986) Института сейсмологии Академии наук Республики Узбекистан, созданного сразу после Ташкентского землетрясения 1966 г. Под его руководством за короткое время институт достиг значительных научных результатов в области исследований природы землетрясений, оценки и районирования сейсмической опасности, разработки научных основ и методологии прогнозирования землетрясений, сейсмотектоники и инженерной сейсмологии. В 1990 г. Институту сейсмологии присвоено имя академика Г.А. Мавлянова. В 2008 г. группой исследователей Ташкентского музея геологии и минеральных ресурсов открыт новый минерал, который назван «мавляновит» (mavlyanovite) в честь Гани Арифхановича Мавлянова (1910–1988), внесшего неоценимый вклад в развитие гидрогеологии, инженерной геологии и сейсмологии.

Keywords: academician G.A. Mavlyanov; Institute of seismology in Uzbekistan; forecast of earthquakes; mineral «mavlyanovite».

Abstract: the academician G.A. Mavlyanov was the organizer and first director (1966–1986) of the Institute of Seismology of the Academy of Sciences of Uzbekistan, which was established immediately after the 1966 Tashkent earthquake. Under his leadership, in a short period of time the Institute has produced significant scientific results in the fields of natural earthquake research, evaluation and zoning of seismic hazard, development of scientific bases and methods for earthquake prediction, and earthquake engineering and seismotectonics. In 1990 the Institute of Seismology was named after G.A. Mavlyanov. And in 2008 a group of researchers from the Tashkent Museum of Geology and Mineral Resources named their newly discovered mineral «mavlyanovite» in honor of Gani Arifhanovich Mavlyanov (1910–1988). Mavlyanov has made an invaluable contribution to the development of hydrogeology, geology, and seismology in Uzbekistan.

Ранним утром в 5 часов 22 минуты 52 секунды местного времени 26 апреля 1966 г. жители Ташкента проснулись от сильного подземного толчка, который сопровождался гулом и световыми явлениями. По информации центральной сейсмической станции «Ташкент» очаг происшедшего тектонического землетрясения находился непосредственно под центром города на глубине 8 км. Магнитуда основного толчка составила 5,2, что вызвало сотрясение в центральной части Ташкента интенсивностью около

8 баллов (по шкале MSK-64). В результате землетрясения в эпицентральной зоне разрушилось значительное количество жилых домов, несколько больниц, школ, фабрик, зданий государственных и общественных учреждений. После основного толчка фиксировались многочисленные афтершоки, продолжавшиеся в период с 1966 по 1968 г. [2].

Детальные исследования сейсмичности Приташкентского района были начаты в 1960 г. после организации пяти передвижных сейсмических

станций, которые значительно дополнили материалы 60-летних наблюдений центральной сейсмической станции «Ташкент». Проведенные ранее геологические исследования имели целью обеспечение необходимой геологической информацией для промышленного и гражданского строительства. При этом систематические и детальные исследования по изучению особенностей сейсмотектоники выполнялись фрагментарно.

Одной из первых инициатив созданной в начале мая 1966 г. по указанию ЦК КП Узбекистана комиссии из представителей геологических организаций Ташкента (Х.Т. Туляганова, В.Г. Горьковца, Г.А. Мавлянова и др.) была попытка анализа имеющегося геологического материала и разработка рекомендаций по дальнейшим направлениям изучения причин и последствий этого стихийного события. Комиссия объективно оценила силу землетрясения, еще раз указала на его тектоническое происхождение, охарактеризовала состояние геолого-геофизической изученности района и наметила в общих чертах программу будущих исследований. В письме рабочей группы в составе видных ученых страны: членов корреспондентов АН СССР Е.Ф. Саваренского и Ю.В. Ризниченко; докторов наук С.В. Пучкова и А.В. Горячева от 23 мая 1966 г. были подробно рассмотрены сейсмологические аспекты предстоящих исследований.

По итогам проведенных работ Правительственная комиссия 30 мая 1966 г. направила в ЦК КП Узбекистана и Совет Министров РУз

докладную «Об основных мерах по изучению сейсмологических и сейсмотектонических условий района г. Ташкента и Узбекистана в связи с землетрясениями в апреле-мае 1966 г.». В докладной наряду с информацией о выполняемых работах указано на необходимость отнесения значительной части территории г. Ташкента (с учетом грунтовых условий) к 9-балльной сейсмической зоне, а также намечены первоочередные мероприятия, необходимые для выяснения геологических причин и закономерностей, определяющих возникновение землетрясений в районе.

Комиссия также разработала комплекс организационных мероприятий, обеспечивающих решение поставленных проблем. В числе основных указана необходимость организации в системе Академии наук Узбекской ССР Института сейсмологии и Сейсмологической обсерватории, создание которых явилось бы важной вехой в деле развития сейсмологии в республике; усиление научно-исследовательских работ по проблеме сейсмостойкости зданий и сооружений; организация специальных сейсмогеофизических полигонов, оборудованных новейшей сейсмометрической и геофизической аппаратурой.

Предложения комиссии нашли поддержку в Правительстве Советского Союза и Узбекистана, и 31 августа 1966 г. принято постановление ЦК КП Узбекистана и Совета Министров УзССР № 449 «О мерах по усилению научных исследований в области сейсмологии и сейсмотектоники в Узбекистане». 1 октября 1966 г. в системе Академии наук республики открыт Институт сейсмологии, первым директором которого стал видный ученый-геолог академик Академии наук Узбекистана Г.А. Мавлянов (рис. 1).

Институт был образован путем слияния отдела сейсмологии Института геологии и геофизики, центральной сейсмической станции «Ташкент» и магнитно-ионосферной станции (МИС) «Янгибазар» (рис. 2). Костяк научного коллектива составили специалисты, приглашенные из различных научно-исследовательских институтов и высших учебных заведений. Причем предпочтение отдавалось молодым ученым и специалистам. Заместителем директора по



Рис. 1. Г.А. Мавлянов — директор Института сейсмологии АН РУз (1966-1986). Фото из журнала «Soviet Life», август, 1983 г. [4]

науке стал заведующий центральной сейсмической станцией «Ташкент» В.И. Уломов. Как показала жизнь, наличие именно такого тандема руководителей оказалось самым удачным в 50-летней истории института, в результате за сравнительно короткое время Институт сейсмологии стал одним из ведущих учреждений АН РУз (рис. 3). Уже в первые годы организации института Г.А. Мавляновым была поставлена задача по возможности полного и всестороннего изучения причин землетрясения и его последствий. В результате кропотливой работы большого коллектива ученых и специалистов подготовлена и издана в 1971 г. фундаментальная монография «Ташкентское землетрясение 26 апреля 1966 г.». В монографии нашли отражение основные вопросы сейсмологических, геолого-геофизических, инженерно-геологических и других исследований причин

и последствий грозного стихийного события. Подробно рассмотрены вопросы сейсмического режима и сотрясаемости, геофизики и сейсмотектоники, сейсмического районирования и микрорайонирования.

Дан анализ воздействия основного толчка и его многочисленных афтершоков на здания и сооружения, произведена оценка роли грунтовых условий на интенсивность землетрясений, приведены примеры наиболее характерных повреждений различных инженерных объектов, а также впервые в отдельной главе представлены результаты медицинских исследований последствий землетрясения в свете организации неотложной помощи населению в период ликвидации последствий землетрясений [2]. Создание такой работы во многом стало возможно благодаря активной научно-организационной деятельности Г.А. Мавлянова в качестве главного

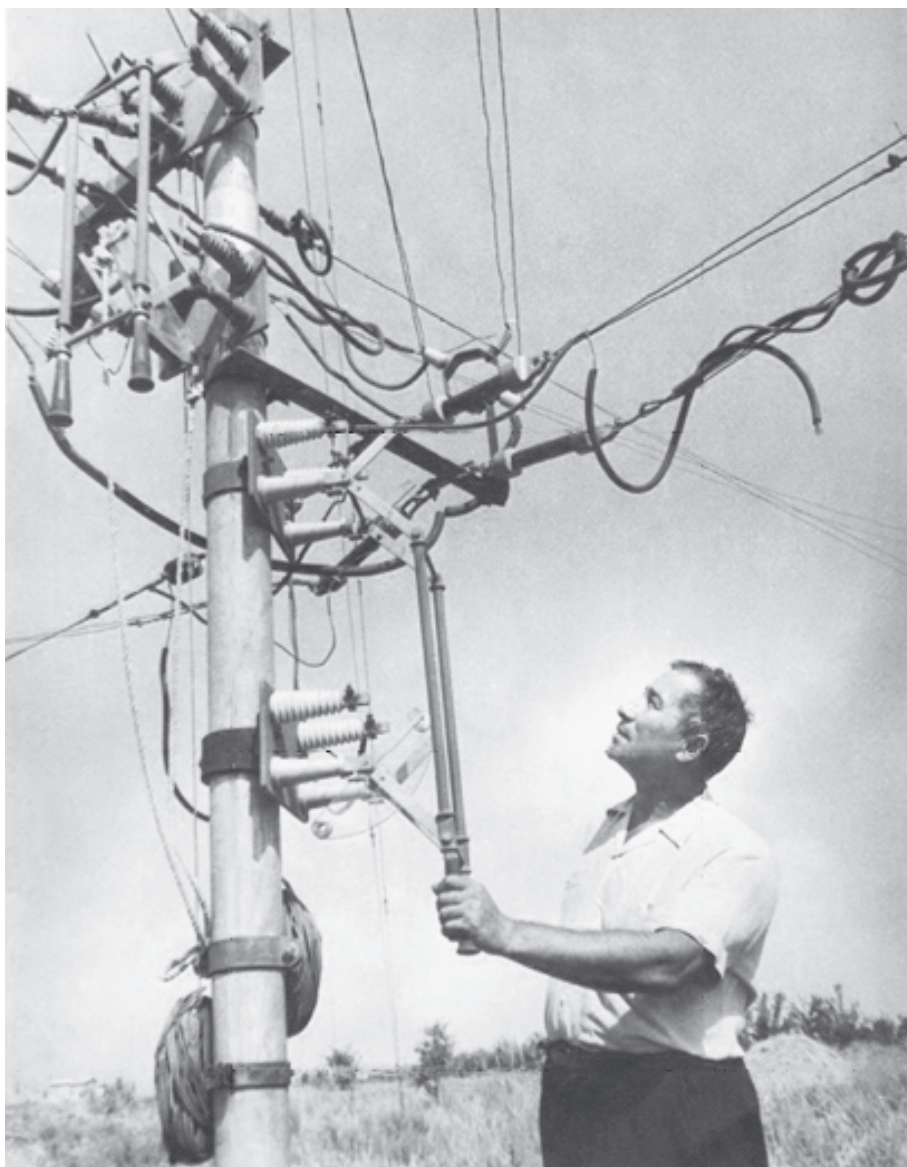


Рис. 2. Г.А. Мавлянов во время установки антенны на магнитно-ионосферной станции «Янгибазар» (фото из личного архива)

редактора. Аналогичные научные отчеты в виде монографий выполнены для Газлийских 1976 и 1984 гг., Таваксайского 1977 г. и Назарбекского 1980 г. и других землетрясений. В этих исследованиях наряду с узбекскими исследователями активное участие приняли ряд ведущих ученых профильных институтов СССР.

Как ученый-геолог Г.А. Мавлянов понимал, что исследование только генезиса землетрясений и их последствий — это решение лишь только половины проблемы. Не меньшее значение имели, по его мнению, работы по сейсмическому районированию и микрорайонированию, а также прогнозу землетрясений. Исходя из изложенного выше, была образована структура института, которая включала в себя: ЦСС «Ташкент», МИС «Янгибазар»,

лаборатории сети сейсмических станций и наклонометрии, вариации геофизических полей, гидрогеохимии, инженерной геологии, вычислительной геологии, современных движений земной коры и сейсмического микрорайонирования (рис. 4).

В своей научно-производственной работе директора Г.А. Мавлянов руководствовался необходимостью сочетания фундаментальных теоретических исследований и результатов практических полевых работ. Он также придавал первостепенное значение режимным наблюдениям и измерениям за изменениями геолого-геофизических, геодинамических, гидрогеохимических и других показателей. В первую очередь были детально переработаны геолого-геофизические материалы прошлых лет с целью

ретроспективного поиска возможных предвестников происшедшего сильного землетрясения 26 апреля 1966 г. В целях решения этих задач в институте была разработана комплексная программа, организованы группы исследователей, созданы четыре геодинамических полигона. На этих полигонах наряду с сейсмическими проводились режимные наблюдения за вариациями геофизических полей, газовых, компонентных и динамических параметров подземных вод, наклонов земной поверхности. Впервые была разработана методика стационарных и маршрутных наблюдений за локально-региональными изменениями геомагнитного поля. К середине 1980-х годов на геодинамических полигонах Узбекистана функционировала сеть из 37 сейсмических и восьми наклономерных станций, 12 гидрогеологических пунктов, 22 протонных магнитометров, четырех электротеллурических и трех установок электромагнитных излучений [1].

Положительные результаты этих исследований получены к началу 1970 г., когда выявилась закономерность изменения гидрогеологических показателей в периоды подготовки землетрясения. По результатам анализа химического состава подземных вод ташкентского артезианского бассейна определено изменение количества некоторых микроэлементов в период подготовки землетрясений. Для подтверждения этого ранее неизвестного природного явления требовалась кропотливая работа по многократной проверке большого ряда результатов повторных измерений гидрогеохимических показателей и увязке их с произошедшими в этот период времени землетрясениями. Полученные результаты в установленной форме были оформлены и переданы в Госкомитет СССР по делам открытий и изобретений.

12 июля 1973 г. Комитет по делам изобретений и открытий при Совете Министров СССР зарегистрировал открытие группой ученых московских и ташкентских институтов изменения химического и газового состава подземных вод в этапы, предшествующие и сопутствующие землетрясению. Авторы открытия — Г. Мавлянов, А. Султанходжаев, В. Уломов, Л. Хасанова, Н. Хитаров, Л. Горбушина, В. Тыминский,

А. Спиридонов и Б. Мавашев. По сути, это было первое научное открытие в системе Академии наук Узбекистана со времени ее создания, а также первый шаг на тернистом пути поиска надежных предвестников землетрясений. Это открытие получило широкий резонанс и с интересом встречено отечественными и зарубежными учеными. Впоследствии изменение газово-химического состава в периоды, предшествующие крупным сейсмическим событиям, нашло подтверждение в некоторых регионах земного шара. Здесь необходимо отметить, что, несмотря на довольно детальные гидрогеохимические наблюдения в некоторых странах, как, например, в Китае, изменения гидрогеологических и гидрогеохимических показателей в процессе подготовки сильных землетрясений не нашли подтверждения. Можно предположить, что отсутствие связи между землетрясениями и изменением газо-химического состава в одних случаях и наличие ее в других говорит только о сложном механизме подготовки сейсмического события. В том же 1973 г. на основе детального изучения архивных сейсмологических бюллетеней специалистами института была отмечена определенная цикличность в проявлении сейсмических событий в Ферганской долине. Этот регион — одна из развитых промышленно-сельскохозяйственных областей в республике, с высокой плотностью населения. Поэтому вопросы прогноза возможных землетрясений и оценки сейсмической опасности имеют здесь первостепенное значение.

Исходя из этого положения, Г.А. Мавлянов подготовил докладную записку в директивные органы республики и бывшего Советского Союза с обоснованием создания в Ферганской долине специализированного научно-исследовательского отдела. По его мнению, наличие в долине такого подразделения позволило бы существенным образом повысить эффективность существующих сейсмических станций и создать новые прогностические станции, задачи которых заключались бы в постоянном мониторинге за изменениями геолого-геофизических полей и гидрогеохимических показателей подземных вод. Предложение было признано актуальным, и с целью детального ознакомления с данной проблемой в Ташкент прибыл



Рис. 3. Г.А. Мавлянов со строителями при возведении нового здания Института сейсмологии (1978 г.) (фото из личного архива)

ответственный работник Госкомитета СССР по науке и технике профессор В.Г. Кириллов-Угрюмов. Создание отдела поддержали, и 14 ноября 1973 г. в г. Андижане начал свою работу комплексный научно-исследовательский отдел (АКНИО), заведующим которым стал Г.Ю. Азизов. Оснащение имеющихся на территории Ферганской долины сейсмических станций дополнительной аппаратурой и приборами, создание специализированных прогностических станций позволило за очень короткий отрезок времени улучшить работу по регистрации и обработке параметров сейсмических событий, создать службу непрерывных наблюдений за геолого-геофизическими и гидрогеохимическими изменениями в окружающей геологической среде. Важным итогом проводимых в АКНИО исследований стал официальный прогноз возможного сильного землетрясения на территории Южного Тянь-Шаня. За несколько дней до землетрясения на Андижанском полигоне неожиданно прекратился самоизлив опытной скважины, в ряде других скважин наблюдались большие изменения в глубине залегания уровня грунтовых вод. Еще ранее отмечалось, что изменения дебита скважин и уровня грунтовых вод являются одним из предвестников нарастания тектонических напряжений. На основе анализа полученной

информации составили официальный прогноз, согласно которому в течение 1 ноября 1978 г. на юге от г. Андижана, в Южно-Тянь-Шаньской сейсмоактивной зоне произойдет сильное землетрясение. Телеграмма с прогнозом возможного землетрясения была выслана в г. Москву, в Институт физики Земли им О.Ю. Шмидта. Через 6 часов после отправления сообщения о прогнозе в Алайской долине (в 120 км от г. Андижана) произошло землетрясение магнитудой 6,8. Интенсивность сотрясений в эпицентре составила 8 баллов (по шкале MSK-64). Информация об успешном прогнозе землетрясения узбекскими сейсмологами широко освещалась в центральной и республиканской периодической печати.

Успешный прогноз землетрясения позволил поставить вопрос о расширении сети прогностических наблюдений и организовать 4 мая 1981 г. Комплексную опытно-методическую экспедицию по изучению и прогнозированию землетрясений. Цель создания экспедиции — проведение комплексных сейсмологических, геофизических, геодинамических, гидрогеосейсмологических, деформометрических режимных наблюдений на геодинамических полигонах республики для выявления эффективных предвестников землетрясений. К середине 1980-х годов количество сейсмических станций



Рис. 4. Г.А. Мавлянов на магнитно-ионосферной станции «Янгйбазар» (фото из личного архива)

на территории Узбекистана достигло 36, а комплексных гидрогеосейсмологических станций — 10, геомагнитных — 14. Г.А. Мавлянов сам лично ездил по всей республике, выбирал место для установки станций, обосновывал перед местными властями необходимость выделения земель и контролировал строительство зданий (рис. 5).

С 1976 года в институте была организована прогнозная комиссия (рис. 6), которая на основании анализа информации, поступающей с сейсмических, гидрогеосейсмологических, деформетрических, геофизических станций со всей республики, составляет заключение о сейсмической обстановке в республике и в виде справки передается в МЧС и Академию наук. На протяжении уже 40 лет прогнозная комиссия

продолжает проводить еженедельные заседания.

В Научном совете АН СССР по инженерной геологии и гидрогеологии Г.А. Мавлянов возглавлял Комиссию сейсмических прогнозов, однако его лидерство и признанный авторитет играли большую роль и при решении вопросов, связанных с лессовыми породами, сейсмическим микрорайонированием, мелиоративной гидрогеологией и многим другим. Одним из важных этапов научно-организационной деятельности Г.А. Мавлянова стала организация в мае 1974 г. в г. Ташкенте Первого международного симпозиума по поиску предвестников землетрясений, в котором приняли участие ведущие ученые из многих стран мира. Проведение подобного научного мероприятия было признанием научным сообществом успехов

коллектива института по изучению природы землетрясений и прогнозу их проявления.

В ноябре 1975 г. в Ташкенте прошло Первое всесоюзное научно-техническое совещание «Инженерно-геологическая основа сейсмического микрорайонирования», организованное Институтом сейсмологии АН РУз и проблемной комиссией Научного совета по сейсмическому микрорайонированию. Его оргкомитет возглавлял Г.А. Мавлянов. Тематика совещания была весьма актуальной. Рост масштабов строительства в сейсмоопасных районах страны в те годы ставил новые задачи по качественному выполнению инженерных изысканий. Было необходимо вырабатывать простые, пригодные для массового применения способы детальной оценки местных природных факторов, определяющих уровень общей сейсмической опасности того или иного района. В совещании участвовали представители проектных, изыскательских и научных организаций из всех сейсмоопасных регионов страны [3].

В процессе руководства Институтом сейсмологии Г.А. Мавлянов помимо разработки фундаментальных исследований уделял постоянное внимание вопросам использования результатов научно-исследовательских работ в народном хозяйстве. При его активном содействии и научном руководстве в период с 1966 по 1980 г. выполнен большой комплекс работ по составлению карт сейсмического микрорайонирования 26 крупных городов и промышленных объектов в республике. В 1971–1978 гг. составлена новая карта общего сейсмического районирования Узбекистана, явившаяся основой для сейсмостойкого строительства. Использование результатов научных исследований позволяло вести проектирование и строительство сейсмически устойчивых инженерных сооружений на основе учета особенностей сейсмического режима конкретной территории.

Как известно, Г.А. Мавлянов — всемирно признанный исследователь лессовых пород Средней Азии. Он был автором широко известной полигенетической гипотезы образования лессовых пород в этом регионе. Отмечая факт широкого распространения этих покровных отложений на всей территории Средней Азии, он подчеркивал,

что площади распространения этих континентальных отложений являются средой обитания населения, расположения промышленных производств и объектов сельского хозяйства. Но именно эти площади являются сейсмически активными. Поэтому логичным была организация под руководством Г.А. Мавлянова в 1980 г. в г. Самарканде Всесоюзного совещания «Проблемы лессовых пород в сейсмических районах» (рис. 7). В итоговом постановлении совещания нашло отражение решение ряда проблем в вопросах сейсмического районирования и микрорайонирования на лессовых территориях.

В 1981 г. за цикл работ по разработке научно-методических основ сейсмического микрорайонирования и внедрения научно-исследовательских результатов в народное хозяйство республики группа ученых во главе с Г.А. Мавляновым удостоена Государственной премии в области науки и техники им. Абу Райхана Беруни.

Признанием больших заслуг Г.А. Мавлянова в развитии геологической науки стало утверждение его куратором экскурсий А-11 и С-11 XI Международного конгресса INQUAA-11 и С-11 по Узбекистану (Москва, 1982 г.) и полевых



Рис. 5. Г.А. Мавлянов с сотрудниками Института сейсмологии (фото из личного архива)

экскурсий 033, 035, 088, 100 XXVII сессии Международного геологического конгресса (Москва, 1984 г.).

Отмечая большую роль Г.А. Мавлянова в развитии сейсмологии, необходимо особо подчеркнуть его постоянное внимание к созданию единой службы сейсмических наблюдений и кооперации родственных институтов

в Средней Азии. С его именем связана разработка крупных фундаментальных проблем гидрогеологии, инженерной геологии и геофизики. Поступательное развитие Института сейсмологии АН РУз в значительной степени нарушилось вследствие необоснованных проверок различными контролирующими организациями



Рис. 6. Идет заседание прогнозной комиссии Института сейсмологии (1980 г.) (фото из личного архива)



Рис. 7. На Всесоюзном совещании в г. Самарканде «Проблемы лессовых пород в сейсмических районах», 1980 г. Справа налево: Г.А. Мавлянов, Е.М. Сергеев, Х.Н. Баймухамедов и другие (фото из личного архива)

начиная с 1985 г. (во времена смены власти в республике). В результате почти двухлетнего разбирательства руководство института было полностью заменено. Вспоминая перипетии бесконечных проверок, Г.А. Мавлянов незадолго до своей кончины в 1988 г. с сожалением говорил не о потерянной должности, а о потерянном времени, за которое можно было бы сделать очень много в решении актуальных проблем сейсмологии. 12 марта 1988 г. в 8.30 утра студенты геолого-разведочного факультета Ташкентского политехнического института заполнили аудиторию и с нетерпением ждали очередную лекцию академика, но время шло, а лекция не начиналась. Всех это крайне удивило, так как Г.А. Мавлянов никогда не опаздывал, но в этот момент пришла трагическая весть о том, что ночью он внезапно скончался.

Как говорится, всё большое видится на расстоянии. И сейчас, оглядываясь на не столь далекое прошлое, можно только удивляться масштабу исследований, выполненных коллективом под руководством Г.А. Мавлянова в период с 1966 по 1986 г. Несмотря на большую загруженность научными и научно-организационными работами, он всегда находил время для работы с молодыми специалистами. Будучи профессором, с 1956 г. преподавал на геолого-разведочном

факультете Ташкентского политехнического института. Характерным для него было приглашение на работу в институт способных молодых специалистов, многие из которых в настоящее время являются ведущими учеными. Он всегда уделял особое внимание подготовке кадров и отправлял молодых специалистов в ведущие учреждения Советского Союза для обучения в аспирантуре и докторантуре. Неоценима роль Г.А. Мавлянова как организатора науки и мудрого наставника, воспитавшего плеяду высококвалифицированных научных кадров. Им подготовлено 11 докторов и 70 кандидатов наук, активно работающих в Узбекистане, России, Белоруссии, Казахстане, Кыргызстане, Таджикистане, Туркмении, Украине. Высоко оценены самоотверженный труд и плодотворная деятельность Г.А. Мавлянова в развитии науки и воспитании научных кадров. Он награжден орденами Красной Звезды, Отечественной войны I и II степени, дважды орденом Трудового Красного Знамени, «Знак почета» и медалями. В 1970 г. удостоен звания «Заслуженный деятель науки и техники Узбекистана». Талантливый ученый и организатор науки Г.А. Мавлянов, внесший огромный вклад в становление и развитие инженерно-геологической и сейсмологической науки, является одним из

крупнейших ученых современности. Он — автор более 350 научных работ, в том числе 20 монографий.

Конец 80-х и начало 90-х годов XX века можно охарактеризовать как время выживания института, которое проходило в условиях резкого снижения финансирования, разрыва научных связей с родственными учреждениями бывшего Советского Союза и массового оттока научных специалистов.

Уже в годы независимого развития республики положение института стало постепенно улучшаться. Несмотря на трудности экономического роста, руководством республики начиная с 2009 г. выделяются финансовые средства на расширение сети сейсмологических станций, закупку современной цифровой аппаратуры и приборов ведущих зарубежных производителей. В настоящее время институт структурно объединяет [1]:

- шесть научных лабораторий: региональной сейсмичности и сейсмического районирования, геофизических полей, сейсмогеодинамики, техногенной сейсмичности, инженерной сейсмологии, геоэкологии;

- сеть сейсмологического мониторинга, Комплексную магнитно-ионосферную обсерваторию;

- сейсмологические службы: срочных донесений о сильных землетрясениях, кадастра зон повышенной сейсмической опасности, информационно-аналитическую.

В институте созданы известные научные школы:

- инженерной геологии, гидрогеологии, генезиса лессовых пород Центральной Азии, инженерно-геологической основы сейсмического микрорайонирования — академик АН РУз Г.А. Мавлянов;

- гидрогеосейсмологии — гидрогеосейсмологических предвестников землетрясений — академик АН РУз А.Н. Султанходжаев;

- геофизики — электромагнитных явлений в земной коре — академик АН РУз К.Н. Абдуллабеков;

- количественных моделей геофизической среды, сейсмического процесса и сейсмических воздействий с целью разработки новых методов оценки сейсмической опасности для общего сейсмического микрорайонирования территорий — профессор

Т.У. Артиков.

В 1990 г. принято постановление № 269 Совета Министров Узбекской ССР «Об увековечивании памяти академика Академии наук Узбекской ССР Гани Арифхановича Мавлянова» и Институту сейсмологии присвоено имя его создателя и первого директора — академика Г.А. Мавлянова. В 2008 г. группой исследователей Ташкентского музея геологии и минеральных ресурсов во главе с выдающимся ученым Р.Г. Юсуповым открыт новый минерал, обозначенный формулой Mn_5Si_3 , который назван «мавляновит» (mavlyanovite) в честь Гани Арифхановича Мавлянова (1910–1988), внесшего неоценимый вклад в развитие гидрогеологии, геологии и сейсмологии Узбекистана.

Новый минерал был обнаружен в истоках реки Кошмансай на склоне Чаткальского хребта, входящего в состав горной системы Тянь-Шань, и получил международное признание. Комиссия по номенклатуре и классификации новых минералов Международной ассоциации минералогов ИМА утвердила силицид марганца и предложенное название. Сегодня в мире известно более 5000 минералов и их разновидностей, теперь имя выдающегося ученого Г.А. Мавлянова увековечено в названии нового минерала.

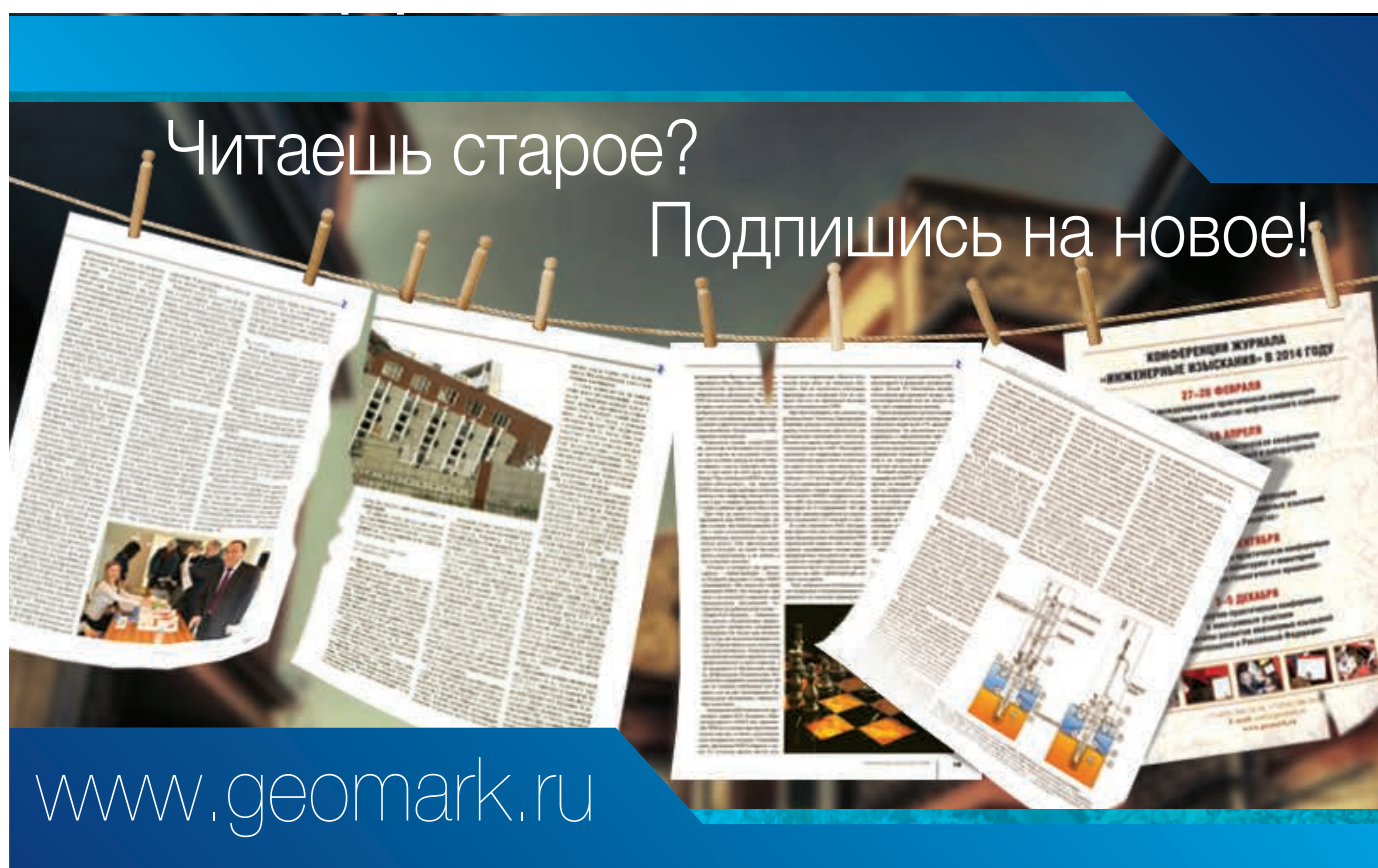
Проведенная в октябре 2016 г. в г. Ташкенте международная научная конференция, посвященная 50-летию со дня организации Института сейсмологии, показала, что научный

коллектив успешно продолжает фундаментальные и прикладные исследования. Главные задачи на ближайшие годы — это развитие сейсмологических исследований, оценка сейсмической опасности и риска, усовершенствование методов сейсмического районирования с целью оптимального хозяйственного освоения территории; совершенствование цифровой сети сейсмических наблюдений, подготовка высококвалифицированных кадров. Фундамент, заложенный при создании института, оказался настолько прочным, что коллектив института смог пройти все испытания и сохранить свою ведущую роль в области изучения природы землетрясений в Центральной Азии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. История и достижения сейсмологической науки в Узбекистане // Институту сейсмологии имени Г.А. Мавлянова Академии наук Республики Узбекистан 50 лет (1966–2016 гг.) / отв. ред. С.С. Хусомиддинов. Ташкент, 2016. 210 с.
2. Ташкентское землетрясение 26 апреля 1966 года. Ташкент: ФАН, 1971. С. 5–12, 629–645.
3. Шибакowa B.C. Академик Гани Арифханович Мавлянов (1910–1988) // Инженерная геология - события и люди. М.: Академическая наука, ООО «Геомаркетинг», 2014. 160 с.
4. Omar Fergani Academician a peasant's son // Soviet Life. August, 1983. P. 20–23.

Читаешь старое?
Подпишись на новое!



www.geomark.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ СОВРЕМЕННЫХ КАРТ СЕЙСМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОГО УЗБЕКИСТАНА) RESEARCH OF INACCURACY OF MODERN SEISMIC ZONING MAPS (ON EXAMPLE OF EASTERN UZBEKISTAN)

АРТИКОВ Т.У.

Заведующий лабораторией региональной сейсмичности и сейсмического районирования Института сейсмологии им. Г.А. Мавлянова Академии наук Республики Узбекистан, д.ф.-м.н., профессор, г. Ташкент, Республика Узбекистан

ARTIKOV T.U.

Head of the Regional seismicity and Seismic zoning Laboratory, Mavlyanov Institute of Seismology, Academy of Science of the Republic of Uzbekistan, DSc (Doctor of Science in Physics and Mathematics), professor, Tashkent, the Republic of Uzbekistan

ИБРАГИМОВ Р.С.

Ведущий научный сотрудник лаборатории региональной сейсмичности и сейсмического районирования Института сейсмологии им. Г.А. Мавлянова Академии наук Республики Узбекистан, д.ф.-м.н., г. Ташкент, Республика Узбекистан, ibrrroma@yandex.ru

IBRAGIMOV R.S.

Leading researcher of the Regional seismicity and Seismic zoning Laboratory, Mavlyanov Institute of Seismology, Academy of Science of the Republic of Uzbekistan, DSc (Doctor of Science in Physics and Mathematics), Tashkent, the Republic of Uzbekistan, ibrrroma@yandex.ru

ИБРАГИМОВА Т.Л.

Старший научный сотрудник лаборатории региональной сейсмичности и сейсмического районирования Института сейсмологии им. Г.А. Мавлянова Академии наук Республики Узбекистан, к.г.-м.н., г. Ташкент, Республика Узбекистан, tam.anay@yahoo.com

IBRAGIMOVA T.L.

Senior researcher of the Regional seismicity and Seismic zoning Laboratory, Mavlyanov Institute of Seismology, Academy of Science of the Republic of Uzbekistan, PhD (Candidate of Science in Geology and Mineralogy), Tashkent, the Republic of Uzbekistan, tam.anay@yahoo.com

МИРЗАЕВ М.А.

Младший научный сотрудник лаборатории региональной сейсмичности и сейсмического районирования Института сейсмологии им. Г.А. Мавлянова Академии наук Республики Узбекистан, г. Ташкент, Республика Узбекистан

MIRZAEV M.A.

Junior researcher of the Regional seismicity and Seismic zoning Laboratory, Mavlyanov Institute of Seismology, Academy of Science of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, the Republic of Uzbekistan

Ключевые слова: сейсмическая опасность; сейсмический потенциал; сейсмическая активность; интенсивность сейсмических воздействий; сейсмическое районирование; сейсмические источники.

Аннотация: исследовано влияние факторов неопределенности входных параметров на результаты оценки сейсмической опасности. Установлено, что наибольшие изменения на картах сейсмической опасности, построенных на основе наиболее вероятных значений в распределении параметров сейсмического режима и сейсмических воздействий, могут возникать вследствие неверного задания глубин очагов землетрясений (H), недостоверных оценок сейсмического потенциала (M_{max}) и угла наклона графика повторяемости (γ). Существенно меньше сказывается влияние таких факторов, как неточное определение сейсмической активности A_{10} , неверный выбор преобладающего типа подвижки в очаге, использование не локальных, а региональных законов затухания с расстоянием интенсивности сейсмических воздействий. Для территории Восточного Узбекистана построен наиболее «опасный» вариант карты сейсмического районирования, в котором учтены практически все возможные факторы неопределенности в параметрах сейсмического режима и сейсмических воздействий.

Keywords: seismic hazard; seismic potential; seismic activity; seismic intensity; seismic zoning; seismic sources.

Abstract: in this paper we researched the influence of uncertainty factors in the input parameters on the results of the estimation of seismic hazard. It establishes that the largest deviations from seismic hazard maps, designed on the basis of average values of the distributions of seismic mode and seismic load parameters, can arise due to the imprecision of depths of earthquake sources (H), uncertain estimations of seismic potential (M_{max}), and imprecise slope of reoccurrence curves (γ). The contributions are small for such uncertainty factors as imprecision in the definition of seismic activity A_{10} , incorrect choice of prevailing type of motion in the source, and using regional laws for the attenuation of intensity of seismic load in distance instead of local ones. A seismic hazard map for the Eastern Uzbekistan area was designed with the highest danger factors in mind, taking into account all of the possible factors of uncertainty in the parameters of seismic mode and seismic load.

Введение

Сейсмическая опасность в современных научных и практических представлениях отражает вероятность не превышения расчетной интенсивности сейсмического эффекта от всех землетрясений, возможных на данной площади в заданном интервале времени. Расчет сейсмической опасности базируется на двух взаимосвязанных моделях сейсмического процесса — модели сейсмических источников и модели сейсмических воздействий от выбранной совокупности источников. Надежность и достоверность карт сейсмического районирования определяется, с одной стороны, степенью адекватности этих моделей реальным сейсмогеологическим условиям, с другой — точностью входных параметров, используемых при их построении.

Погрешности первой модели могут быть связаны как с рядом допущений, которые мы вынуждены принимать для упрощения ее математической реализации (стационарность

сейсмического процесса, прямолинейность графика повторяемости и т.п.), так и с неполнотой и несовершенством исходных сейсмологических и сеймотектонических данных, используемых в процессе расчетов. Это приводит к неточностям в определении географического местоположения потенциально опасных зон, недостаточно надежным оценкам их сейсмического потенциала M_{max} (K_{max}) и параметров повторяемости землетрясений различного энергетического уровня (A_{10} и γ).

Не меньшая неопределенность связана с описанием модели сейсмических воздействий, которые в зависимости от глубины очага, типа подвижки, особенностей затухания с расстоянием интенсивности сейсмических воздействий в конкретном регионе могут существенно меняться.

Ответ на вопрос о том, какова изменчивость каждого входного параметра, используемого при расчете сейсмической опасности, и каков вклад этих изменений в конечный результат, позволяет оценить степень надежности построенных карт сейсмического районирования, а также дает возможность получить разумные оценки сейсмической опасности при наиболее опасном варианте развития сейсмического процесса, что чрезвычайно важно для ответственных объектов.

В настоящей статье обсуждаются результаты численных экспериментов по изучению влияния различных факторов неопределенности параметров сейсмического процесса и сейсмических воздействий на оценки сейсмической опасности.

Метод исследования

Для количественного исследования влияния неопределенности каждого фактора на конечную оценку сейсмической опасности была выбрана территория Восточного Узбекистана, сеймотектоническая и сейсмологическая изученность которого весьма высокая [1, 4]. Есть основания полагать, что для территорий Южного и в особенности Западного Узбекистана диапазон разброса погрешностей входных данных и, как следствие, и количественных характеристик сейсмической опасности будет существенно шире.

Территория Восточного Узбекистана относится к Срединному Тянь-Шаню,



Рис. 1. Последствие землетрясения с магнитудой $M=6,1$, происшедшего 19 июля 2011 года вблизи поселка Кан в Ферганской долине (фото Т.У. Артикова и Н.М. Джураева)

который подвергается деформирующему воздействию консолидированных в различные геологическое время крупных блоков земной коры: на севере и западе — это Центрально-Казахстанский щит и Туранская плита, на востоке — Таримская и на юге — Индийская древняя докембрийская платформа. Происходящие в исследуемом регионе землетрясения (рис. 1) обусловлены взаимодействием и деформированием разномасштабных блоков земной коры и напрямую связаны с динамикой литосферы всего Памиро-Алая и Тянь-Шаня [6].

На рисунке 2 приведена карта эпицентров землетрясений с $M \geq 4,3$ территории Восточного Узбекистана с исторических времен. На этой же карте показаны активные разломы земной коры и выделенные на их основе сейсмогенерирующие зоны [4].

Расчет сейсмической опасности территории Восточного Узбекистана проводился в два этапа. На первом этапе для каждой точки исследуемой территории рассчитывалась частота повторения сотрясений B_i с заданным значением макросейсмической интенсивности I . В основе этого расчета лежит интеграл [5]:

$$B_I = \int_v N_{\Sigma} dv,$$

где N_{Σ} — отнесенное к единице времени и объема ожидаемое число

землетрясений, очаги которых расположены в элементарных объемах dV , способных вызвать в пункте наблюдения сотрясения с интенсивностью не менее I баллов.

На втором этапе строились изолинии расчетной интенсивности $I = 5-9$ баллов со средней повторяемостью один раз в $T = 500$; $T = 1000$; $T = 2500$ и $T = 5000$ лет. Эти зоны являются областями, в которых вероятность не превышения сейсмического воздействия в течение промежутка времени $\tau = 50$ лет составляет соответственно $P = 0,9$; $P = 0,95$; $P = 0,98$ и $P = 0,99$.

В качестве базовых карт, с которыми проводились все сопоставления в дальнейшем, мы выбрали два варианта карт сейсмического районирования с оценкой интенсивности сейсмических воздействий в баллах макросейсмической шкалы MSK-64 для вероятностей $P = 0,99$ и $P = 0,90$ не превышения уровня сейсмического воздействия в течение 50 лет. Эти карты (рис. 3) были построены исходя из следующих положений, обоснование которых дано в [1]:

— в качестве модели сейсмических источников рассматривались сейсмогенерирующие зоны территории Узбекистана и сопредельных областей, выделение которых базируется на сеймотектонических исследованиях разломов земной коры, активных на современном этапе геологического развития [4];

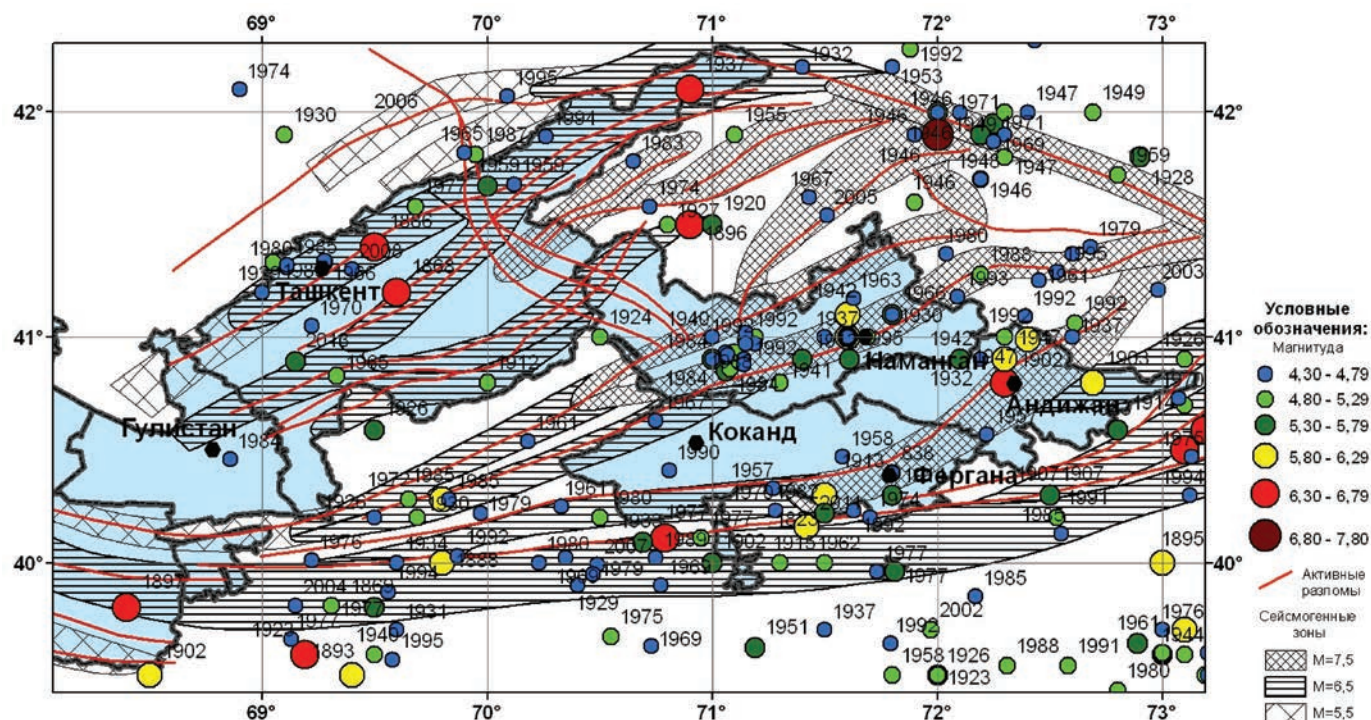


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений с $M \geq 4,3$ территории Восточного Узбекистана с исторических времен с указанием активных разломов и основных сейсмогенерирующих зон

— оценка сейсмического потенциала M_{max} этих зон основывалась на использовании комплекса сеймотектонических [4] и сейсмологических методов [1];

— параметры повторяемости землетрясений в зависимости Гутенберга — Рихтера определялись по энергетической классификации землетрясений. При этом параметр γ в базовом варианте принят единым для всех сейсмоактивных зон ($\gamma = 0,48$), а сейсмическая активность A_{10} меняется от зоны к зоне;

— при оценке сейсмической

опасности для расчета базовых карт глубина очага принималась зависящей от магнитуды землетрясения $h = h(M)$, где $h(M)$ наиболее вероятная для заданной магнитуды глубина [1];

— расчеты опасности проводились для землетрясений со взбросовым типом подвижки в очаге, поскольку именно он преобладает на исследуемой территории [1];

— использованы законы затухания интенсивности сейсмических воздействий с расстоянием, полученные конкретно для территорий Приташкентского района и

Ферганской межгорной впадины [2].

В процессе проведения исследования все входные параметры изменялись в пределах реальных возможных значений, которые используются для количественного расчета сейсмической опасности, и оценивалось максимальное по площади приращение сейсмической интенсивности, вызванное такими изменениями. Таким образом, в качестве меры влияния каждого фактора рассматривалась величина вызываемого им приращения или уменьшения интенсивности сейсмического воздействия ΔI .

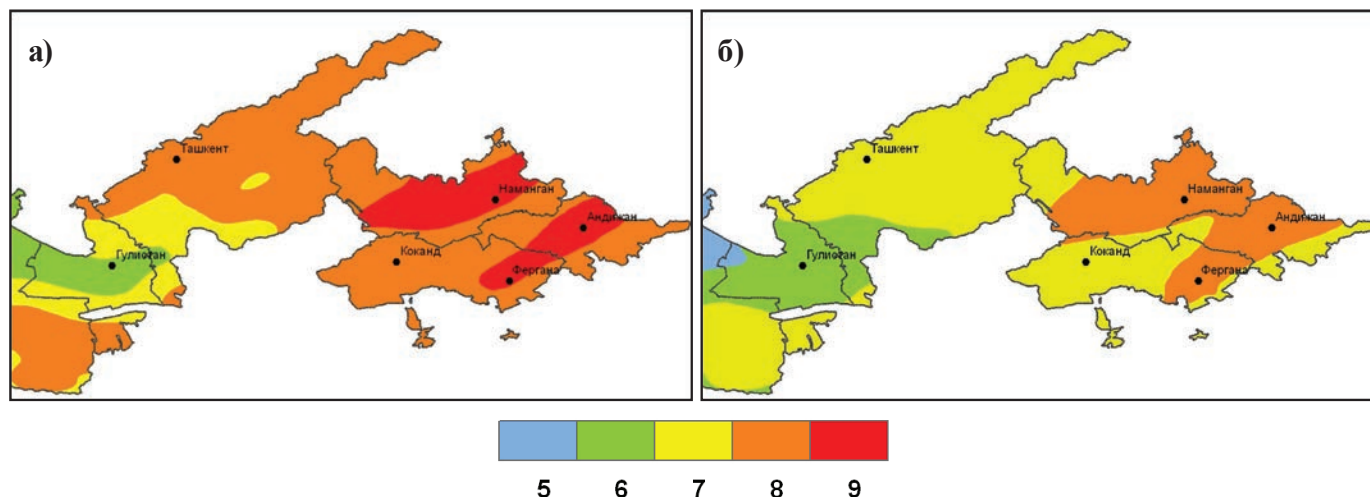


Рис. 3. Базовые карты сейсмической опасности территории Восточного Узбекистана в баллах макросейсмической шкалы для вероятностей: а — $P = 0,99$; б — $P = 0,90$ не превышения уровня сейсмического воздействия в течение 50 лет. Цветная градация — интенсивность по шкале MSK-64

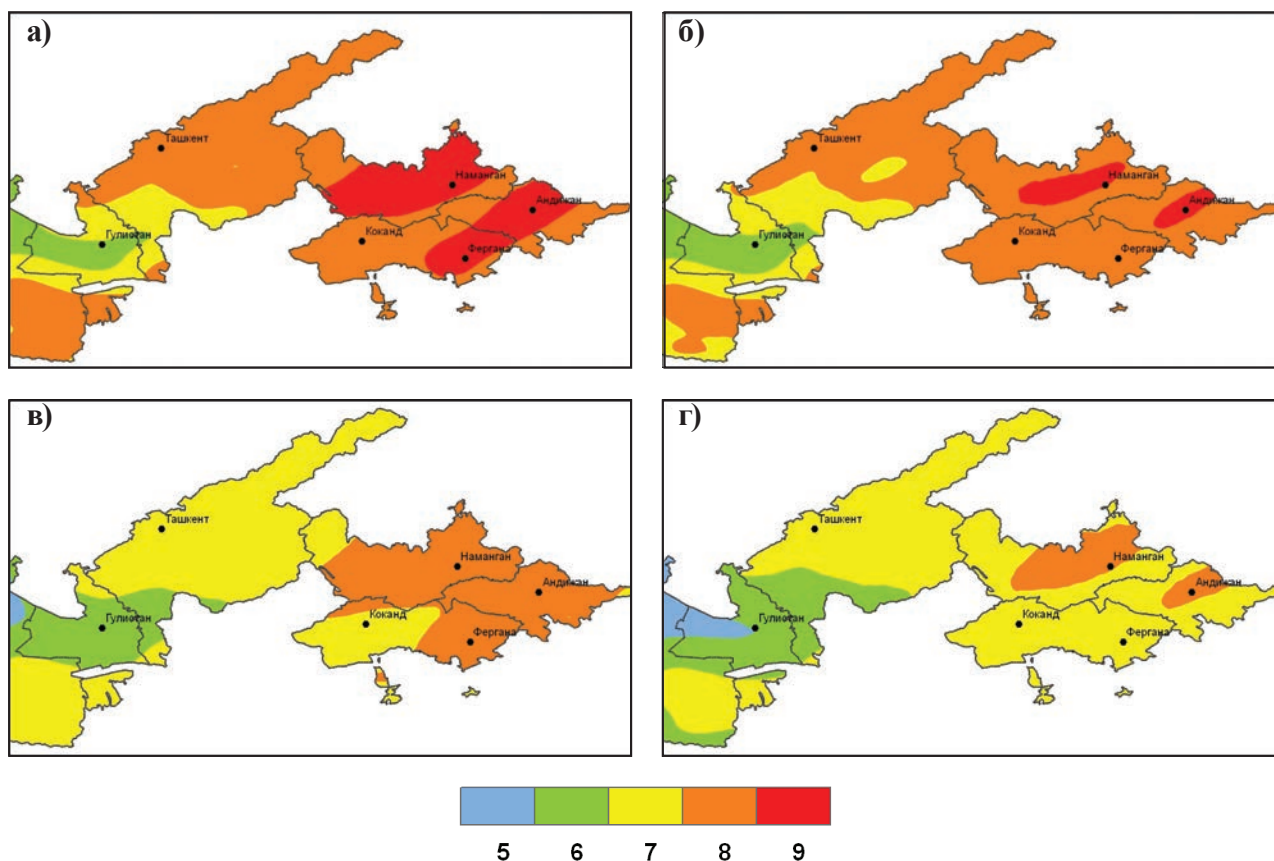


Рис. 4. Карты сейсмической опасности территории Восточного Узбекистана в баллах макросейсмической шкалы при различных значениях сейсмической активности: а — завышенная на 50% ($P = 99\%$); б — заниженная на 50% ($P = 99\%$); в — завышенная на 50% ($P = 90\%$); г — заниженная на 50% ($P = 90\%$). Цветная градация — интенсивность по шкале MSK-64

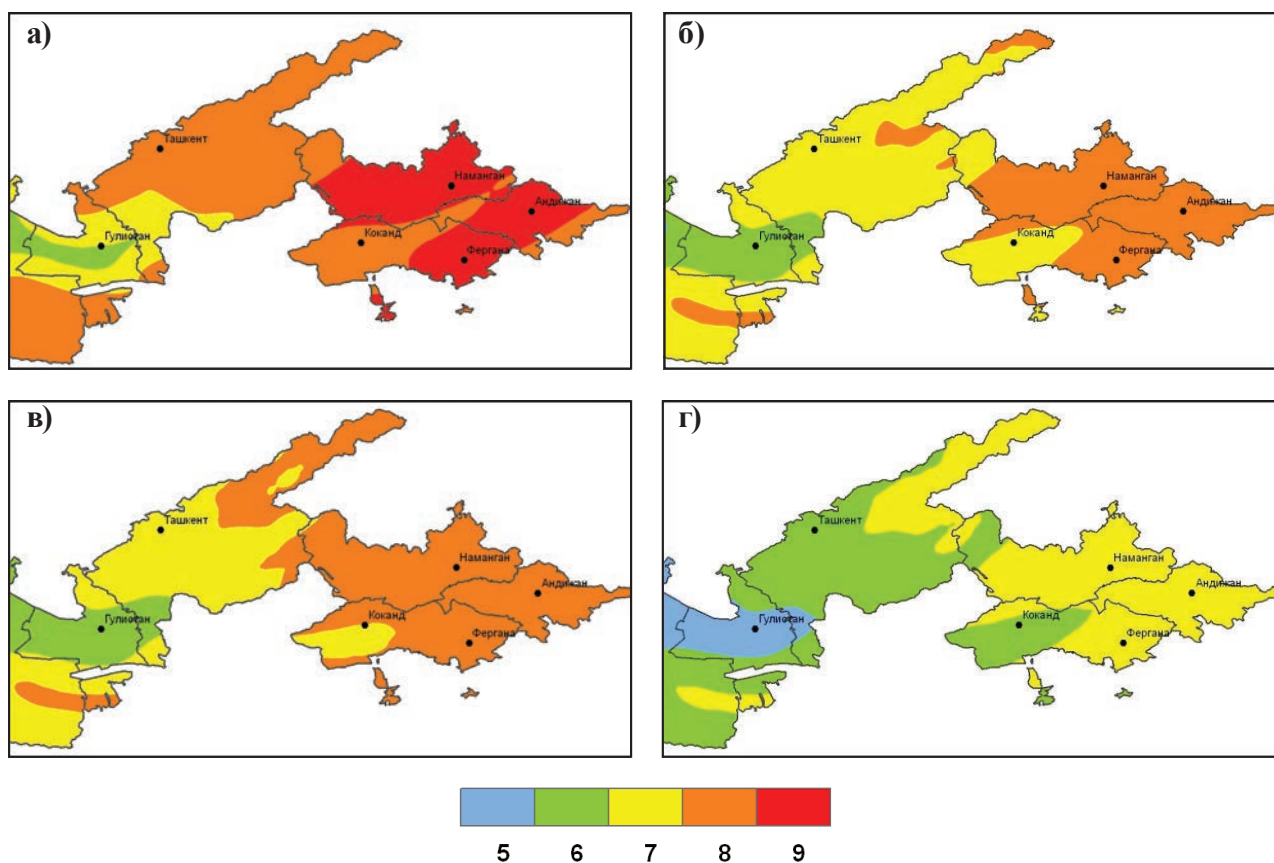


Рис. 5. Карты сейсмической опасности территории Восточного Узбекистана в баллах макросейсмической шкалы при различных значениях сейсмической дробности γ : а — заниженная ($\gamma = 0,4$, $P = 99\%$); б — завышенная ($\gamma = 0,6$, $P = 99\%$); в — заниженная ($\gamma = 0,4$, $P = 90\%$); г — завышенная ($\gamma = 0,6$, $P = 90\%$). Цветная градация — интенсивность по шкале MSK-64

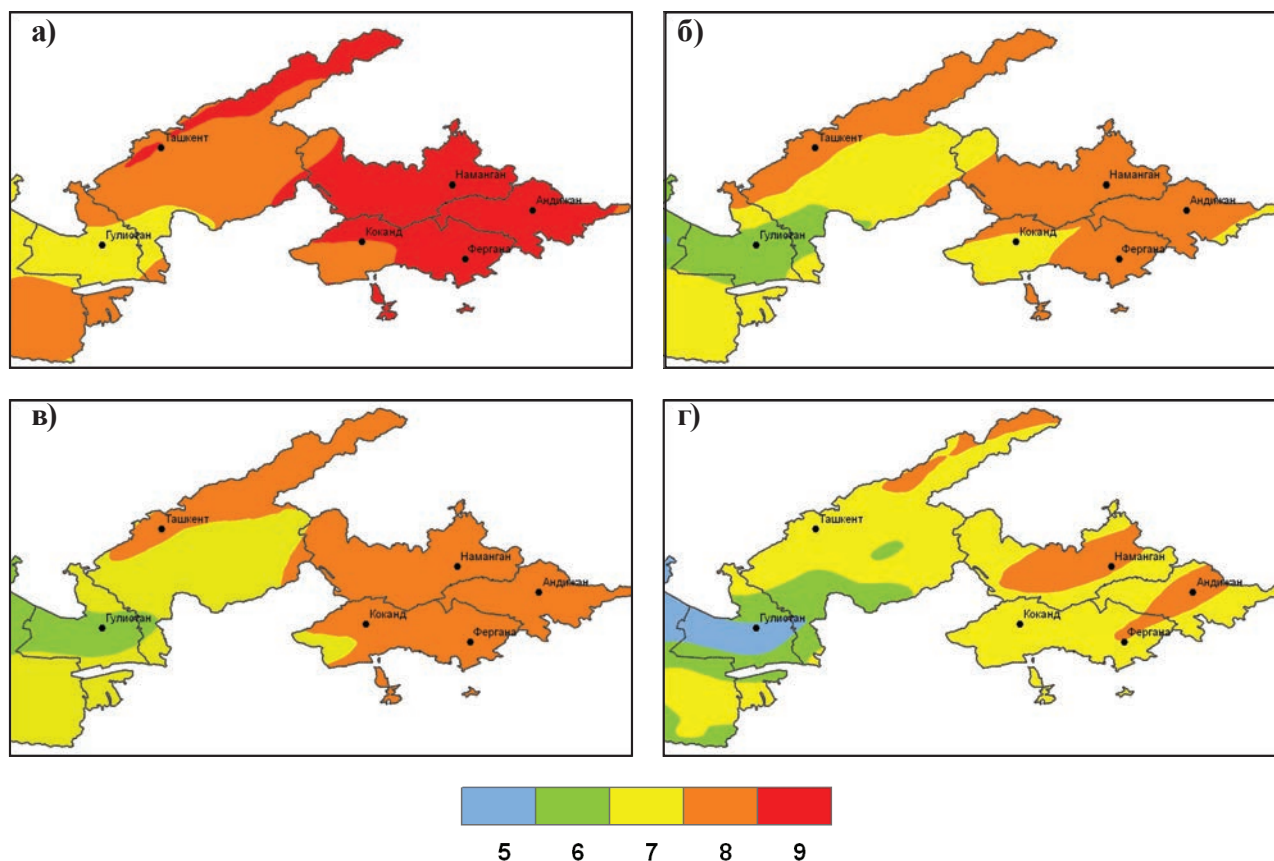


Рис. 6. Карты сейсмической опасности территории Восточного Узбекистана в баллах макросейсмической шкалы при различных значениях сейсмического потенциала M_{max} : а — завышенный на $0,5 M$ ($P = 99\%$); б — заниженный на $0,5 M$ ($P = 99\%$); в — завышенный на $0,5 M$ ($P = 90\%$); г — заниженный на $0,5 M$ ($P = 90\%$). Цветная градация — интенсивность по шкале MSK-64

Результаты и их обсуждение

Влияние факторов неопределенности, связанных с параметризацией сейсмического процесса

Для характеристики средней частоты повторения землетрясений различного энергетического уровня в сейсмологической практике используются два параметра, однозначно определяющие положение прямой в фундаментальном законе Гутенберга — Рихтера, который при энергетической классификации землетрясений имеет вид:

$$\begin{aligned} \text{Lg}N_k &= \text{Lg}A_{10} - \gamma(K - 10), \\ K &= \text{Lg}E, K \leq K_{\max}. \end{aligned}$$

Ордината этой прямой при энергетическом классе $K = 10$ называется сейсмической активностью A_{10} , а величина углового коэффициента графика повторяемости γ — сейсмической дробностью среды. Как правило, сейсмическая активность A_{10} картируется по шкале с двоичным увеличением (0,05; 0,1; 0,2 и т.д.). На рисунке 4 показано, как

меняются базовые карты сейсмического районирования при увеличении и уменьшении сейсмической активности на 50%.

Результаты расчета показали, что максимальные изменения по всей территории Восточного Узбекистана при таких вариациях сейсмической активности составляют значения $\Delta I = 0,25$ балла для карты $P = 0,99$ и $\Delta I = 0,28$ балла для карты с $P = 0,90$. Этот результат имеет прямое отношение к дискуссии о вкладе афтершоков в конечные оценки сейсмической опасности и выборе различных алгоритмов фильтрации каталогов. На самом деле, как показали проведенные расчеты, изменения сейсмической опасности, вызванные вариациями сейсмической активности, не столь высоки.

При уменьшении γ со значения $\gamma = 0,48$, которое использовалось в базовых картах (см. рис. 3), до величины $\gamma = 0,4$ максимальные приращения сейсмической интенсивности составляют $\Delta I = 0,7$ балла. Причем сейсмическая опасность возрастает. При увеличении же γ со среднего долговременного значения до величины $\gamma = 0,6$ сейсмическая опасность

уменьшается на $\Delta I = 0,96$ балла. Карты сейсмической опасности территории Восточного Узбекистана при различных значениях сейсмической дробности приведены на рис. 5.

Ошибка определения параметра γ описывается выражением:

$$\sigma_\gamma = \frac{\gamma}{\sqrt{N_\Sigma}},$$

где γ — найденное значение дробности, N_Σ — общее число землетрясений, использованных для его получения.

Из приведенной формулы вытекает, что при реальных значениях сейсмической дробности порядка $\gamma = 0,5$ для определения ее с точностью не менее 0,1 необходимо не менее 25 сейсмических событий.

Поэтому расчеты сейсмической опасности, основанные на параметрах повторяемости землетрясений по правой части графика повторяемости ($M = 4,5-7,5$), определяемого для каждого структурного элемента (сейсмической зоны или площадного источника), в случае, если такого числа сильных землетрясений за

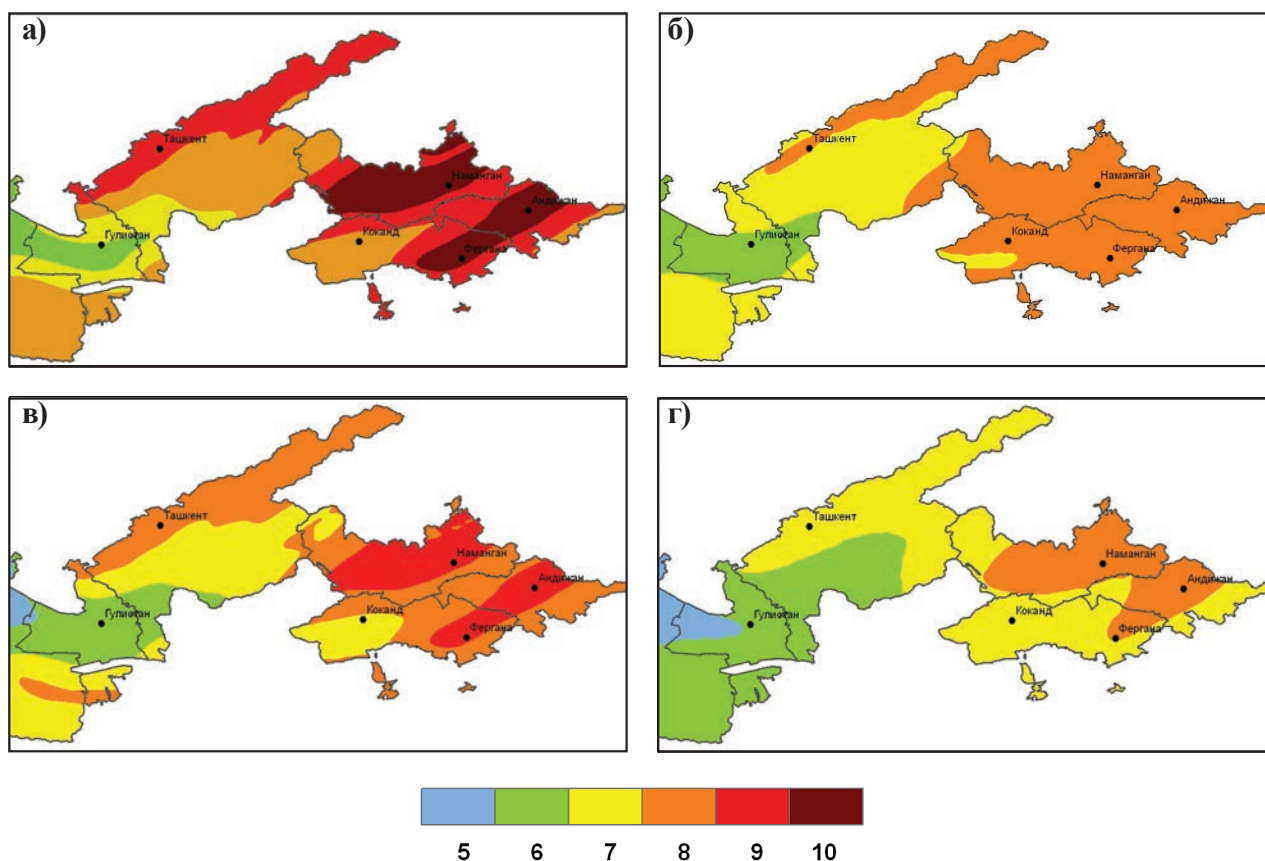


Рис. 7. Карты сейсмической опасности территории Восточного Узбекистана в баллах макросейсмической шкалы при различных значениях глубин землетрясений: а — $H = 10$ км ($P = 99\%$); б — $H = 30$ км ($P = 99\%$); в — $H = 10$ км ($P = 90\%$); г — $H = 30$ км ($P = 90\%$). Цветная градация — интенсивность по шкале MSK-64

период наблюдений не было, могут приводить к значительным ошибкам. Альтернативой в данном случае является либо использование левой части графика повторяемости ($M = 2,5-5$), либо расчет сейсмической опасности при едином значении γ для всего сейсмоактивного региона. В первом случае получается дифференциация территории по значению сейсмической дробности, но значение γ приходится экстраполировать в область высоких магнитуд, во втором, допуская стабильность значения γ в каждой точке исследуемой территории, опираясь только на статистику сильных землетрясений, теряется детальность картирования.

Значительное влияние на конечную оценку сейсмической опасности территории оказывают вариации величины максимального возможного землетрясения M_{max} . Для большинства сейсмоактивных зон территории Узбекистана разность между значением M_{max} , определенным по комплексу сейсмологических методов, и значением сейсмического потенциала, полученным на основе

сеймотектонических методов, находится в пределах 0,5 единицы магнитуды. Для некоторых же зон, таких как Сандалашская, Северо-Кульджуктау-Туркестанская, Чаткальская, эти расхождения превосходят 0,5 единицы магнитуды.

При проведении описываемых расчетов были построены карты сейсмического районирования территории Восточного Узбекистана, в которых при неизменных значениях других параметров величина сейсмического потенциала была в первом случае увеличена, а во втором уменьшена на 0,5 единицы магнитуды относительно базовой карты, построенной по комплексу сейсмологических и сеймотектонических данных. Оказалось (рис. 6), что приращение сейсмической интенсивности при $\Delta M = +0,5$ достигают значений $\Delta I = +0,84$ балла, а при $\Delta M = -0,5$ величина $\Delta I = -0,68$ балла для карт с вероятностью не превышения $P = 0,99$. Для карт с $P = 0,90$ значения ΔI при тех же вариациях магнитуды на 0,1 балла меньше.

При увеличенном значении M_{max} в

9-балльную зону переходят Ташкент и вся территория Ферганской долины севернее города Коканда. При уменьшенном значении M_{max} 9-балльных зон не отмечается во всем Восточном Узбекистане. Последний результат достаточно интересен. Он показывает, что при снижении значения сейсмического потенциала в сейсмогенных зонах Восточного Узбекистана с величины $M = 7,5$ до значения $M = 7,0$, при неизменных средних значениях других параметров, на исследуемой территории с вероятностью $P = 0,99$ сотрясений с интенсивностью $I \geq 8$ не должно происходить. Если учесть, что непосредственно в Восточной части Узбекистана за весь период наблюдений (включая исторические данные) не происходило ни одного землетрясения с $M \geq 6,5$, то нормативные карты, основанные на прогнозных оценках величин M_{max} , обладают значительным запасом надежности. Вместе с тем следует иметь в виду, что если землетрясение с $M \leq 6,5$ произойдет на малой глубине, как это было во время Андижанского землетрясения

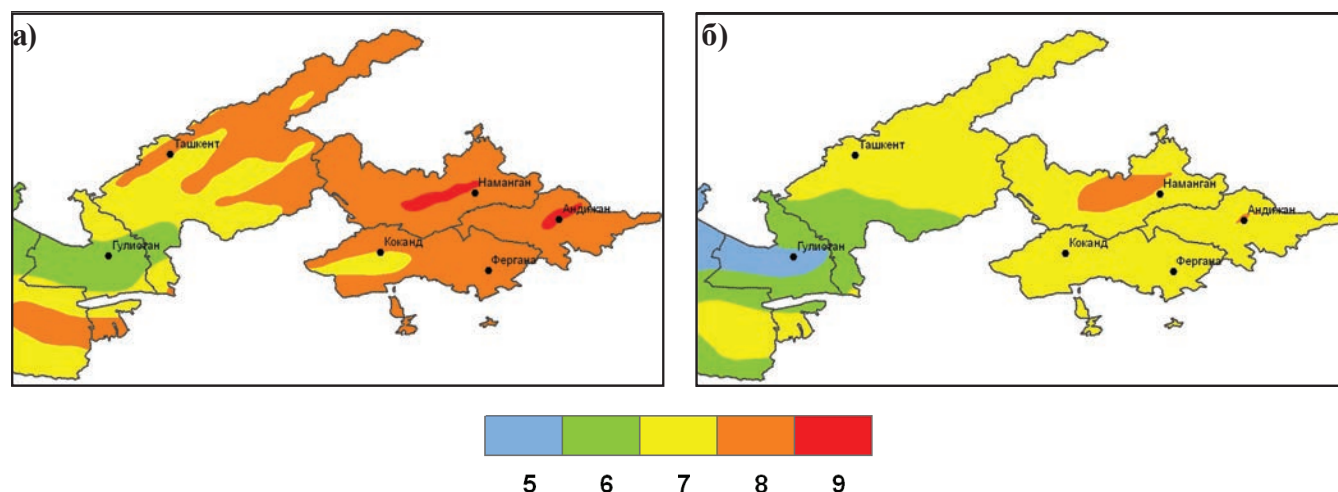


Рис. 8. Карты сейсмической опасности территории Восточного Узбекистана в баллах макросейсмической шкалы при сдвиговом типе подвижки в очаге: а – 99%; б – 90%. Цветная градация – интенсивность по шкале MSK-64

1902 года, то на относительно небольших площадях может ощущаться эффект 9 баллов.

Учет особенностей сейсмических воздействий

На рисунке 7 показаны карты сейсмической опасности территории Восточного Узбекистана для вероятностей $P = 0,99$ и $P = 0,90$ не превышения уровня сейсмического воздействия в течение 50 лет, построенные для различных фиксированных глубин землетрясений: $H = 10$ км (а); $H = 30$ км (в). Эти карты сопоставлялись с картами сейсмического районирования, показанными на рис. 2, построенными для глубин H , наиболее вероятных для землетрясений различного энергетического уровня $H = f(M)$. Таким образом, исследовалось

приращение макросейсмической интенсивности при отклонении вероятных глубин до минимальных и максимальных значений.

Оказалось, что приращения сейсмической интенсивности ΔI при вариации глубин землетрясений наибольшие из всех рассматриваемых факторов и составляют $\Delta I = +1,54$ балла при уменьшении глубины со средней статистической для заданной магнитуды до практически минимальной $H = 10$ км и, соответственно, $\Delta I = -1,06$ при увеличении среднестатистической глубины до максимальной $H = 30$ км.

В первом случае на 99%-ной карте появляются области с интенсивностью сотрясений $I > 9$ баллов, а город Ташкент попадает в 9-балльную зону. Во втором случае при глубоких ($H = 30$ км) землетрясениях 9-балльные зоны отсутствуют, а г. Ташкент

попадает в 7-балльную зону.

Существует значимая разница в приращении интенсивности ΔI за счет уменьшения глубины и при увеличении сейсмического потенциала. В первом случае 6–7-балльные зоны практически не меняются, поскольку глубина $H = 10$ км для землетрясений, которые создают такие сотрясения, является «нормальной». В зонах 8–9 баллов эта глубина является практически минимальной, и внутри этих зон появляются 10-балльные зоны. В случае же, когда увеличивается магнитуда максимального возможного землетрясения, увеличение балльности происходит равномерно по площади и с карты исчезают 6-балльные зоны.

Как известно [3], большинство сильных землетрясений территории Узбекистана характеризуется взбросовым типом подвижки в очаге,

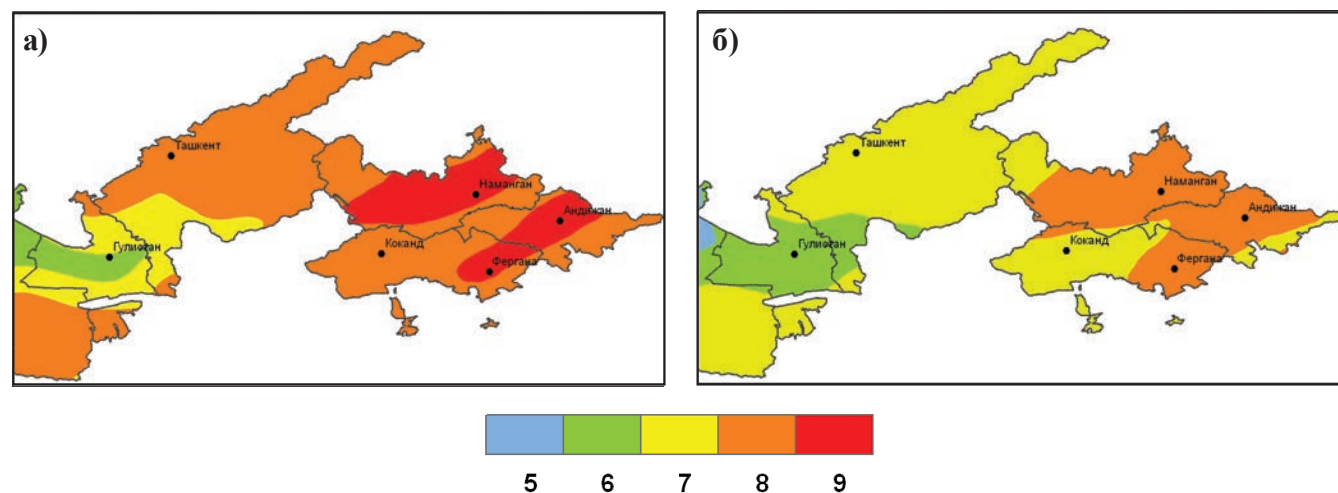


Рис. 9. Карты сейсмической опасности территории Восточного Узбекистана при использовании Среднеазиатской зависимости затухания интенсивности сотрясений с расстоянием [8]: а – $P = 99\%$; б – $P = 90\%$. Цветная градация – интенсивность по шкале MSK-64

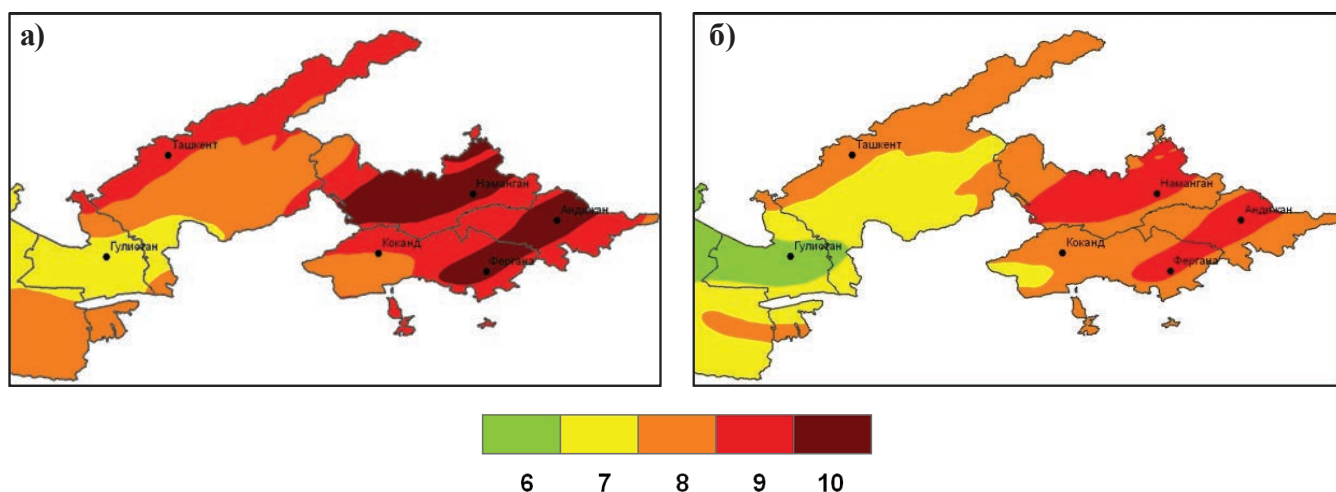


Рис. 10. Наиболее «опасные» варианты карт сейсмического районирования территории Восточного Узбекистана в баллах макросейсмической шкалы: а — $P = 99\%$; б — $P = 90\%$. Цветная градация — интенсивность по шкале MSK-64

который в настоящем исследовании принимался как базовый при картировании сейсмической опасности (см. рис. 2). Вместе с тем единичные сильные землетрясения характеризуются сдвиговой подвижкой (рис. 8) или же нормальным сбросом. В [7, 8] установлено, что тип подвижки в очаге влияет на интенсивность сейсмических воздействий. Отмечается, что при взбросах амплитуда пиковых ускорений примерно в 2 раза больше, чем при сдвигах.

Рассматривая записи ускорений в более широком диапазоне магнитуд и эпицентральных расстояний, В.В. Штейнберг [9] отмечает, что величины максимальных ускорений при взбросах выше, чем при сдвигах, только в ближней зоне. В дальней зоне амплитуда ускорений при сдвигах превышает ускорение при взбросах, то есть ускорения при взбросах в ближней зоне выше, чем при сдвигах, но затухают быстрее, чем при сдвигах. Аналогичные изменения в приращении интенсивности отмечаются и в макросейсмическом поле [7, 8]. На рисунке 7 показаны карты сейсмической опасности территории Узбекистана при сдвиговом характере подвижки в очаге. Как и следовало ожидать, она является менее опасной, а приращение ΔI по отношению к карте, за основу которой взяты землетрясения взбросового типа (см. рис. 1), составляет $\Delta I = -0,34$ балла.

При картировании сейсмической опасности территории Узбекистана в баллах макросейсмической шкалы использовались дифференцированные по площади законы затухания

макросейсмической балльности с расстоянием для землетрясений различного энергетического уровня (Ферганская межгорная впадина, Приташкентский район, Западный Узбекистан). Мы сопоставили карты сейсмической опасности для Восточного Узбекистана, где использовались первые две зависимости (для Ферганской долины и Приташкентского района), с картой, которая построена при тех же входных параметрах, но в качестве законов затухания в ней использована зависимость Н.В. Шебалина для всей Центральной Азии [8]:

$$I = 1,5M - 3,8 \lg R + 3,4.$$

Оказалось, что максимальное значение приращения макросейсмической интенсивности за счет изменения закона затухания составляет $\Delta I = 0,22$ балла для $P = 0,99$ и $\Delta I = 0,26$ балла для $P = 0,9$. При этом сейсмическая опасность на картах, построенных по зависимости Н.В. Шебалина, оказалась большей, чем в базовых картах (рис. 9).

Наиболее «опасный» вариант карты сейсмического районирования территории Восточного Узбекистана

В среде сейсмологов бытует мнение, что наиболее «опасным» вариантом карты сейсмического районирования является детерминистический вариант, поскольку он определяет максимальный уровень сейсмического воздействия без учета фактора

времени, в отличие от вероятностных карт, в которых рассматриваются лишь те сотрясения, период повторения которых, как правило, ограничен $T = 5000$ годами. Поскольку для большинства сейсмоактивных зон период повторяемости землетрясений с магнитудой, равной $M = M_{max}$, превосходит период $T = 5000$ лет, то вероятность проявления таких сотрясений ничтожно мала.

Однако даже детерминистический вариант карт сейсмической опасности, как правило, строится для фиксированного значения M_{max} , средней глубины очага максимального возможного землетрясения и размеров плейстосейстовой области, отвечающей максимальному возможному землетрясению, происшедшему на этой «нормальной» глубине.

Приведенные выше построения показывают, что кроме фактора времени существует еще ряд факторов, приводящих к существенному изменению карт сейсмической опасности, построенных по средним долговременным значениям параметров сейсмического режима и сейсмических воздействий.

Какие-то из этих факторов связаны со статистическими ошибками при определении параметров сейсмического режима и сейсмических воздействий вследствие неполноты исходных данных. Другие, такие как различная глубина гипоцентров, тип подвижки в очаге, имеют реальные физические причины. Если нормативные карты сейсмического районирования строятся по наиболее вероятным значениям в распределении параметров сейсмического режима и сейсмических

воздействий, то для объектов с очень высокой категорией ответственности необходимо, по-видимому, учитывать и крайние варианты в статистическом распределении этих параметров, если даже вероятность их возникновения ничтожно мала. На рисунке 9 показаны карты сейсмического районирования территории Восточного Узбекистана, построенные по этому принципу для вероятностей $P = 99\%$ и $P = 90\%$. В этих картах для каждой точки исследуемой территории значение I выбиралось как наибольшее из карт, приведенных на рис. 3–8. В них учтены такие крайне редкие, но встречающиеся проявления сейсмического процесса, как появление максимального возможного землетрясения на минимальной глубине, учтена возможность ошибки при определении значений A_{10} , γ , M_{max} и т.д.

Как видно из рис. 10, эти карты существенно опасней базовых (см. рис. 3). Значительную площадь на них занимают 9-балльные зоны, а сотрясения отдельных участков могут быть и 10-балльными. Вместе с тем даже при экстремальном распределении входных параметров на значительной части исследуемой территории (порядка 40–45%) макросейсмическая балльность существенно не изменилась. Наибольшие изменения

коснулись зон с высоким значением сейсмического потенциала. Таким образом, приращение макросейсмической интенсивности, вызванное крайними значениями входных параметров, происходит неравномерно по площади. Учет таких изменений при создании нормативных карт сейсмического районирования требует дополнительного специального изучения.

Заключение

1. Исследовано влияние факторов неопределенности входных параметров на результаты оценки сейсмической опасности. Установлено, что наибольшие отклонения от карт сейсмической опасности, построенных на основе средних значений в распределении параметров сейсмического режима и сейсмических воздействий, могут возникать вследствие возникновения землетрясений максимальной силы на минимальных глубинах очага ($\Delta I = 1,5$ балла), статистических ошибок в определении угла наклона графика повторяемости землетрясений различного энергетического уровня γ ($\Delta I = 0,96$ балла) и величины максимального возможного землетрясения M_{max} ($\Delta I = 0,84$ балла). Вклад таких факторов неопределенности, как неточное определение

сейсмической активности A_{10} , неверный выбор преобладающего типа подвижки в очаге, использование не локальных, а региональных законов затухания интенсивности сейсмических воздействий с расстоянием, несколько меньший и составляет значения $\Delta I = 0,24$; $\Delta I = 0,34$ и $\Delta I = 0,22$ балла соответственно.

2. Для территории Восточного Узбекистана построены наиболее «опасные» варианты карт сейсмического районирования со средней повторяемостью сотрясений один раз в $T = 500$ и $T = 5000$ лет, в которых учтены всевозможные факторы неопределенности в параметрах сейсмического режима и сейсмических воздействий. Данные карты существенно отличаются от карт, построенных на основе среднестатистических значений этих параметров. На отдельных участках карты со средней повторяемостью один раз в $T = 5000$ лет интенсивность сейсмических воздействий может превосходить 9 баллов. Учитывая очень малую вероятность проявления крайних отклонений в распределении параметров сейсмического режима и сейсмических воздействий от средних значений, эта карта может быть использована для объектов с повышенным уровнем ответственности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Зияудинов Ф.Ф. Сейсмическая опасность территории Узбекистана. Ташкент: Фан, 2012. 254 с.
2. Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Фадинова Р.П. Модифицированные уравнения макросейсмического поля и сводная карта изосейст происшедших землетрясений // Сейсмическое районирование и прогноз землетрясений в Узбекистане. Ташкент: ГИДРОИНГЕО, 2002. С. 37–39.
3. Безродный Е.М., Туйчиев Х.А. Механизмы очагов сильных землетрясений Узбекистана. Ташкент: Фан, 1987. 143 с.
4. Ибрагимов Р.Н. Сейсмогенные зоны Среднего Тянь-Шаня. Ташкент: Фан, 1978. 144 с.
5. Ризниченко Ю.В. Проблемы сейсмологии. Избранные труды. М.: Наука, 1985. 408 с.
6. Уломов В.И. Динамика земной коры Средней Азии и прогноз землетрясений. Ташкент: Фан, 1974. 218 с.
7. Чернов Ю.К. Сильные движения грунта и количественная оценка сейсмической опасности территорий. Ташкент: Фан, 1989. 295 с.
8. Шебалин Н.В., Хромецкая Е.А. Методические аспекты получения и интерпретации макросейсмических данных. М.: Наука, 1988. С. 1–29.
9. Штейнберг В.В. Параметры колебаний грунтов при сильных землетрясениях // Вопросы инженерной сейсмологии. М.: Наука, 1986. Вып. 27. С. 7–27.

ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛЫ

«ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ», «ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ»,
«ГЕОТЕХНИКА» И «ГЕОРИСК»



Стоимость годовой подписки на журналы
(через редакцию) с учетом почтовых расходов и НДС

- «ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ» (12 номеров) - 8280 РУБЛЕЙ.
- «ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ» (6 номеров) - 3600 РУБЛЕЙ.
- «ГЕОРИСК» (4 номера) - 2400 РУБЛЕЙ.
- «ГЕОТЕХНИКА» (6 номеров) - 3900 РУБЛЕЙ.

Полный комплект журналов - 18180 РУБЛЕЙ.

ОТДЕЛ ПОДПИСКИ
И РАСПРОСТРАНЕНИЯ

+7 (495) 210-89-92

PR@GEOMARK.RU
WWW.GEOMARK.RU

Подписку на журналы можно оформить через подписные агентства

Оформление подписки на журналы
возможно через агентства
«Роспечать» и «Урал-пресс».
Стоимость подписки устанавливается
агентствами самостоятельно
и может отличаться от стоимости,
указанной редакцией

Подписные индексы ОАО «Агентство "Роспечать"»

«Инженерные изыскания»	71509
«Инженерная геология»	36611
«ГеоРиск»	71510
«Геотехника»	22780

Подписку через агентство «Урал-пресс» можно оформить
на официальном сайте - www.ural-press.ru

СЕЙСМОГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ТАДЖИКИСТАНА И ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

SEISMOGEOPHYSICAL RESEARCHES ON THE TERRITORY OF TAJIKISTAN AND TECTONIC EARTHQUAKES PREDICTION'S PROBLEMS

КАРИМОВ Ф.Х.

Заведующий Лабораторией комплексных геофизических исследований Института геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии Академии наук Республики Таджикистан, д.ф.-м.н., г. Душанбе, seismtdj@rambler.ru

САЛОМОВ Н.Г.

Ведущий научный сотрудник Лаборатории комплексных геофизических исследований Института геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии Академии наук Республики Таджикистан, к.ф.-м.н., г. Душанбе

СТАРКОВ В.И.

Старший научный сотрудник Лаборатории комплексных геофизических исследований Института геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии Академии наук Республики Таджикистан, г. Душанбе

СТАРКОВА Э.Я.

Старший научный сотрудник Лаборатории комплексных геофизических исследований Института геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии Академии наук Республики Таджикистан, г. Душанбе

ШОЗИЕЕВ Ш.П.

Научный сотрудник Лаборатории комплексных геофизических исследований Института геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии Академии наук Республики Таджикистан, г. Душанбе

Ключевые слова: тектоника плит; сейсмотектоника; геофизические аномалии; очаг землетрясения; подготовка очага землетрясения; прогнозирование землетрясений.

Аннотация: в статье приведены результаты сейсмогеофизических исследований, выполненных в сейсмически активных районах на территории Таджикистана за последние годы. Представлены новые свидетельства о взаимосвязи и взаимообусловленности сейсмогеофизических процессов на глобальном, региональном и локальном уровнях. Дан анализ пространственного распределения гипоцентров коровых и глубокофокусных землетрясений по глубине, описана корреляция в чередованиях глубокофокусной и коровой сейсмичности. Также представлены данные о региональной миграции очагов землетрясений с M 7,0 и выше, а также о проявлении аномалий в вариациях деформационных, геохимических и геомагнитных полей. Даны оценки для скоростей распространения деформационных волн в тектоносфере. Установлены преобладающие роли электрокинетических процессов в возникновении аномалий в вариациях локального геомагнитного поля и положительно заряженных ионов в электрокинетических токах. Создана альтернативная теория возникновения полосовидных магнитных аномалий. Разработана физическая, гидродинамическая модель глубокофокусных землетрясений.

KARIMOV F.H.

Head of the Laboratory of the Integrated geophysical studies, Institute of geology, earthquake engineering and seismology of the Academy of sciences of the Republic of Tajikistan, DSc (Doctor of Sciences in Physics and Mathematics), Dushanbe, seismtdj@rambler.ru

SALOMOV N.G.

Leading scientific researcher of the Laboratory of the Integrated geophysical studies, Institute of geology, earthquake engineering and seismology of the Academy of sciences of the Republic of Tajikistan, PhD (Candidate of Sciences in Physics and Mathematics), Dushanbe

STARKOV V.I.

Senior scientific researcher of the Laboratory of the Integrated geophysical studies, Institute of geology, earthquake engineering and seismology of the Academy of sciences of the Republic of Tajikistan, Dushanbe

STARKOVA E.Ya.

Senior scientific researcher of the Laboratory of the Integrated geophysical studies, Institute of geology, earthquake engineering and seismology of the Academy of sciences of the Republic of Tajikistan, Dushanbe

SHOZIYOEV Sh.P.

Scientific researcher of the Laboratory of the Integrated geophysical studies, Institute of geology, earthquake engineering and seismology of the Academy of sciences of the Republic of Tajikistan, Dushanbe

Keywords: plate tectonics; seismotectonics; geophysical anomalies; earthquake source; earthquake source preparation; earthquakes prediction.

Abstract: this paper presents the results of seismogeophysical research performed in the seismically active regions of Tajikistan in recent years. It brings to light new evidence on the relationship and interdependence of seismogeophysical processes at the global, regional, and local levels. We present an analysis of the spatial distribution of the hypocenters of deep-focus earthquakes and crustal ones along with their depth and the correlation in the alternation of deep-focus and shallow seismicity. We also describe the data on the regional migration of the foci of earthquakes of M 7.0 and higher, as well as the manifestation of anomalies in the variations of crust deformational, geochemical, and geomagnetic fields. We estimate the deformation waves' propagation velocities in the tectonosphere. We also establish the prevailing roles of electrokinetic effects in the generation of anomalies in the local geomagnetic field variations and the positively charged ions in the electrokinetic currents. We create an alternative theory of the origin of magnetic strip anomalies. And develop a physical, hydrodynamic model of deep focus earthquakes.

Введение

Результаты многочисленных геодинамических исследований, выполненных с середины XX в., убедительно показывают локальную, региональную и глобальную обусловленность сейсмогеофизических процессов. С точки зрения геодинамики и концепции тектоники плит на территории Центральной Азии ярко проявляются результаты столкновения крупнейших плит, которое началось 50–70 млн лет назад [1, 3, 7, 8, 14, 17, 18, 20, 21, 25–27]: Индостанской с юга и Евразийской с севера, а также более мелких — Турана и Тарима. Скорости современных движений земной коры территории Таджикистана согласно оценкам работ [14, 21, 25–27] составляют 0,1–5,0 см в год. Крупнейшие горные структуры, Гималаи, до сих пор сохраняют самые высокие скорости движений — 4–5 см в год [14, 26, 27], «подкачивая» энергией и тем самым поддерживая высокий уровень сейсмичности на всей территории Центральной Азии. Монотонный спад высот горных вершин к северо-западу от северного клина Индостанской плиты в направлении линии протяженности Гиндукуша, к северу и северо-востоку от Гималаев, к Куэнь-Луню, Памиру, Тянь-Шаню согласуется с представлениями о направлении движения Индостанской плиты и ее давлении на литосферу региона. В этой картине Гималаи с их самыми высокими вершинами, скоростями поднятий и горизонтальных перемещений испытывали и продолжают испытывать фронтальное, первичное и поэтому самое сильное давление Индостанской плиты. Действие Индостанского клина естественно проявляется и в дугообразности деформаций горных систем Памира, Южного Тянь-Шаня, Гиндукуша и других систем и их крупных разломных зон региона (рис. 1 [19]). Аналогичный дугообразный характер с преобладающей выпуклостью в сторону севера в соответствии с формой Индостанского «штампа» имеют и многие другие разломные зоны Центральной Азии.

В связи с важнейшей ролью, которую играют взаимосвязи глобальных, региональных и локальных сеймотектонических процессов в проявлениях сейсмичности, в настоящей работе представлены результаты комплексных геофизических наблюдений,

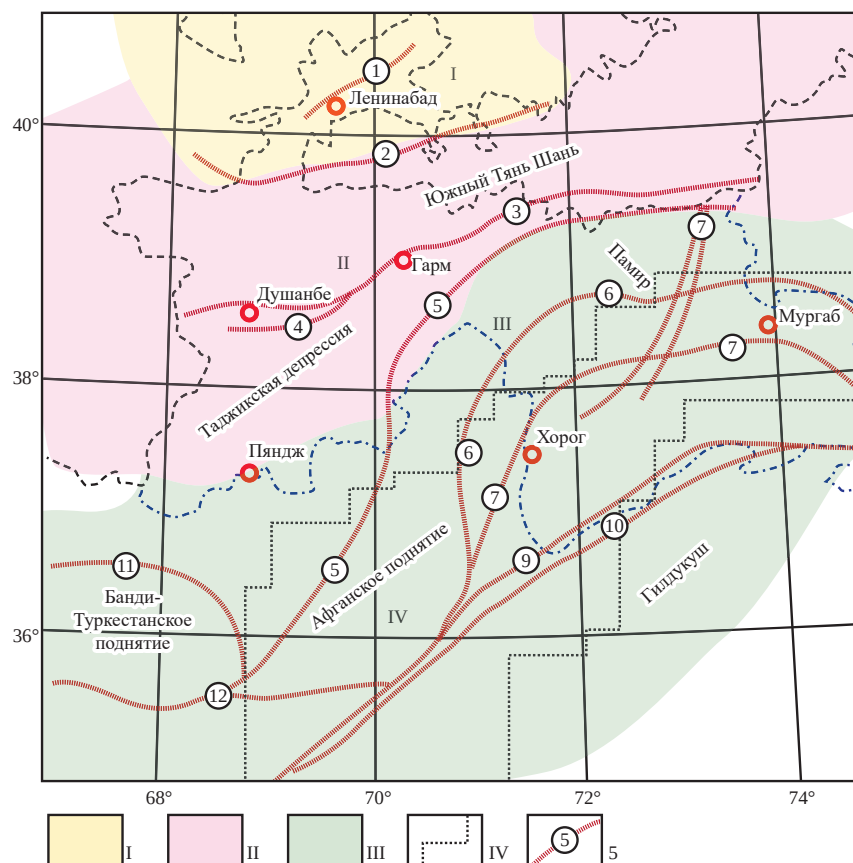


Рис. 1. Сейсмоактивные зоны Таджикистана и крупные разломы: I–IV — сейсмоактивные зоны: Юго-Западный Тянь-Шань, Памиро-Гиндукуш (коровые — III, глубокофокусные — IV), 5 — глубинный разлом и его номер [19]

выполненных в последние годы в сейсмически активных районах на территории Таджикистана. Рассматриваются некоторые пространственные и временные закономерности проявления сейсмичности: чередование глубокофокусной и коровой сейсмичности, распределение коровых и глубокофокусных гипоцентров землетрясений по глубине, миграция региональной сейсмичности, проявление аномалий в вариациях деформационных, геохимических и геомагнитных полей в ближних зонах и на телесеизмических расстояниях, динамика деформационных волн. Проводится анализ сейсмогеохимических вариаций физико-химических свойств и газового состава подземных термальных вод ряда месторождений. Решение всех поставленных в статье проблем сопровождается моделированием сейсмогеофизических процессов.

Методологические вопросы и объект исследований

В настоящей работе рассматриваются некоторые сейсмогеофизические процессы, происходящие в сейсмически активных районах на территории

Таджикистана в связи с геодинамикой региона Центральной Азии в целом и, в некоторых отдельных случаях, глобальной геодинамикой [2, 3, 5, 7, 14, 17, 18, 21, 25–27].

В соответствии с тем, что круг рассматриваемых вопросов в настоящей статье широк, здесь применяются как отдельные виды методов исследований, такие как сейсмологические, деформационные земной коры, сейсмогеохимические, геомагнитные, тектонофизические, так и комплексные сейсмогеофизические. В анализе сейсмичности применены общие методы региональных сейсмологических наблюдений, исследований сейсмического режима с привлечением представлений тектоники плит и геодинамики, в частности о деформационных волнах, а также моделей подготовки тектонических землетрясений. При этом привлекались данные из известных сейсмологических каталогов Центральной Азии. Анализ деформаций земной коры выполнен на основе стандартных наблюдений, полученных на базе ряда пунктов с помощью деформографов с взаимно перпендикулярными плечами в штольнях и системой оптико-механической

регистрации на основе кварцевых нитей. Чувствительность деформографических приборов — до 0,1–0,05 мкм на миллиметр записи по смещениям, или $2,0 \times 10^{-9}$ относительных единиц деформаций на миллиметр записи. Сейсмогеохимические наблюдения, результаты которых приводятся в настоящей работе, основаны на наблюдениях за параметрами pH и концентрации газа радона с точностью не хуже 10%. В исследованиях применялись также методы высокоточных геомагнитных наблюдений с чувствительностью отдельных измерений 0,1 нТ и точностью выделения аномальных вариаций 0,2–0,5 нТ.

Анализ задач исследований и полученные результаты

Во многих сейсмически активных районах мира распределение гипоцентров тектонических землетрясений носит «одногорбный» характер — максимум гипоцентров располагается на некоторой средней глубине земной коры. Поскольку строение литосферы в Центральной Азии отличается крайней неоднородностью по геологическому составу и строению, то возникла дополнительная необходимость рассмотреть особенности распределения очагов по глубине в районе исследований [15]. Для Памира и Гиндукуша один максимум сейсмичности располагается на глубинах 10–20 км, очевидно, он соответствует коровым землетрясениям. Следующий — на глубинах от 60 до 180 км, и далее — от 180 до 260 км и более [8, 15]. Гипоцентры коровых землетрясений распределены «одногорбно», с возрастанием частоты возникновения до глубин 10–30 км и дальнейшим спадом до нуля к внешней поверхности коры. Представленная картина в распределении очагов составлена на основании базы данных сейсмологических каталогов за ограниченный срок — около 40 последних лет и поэтому отражает некоторое среднее состояние сейсмически активной среды рассматриваемого региона. Например, по наблюдениям за достаточно длительный срок глубины отдельных гиндукушских землетрясений могут достигать 400 км. Таким образом, распределение гипоцентров землетрясений в геологических структурах отличается неравномерностью и неоднородностью.

Обнаруженная особенность в

распределении гипоцентров коровых и глубокофокусных землетрясений по глубине, по-видимому, отражает процессы столкновения, субдукции и обдукции Индостанской плиты в районе Памиро-Гиндукушской и Гималайской сейсмоактивных зон [3, 5, 6, 7, 17, 18, 20, 21]. Коровая сейсмичность обусловлена подвижками в геологических структурах земной коры, например, на границах осадочного чехла и подстилающего консолидированного фундамента. На границе Мохо на глубинах от 40 до 60 км [1] сейсмическая активность минимальная. «Трехгорбное» распределение глубокофокусных гипоцентров показывает, что тектонические напряжения, вызванные в земной коре движением Индостанской плиты, приводят к подвижкам и формированию соответствующих коровых очагов. При этом в основном проявляется давление верхней части субдуцирующей плиты. Промежуточный сейсмически активный слой представляет собой, по-видимому, преимущественно границу между Памирской и Индостанской частью литосферы. Подвижки здесь происходят на глубинах от 60 до 180 км (в результате лобового давления и обдукции последней в процессе взаимного скольжения этих частей литосферы), а происхождение соответствующих очагов аналогично происхождению коровых. В промежутке глубин «третьего» слоя, в основном от 180 до 260 км и более, в зоне столкновения и субдукции Индостанской плиты с Гиндукушскими геоструктурами также происходят подвижки с возникновением глубокофокусных очагов. Особенность последней зоны состоит в том, что скольжение Индостанской литосферной плиты происходит по поверхности подстилающей астеносферы и в основном активны нижние части субдуцирующей плиты.

Факты самого возникновения очагов землетрясений показывают, что относительно медленные, плавные движения при соударении, субдукции и обдукции сменяются скачкообразными подвижками. В соответствии с моделью подготовки тектонических землетрясений И.П. Добровольского [4] возникновение коровых землетрясений можно представить как результат формирования, развития и разрушения так называемого консолидированного включения на фоне регулярного состояния геологической среды недр. Регулярное

состояние характеризуется деформациями с относительно медленным перераспределением «сухого» внутреннего и поверхностного трения, а также сцепления в этой среде. При достижении критических напряжений происходит подвижка в геологических структурах и возникает очаг корового землетрясения. Поскольку на границе литосферы и астеносферы среда относительно более вязкая и пластичная, то трение здесь «мокрое». Если скорость регулярного фонового движения относительно невелика, то есть сцепление среды при этом успевает восстанавливаться, то происходит плавное скольжение литосферной плиты. Однако при относительно высоких скоростях сцепление не успевает восстанавливаться и происходит срыв в плавном скольжении, который представляет собой подвижку в возникшем очаге. В работах [9, 22] на основании анализа уравнения гидродинамики Навье — Стокса приведены оценки для критических скоростей движения плиты по вязко-пластическому слою. На глубинах 260 км и более среда становится достаточно пластичной и в процессе тектонических движений сцепление среды успевает восстанавливаться, так что существенные срывы в движениях происходят относительно редко.

Рассмотрим теперь корреляцию между возникновением очагов коровых землетрясений в сейсмических районах на территории Таджикистана и глубокофокусных землетрясений Памиро-Гиндукушской сейсмоактивной зоны. Ранее была обнаружена одна закономерность в такой взаимосвязи [13], которая состоит в том, что после сильных землетрясений в Гиндукушской сейсмоактивной зоне с магнитудами 7,5 и выше спустя интервалы времени примерно от месяца до года следуют сильные землетрясения с магнитудами выше 7,0 на территории Центральной Азии. Такая закономерность в чередовании «глубоких» и коровых землетрясений, в частности, проявилась и в последовательности из двух сильных землетрясений 26.10.2015 г. с эпицентром в Гиндукушской сейсмоактивной зоне с магнитудой 7,4 и последовавшего корового землетрясения в районе Центрального Памира 07.12.2015 г. с М 7,2. Следует отметить, что таких сильных землетрясений на территории Таджикистана не наблюдалось за последние десятилетия. В таблице 1

Таблица 1

представлена сейсмичность рассматриваемого района на основании Каталога сильных и ощутимых землетрясений с M около $3,0 \pm 0,3$ и выше за период с 2000 по 2002 г. (время указано по Гринвичу) [28]. В каталоге темным шрифтом выделены землетрясения средне- и глубокофокусные, с глубинами гипоцентров 80 км и более. Все эти землетрясения имели относительно большие магнитуды по сравнению с магнитудами коровых.

Из каталога следует, что часто наблюдаются последовательности из 1–2 «глубокофокусных» землетрясений, за которыми следует серия коровых с M в пределах от 3,0 до 5,0. Так произошло после «глубоких» землетрясений под номерами 1, 2, 9, 13, 14, 26, 27, 33, 34, 43, 46, 49. Некоторое исключение составили землетрясения под номерами 39 и 41, после них произошли одиночные коровые землетрясения, а не группы, как во всех других случаях. Чем большей магнитуды происходит «глубокое» землетрясение, тем большей магнитуды и в большем количестве следуют за ним коровые. Особенно явно это проявилось после самого крупного «глубокого» землетрясения 03.03. 2002 г. под номером 49 каталога с глубиной гипоцентра 180 км: в течение 40 суток последовало пять коровых землетрясений с магнитудами от 4,1 до 5,7 и глубинами гипоцентров около 10 км с эпицентрами в зоне радиусом примерно 100 км.

Суммарная энергия коровых землетрясений в каждой последовательности не превышает более чем на несколько процентов энергию «глубокого» землетрясения, генерировавшего эту последовательность. Выявленная корреляция между чередованием этих землетрясений дает основания предположить, что не только «глубокие» землетрясения приводят к возникновению коровых, но и наоборот — коровые способствуют возникновению «глубоких» [16]. Подвижка в результате одного, двух «глубоких» землетрясений в восточной части Индостанской плиты приводит к перенапряжениям в западной части, которые снимаются коровыми землетрясениями. Если принять во внимание, что расстояние между гипоцентрами «глубоких» и соответствующих им коровых землетрясений составляет по порядку величины около 100 км, а сдвиг во времени между ними составляет примерно от нескольких суток до

Каталог землетрясений с $M \approx 3,0$ и выше за 2000—2002 гг.						
№ №	День, Месяц	Координаты		Глубина гипоцентра h, км	Энергетический класс К	М
		φ, С.ш.	λ В.д.			
2000 год						
1.	19.01	36.7	70.8	170	14.3	5.7
2.	03.03	37.2	71.8	180	12.4	4.7
3.	12.03	38.46	68.94	5.0	11.0	3.9
4.	11.04	38.40	68.91	7.5	9.8	3.2
5.	20.04	38.8	66.5	10	13.7	5.4
6.	21.04	38.6	66.5	10	10.9	3.8
7.	21.04	38.34	68.62	7.5	9.5	3.1
8.	24.04	38.4	66.5	10	10.7	3.7
9.	01.05	38.1	73.0	90	14.0	5.6
10.	12.05	36.4	69.3	10	13.7	5.4
11.	20.06	38.62	68.96	5.0	9.3	2.9
12.	16.07	38.48	68.79	7.5	9.6	3.1
13.	17.07	36.1	70.7	130	14.7	5.9
14.	28.07	36.6	71.1	200	13.1	5.1
15.	02.08	38.59	68.87	7.5	10.2	3.4
16.	14.10	36.6	70.4	10	11.6	4.2
17.	30.10	37.6	69.5	5	13.1	5.1
18.	31.10	37.6	69.5	5	11.9	4.4
19.	25.11	39.2	67.4	10	11.7	4.3
20.	10.12	37.1	69.7	10	11.5	4.2
21.	12.12	38.5	71.1	10	11.7	4.3
22.	20.12	37.1	70.7	20	11.6	4.2
2001 год						
23.	18.01	38.8	66.5	10	13.4	5.2
24.	08.02	37.8	69.9	5	11.7	4.3
25.	09.02	38.75	69.28	0-1	10.9	3.8
26.	25.02	36.5	70.7	210	14.9	6.1
27.	08.03	36.4	70.7	170	12.6	4.8
28.	23.03	38.52	68.25	0-1	11.0	3.9
29.	03.04	38.76	68.52	7.5	9.8	3.2
30.	04.04	36.6	66.3	10	12.2	4.6
31.	17.04	37.3	66.9	20	12.5	4.7
32.	25.04	39.7	71.6	20	12.1	4.5
33.	06.05	37.4	72.2	170	11.9	4.4
34.	22.05	36.9	71.5	170	13.7	5.4
35.	01.06	35.5	69.1	10	12.6	4.8
36.	15.06	37.6	70.2	10	10.7	3.7
37.	17.06	38.56	68.95	0-1	9.1	2.8
38.	03.07	38.43	68.76	0-1	8.8	2.7
39.	24.07	37.4	71.7	150	13.0	5.0
40.	23.08	38.24	69.18	5.0	10.5	3.6
41.	28.08	38.1	72.7	110	12.8	4.9
42.	04.11	38.66	68.49	7.5	9.7	3.2
43.	13.11	36.7	70.9	180	12.8	4.9
44.	18.11	38.28	68.91	7.5	9.0	2.8
45.	23.11	36.7	71.0	60	13.6	5.3
2002 год						
46.	03.01	36.3	70.4	100	14.3	5.7
47.	09.01	38.75	69.87	5.0	13.0	5.0
48.	11.02	38.74	69.86	2.5	11.6	4.2
49.	03.03	36.6	70.7	180	16.4	7.2
50.	07.03	37.7	68.6	10	11.3	4.1
51.	22.03	37.4	70.5	10	12.6	4.8
52.	25.03	35.8	69.0	10	14.3	5.7

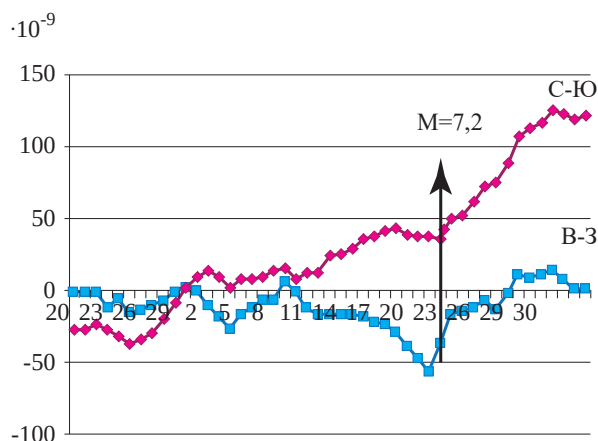


Рис. 2. Временной ход горизонтальной деформации на станции Шаартуз с 20.09.2011 по 05.11.2011 г. [6, 7, 10]

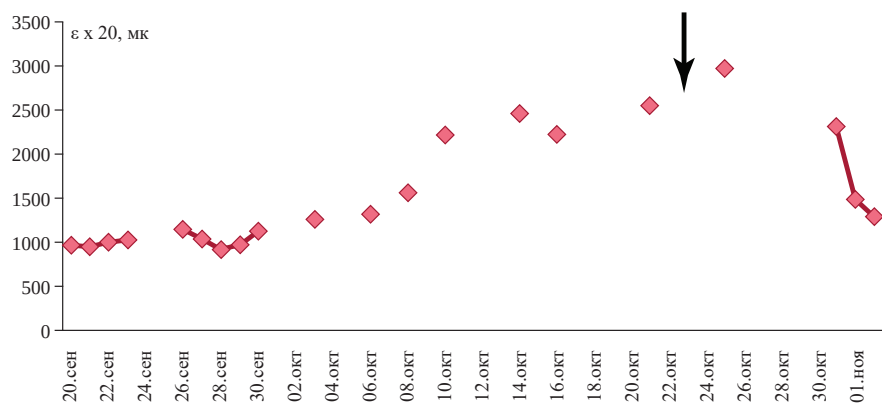


Рис. 3. Вариации хода пластических сейсмотектонических деформаций [10]

первых месяцев, то можно оценить скорость передачи воздействий по порядку величин как 1–10 км в сутки. Такие скорости характерны для движения сейсмотектонических деформационных волн, и поэтому можно предположить, что передача воздействий от «глубоких» землетрясений к коровым и обратно происходит посредством именно таких волн. Поскольку суммарная энергия «глубоких» землетрясений на несколько процентов выше, чем серий из коровых, то, по-видимому, происходит потеря энергии при передаче воздействий от «глубоких» землетрясений к коровым, то есть некоторое затухание, аналогичное затуханию сейсмических волн в очаговых зонах глубоких памиро-гиндукушских землетрясений [14]. Можно полагать, что посредством чередования «глубоких» и коровых землетрясений происходит компенсация тектонических напряжений в зонах

субдукций и тем самым сохраняется примерный баланс тектонических напряжений и полного термодинамического потенциала в крупном геодинамическом регионе.

Рассматриваемое чередование сейсмичности приводит к идее о том, что сейсмотектонические взаимодействия геоструктур могут происходить на расстояниях, по крайней мере, порядка сотен и тысяч км. Пример проявления подготовки сильных землетрясений на больших расстояниях, порядка 1000 км — результаты наблюдений на территории Таджикистана за вариациями деформаций земной коры, геохимических параметров в скважинах месторождений минеральных термальных вод, пластических деформаций напряженной модели геосреды, которые по времени совпали с процессами подготовки сильного корового землетрясения с эпицентром на территории

Турции 23.10.2011 г. с $M 7,2$, координатами эпицентра φ^0 , $N = 38,32^\circ$, λ^0 , $E = 43,07^\circ$ и глубиной гипоцентра 15 км [10]. При этом аномальные вариации сейсмогеофизических параметров наблюдались примерно за 10–20 дней до основного толчка.

Аномалии деформаций земной коры проявились наиболее явно на геофизической станции Шаартуз, эпицентрального расстояния которой составило около 2500 км. Измерения производились в двух направлениях — север-юг (С-Ю) и восток-запад (В-З). Аномальное изменение в ходе горизонтальной деформации на станции началось за 10–12 дней до основного толчка 23.10.2011 г. На рисунке 2 представлен ход деформации, зарегистрированный с 20.10.2011 по 05.11.2011 г.

Эпицентр по отношению к местоположению станции Шаартуз находился в близширотном направлении, и, видимо, этим можно объяснить более интенсивное проявление аномальной деформации в широтном направлении. Постсейсмическая релаксация напряжений завершается к 01.11.2011 г.

Аналогичные аномалии в пластических деформациях напряженно-деформированной модели также были обнаружены в период подготовки основного толчка и постсейсмической стадии этого же землетрясения в соответствии с теоретическими и эмпирическими моделями сейсмотектонических процессов и тектонических землетрясений [6, 7, 10].

На рисунке 3 представлен временной ход пластических деформаций сжатия. Эпицентрального расстояния до пункта наблюдения в г. Душанбе составило примерно 2500 км. График показывает, что с 29.09.2011 г. началось постепенное повышение скорости пластических деформаций напряженной геосреды, вариации достигли максимума к 23–26.10.2011 г. Далее произошел спад скорости до исходного уровня 29.09.2011 г.

Аномалии в вариациях геохимических параметров в скважинах на месторождениях термальных подземных вод в период подготовки рассматриваемого землетрясения также зарегистрированы с помощью сети наблюдательных станций (рис. 4).

С 10.09.2011 г. по 06.10.2011 г. прослеживается квазипериодический ход параметра концентрации газа радона на станции Ходжа-Обигарм, который,

по-видимому, можно интерпретировать как результат деформаций земной коры из-за лунно-суточных приливов. С 6.10 по 16.10 переколебания прекращаются, восстанавливаясь к моменту землетрясения 23.10.2011 г. Обнаруживается также и другая аномалия — «бухтообразный» ход концентрации радона с общей выпуклостью вверх с 22.09 по 22.10.2011 г.

В прежние годы на территории Таджикистана также были выделены аномалии в вариациях локального геомагнитного поля в дальней зоне, на расстояниях в несколько раз превышающих эмпирические и теоретические значения проявления этих аномалий [4, 23]. Например, возникновение «бухтообразных» аномалий за несколько суток до корового землетрясения 23.08.1985 г. с $M=7,2$, эпицентром в Такла-Макан на эпицентральной расстоянии около 500 км и Гиндукушского землетрясения 30.08.1985 г., $M=5,0$, $H=100$ км, на эпицентральной расстоянии около 300 км [23]. Аномалия 2 нТ была зарегистрирована перед первым землетрясением на станции Джерино, и аномалия 4,5 нТ была зарегистрирована перед вторым землетрясением на станции Султанабад.

Вариации локального геомагнитного поля в дальней зоне, на расстояниях, в несколько раз превышающих эмпирические и теоретические значения для проявления этих аномалий [4, 23], так же как и вариации гидрогеохимических параметров, возможно, связаны с фильтрацией подземных флюидов через разломные зоны и электрокинетическими эффектами. Они представляются вполне естественными, если принять также во внимание масштабы взаимодействия и движения тектонических плит.

Проявление аномалий сейсмогеофизических параметров на далеких расстояниях, равных по порядку величины нескольким сотням–тысячам км, некоторые исследователи объясняют фильтрацией подземных флюидов на такие расстояния вдоль границ геоблоков по разломным зонам, которые представляют собой более пористые, раздробленные среды, чем геоблоки, и которые, следовательно, легче пропускают флюиды. Кроме того, в рамках концепций тектоники плит вполне возможна передача механических напряжений и деформаций на расстояния порядка тысячи км в соответствии с масштабами линейных перемещений или вращений

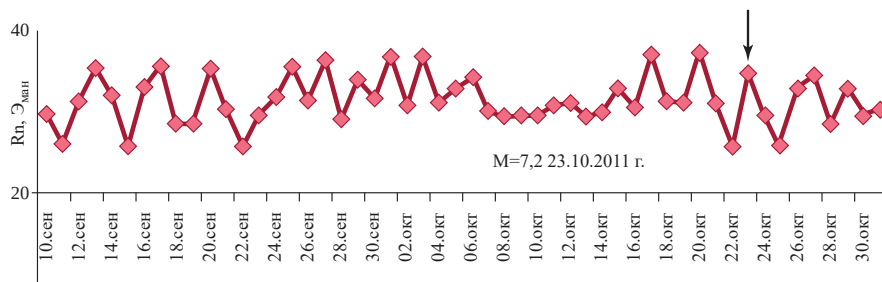


Рис. 4. «Бухтообразная» аномалия и сбой переколебаний хода концентрации газа радона на станции Ходжа-Обигарм [10]. Стрелкой показан момент землетрясения

Таблица 2

Каталог землетрясений с $M \approx 7,2$ и выше за 2004–2016 гг. [28]		
Дата	Магнитуда	Географическое расположение эпицентра
26.12.2004	$M=9,2$	Суматра, Никобар, Индонезия
16.08.2005	$M=7,2$	Хонсю, Япония
10.08.2005	$M=7,6$	Балакот, Пакистан
12.09.2007	$M=8,5$	Суматра, Индонезия
12.05.2008	$M=7,9$	Сычуань, Китай
20.03.2008	$M=7,2$	Синзянь-Сизань, Китай
30.09.2009	$M=7,6$	Суматра, Индонезия
06.04.2010	$M=7,8$	Суматра, Индонезия
09.05.2010	$M=7,2$	Суматра, Индонезия
18.01.2011	$M=7,2$	Юго-западный Пакистан
09.03.2011	$M=7,3$	Хонсю, Япония
11.03.2011	$M=9,0$	Тохоку, Хонсю, Япония
11.03.2011	$M=7,9$	Хонсю, Япония
11.03.2011	$M=7,7$	Хонсю, Япония
10.01.2012	$M=7,2$	Суматра, Индонезия
11.04.2012	$M=8,6$	Суматра, Индонезия
11.04.2012	$M=8,2$	Суматра, Индонезия
24.09.2013	$M=7,6$	Аваран, Пакистан
25.04.2015	$M=7,8$	Худи, Непал
12.05.2015	$M=7,3$	Кодари, Непал
30.05.2015	$M=7,8$	Чичи-джима, Япония
26.10.2015	$M=7,5$	Джурм, Фархар, Афганистан
07.12.2015	$M=7,2$	Мургаб, озеро Сарез, Таджикистан

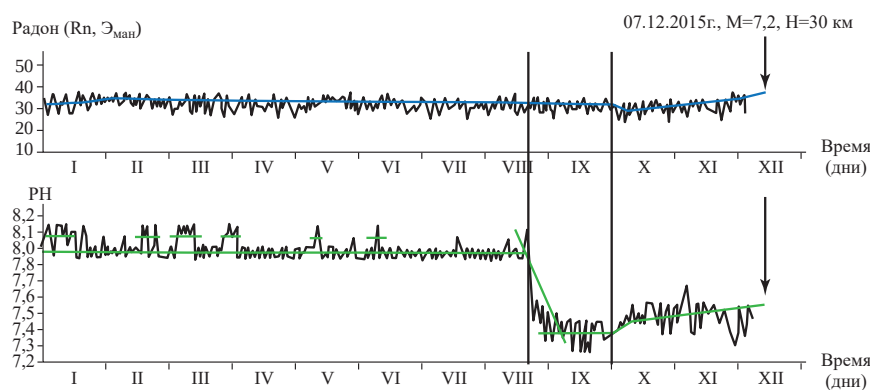


Рис. 5. Вариации концентрации газа радона и параметра pH по данным станции Ходжа Обигарм в 2015 г. Стрелкой показан момент землетрясения

крупных тектонических плит, приводящих к передаче механических напряжений по всему периметру в окрестностях их границ на расстояния тысяч километров. Поэтому проявления аномалий в вариациях геофизических полей на таких расстояниях выглядят возможными.

Для исследования связи между региональными и локальными тектоническими напряжениями авторами был проведен анализ миграции сейсмичности от эпицентра сильнейшего за последние десятилетия землетрясения 26.12.2004 г. — на о-ве Суматра в Индонезии с $M 9,2$ в сторону Альпийско-Гималайского сейсмического пояса, до эпицентра Мургабского землетрясения 07.12.2015 г. на территории Таджикистана с $M 7,2$ и в сторону восточной части Тихоокеанского сейсмического пояса, до эпицентра землетрясения Тохoku в Японии 11.03.2011 г. с $M 9,0$. Список очагов крупных землетрясений с магнитудами выше 7,2, расположенных в этих направлениях, приведен в табл. 2.

В целом, если не принимать во внимание повторные землетрясения и афтершоки главного землетрясения, наблюдается последовательная миграция очагов в направлениях до эпицентра Мургабского землетрясения 07.12.2015 г. в районе Центрального Памира в Таджикистане и до эпицентров землетрясения Тохoku в Японии 11.03.2011 г. с $M 9,0$ и афтершоков последнего. После сильнейшего землетрясения последующие очаги, в общем, формируются во все более дальних от эпицентра зонах. В терминах тектоники плит такую миграцию сейсмичности на границах Индо-Австралийской плиты с Евразийской и Китайской

плитами можно интерпретировать как обмен накопленными напряжениями между очагом первичного землетрясения и очагами других участков. Оценки скорости передачи миграции очагов, которые, по-видимому, обусловлены передачей тектонических напряжений от одних зон к другим, приводят к значениям порядка 1–10 км/сут. Эти значения характерны для оценок скоростей распространения деформационных волн, полученных по данным различных геофизических наблюдений.

Более подробный анализ миграции сейсмичности по данным каталогов землетрясений с $M 7,0$ и выше за период с 1985 г. по настоящее время, выполненный для рассматриваемых регионов с помощью компьютерной программы, показал, что средняя скорость этой миграции составила 3 км/сут. Максимальные скорости равны 29 км/сут в 2000 г. и 23 км/сут в 2006 г. Важно отметить, что эти максимальные значения совпали с промежутками времени, когда отсутствовали процессы, которые можно было бы рассматривать как заключительные стадии подготовки землетрясений с $M 7,2$ и выше. Для 2006 г. это видно по табл. 2. Таким образом, по-видимому, максимальные скорости миграции тектонических напряжений от одних сейсмогенных зон к другим наблюдаются в периоды сейсмического «затишья». К моментам землетрясений, в определенные интервалы времени перед ними, на стадиях подготовки, скорости деформационных волн достигали минимальных значений — не более десятых долей км/сут. Например, так было перед сильнейшими землетрясениями на Суматре в Индонезии в 2004 г. и Тохoku в Японии в 2011 г. Такое ускоренное прохождение

деформационных волн в периоды затишья и резкое их замедление в периоды подготовки сильнейших землетрясений непосредственно перед главными подвижками в недрах можно интерпретировать как отсутствие существенных препятствий для движений тектонических плит и геоблоков в первом случае и возникновение существенных препятствий во втором. В рамках этих представлений о формировании очага и разрушении консолидированного включения, по И.П. Добровольскому [4], подвижка в очагах землетрясений рассматривается как проявление скачка преодоления таких препятствий.

В последние годы продолжались исследования вариаций сейсмогеохимических параметров подземных вод на месторождениях термальных, минеральных вод на участках ряда скважин Ходжа Обигарм, Обигарм, Явроз и Шаамбары. Пример характерной аномалии в содержании концентрации газа радона и параметра pH по данным наблюдений станции Ходжа Обигарм в период подготовки сильного корового Сарезского (Мургабского) землетрясения $M 7,2$ 07.12.2015 г. с эпицентром в центральной части Памира, глубиной гипоцентра около 30 км приведен на рис. 5.

Эпицентральное расстояние до станции составило около 350 км. В середине августа намечилось явное понижение pH от 7,90 до 7,40 к середине сентября. «Бухтообразная» вариация завершилась к моменту землетрясения, и, как показали дальнейшие наблюдения в конце 2015 г. и в 2016 г., фоновый регулярный уровень pH понизился и установился на новой отметке 7,60 ед. Таким образом, постсейсмический эффект остаточных напряжений земной коры составил 0,30 ед.

По данным наблюдений, выполненных на станции Шаамбары, в вариациях параметра pH отмечены регулярные фоновые колебания с амплитудой около 0,15–0,20 относительно среднего уровня около 7,65 ед. и со средним периодом около 14 суток (рис. 6). Эти регулярные колебания совпадают с периодом лунных приливов, влияние которых на деформации земной коры, как известно, превышает влияние солнечных почти в 2,5 раза. Лунные приливы вызывают изменения размеров трещин, пор и капилляров, вмещающих подземные воды пород, тем самым изменяются площади взаимодействия между флюидами

и вмещающими породами, что и приводит к наблюдаемым колебаниям pH во времени.

При наблюдениях на сейсмогеохимической станции Шаамбары подобные регулярные периодические вариации pH видны более отчетливо по сравнению с другими тремя сейсмогеохимическими станциями. По-видимому, это объясняется тем, что глубина ее скважины наибольшая (составляет около 1400 м), и поэтому она наиболее изолирована от влияния поверхностных вод. Для сравнения, глубина скважины Ходжа Обигарм составляет 50 м, Явроз — 170 м, Обигарм — 200 м.

Весьма примечательно, что периодический ход вариаций нарушился примерно за неделю до момента Душанбинского землетрясения 18.09.2006 г. с $M 4,5$ и глубиной гипоцентра 2,5–5,0 км. Фоновый уровень pH восстановился сразу после разрядки напряжений землетрясения. Его эпицентр оказался расположенным в пределах Илякско-Вахшского тектонического разлома, проходящего наиболее близко именно около месторождения Шаамбары. Эпицентральное расстояние до станции составило около 20 км. Известно, что область подготовки очага тектонического корового землетрясения зависит от его магнитуды и описывается с помощью формулы для среднего радиуса этой области $R: \lg R[\text{km}] = 0,43M$ [4], равный для рассматриваемого случая примерно 100 км. В пределах этой области относительные деформации земной коры спадают от 10^{-6} , по порядку величины, в ее центральной части до фоновых деформаций порядка 10^{-8} , которые создаются лунно-суточными приливами, к ее краю. Таким образом, радиус области подготовки существенно превосходит эпицентральное расстояние, так что проявление аномального эффекта pH оказалось закономерным. Сбой периодических колебаний pH во времени за неделю перед землетрясением, по-видимому, обусловлен нарушением относительно свободных в колебаниях геоблоков, происходящих под действием лунного гравитационного влияния. Примерно за неделю до землетрясения (по И.П. Добровольскому [4]) регулярные колебания геоблоков в эпицентральной зоне нарушились из-за зацепа между ними. После разрядки напряжений зацепление разрушилось, регулярные колебания геоблоков вновь

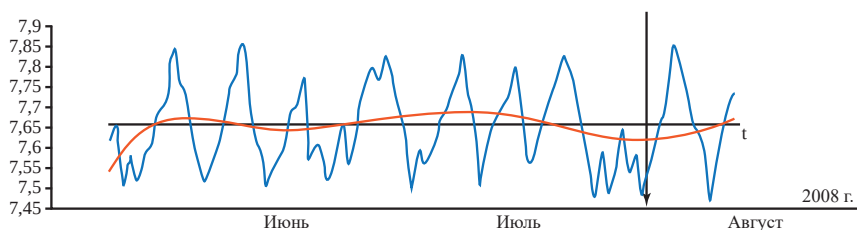


Рис. 6. Вариации параметра pH по данным станции Шаамбары в период с мая по август 2006 г. Стрелкой показан момент местного землетрясения 18.09.2006 г. [24]

восстановились и, соответственно, восстановились до исходного уровня регулярные вариации pH.

Моделирование сейсмогеофизических процессов проводилось также и на основании данных, полученных при высокоточных исследованиях вариаций локального геомагнитного поля. Новые результаты этих исследований получены после более детального анализа природы аномалий в вариациях локального геомагнитного поля. На основании результатов натурного моделирования в окрестностях Нурекского водохранилища, а также теоретических оценок, установлено, что основной вклад в эти аномалии вносят электрокинетические эффекты при фильтрации подземных флюидов. Знаки характерных «бухтообразных» аномалий свидетельствуют о полярности электрических зарядов, преобладающих в подземных флюидах, и направлениях их течения от зон формирующихся очагов. Анализ знаков вариаций этих аномалий показывает, что преобладающие электрические заряды положительны в соответствии с представлениями о превалировании общего сжатия в области подготовки и, значит, выдавливания флюидов в направлениях из этой зоны. Положительность знака флюидов согласуется с правилом Козна, известным в электрохимии и заключающимся в том, что при контакте двух диэлектриков тот заряжается положительно, у которого больше диэлектрическая проницаемость. Поскольку воды характеризуются большими диэлектрическими проницаемостями, то подземные флюиды приобретают превалирующий положительный заряд и этим объясняется положительная знаковость обнаруженных «бухтообразных» аномалий в вариациях локального геомагнитного поля [11].

Исследована природа полосовидных магнитных аномалий в зонах спрединга и субдукции тектонических плит.

Представлены количественные оценки для механизма возникновения таких аномалий, основанные не на традиционных представлениях об инверсиях геомагнитного поля, а на явлении самонамагничивания слоев лавы при их остывании до температур ниже температур Кюри для наиболее распространенных магнитных минералов горных пород под действием ранее намагниченных полос лавы в условиях достаточного понижения магнитного поля Земли [12].

Выводы

Сейсмогеофизические исследования, выполненные в сейсмически активных районах на территории Таджикистана за последние годы, привели к установлению новых закономерностей проявления сейсмогеофизических процессов, а также к углублению представлений об их геодинамической природе. Получены новые свидетельства о взаимосвязи и взаимообусловленности сейсмогеофизических процессов на глобальном, региональном и локальном уровнях, о проявлениях процессов тектоники плит. Показано, что пространственное распределение крупных геоструктур Центральной Азии неоднородно, обнаружено ярусное распределение гипоцентров коровых и глубокофокусных землетрясений по глубине, корреляция в чередованиях глубокофокусной и коровой сейсмичности, региональная миграция очагов землетрясений с $M 7,0$ и выше, проявление аномалий в вариациях деформационных, геохимических и геомагнитных полей в ближних зонах и на телесеизмических расстояниях, непосредственно связанных с сеймотектоническими процессами и движениями тектонических плит на территории Таджикистана. Оценки распространения деформационных волн в тектоносфере привели к

значениям по порядку величин 1–10 км/сут, что согласуется с оценками, известными по данным других исследователей. Натурное моделирование вариаций локального геомагнитного поля и теоретические оценки дали возможность установить превалирующую роль электрокинетических

процессов в возникновении этих аномалий и положительно заряженных ионов в электрокинетических токах. Разработана альтернативная теория возникновения полосовидных магнитных аномалий, основанная на явлении самонамагничивания слоев лавы при их остывании до температур ниже

температур Кюри для наиболее распространенных магнитных минералов горных пород под действием ранее намагнитченных полос лавы в условиях достаточного понижения магнитного поля Земли. Разработана физическая, гидродинамическая модель глубокофокусных землетрясений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баратов Р.Б., Бослер Г.И., Беккер Я.А. и др. Земная кора и мантия Таджикистана. Душанбе: Дониш, 1981. 284 с.
2. Белоусов Т.П. Альпийская геодинамика, сейсмотектоника и палеосейсмичность западной части зоны сочленения Тибета с Гималаями // Труды междунар. конф. по снижению сейсмического риска, посвященной 60-летию со дня Хаитского землетрясения 1949 г. в Таджикистане. Душанбе: ИССС АН РТ, 2009. С. 5–13.
3. Губин И.Е. Закономерности сейсмических проявлений на территории Таджикистана. М.: АН СССР, 1960. 464 с.
4. Добровольский И.П. Теория подготовки тектонического землетрясения. М.: Наука, 1991. 219 с.
5. Захаров С.А. Развитие тектонических представлений в Таджикистане и гипотеза зонного тектогенеза. Душанбе: Дониш, 1970. 308 с.
6. Каримов Ф.Х., Саломов Н.Г., Старков В.И., Старкова Э.Я. Региональная геодинамика в проявлениях вариаций локальных геофизических полей на территории Таджикистана // Материалы междунар. конф. «Геодинамика, оруденение и геоэкологические проблемы Тянь-Шаня», посвященной 70-летию Института геологии НАН КР, г. Бишкек, 19–20 сентября 2013 г. Бишкек: НАН КР, 2013. С. 114–120.
7. Каримов Ф.Х. О проявлениях тектоники плит на территории Таджикистана: аналитический обзор // Сб. статей «Геологическая корреляция и геодинамика складчатых областей», посвященных 95-летию докт. геол.-мин. наук, члена-корр. АН РТ М.М. Кухтикова. Душанбе: Дониш, 2015. С. 89–104.
8. Каримов Ф.Х., Старков В.И., Саломов Н.Г., Улубиева Т.Р., Бузрукова Д.И., Старкова Э.Я., Муродкулов Ш.Я., Шозиев Ш.П. Комплексные сейсмогеофизические исследования территории Таджикистана за период 2006–2010 гг. // Материалы респ. научной конф., посвященной 90-летию акад. АН РТ Р.Б. Баратова «Современные вопросы геодинамики и минерального Памиро-Тянь-Шаня». Душанбе: Дониш, 2012. С. 236–253.
9. Каримов Ф.Х. Время релаксации для вязкопластических грунтов // Докл. АН РТ. 2013. Т. 56. № 11. С. 915–919.
10. Каримов Ф.Х., Саломов Н.Г., Старков В.И., Старкова Э.Я. О проявлении аномалий в вариациях локальных геофизических полей на телесеизмических расстояниях // Материалы докл. конф. «Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле». Третья тектонофизическая конф., 8–12 октября 2012 г. М.: ИФЗ РАН, 2012. Т. 2. С. 122–125.
11. Каримов Ф.Х. О природе аномалий в вариациях локального геомагнитного поля в сейсмотектоническом цикле Кайраккумского землетрясения 1985 г. // Материалы конф. «Проблемы геологии, сейсмологии и сейсмостойкого строительства Таджикистана», посвященной 30-летию со дня Кайраккумского землетрясения 1985 г., г. Душанбе, 13 октября 2015 г., Душанбе, 2015. С. 211–221.
12. Каримов Ф.Х. Теория геомагнитных полосовидных аномалий // Докл. АН РТ. 2014. Т. 57. № 11–12. С. 836–842.
13. Каток А.П. О взаимосвязи коровых и верхнемантийных землетрясений юга Средней Азии // Физика Земли. 1991. № 12. С. 3–11.
14. Лукк А.А., Юнга С.Л. Геодинамика и напряженно-деформированное состояние литосферы Средней Азии. Душанбе: Дониш, 1988. 234 с.
15. Мирзоев К.М. Основные характерные черты сейсмичности Таджикистана. Прогноз землетрясений. Душанбе-Москва: Дониш, 1982. № 1. С. 14–37.
16. Саломов Н.Г., Каримов Ф.Х. О последовательности землетрясений Памиро-Гиндукуша, Таджикской депрессии и Тянь-Шаня // Материалы 7-й междунар. сейсмологической школы «Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных», 9–15 сентября 2012 г., Республика Беларусь. Обнинск: ГС РАН, 2012. С. 262–266.
17. Тимуш А.В., Шацков В.И. Сравнительная геодинамика и сейсмичность новейших орогенов Азии // Материалы респ. научной конф. «100 лет со дня Каратагского землетрясения и современные проблемы сейсмостойкого строительства и сейсмологии». Душанбе: ИССС АН РТ, 2007. С. 16–27.
18. Уломов В.И. Тектоника литосферных плит и сейсмогеодинамика. Экспериментальная сейсмология в Узбекистане. Ташкент: Фан, 1983. С. 3–25.
19. Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С., Рислинг Л.И. Таджикистан. Землетрясения Северной Евразии в 2005 году. Обнинск: ГС РАН, 2011. 492 с.
20. Шейдеггер А.Е. Основы геодинамики / пер. с англ. М.: Недра, 1987. 384 с.
21. Abdrakhmatov K.Y. et al. Relatively recent construction of the Tien Shan inferred from GPS measurements of present day crustal deformation rates. Nature, 1996. V. 384. P. 450–453.
22. Karimov F.H. Basic Features of the Landslides' Viscous Flow. Engineering Geology for Society and Territory, Volume 2. Landslide Processes. Eds. G. Lollino et al. Springer International Publishing, Switzerland, 2014. P. 1075–1078.
23. Karimov F.H. Tectonomagnetic effects in the Tajikistan's seismic regions // Вестник Российского университета дружбы народов. Сер. Математика, информатика, физика. 2007. № 3–4. С. 162–169.
24. Karimov F.H., Salomov N.Gh., Vakhobova R.U., Norova G.B. To earthquake preparation models, based on hydro-geochemical data. Proceedings: International Congress on Environmental Modelling and Software, iEMSs 2008. Integrating Sciences and Information Technology for Environmental Assessment and Decision Making. Volume 3. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Catalonia, 7–10 July 2008. P. 1394–1397.
25. Mohadjer S., Bendick R., Ischuk A., Kuzikov S., Kostuk A., Saydullaev U., Lodi S., Kakar D. M., Wasy A., Khan M. A., Molnar P., Bilham R., Zubovich A.V. Partitioning of India-Eurasia convergence in the Pamir-Hindu Kush from GPS measurements, Geophys. Res. Lett., 2010, 37, L04305, doi:10.1029/2009.GL041737.
26. Molnar P., Tapponnier P. The collision between India and Eurasia, Sci. Amer., 1977. 236(4). P. 30–41.
27. Tapponnier P. et al. Long-term slip rates and characteristic slip: keys to active fault behavior and earth quake hazard, Earth & Planetary Sciences, 2001. V. 333. P. 483–494.
28. URL: www.gsras.ru., www.geofon.gfz-potsdam.de, www.ngdc.noaa.gov.

ГЕОТЕХНИКА

Журнал для изыскателей, проектировщиков и строителей

Цель журнала — ознакомление российских специалистов с передовым отечественным и зарубежным опытом в области геотехники

Периодичность в 2017 году:

6 номеров

Стоимость годовой подписки:

3900 рублей

info@geomark.ru



ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ В БЕЛАРУСИ

THE FEATURES OF SEISMOLOGICAL NETWORK IN BELARUS

АРОНОВ А.Г.

Директор Центра геофизического мониторинга Национальной академии наук Беларуси (Минск), профессор Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» (Москва), д.ф.-м.н., aronov@cgm.org.by

ARONOV A.G.

Director of the Centre of Geophysical Monitoring, National Academy of Sciences of Belarus (Minsk), Professor of the National Research Nuclear University, Engineering and Physical Institute (Moscow), DSc (Doctor of Science in Physics and Mathematics), aronov@cgm.org.by

АРОНОВ В.А.

Заведующий отделом Центра геофизического мониторинга Национальной академии наук Беларуси, Минск, vladislav@cgm.org.by

ARONOV V.A.

Head of the Department, Centre of Geophysical Monitoring of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, vladislav@cgm.org.by

Ключевые слова: сейсмичность; мониторинг; землетрясение; сеть станций; эпицентры; разломы; глубина.

Аннотация: в работе представлены структура сети сейсмологических наблюдений в Беларуси, уровни ее организации, применяемые аппаратные средства, система сбора, обработки, хранения информации, порядок международного обмена данными. Показано, что созданная система сейсмологического мониторинга Беларуси — система БАРСС, структурно организованная на различных масштабных уровнях (телесеismic, региональный, локальный), которые функционально и технически согласованы между собой, является эффективным инструментом для обеспечения контроля сейсмической обстановки и оценки степени сейсмической опасности в геодинамических условиях слабоактивных платформенных территорий.

Keywords: seismicity; monitoring; earthquake; network of stations; epicenters; faults; depth.

Abstract: this paper describes the structure of the seismological observation system of Belarus: its management levels, instruments, data collection methods, processing and storage systems, and the international data exchange procedure. Belarus' system of seismological monitoring is structurally organized at the levels of teleseismic, regional, or local observation, all of which are functionally and technically coordinated with each other. This paper shows that this system represents an efficient tool for seismological monitoring and for the assessment of the seismic risk level under the geodynamic conditions of the platform territories with low seismic activity.

Введение

Современная сеть сейсмологических наблюдений в Беларуси создана в целях обеспечения непрерывного контроля за проявлением местной, региональной и глобальной сейсмичности; определения степени сейсмических воздействий и оценки сейсмической опасности как в целом для территории Беларуси, так и в местах расположения особо ответственных объектов промышленного и гражданского назначения (АЭС, гидротехнические сооружения, высотные здания и др.).

Территория Беларуси расположена в западной части Восточно-Европейской платформы (ВЕП), которая характеризуется относительно

слабой сейсмической активностью с редкими сейсмическими событиями умеренных магнитуд $M \leq 5,5$ [5, 8]. Современная сейсмическая активность центральной части этого региона несколько ниже по сравнению с северной и северо-западной его окраинами. Характерным подтверждением этому являются Осмуссарское (1976 г.) и серия Калининградских землетрясений (2004 г.), которые ощущались на территории ряда стран, в том числе и в Беларуси с интенсивностью сотрясения 3–4 балла [3, 5, 10, 12].

Результаты исследований

Изучение региональной сейсмичности сопредельных стран показало,

что максимальная интенсивность землетрясений связана с северо-западной частью Латвии и значительной частью западной Эстонии, включая ее прибрежные острова, Калининградской областью России. В регионе главными сейсмогенерирующими тектоническими элементами являются активные разломные зоны Белорусско-Балтийского региона и Припятско-Донецкого авлакогена; зоны сочленения древнего Восточно-Европейского кратона с молодой Западно-Европейской платформой (зона Тейссейра — Торнквиста); Русской плиты с Балтийским щитом. На рисунке 1 представлена карта эпицентров ощутимых землетрясений западной части ВЕП, в основу которой положен каталог исторических и инструментально зарегистрированных ощутимых землетрясений [4, 13]. Эпицентры землетрясений неравномерно распределены по площади. Высокая концентрация эпицентров наблюдается в северо-западной части региона и его береговой линии. Здесь наиболее характерными являются местные тектонические землетрясения, причиной возникновения которых были сейсмогенные зоны, приуроченные к доплатформенным и платформенным тектоническим разломам.

На территории Беларуси происходили сейсмические события с магнитудой $M \leq 4,5$ и глубиной очага 5–10 км (рис. 2). Интенсивность сейсмических воздействий от этих землетрясений в ряде случаев достигала 7 баллов по шкале MSK-64 [4, 5, 8, 13].

По историческим данным

землетрясения 1887, 1893, 1896, 1908 гг. с ощутимым эффектом произошли в северной части Беларуси.

Концентрация современных инструментально зарегистрированных сейсмических событий невысокого магнитудного уровня ($M \leq 3,5$) наблюдается в южной части территории Беларуси. Приурочена она к зоне сочленения северо-западной части Припятского прогиба и Белорусской антеклизы. Эта зона характеризуется проявлением сейсмичности, связанной с масштабными горнопромышленными работами на Старобинском месторождении калийных солей (Солигорский горнопромышленный район) [7, 11].

Припятский прогиб, в пределах которого расположено Старобинское месторождение калийных солей, состоит из Припятского грабена (палеорифта) и Северо-Припятского плеча. На юге Припятский грабен отделен Южно-Припятским краевым разломом от Украинского щита, на севере — Северо-Припятским краевым разломом от Белорусской антеклизы и Северо-Припятского плеча, Жлобинской седловины, Гремячского погребенного выступа. Системой разломов мантийного и корового уровня Припятский прогиб расчленен на ряд ступеней, имеющих в основном субширотное простирание. Ограничивающие прогиб краевые разломы (Северо-Припятский и Южно-Припятский) принадлежат к листрическим разломам мантийного заложения, к которым относятся также Червонослободско-Малодушинский и Речицкий разломы. Тектоника месторождения обусловила залегание калийных горизонтов на различных глубинах (рис. 3). Промышленные горизонты залегают на глубинах от 400 до 1200 метров и более. Их мощность колеблется от 4 до 20 метров.

Вопрос о природе сейсмических событий в Солигорском горнопромышленном районе актуален как в научном, так и в практическом отношении. Учитывая происходящие в течение длительного времени изменения напряженного состояния геологической среды, вызванные выемкой и перемещением горных пород и их складированием в соляных отвалах, можно предположить, что землетрясения имеют индуцированный

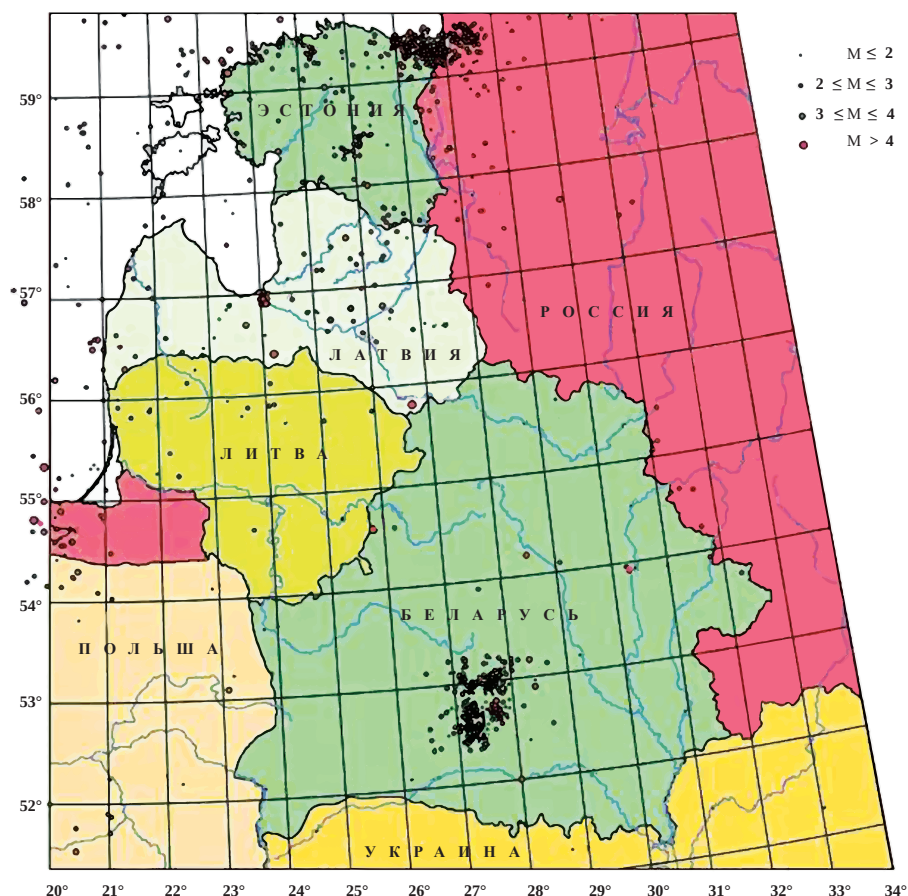


Рис. 1. Карта сейсмичности западной части Восточно-Европейской платформы

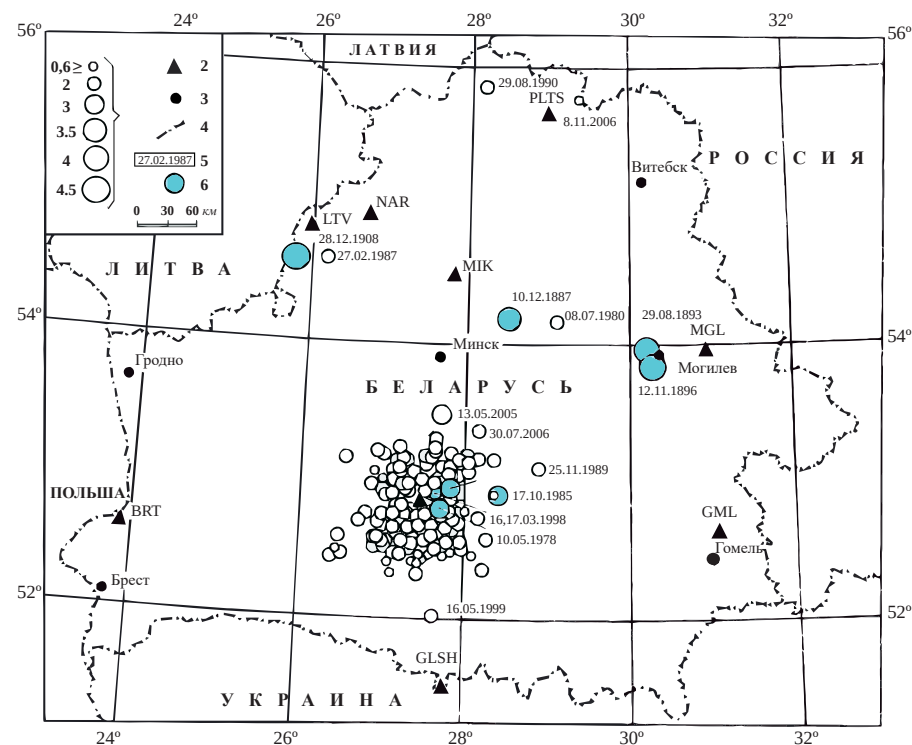


Рис. 2. Карта эпицентров исторических и современных инструментально зарегистрированных землетрясений на территории Беларуси: 1 — магнитуда землетрясений; 2 — сейсмические станции; 3 — города; 4 — государственная граница; 5 — дата землетрясений; 6 — ощутимые землетрясения

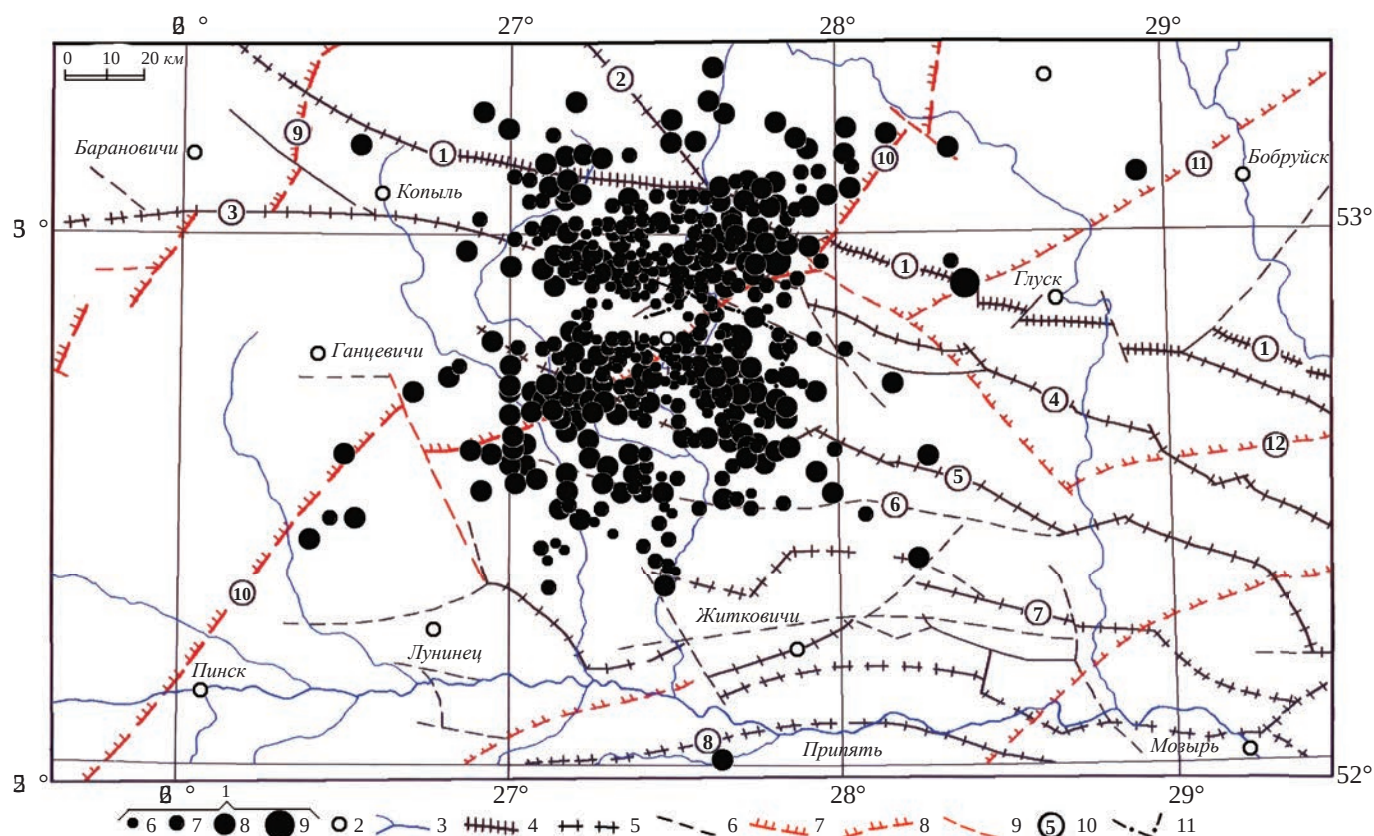


Рис. 3. Карта проявления сеймотектонических процессов Солигорского горнопромышленного района: 1 — энергетический класс (К) сейсмических событий; 2 — населенный пункт; 3 — реки; 4–6 — разломы, проникающие в чехол (4 — суперрегиональные, ограничивающие крупнейшие надпорядковые структуры; 5 — региональные ограничивающие крупные I, II порядка структуры; 6 — локальные); 7–9 — разломы, не проникающие в чехол (7 — суперрегиональные, разграничивающие крупнейшие области разного возраста переработки; 8 — региональные, разграничивающие крупные области разного возраста переработки; 9 — локальные); 10 — разломы (цифры в кружках: 1 — Северо-Припятский, 2 — Налибокский, 3 — Ляховичский, 4 — Речицкий, 5 — Червонослободско-Малодушинский, 6 — Копаткевичский, 7 — Шестовичский, 8 — Сколодинский, 9 — Выжевско-Минский, 10 — Стоходско-Могилевский, 11 — Кричевский, 12 — Чечерский); 11 — граница шахтных полей Солигорского горнопромышленного района

характер. При этом проявление сейсмичности за пределами зоны промышленных выработок служит признаком того, что с определенного времени сейсмический процесс в основном связан с региональными геодинамическими факторами, практически не зависит от работы горного предприятия и вызывается активизацией разломов в регионе разработки месторождения вследствие изменения напряжений в горизонтах, подверженных воздействию природных тектонических сил.

Из удаленных землетрясений наибольшую опасность для территории Беларуси представляют сильные события из сейсмогенной зоны Вранча, расположенной на крутом изгибе горной дуги в месте сочленения Восточных и Южных Карпат (восточная часть Румынии). Очаги этих землетрясений имеют глубину до 200 км, а ощутимый эффект

сейсмических волн от землетрясений с магнитудой 7,0–7,6 наблюдается на большей части территории Восточной Европы. Землетрясения очаговой зоны Вранча занимают незначительную часть литосферы, примерно $100 \times 100 \times 200$ км, в которой выделяется аномально большое количество энергии, сравнимое по величине с наиболее сейсмически активными участками земной коры. Сильные землетрясения в районе Вранча возникают сравнительно часто. За второе тысячелетие здесь произошло 35 разрушительных землетрясений с $M \geq 7,0$ и интенсивностью в эпицентре $I_0 \geq 8$ баллов по шкале MSK-64. За последние 75 лет пять событий — в 1940, 1977, 1986, 1990, 2016 гг. — ощущались на территории Беларуси с интенсивностью 3–5 баллов. Отличительной особенностью воздействия Карпатских землетрясений на территорию Беларуси

является вытянутость изосейст в северо-восточном направлении от очага землетрясения.

Инструментальные сейсмологические наблюдения в Беларуси начались в 1963 г. после строительства геофизической обсерватории в населенном пункте Плещеницы (Минская область) [5, 6]. В дальнейшем развитие сети наблюдений в Беларуси было связано с участием в Единой системе сейсмических наблюдений и масштабным развитием работ по прогнозу землетрясений (до распада СССР), созданием Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь и Республиканской системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Сейсмологические исследования, проведенные в Беларуси в конце прошлого и начале нынешнего столетия,

стали основой для разработки концепции создания и развития национальной системы сейсмологического мониторинга.

В структуре системы сейсмологического мониторинга предусматривается решение следующих основных задач:

- организация сейсмологической службы на основе непрерывных круглосуточных наблюдений;

- управление и информационно-техническое обеспечение процессами сбора, обработки, анализа и представления данных мониторинга (срочные донесения, оперативная сводка, станционные и сводные бюллетени, каталоги сейсмических событий, аналитические обзоры, технические отчеты, научные публикации и др.);

- унификация и стандартизация протоколов обмена и форматов данных;

- создание и актуализация баз данных;

- обеспечение в регламентном порядке государственных органов и ведомств сейсмологической информацией;

- обеспечение обмена информацией с организациями сейсмологического профиля сопредельных стран и международными центрами данных — Геофизической службой РАН (GS RAS), Международным сейсмологическим центром (ISC), Европейско-средиземноморским сейсмологическим центром (EMSC), Организацией по Договору о всеобъемлющем запрете испытаний ядерного оружия (CTВТО);

- регулярная подготовка информации о сейсмической обстановке для населения, прессы, радио и телевидения, других заинтересованных организаций.

Для проведения сейсмологического мониторинга в стране было создано государственное учреждение «Центр геофизического мониторинга Национальной академии наук Беларуси», а правовую базу составили специально подготовленные национальные и локальные нормативные документы, в которых определен порядок функционирования системы мониторинга.

Основу системы мониторинга составляет сеть сейсмометрических наблюдений, структура которой

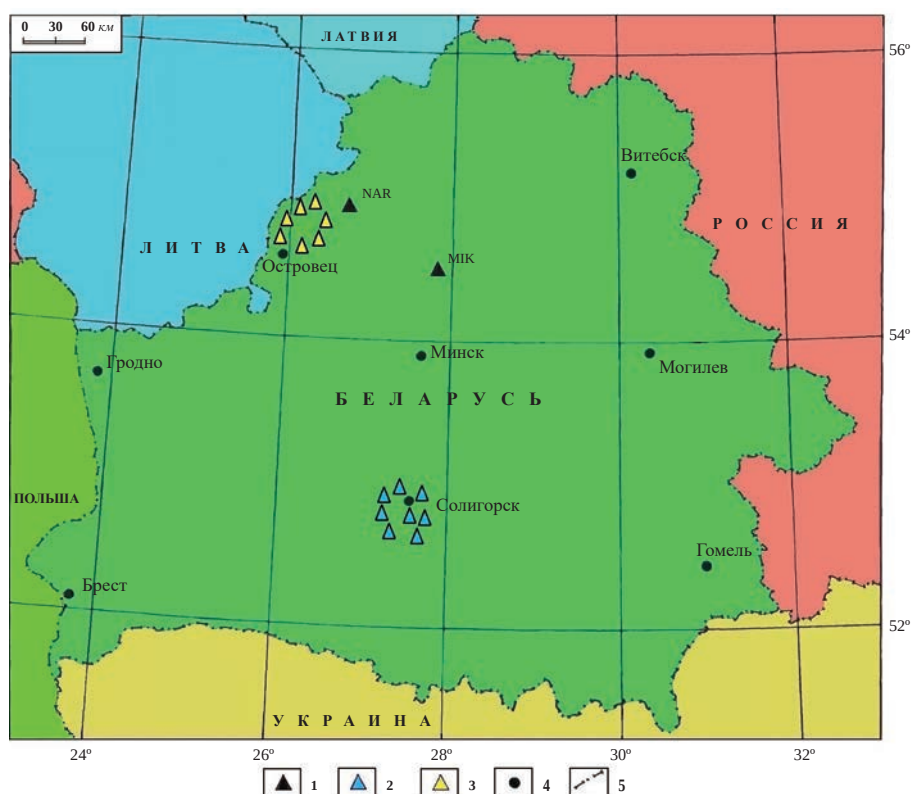


Рис. 4. Современная сеть сейсмологических наблюдений на территории Беларуси: 1 — широкополосные сейсмические станции; 2 — Солигорская локальная сейсмическая сеть; 3 — Островецкая локальная сейсмическая сеть; 4 — город; 5 — государственная граница

разработана на основе критериев оптимальности и эффективности размещения станций. Поскольку удовлетворить всем возникающим при регистрации сейсмического поля требованиям практически невозможно, система наблюдений спланирована таким образом, чтобы обеспечить достаточную информативность как для решения задач регионального (национального) и локального уровней, так и для международного участия в системе глобального (телесеизмического) мониторинга.

Возможности эффективного сейсмического контроля определяются чувствительностью системы наблюдений к регистрации землетрясений минимального представительного энергетического уровня. Эффективность отдельного пункта наблюдения определяется уровнем микросейсмического шума, значением величины отклонения наблюдаемых времен пробега сейсмических волн относительно используемого годографа, вариацией амплитуд этих волн относительно калибровочной кривой. При этом отклонения

времени пробега и амплитуд от осредненных годографов связаны с неоднородностью строения коры и верхней части мантии. Особенно существенное влияние оказывают приповерхностные неоднородности в местах расположения пунктов наблюдений.

Детальную картину сейсмического поля дают сети небольшой апертуры, расположенные в пределах локальных геодинамических зон и полигонов. В локальных системах наблюдений существенно повышаются возможности размещения пунктов наблюдений в сравнительно однородных условиях, что уменьшает число неучтенных искажающих факторов, значительно увеличивается точность локализации очагов как местных землетрясений, так и удаленных, поскольку повышаются возможности для учета станционных поправок и общей поправки на сеть. При этом региональная сеть наблюдений планируется таким образом, чтобы локальные сети являлись бы ее составной частью. В работе [2] на основе численных модельных

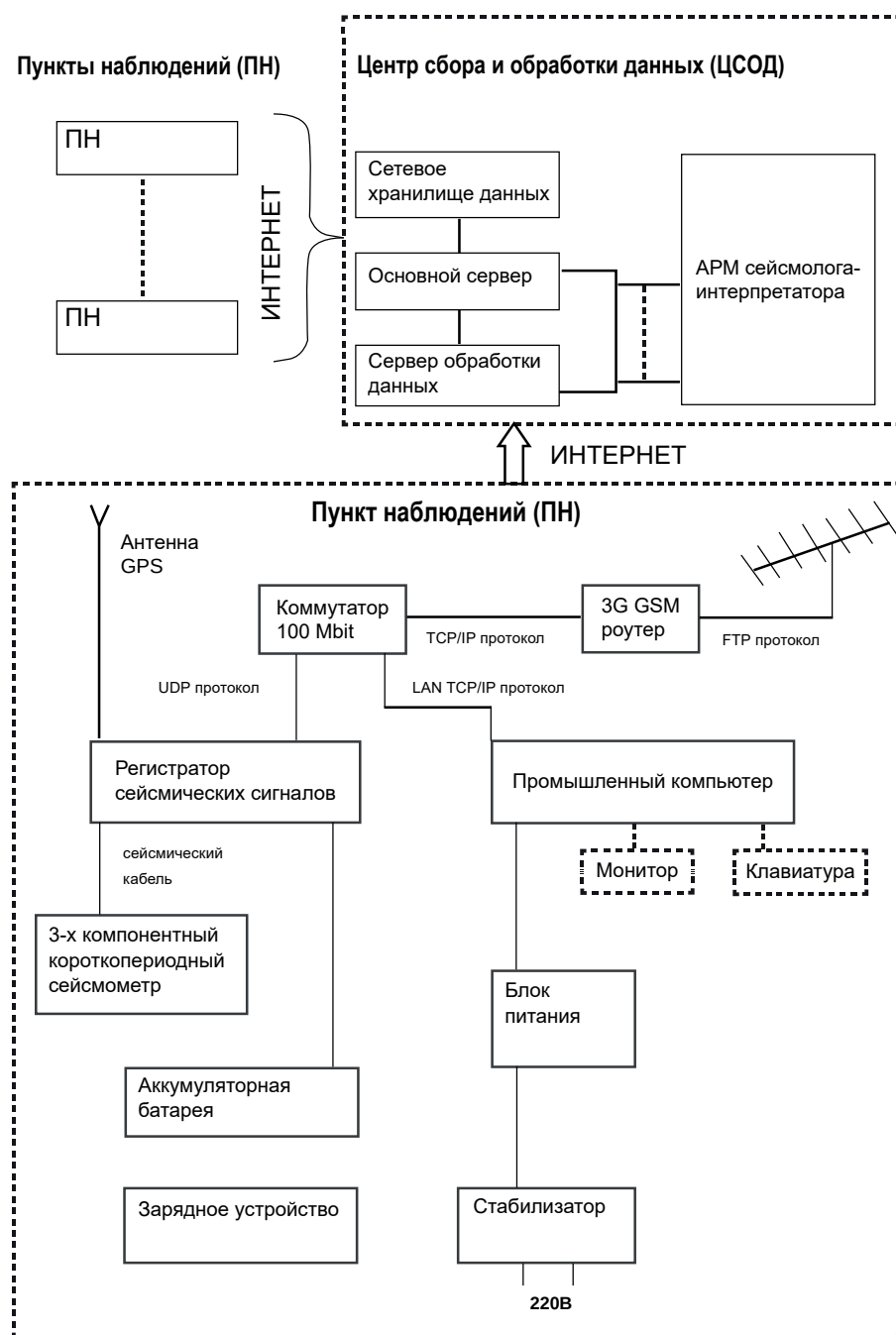


Рис. 5. Структура локальной сети системы БАСС

расчетов были получены результаты по оценке разрешающей способности системы сейсмологических наблюдений, состоящей из локальных сетей изометрической конфигурации в определении пространственных и временных координат очагов сейсмических событий. В этой работе рассмотрены различные варианты взаимного расположения очагов по отношению к системе наблюдений из одной и нескольких локальных сетей, а также в их комбинации с одиночными станциями. Такой подход был в свое время использован при

создании системы БАСС (Большая автоматизированная региональная сейсмометрия) в Узбекистане, которая показала высокую эффективность за многолетний период функционирования [1].

Современные сейсмологические наблюдения в Беларуси организованы в соответствии с этой концепцией, а региональная (национальная) сейсмологическая сеть представляет собой информационно и технически согласованную совокупность локальных сетей и отдельных станций. С учетом преимуществ и

развития принципов построения система сейсмологического мониторинга в Беларуси получила название "Белорусская автоматизированная региональная сейсмологическая сеть" — система БАСС.

Телесеизмический и региональный уровень системы БАСС обеспечивают широкополосные сейсмические станции «Минск» и «Нарочь»; региональный и локальный — Солигорская локальная сеть в составе 8 сейсмических станций, расположенная в районе Старобинского месторождения калийных солей, и Островецкая локальная сеть (7 сейсмических станций), расположенная в районе строительства Белорусской АЭС, с привлечением данных отдельных сейсмических станций (рис. 4).

Солигорская локальная сеть организована для регистрации проявления сейсмичности в районе Старобинского месторождения калийных солей. На этой территории с 1983 г. по настоящее время инструментально зарегистрировано более 1400 местных сейсмических событий в диапазоне магнитуд $M = 0,3-3,1$ с глубиной очагов до 60 км. Несколько землетрясений имели ощутимый характер: 1978 г. (д. Кулаки, $M = 3,0$), 1983 г. (н.п. Повстынь, $M = 2,8$), 1985 г. (г. Глуск, $M = 3,1$), 1998 г. (п. Погост, $M = 1,9$ и $M = 0,8$).

Островецкая локальная сеть сейсмологических наблюдений развернута в районе расположения площадки строительства Белорусской АЭС с 2008 года. Структура этой локальной сети были определена с учетом геолого-геофизических и сеймотектонических условий района расположения площадки АЭС как относительно ближайших зон возникновения очагов землетрясений (ВОЗ), так и от сильных землетрясений, в том числе из глубокофокусной зоны в горах Вранча в Восточных Карпатах.

Сейсмические станции локальных сетей оборудованы однотипной аппаратурой наблюдений, состоящей из короткопериодного 3-компонентного сейсмометра LE-3Dlite (Lennartz Electronic, Германия), 24-разрядного регистратора сейсмических сигналов «Дельта-03» (ООО «ЛогиС», Россия), промышленного компьютера с процессором Intel

Atom eBOX-530-820-FL1 и вспомогательного оборудования.

Управление сейсмической станцией в пункте наблюдений обеспечивают регистратор и промышленный компьютер, которые связаны между собой с использованием сетевой технологии. Это дает возможность обеспечить надежную передачу зарегистрированных данных по интернет-каналу связи в основной сервер центра сбора и обработки данных (ЦСОД) локальной сети с гарантированной защитой от потери информации при возникновении неполадок и внештатных ситуаций (рис. 5).

Система обработки сейсмических данных основана на программном комплексе WSG [9] и дополнительном пакете компьютерных программ, разработанном в Центре геофизического мониторинга НАН Беларуси, которые обеспечивают выполнение следующих функций: сбор информации в режиме реального времени, запись и контроль качества данных; управление обработкой; проведение сейсмологических расчетов; хранение волновых форм и обработанных данных; организация связи между процессами. Графический интерфейс пользователя предоставляет возможности выделения фаз как автоматически (расстановка фаз), так и вручную, визуализации события, его картографического отображения, системного мониторинга (сервисное наблюдение за работой системы).

Для экспресс-анализа обнаружения полезного сигнала была разработана методика «прослушивания» зарегистрированной сейсмической записи, которая заключается в том, что диапазон сейсмических частот транспонируется в акустическую область. При этом тембровая окраска волновой картины слабых полезных сейсмических сигналов значительно отличается от волновой картины сейсмических шумов. Сочетая визуальный просмотр зарегистрированных сейсмических сигналов, включая спектральный портрет, с акустическим, можно значительно повысить эффективность обнаружения слабых сигналов на фоне интенсивных шумов. Прослушивая данные, можно по звуку отнести зарегистрированную запись к определенному типу сейсмического события

или помехи.

В практике обработки выделены звуковые «портреты» как записей помех, так и сейсмических событий — местных, региональных и далеких землетрясений, промышленных взрывов. Кроме того, сейсмические события отличаются по звуку в зависимости от удаленности от станции, а также от специфических условий расположения самой станции.

«Звучание» местного события напоминает глухой удар, регионального события похоже на продолжительный раскат грома, а далекого события — на громкий и резкий взрыв, особенно при большой магнитуде. Если событие очень далекое, звук может быть не очень громким, но слышен хорошо. Бывают исключения, когда нет звучания, но это редкость.

Отдельный вид сейсмических событий составляют промышленные и иные взрывы. Взрыв по звуку чем-то похож на местное событие, но имеет особый «металлический» оттенок.

В ряде случаев бывает достаточно трудно по звуку отличить взрыв от местного землетрясения и при обработке используются специальные критерии дискриминации, основанные на спектрально-временных зависимостях с их последующей параметризацией.

Выделяя, таким образом, участки с записями полезных сигналов, производится их дальнейшая визуальная обработка.

Информационно-аналитическое обеспечение ЦСОД поддерживается системой реляционных баз данных, позволяющих структурировать и связывать все типы сейсмических данных с возможностью составления сложных запросов и получения максимально содержательных отчетов. Базы данных организованы на основе как файл-серверных систем управления базами данных (СУБД) Microsoft Access, так и клиент-серверных СУБД: SQL Server, MySQL, PostgreSQL. Удобство использования MS Access обосновано совместимостью с другим продуктом корпорации Microsoft — электронными таблицами Excel, имеющими широкие возможности статистической обработки данных. Клиент-серверные СУБД (например, MS SQL Server) удобны в работе с геопространственными

данными и без сложностей интегрируются в геоинформационные системы.

Кроме того, обе названные СУБД взаимодействуют, позволяя производить синхронное добавление записей путем однократного ввода данных. При этом на этапе трансфера данных обеспечена надежная сохранность полученной информации как для оперативного доступа, так и для долговременного архивного хранения, в том числе реализованы следующие функции.

1. Возможность обращения к архивам данных в режиме online.
2. Быстрая деархивация данных и работа в режиме offline.
3. Дистанционный доступ к данным, дающий возможность удаленным пользователям быстро получать необходимую информацию.
4. Возможность представления данных в различных средствах отображения информации.
5. Возможность распределения данных в выбранных временных диапазонах.

Сейсмологическая информация сохраняется в нескольких копиях для оперативного доступа на центральном сервере, оптических дисках, внешних жестких дисках, часть из которых организована как RAID-массив зеркальной конфигурации, а также на магнитных ленточных накопителях для архивного хранения.

Анализ данных сейсмологического мониторинга, объективная и оперативная картина сейсмической обстановки осуществляются с применением геоинформационной системы ArcGIS как в виде отдельных (в том числе специально разработанных) программ, так и в виде встроенных графических интерфейсов пользователей.

Обработанные данные систематизируются по следующим позициям: цифровые записи сейсмических событий; бюллетени сейсмических станций; сводный бюллетень; каталоги сейсмических событий природного и техногенного характера; карты эпицентров; графики параметров сейсмичности и обзоры данных.

Современная сеть сейсмологического мониторинга Беларуси интегрирована в международную структуру, что существенно

расширяет возможности и повышает эффективность национальной сети, позволяет производить оперативный обмен данными, повышает точность определения параметров землетрясений. В международной системе обмен информацией осуществляется с Геофизической службой Российской академии наук (GS RAS, г. Обнинск Калужской области), Международным сейсмологическим центром (ISC, Великобритания), Европейско-средиземноморским сейсмологическим центром (EMSC, Франция), данные системы БАРСС используются также и в Международном центре данных Организации по Договору о всестороннем запрете ядерных

испытаний (ОДВЗЯИ).

В свое время взаимодействие систем сейсмологических наблюдений Беларуси, стран Балтии и Скандинавии позволило оперативно локализовать эпицентры серии сильных Калининградских землетрясений в сентябре 2004 года [3, 4]. Для определения основных параметров очагов в режиме, близком к реальному времени, были привлечены все доступные на тот момент времени данные относительно близких к эпицентральной зоне станций. Возникновение этих землетрясений стало подтверждением актуальности детального изучения сейсмичности платформенных территорий и активизировало развитие

сети сейсмологического мониторинга в регионе.

Выводы

Современная сеть сейсмологического мониторинга Беларуси, структура которой представляет собой информационно и технически согласованную совокупность локальных сетей и отдельных станций, построена для эффективного решения задач контроля сейсмической обстановки в широком диапазоне эпицентральных расстояний и обеспечения сейсмологических исследований в геодинамических условиях слабоактивной территории западной части Восточно-Европейской платформы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизация сбора и обработки сейсмологической информации. Ташкент: ФАН, 1976. 118 с.
2. Аронов А.Г., Аронова Т.И. Методика оценки разрешающей способности локальных сейсмических групп в определении местоположения очагов землетрясений // Прогноз сейсмической опасности Узбекистана: монография в 2 т. / Т. 2: Проблемы прогнозирования землетрясений. Ташкент: ФАН, 1994. С. 44–51.
3. Аронов А.Г., Аронова Т.И. Сеймотектонические критерии долгосрочного прогноза Калининградских землетрясений // Калининградское землетрясение 21 сентября 2004 года. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. С. 136–150.
4. Аронов А.Г., Сероглазов Р.Р., Аронова Т.И. Сейсмичность и сеймотектоника // Сеймотектоника плит древних платформ в области четвертичного оледенения. М.: Книга и Бизнес, 2009. С. 122–137.
5. Аронов А.Г., Сероглазов Р.Р., Аронова Т.И. Сейсмичность территории Беларуси // Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы: в 2 кн. Кн. 1: Землетрясения. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. С. 357–364.
6. Аронов А.Г., Сероглазов Р.Р., Аронова Т.И. Сеть сейсмических станций Беларуси // Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы: в 2 кн. Кн. 1: Землетрясения. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. С. 350–353.
7. Мухамедиев Ш.А., Аронов А.Г., Аронова Т.И. Тектонические напряжения и сейсмичность в районе Старобинского месторождения калийных солей // Литасфера. 2014. № 1 (40). С. 50–57.
8. Сеймотектоника плит древних платформ в области четвертичного оледенения. М.: Книга и Бизнес, 2009. 225 с.
9. Функциональные возможности программы WSG // НПП «Геотех» и ГС РАН. Обнинск, 2007. 73 с.
10. Aronov A.G., Aronova T.I., Assinovskaya B., Debski W., Domanski B., Gregersen S., Guterch B., Grünthal G., Husebye E.S., Mäntyniemi P., Nikulin V.G., Pacesa A., Puura V., Sliampa S., Wiejacz P. The exceptional earthquakes in Kaliningrad district, Russia on September 21, 2004 // Physics of the Earth and Planetary Interiors. 2007. Vol. 164. P. 63–74.
11. Aronov A.G., Mukhamediev Sh.A., Belousov T.P., Aronova T.I., Seroglazov R.R. Seismicity and the stressed state of the Starobin potassium salt deposit in Belarus // Геодинамика. 2014. № 1 (16)/2014. С. 88–95.
12. Aronov A.G., Seroglazov R.R., Aronova T.I., Safronov O.N. Kaliningrad earthquake of September 21, 2004 and seismic hazard forecast in the Belarusian-Baltic region // Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica. 2006. Vol. 41 (3-4). P. 369–376.
13. Aronov A.G., Seroglazov R.R., Aronova T.I. Seismicity of Belarus // Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica. 2010. Vol. 45. № 3 (September). P. 324–339.



Саморегулируемая организация
**Ассоциация
«Инженерные изыскания
в строительстве»**

В СРО «АИИС» входят около 2000 организаций из 83 регионов России, а также компании из Белоруссии, Украины, Норвегии, Англии, Турции и США. Среди организаций-участниц АИИС — ведущие отраслевые вузы и университеты, выпускающие специалистов профильных специальностей, крупные российские компании.

Ведется выдача свидетельств о допуске к работам по выполнению инженерных изысканий в строительстве, в том числе к работам на особо опасных, технически сложных и уникальных объектах капитального строительства, объектах использования атомной энергии.

КРУПНЕЙШАЯ ИЗЫСКАТЕЛЬСКАЯ СРО В РОССИИ

Документы на вступление в ассоциацию принимаются в исполнительной дирекции в Москве и в филиалах в следующих городах

Санкт-Петербург, Измайловский проспект, дом 4 (комнаты 222, 414).

Тел.: +7 (812) 575-37-85, +7 (921) 316-61-18. E-mail: spb@oaiis.ru.

Ростов-на-Дону, ул. Текучева, дом 234, этаж 5, оф. 504.

Тел.: +7 (863) 201-27-57. E-mail: rostov@oaiis.ru.

Краснодар, ул. Котовского, дом 42.

Тел.: +7 (861) 216-82-33; факс: +7 (861) 277-31-69. E-mail: krasnodar@oaiis.ru.

Самара, ул. Галактионовская, дом 157, оф. 610.

Тел.: +7 (846) 205-76-03. E-mail: samara@oaiis.ru.

Уфа, ул. 50 лет СССР, дом 39, б/ц «Промсвязь», этаж 3, каб. 66.

Тел.: +7 (347) 241-53-44. E-mail: ufa@oaiis.ru.

Пермь, ул. Куйбышева, дом 52.

Тел.: +7 (342) 239-33-73, 239-31-12. E-mail: perm@oaiis.ru.

Тюмень, ул. Луначарского, дом 28.

Тел.: +7 (3452) 42-23-90. E-mail: tumen@oaiis.ru.

Томск, ул. Пушкина, дом 40/1.

Тел.: +7 (3822) 66-05-49. E-mail: tomsk@oaiis.ru.

Владивосток, ул. Пограничная, дом 15а.

Тел.: +7 (423) 261-32-24. E-mail: dv@oaiis.ru.

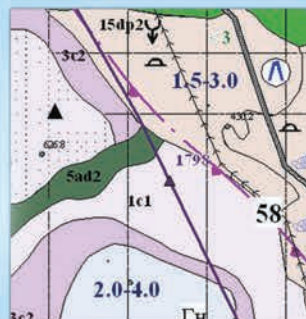
Воронеж, ул. Солнечная, дом 31а, оф. 401.

Тел.: +7 (473) 269-57-28. E-mail: voronezh@oaiis.ru.

107076, Москва, ул. Электрозаводская, дом 60.

Тел./факс: +7 (495) 228-08-68.

E-mail: mail@oaiis.ru. **Web:** www.oaiis.ru, www.aiis.pф



УМЕНЬШЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА ПРИ ЗАСТРОЙКЕ ТЕРРИТОРИЙ СО СЛОЖНЫМИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ

REDUCTION OF THE SEISMIC RISK AT BUILDING THE TERRITORIES WITH DIFFICULT ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS

АКБАШЕВ Р.Р.

Младший научный сотрудник Камчатского филиала Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН», генеральный директор ООО «ИнжГеоКам», г. Петропавловск-Камчатский, inggeokam@mail.ru

ВАСИЛЮК И.Н.

Главный инженер ООО «ИнжГеоКам», г. Петропавловск-Камчатский, inggeokam@mail.ru

БУБНОВ А.Б.

Ведущий специалист-эксперт Департамента по недропользованию по Дальневосточному федеральному округу, коммерческий директор «ИнжГеоКам», г. Петропавловск-Камчатский, saxa415@mail.ru

КОНСТАНТИНОВА Т.Г.

Старший научный сотрудник Камчатского филиала Геофизической службы РАН, г. Петропавловск-Камчатский, lrg334@emsd.ru

ТАРАКАНОВ А.И.

Генеральный директор ООО «Изыскатель», г. Петропавловск-Камчатский, iziskaniya@mail.ru

AKBASHEV R.R.

Junior researcher, Kamchatka branch of the Federal Research Center «United Geophysical Service RAS», General Director of «InzhGeoKam» Ltd., Petropavlovsk-Kamchatsky, inggeokam@mail.ru

VASILYUK I.N.

Chief engineer, «InzhGeoKam» Ltd., Petropavlovsk-Kamchatsky, inggeokam@mail.ru

BUBNOV A.B.

Leading specialist expert, Department of Mineral Resources of the Far Eastern Federal District, Commercial Director of «InzhGeoKam» Ltd., Petropavlovsk-Kamchatsky, saxa415@mail.ru

KONSTANTINOVA T.G.

Senior Researcher, Kamchatka branch of the Geophysical Service of RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, lrg334@emsd.ru

TARAKANOV A.I.

General Director of «Izyskatel'» Ltd., Petropavlovsk-Kamchatsky, iziskaniya@mail.ru

Ключевые слова: сейсмическое микрорайонирование; замена грунтов; повышение уровня планировочной отметки; дренажные системы; свайные фундаменты; конструктивные решения.

Аннотация: в статье рассматривается применение инженерных методов защиты зданий и сооружений от сейсмических воздействий в сейсмоопасном регионе (Камчатка). Используются различные методы улучшения инженерно-геологических и сейсмических условий площадок строительства: водопонижение, замена слабых грунтов, изменение планировочных отметок, создание уплотненного основания свайным полем. Изменения приращения сейсмического балла в результате проведенных мероприятий проверяются повторным проведением инструментальных сейсморазведочных работ. Исследовано поведение зданий при различных инженерно-геологических условиях в результате воздействия сильного Камчатского землетрясения 1971 года.

Keywords: seismic microzoning; soil replacement; raising the level of planning; drainage systems; the use of pile foundations; structural solutions.

Abstract: this article deals with the application of engineering methods to protect buildings and structures from seismic effects in the seismic region of Kamchatka. There are various methods of improving the geological and seismic conditions of construction sites: dewatering, replacing weak soils, changing planning markers, and creating a compacted base with the pile field. Changes in the increment of the seismic scale as a result of the above-implemented measures are checked by seismic evaluation instruments. We also study the behavior of buildings with different engineering-geological conditions as a result of the impact of the strong 1971 Kamchatka earthquake.

На территории Российской Федерации в регионах Северного Кавказа, юга Сибири и Дальнего Востока интенсивность сейсмических сотрясений достигает 8–10 баллов по 12-балльной макросейсмической шкале MSK-64 [6]. Камчатский полуостров имеет высокую сейсмическую

опасность. Для города Петропавловска-Камчатского в 1974 г. была построена карта сейсмического микрорайонирования (СМР) масштаба 1:10 000 [3]. В 1981 г. построены карты СМР расширенных границ города (участки Авачинский, Нагорный и Южный) того же масштаба. Карта общего сейсмического районирования (ОСР-97 А) подтвердила исходную сейсмичность г. Петропавловска-Камчатского, равную 9 баллам [9]. На территории города выделены зоны с сейсмической опасностью 8, 9 и 10 баллов, которые подразделены на подзоны в зависимости от грунтовых и гидрогеологических условий. Довольно высокий уровень сейсмичности требует применения специфических конструкторских расчетов проектируемых сооружений, в особенности при расчетной сейсмостойкости выше 9 баллов, когда нужно получение специальных технических условий (СТУ) и проведение дополнительных конструкторских расчетов. Определяемая расчетная сейсмичность в силу специфичности

инженерно-геологических и сейсмических условий может иметь промежуточное значение и незначительные неточности или же допуски в расчетах изменяют расчетную сейсмичность кратно 1 балла, причем необязательно в сторону повышения.

В самом застраиваемом в настоящее время микрорайоне «Северо-Восток» г. Петропавловска-Камчатского сейсмичность большей части территории на карте сейсмического микрорайонирования равна 10 баллам. Часть этого участка переведена в 9-балльную зону при понижении уровня грунтовых вод с помощью выполнения дренажных работ. Обнаружены случаи, когда дренажные системы выходят из строя и уровень грунтовых вод вновь повышается.

В ряде случаев, при промежуточной расчетной сейсмичности района или близкой к промежуточной, реально возникает необходимость рассмотреть возможность понижения сейсмичности при соблюдении заданного нормативными техническими документами уровня сейсмической безопасности — сейсмического риска. Для этого проводятся специализированные детальные инженерно-геологические и сейсморазведочные исследования. Авторами было замечено, что при расчете приращения сейсмической интенсивности за грунтовые условия методом сейсмических жесткостей верхняя низкоскоростная толща до 2–3 м, реже до 4 м, характеризующаяся скоростями поперечных волн $V_s = 100–150$ м/с, вносит существенный вклад в приращение сейсмической интенсивности на исследуемой площадке. В геологическом отношении часто верхняя часть разреза бывает представлена слабыми грунтами, относящимися к III категории по сейсмическим свойствам, а нижняя относится ко II категории или даже к I [8]. Уровень подземных вод в слабых грунтах чаще всего залегает вблизи поверхности земли. Приращение сейсмической интенсивности может составлять более 0,5 балла, и расчетная сейсмичность повышается до 1 балла относительно фоновой величины.

Следует рассмотреть случаи, когда возможно выполнение подготовки инженерно-геологических условий на некоторых строительных площадках. Технологический уровень строительства к настоящему времени заметно

возрос и возможны изменения инженерно-геологической обстановки некоторых площадок. К примеру, производится вырезка слабых приповерхностных грунтов толщиной до 2–4 м, замена их прочным слоем отложений и послойным уплотнением его мощными виброкатками с систематическим контролем уплотнения. Иногда и в этих случаях появляется необходимость понижения уровня подземных вод на заданную величину с помощью дренажа глубокого заложения (до 5–7 м).

Перечисленные мероприятия были выполнены на некоторых участках территории г. Петропавловска-Камчатского, и часть бывших 10-балльных участков была переведена в 9-балльные посредством проведения мероприятий строительной подготовки. По истечении 15–25 лет с момента застройки таких территорий выборочно была произведена проверка изменения инженерно-геологической и сейсмической обстановки участков застройки и сопряженных с ними площадок. В результате на многих застроенных площадках снижения сейсмичности до 1 балла оказались верными. Величина приращения сейсмического балла, определенная методом сейсмических жесткостей (РСН 60-86) [7], снижалась на 0,6–0,7 балла. Но не всегда возможно понижение сейсмичности, и поэтому часть площадок перевести в зону меньшего уровня сейсмичности не удастся.

Приведем пример понижения сейсмичности на конкретных площадках города. Одна из площадок, расположенная в северо-восточной части г. Петропавловска-Камчатского в

10-балльной зоне, была отведена под строительство храма Преподобного Сергия Радонежского. На ней была выполнена строительная подготовка территории (рис. 1). Выполнены инженерно-геологические и геофизические изыскания для возможности застройки микрорайона (площадка 1 на представленном фрагменте карты СМР).

В результате комплексного анализа было рекомендовано убрать верхний 2-метровый слой (рис. 2), представленный слабыми грунтами, относящимися к III категории по сейсмическим свойствам. Далее рекомендовалось засыпать площадку прочным щебенистым грунтом (рис. 3) и послойно уплотнить насыпной грунт (рис. 4).

Приведены сейсморазведочные разрезы со значениями скоростей продольных (рис. 5, а) и поперечных сейсмических волн (рис. 5, б) до проведенных подготовительных мероприятий на площадке строительства и после замены и уплотнения верхнего слоя грунта (рис. 6).

В результате выполненных работ сейсмичность строительной площадки уменьшилась до 9 баллов. Подобным способом проводятся подготовительные работы на строительной площадке Камчатской краевой больницы с заменой верхнего рыхлого слоя до глубины 4,0 метра (рис. 7).

На некоторых площадках вместо забивных возможно устройство буронабивных свай большого диаметра, по глубине достигающих высокопрочные несущие горизонты нижележащего грунта. Применение названных методов требует аккуратного и грамотного выполнения, которое не каждая строительная организация способна



Рис. 1. Фрагмент карты СМР района «Северо-Восток» г. Петропавловска-Камчатского



Рис. 2. Снятие верхнего двухметрового слоя



Рис. 3. Засыпка площадки щебенистым грунтом



Рис. 4. Послойно уплотненный насыпной грунт

ответственно провести. Монолитное домостроение может создать надежное обеспечение сейсмостойкого строительства. Такое направление, как применение уплотненных под строящимися зданиями грунтовых массивов свайным полем, имеет существенный ресурс сейсмической защиты зданий и сооружений. Применяются весьма эффективные плитные варианты фундаментов и свайно-плитные.

Приведем пример последствий сильного Камчатского землетрясения 25 ноября 1971 г. К этому времени территория города до 80% была застроена зданиями деревянных конструкций. Каменную застройку представляли дома из мелких блоков, крупноблочные, крупнопанельные и здания каркасной и комплексной конструкции. Промышленные, портовые сооружения и здания общественного назначения в основном были застроены каркасными строениями, зданиями с неполным каркасом и несущими стенами из мелких, реже крупных блоков [1].

Результаты макросейсмического обследования землетрясения 1971 г. показали, что в аварийное состояние пришли от 12 до 19% обследованных каменных зданий города. Пятиэтажное здание производственного холодильника, построенное на водонасыщенных грунтах, при землетрясении 1971 г. не получило значительных конструктивных повреждений. В основании его было создано свайное поле при длине свай до 16,5 м. При создании свайного поля под строительство памятника В.И. Ленину в центре города на слабых грунтах в 10-балльной зоне происходило уплотнение грунтового массива. Грунт выпучивался на поверхность из-за выдавливания его забивными сваями. Эффективность такого подхода авторами планируется проверить проведением полномасштабных сейсморазведочных работ и оценкой приращения сейсмичности как внутри создаваемого свайного поля, так и за его пределами.

На Сахалине при Нefтегорском землетрясении 1995 г. в г. Нefтегорске произошло разжижение мелкозернистых и пылеватых песков [4]. Все 17 пятиэтажных домов были полностью разрушены. Город превратился в протяженные груды развалин (рис. 8). Памятник В.И. Ленину, возведенный на свайном поле, устоял.

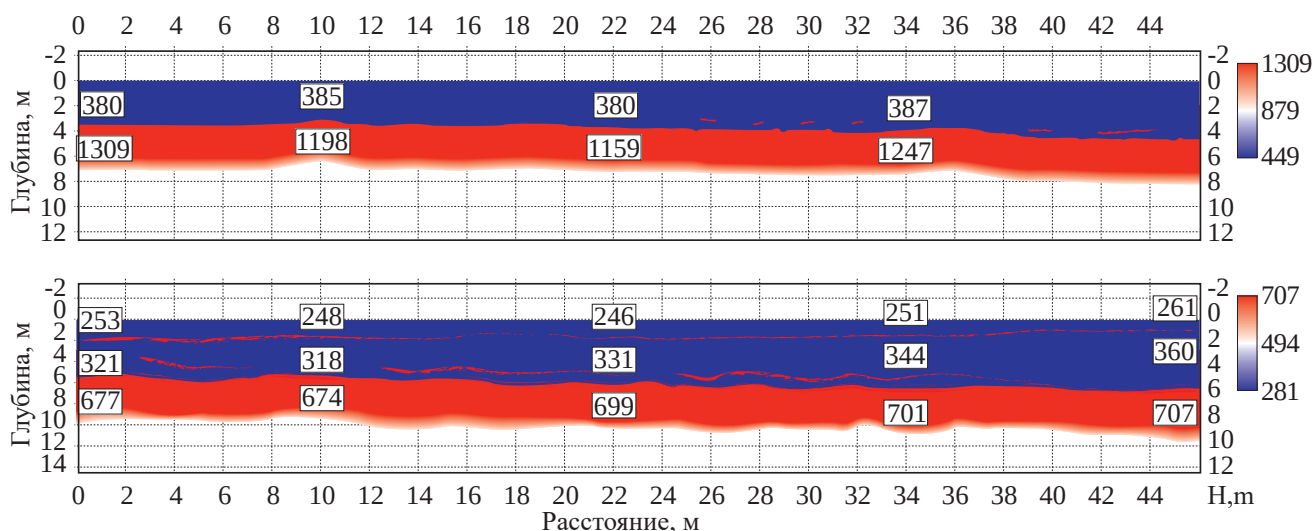


Рис. 5. Сейсморазведочные разрезы со значениями скоростей продольных (а) и поперечных сейсмических волн (б) до проведения подготовительных мероприятий

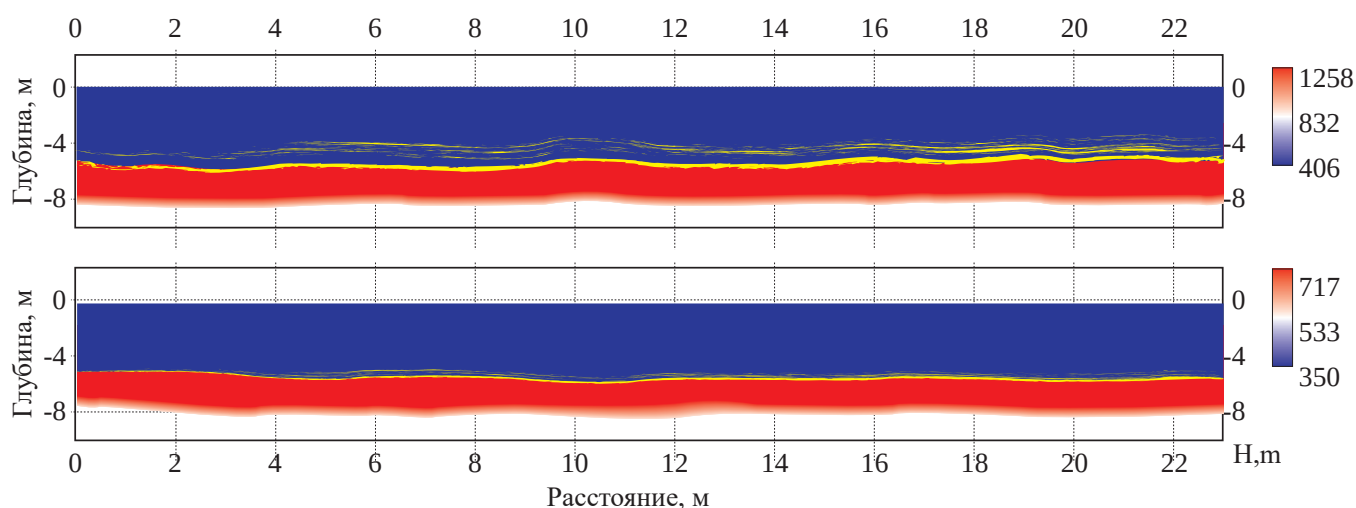


Рис. 6. Сейсморазведочные разрезы со значениями скоростей продольных (а) и поперечных сейсмических волн (б) после проведения подготовительных мероприятий

На фоне развалин видны два неразрушенных двухэтажных дома (здания детских садов), пришедшие в аварийное состояние, но не разрушенные, и три двухэтажных блочных дома, усиленные на 7 баллов, получившие незначительные структурные повреждения. За грунтовые условия г. Нефтегорска должен быть добавлен 1 балл, и даже при 6-балльной сейсмичности и не погибло бы две трети населения города.

В поселке Корф при Олюторском землетрясении 2006 г. произошло практически повсеместное разжижение грунта. На окраине поселка была забетонирована территория под емкости с горючим объемом по 1000 м³. При обследовании в бетонном основании и вблизи него трещин в грунте не было обнаружено (рис. 9). В снегу

встречены тонкие трещины, не достигающие до земли [5].

Следует отметить, что в г. Спитаке (Армения) при землетрясении 1988 г. на территории сахарного завода (грунты II категории) емкости с сахарной патокой, намного меньшие по объему емкостей поселка Корф, разрушились.

Приведем два примера закладки фундаментов в г. Мехико (Мексика). В 1934 г. построен Дворец изящных искусств на центральной площади города. Фундаментом была бетонная плита толщиной 3,0 м, верхняя часть которой находилась на уровне поверхности земли. Еще до строительства бетонная плита заметно прогнулась посередине. Во время возведения здания она все более проседала, погружаясь в землю. Была попытка стабилизировать оседание дворца заливкой

жидкого раствора цемента. Структура глины под фундаментом не позволила раствору распределиться однородно, цементный раствор распределился в виде сгустков. Через 5 лет вокруг дворца были забиты стальные сваи. Эти меры тоже оказались безрезультатными. Здание за время своего существования опустилось на 4,6 метра в землю. Сейчас, чтобы попасть на первый этаж дворца, необходимо спуститься по ступеням, ведущим вниз [2].

Напротив дворца в 1951 г. был построен первый в Мехико небоскреб «Латино-Американа», 43-этажное здание. Небоскреб построен на тех же грунтах, которые залегают под Дворцом изящных искусств. Это здание было возведено на фундаменте, состоящем из бетонной плиты,



Рис. 7. Подготовка строительной площадки Камчатской краевой больницы



Рис. 8. Протяженные груды развалин пятиэтажных домов



Рис. 9. В бетонном основании и грунте трещины не обнаружены

которая покоится на 200 сваях-стойках, заглубленных на 35 метров. Сваи прошли сквозь слой вулканической глины (этот слой является причиной большинства осадок в Мехико). Во время землетрясения 1985 г. башня выстояла, закрепив за собой звание безопасного небоскреба в Мехико [10].

Итак, на Камчатке в гетерогенных грунтовых средах применяются комплексные системные подходы к управлению расчетной сейсмичностью некоторых проблемных в сейсмическом отношении площадок строительства с применением нескольких методов предпроектных подготовительных мероприятий. Это возможно благодаря всестороннему и детальному теоретическому обеспечению расчетных решений и инженерных изысканий с применением сейсморазведочных методов исследований, проектных конструктивных расчетов и специфических методологий строительства. Систематика такого подхода позволила расширить ресурс применения комплексных решений при освоении территорий и повысить оптимизацию строительства на проблемных площадках с достаточно надежным обеспечением необходимого уровня сейсмической защиты построенных зданий и сооружений.

Землетрясения являются серьезной проверкой поведения грунтов и зданий. В районе «Северо-Восток» г. Петропавловска-Камчатского в 10-балльной зоне выполнена инженерная подготовка территории, и значительная часть ее переведена в 9-балльную зону. Здание холодильника и памятники В.И. Ленину в г. Петропавловске-Камчатском и Нефтегорске, построенные на свайных полях, при сильных землетрясениях не были повреждены. В поселке Корф емкости с горючим на бетонных основаниях при Олюторском землетрясении не были повреждены. Емкости, возведенные без надежного фундамента, при Спитакском землетрясении 1988 г. разрушились.

При сильных землетрясениях возникают многие ситуации, которые приводят к увеличению или уменьшению сейсмостойкости зданий. Изучение взаимодействия грунт — сооружение и улучшение свойств грунтовых оснований должны быть основными при строительстве.



Рис. 10. Дворец изящных искусств и 43-этажный небоскреб в Мехико

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисова Н.С., Еришов И.А., Константинова Т.Г., Федякова С.Н., Шумилина Л.С. Макросейсмическое обследование землетрясения 24 (25) ноября 1971 г. в Петропавловске-Камчатском и сопоставление результатов с сейсмическим микрорайонированием. В кн.: Колебания грунтов и зданий при землетрясениях. Вопр. инж. сейсм. Вып. 17. М.: Наука, 1975. С. 71–86.
2. Город Мехико (Мексика). Блог о строительстве и ремонте. URL: <http://www.stroy-max.ru/gorod-mexiko-meksika/>.
3. Константинова Т.Г., Шарапов В.Г. О принципах построения карты сейсмического микрорайонирования территории г. Петропавловска-Камчатского. М.: Наука, 1977. С. 232–236.
4. Константинова Т.Г. Особенности грунтов, обладающих свойствами тиксотропии (на примере Петропавловска-Камчатского, Кировска, Нефтегорска). Память и уроки Нефтегорского землетрясения. Южно-Сахалинск, 2000. С. 133–136.
5. Константинова Т.Г. Макросейсмическое обследование последствий Олюторского землетрясения (20) 21 апреля 2006 года // Олюторское землетрясение (20) 21 апреля 2006 г. Корьякское нагорье. Первые результаты исследований. Петропавловск-Камчатский: КФ ГС РАН, 2007. С. 54–125.
6. Медведев С.В. Международная шкала сейсмической интенсивности. В кн.: Сейсмическое районирование СССР. М.: Наука, 1968. С. 151–162.
7. РСН-60-86. Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Нормы производства работ / Госстрой РСФСР. М.: МосТИСИЗ Госстроя СССР, 1986. 32 с.
8. СНиП-II-7-81*. Строительные нормы и правила. Часть II. Нормы проектирования. Строительство в сейсмических районах. М.: Госстрой СССР, 2000. С. 44.
9. Страхов В.Н., Уломов В.И., Шумилина Л.С. Общее сейсмическое районирование территории России и сопредельных стран // Физика Земли. 1998. № 10. С. 92–96.
10. Peterson Ivars (18 January 1986). «Mexico City's Earthquake: Lessons in the Ruins». *Science News* (Society for Science & the Public) 129 (3): 36.

СЕЙСМОБЕЗОПАСНОСТЬ КОНСТРУКТИВНЫХ СИСТЕМ СОВРЕМЕННЫХ ЖИЛИЩНО-ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОГО РЕГИОНА

SEISMIC SAFETY OF MODERN RESIDENTIAL BUILDINGS STRUCTURAL SYSTEMS OF
CENTRAL-ASIAN REGION

ХАКИМОВ Ш.А.

Заведующим отделом сейсмостойкого строительства АО
«Ташкентский научно-исследовательский и проектно-изыскательский
институт жилищно-гражданского строительства «ToshuyjoyLITI»,
к.т.н., г. Ташкент, Узбекистан, sh-khakimov@rambler.ru

KHAKIMOV Sh.A.

Head of the Earthquake engineering department, JSC «Tashkent
scientific-research and design-survey institute of civil construction
«ToshuyjoyLITI», PhD (Candidate of Science in Technics),
Tashkent, Uzbekistan, sh-khakimov@rambler.ru

Ключевые слова: гражданские здания; современная застройка; Центрально-Азиатский регион; сейсмобезопасность; повышение сейсмостойкости.

Аннотация: в Центрально-Азиатском регионе за последние 20 лет строительная практика возведения гражданских зданий как в городе, так и в сельской местности резко изменилась. Исчезли привычные, проверенные экспериментально-теоретическими исследованиями и реальными землетрясениями конструктивные системы. Прекратило свое существование типовое проектирование. На смену пришли новые, ранее не применяемые или ограниченного применения конструктивные системы: каркасные здания 7–9 этажей с различным заполнением из кирпичной кладки, мелкоштучных блоков и камней; монолитные каркасные здания безригельной системы; здания с неполным каркасом; здания с гибкими первыми этажами; каркасно-стеновые монолитные здания безригельной системы с различным соотношением объемов стен и каркаса. Для большинства из перечисленных конструктивных систем отсутствуют полноценные рекомендации по их проектированию и конструированию. В статье рассматриваются вопросы сейсмической безопасности гражданских зданий современной постройки из малопрочных материалов, кирпичной кладки и железобетона. Приводятся некоторые предложения по повышению их сейсмостойкости.

Keywords: civil buildings; present-day housing; Central-Asian region; seismic safety; increasing seismic resistance.

Abstract: in the Central Asian region the practice of civil buildings construction in the past 20 years both in the city and rural areas has changed drastically. Had disappeared the familiar, proven by experimental and theoretical research and tested by real earthquakes structural systems. The use of standard designs is practically disappeared. It is replaced by new, not previously used or limited used structural systems: frame buildings of 7–9 floors with different masonry filling, small sized blocks and stones; monolithic frame buildings system without girders and joints; buildings with an incomplete skeleton; buildings with flexible first floors; frame-monolithic building without girders and joints wall system with different ratios of the volume of the walls and the frame. For the majority of these structural systems there are no full guidelines for their design and construction. The questions of the seismic safety of civil buildings of modern construction from low-strength materials, masonry and reinforced concrete are considered. Some suggestions to improve their seismic resistance are presented.

Введение

Жилищно-гражданские здания современной застройки, возводимые на сейсмоопасных территориях городов и в населенных пунктах Центральной Азии, по конструктивным признакам можно разделить на три группы:

– сельские дома индивидуальной постройки, возводимые с

применением в несущих стенах малопрочных конструкций из глиноматериалов, легких блоков, природных камней;

– здания до пяти этажей, возводимые в кирпичной кладке и комплексных конструкциях;

– жилищно-гражданские здания в железобетонных каркасных и плоско-стеновых конструкциях и в

небольшом объеме в металлических каркасных конструкциях.

За последние 20 лет строительная палитра возведения гражданских зданий в Центрально-Азиатском регионе (ЦАР), как в городе, так и в сельской местности, резко изменилась: появились новые строительные материалы, конструктивные системы, ранее не применяемые в строительстве. Исчезли привычные, проверенные экспериментально-теоретическими исследованиями и реальными землетрясениями конструктивные системы, такие как типовые сборные железобетонные крупнопанельные и объемно-блочные жилые дома, сборномонолитные железобетонные каркасно-панельные и рамно-связевые системы, кирпичные здания привычной комплексной конструкции высотой до пяти этажей. Практически прекратило свое существование типовое проектирование гражданских зданий. Не проводятся масштабные экспериментальные работы. Резко снизилось качество строительства и применяемых материалов.

На смену пришли новые, ранее не применяемые или ограниченного применения конструктивные системы: каркасные здания 7–9 этажей с различным заполнением из кирпичной кладки, мелкоштучных блоков и камней, по расчетной схеме участвующие или не участвующие в работе каркаса; монолитные каркасные здания безригельной системы; здания с неполным каркасом; здания с гибкими первыми этажами; каркасно-стеновые монолитные здания безригельной системы с различным соотношением объемов стен и каркаса. Для большинства из перечисленных конструктивных систем отсутствуют



Рис. 1. Разрушение жилых домов из местных материалов при воздействии Канского землетрясения в Баткентской области (Кыргызстан), 20.07.2011 г., M=6,2 (Ш.А. Хакимов, 2011)

полноценные рекомендации по их проектированию и конструированию.

Благодаря собственным исследованиям и обобщению работ ряда авторов изучены механизмы разрушения различных конструктивных систем и их элементов при землетрясениях, а также раскрыты основные причины разрушения различных конструктивных типов зданий на селе и в городе [1, 2, 4, 5, 6, 8]. В условиях ограниченного финансирования исследовательских работ в области сейсмостойкого строительства возникает серьезная проблема при оценке сейсмической безопасности жилищно-гражданских зданий современной постройки и выработке концепций смягчения последствий землетрясений [6, 7, 9].

Жилые дома сельской постройки и концепции повышения их сейсмобезопасности

В настоящее время в селах, поселках городского типа ЦАР более 40% населения проживает в домах, возведенных самими жильцами с применением местных малопрочных стеновых материалов без их антисейсмического усиления (рис. 1). Эти дома являются опасными для проживания в условиях землетрясений с интенсивностью более 6 баллов (по шкале MSK-64). Такая ситуация сложилась по следующим основным причинам:

- постройка жилых домов без элементарных антисейсмических мероприятий из-за недоступности и непонимания положений СНиП [3];
- неосведомленность населения о

способах сейсмоусиления зданий индивидуальной постройки со стенами из местных материалов;

- отсутствие доступных населению простых и экономичных технических решений, правил возведения зданий с элементами сейсмоусиления;

- отсутствие механизма воздействия на население инженерной, правовой деятельности существующих институтов, ориентированных на возведение сейсмобезопасного жилья и др.

Жилые дома, как правило, возводятся самими жильцами без обращения к рекомендациям строительных норм по обеспечению сейсмической безопасности индивидуального жилья, при этом контроль со стороны государства отсутствует. Из всех строительных норм стран ЦАР лишь нормы Узбекистана [3] содержат рекомендации по применению малопрочных местных материалов для строительства, но индивидуальными застройщиками зачастую не используются. Как показывает анализ последствий землетрясений (см.рис. 2), практически во всех населенных пунктах мира наибольшее количество жертв приходится на жилые дома индивидуальной постройки (Япония, Индия, Китай, Бразилия, Чили, Иран, страны СНГ).

Для обеспечения сейсмической безопасности жилых домов в сельских районах необходима разработка специальных пособий о способах усиления конструкций. Наиболее сложным остается вопрос о повышении осведомленности населения об этих проблемах (рис. 2). Для достижения этой цели предлагается предпринять

следующие действия:

- издание красочных, внешне привлекательных буклетов, брошюр, книг и распространение их среди населения;
- использование СМИ и периодической печати, организация постоянно повторяющихся телепередач в виде сериалов с действующими героями события – возведения сейсмостойкого индивидуального жилища;
- разработка методов поощрения населения, возводящего свои жилища с учетом требований сейсмостойкого строительства (дотация части расходов и т.д.);
- организация и проведение бесед с населением с разъяснениями о природе землетрясений, их последствиях и способах защиты уже построенного и вновь возводимого жилища;
- возведение опытного показательного сейсмостойкого жилого дома из глиноматериалов в конкретной местности с привлечением к процессу местных жителей.

На данный момент жители сел ЦАР возводят жилые дома по своему усмотрению, а именно — такими же опасными для проживания в сейсмических районах (см. рис. 2).

Для повышения сейсмической безопасности сельских жилых домов по инициативе первого президента Узбекистана И.А. Каримова 2009 год был объявлен «Годом развития и благоустройства села». В этот период государство разработало и начало реализовывать программу за счет бюджетных средств. За 2009–2016 гг. по всему Узбекистану построено более 55



Рис. 2. Характерные сельские дома современной постройки, возводимые самостоятельно жителями сел Центрально-Азиатского региона (2013 г.) (Ш.А. Хакимов, 2013)

тысяч современных сельских домов по типовым проектам, созданным специализированными организациями. Эти дома построены из жженого кирпича и отвечают требованиям современных строительных норм, в том числе сейсмических. Этот акт государства по застройке сел всей страны сейсмостойкими современными домами, с последующей их реализацией населению на льготных условиях является беспрецедентным в мировой практике. Строительство типовых домов продолжается и в настоящее время (рис. 3).

Многоэтажные кирпичные здания

Как ни одна другая конструкция, кирпичная кладка наиболее полно изучена специалистами. И исследованиями показано, что здания высотой до 5 этажей, построенные в соответствии

с проектом, с соблюдением строительных норм, удовлетворительно сопротивляются землетрясениям расчетной интенсивности. Однако в реальной жизни деформации большинства кирпичных зданий после землетрясения были настолько значительными, что иногда их восстановление и усиление не представлялось целесообразным с экономической точки зрения. И это происходило даже при сейсмических воздействиях ниже расчетных.

В таблице 1 приводятся данные по воздействию на кирпичные здания землетрясений Центральной Азии за период 2000–2013 гг. по результатам их инженерного анализа, проведенного под руководством автора.

Причины повышенной уязвимости кирпичных зданий определяются многими факторами, основными из которых являются:

- низкое качество материалов; нарушение технологий возведения кирпичных стен; низкое качество сцепления кирпича с раствором; швы между плитами перекрытий, как правило, не замоноличиваются и т.д.;

- резкое снижение уровня контроля качества процессов проектирования, возведения зданий, производства строительных материалов в условиях новых экономических отношений, установленных правилами бизнеса и частного производства;

- отсутствие исследовательских работ, направленных на совершенствование кирпичного строительства, его составляющих (кирпича и раствора) и др.

В таких странах, как Япония, кирпичное строительство запрещено. Запрещено оно и в Узбекистане, при невозможности получения на



Рис. 3. Современные сейсмостойкие дома в сельских районах Узбекистана, построенные по типовым проектам (Ш.А. Хакимов, 2015)

Таблица 1

Воздействие землетрясений за период 2000–2013 гг. в Центральной Азии на кирпичные здания

№ п/п	Землетрясение, дата	Интенсивность в эпицентре, балл	Интенсивность в зоне обследования, балл	Расчетная сейсмичность зданий, балл	Степень повреждения по шкале MSK-64
1	2	3	4	5	6
1.	Камашинское Кашкадарьинской области (Узбекистан), 2000–2002 гг. – М 5,3	8	8	8	2,5
2.	Луговское Джамбульской области (Казахстан), 23.05.2003 г. – М 5,4	7	7	8	2-2,5
3.	Канское Баткентской области (Кыргызстан), 20.07.2011 г. – М 6,2	8	6-7	8-9	2-2,5
4.	Туябугузское Ташкентской области (Узбекистан), 25.05.2013 г. – М 5,6	7	6	8	1,5-2
5.	Маржанбулак-ское Джизакской области (Узбекистан), 25.05.2013 г. – М 6,0	8	6-7	8	2-3

площадке строительства значения временного сопротивления осевому растяжению, равного или превышающего 1,2 кгс/см² (п. 3.5.4 КМК 2.01.03-96) [3]. Обследование ряда строек кирпичного строительства, показало, что, как правило, это значение ниже минимально допустимой величины. Практика регулирования и компенсация низкого качества кирпичного строительства, основного вида возведения зданий в республиках Центральной Азии, например, в нормах Узбекистана, за счет искусственного увеличения сейсмической нагрузки повышением значения коэффициента редукции не дали ощутимых результатов, хотя, возможно, без этого мероприятия ущерб от землетрясений мог бы быть еще более ощутимым (рис. 4).

Железобетонные каркасные системы современных гражданских зданий

Для всех перечисленных конструктивных систем большинство строительных норм стран СНГ не содержат полноценных рекомендаций по их расчету, требований по проектированию и, особенно, конструированию. Все перечисленные конструктивные системы экспериментально не исследованы, и возведение основывается лишь на расчетных предпосылках и всевозможных теоретических интерпретациях их работы, особенно в нелинейной области деформирования. Если не считать натурные испытания отдельных новых конструктивных систем зданий повышенной этажности, проведенных институтом КазНИИССА (ныне КазНИИАС) в Казахстане с помощью вибрационной машины.

Правда, следует указать, что в ряде нормативных документов стран СНГ для зданий новых конструктивных систем или зданий, проектируемых с отступлением от нормативных требований, или, когда нормы не содержат полноценных рекомендаций, подготовка проектной документации и строительство зданий допускается осуществлять в соответствии со специальными техническими условиями (СТУ), разрабатываемыми и согласовываемыми специальными вышестоящими организациями в установленном порядке. Однако этот вид нормирования не получил должного развития, за исключением Казахстана.

СТУ — это нормативный документ

для конкретного проектируемого здания. Однако практически ни в одном нормативном документе не имеются требования к их содержанию и какие мероприятия являются компенсирующими к отступлению от нормативных требований. Рекомендации СТУ, как правило, сводятся к увеличению класса бетона, увеличению сечений, армирования, нагрузок, выполнению пространственного расчета, выбору пространственных моделей, расчета на действие реальных или искусственных акселерограмм. Все перечисленные рекомендации являются недостаточными для реализации компенсирующих мероприятий по снижению негативных последствий принятых отклонений в проекте здания от требований и норм.

Компенсирующими факторами в СТУ могут быть рекомендации по применению эффективных технических решений, активных методов сейсмозащиты, необходимости проведения предварительных модельных испытаний отдельных узлов или

моделей всего здания в целом; повышения класса надежности и степени ответственности здания. СТУ должны содержать рекомендации и требования по научно-техническому сопровождению объекта, системе мониторинга как в процессе возведения, так и эксплуатации, предложения по сейсмомикрорайонированию и др.

Каким же образом в условиях практического отсутствия экспериментальных исследований оценить сейсмобезопасность современной застройки? В АО «ToshuyjoyLITI» изучены механизмы разрушения различных конструктивных систем и их элементов при землетрясениях мировой выборки, а также раскрыты основные причины разрушения различных конструктивных типов на селе и в городе. Начаты работы по оценке сейсмостойкости зданий современной постройки с использованием записей динамических параметров при микросейсмических колебаниях как на грунтах, так и на изучаемом сооружении.



Рис. 4. Повреждения кирпичных зданий: а – после Каннского (2011 г. $M=6,2$ Киргизия). Интенсивность в зоне обследования 6–7 баллов; б – Марджанбулакского землетрясения (2013 г. $M=6,0$, Узбекистан). Интенсивность в зоне обследования 6–7 баллов (Ш.А. Хакимов, 2011 г., 2013 г.)



Рис. 5. Характерные для столичных городов Центрально-Азиатского региона жесткие здания с первыми гибкими этажами. Этот вид строительства не допускается нормами ряда Центрально-Азиатских стран либо допускается в ограниченном применении. Справа представлен вид повреждения зданий с гибким этажом после землетрясения в Сичуане (Китай), 12.05.2008 г., $M=8,0$ местечко Лонгман (автор фото слева – Ш.А. Хакимов, 2010; справа – www.zzs.iem.cn)

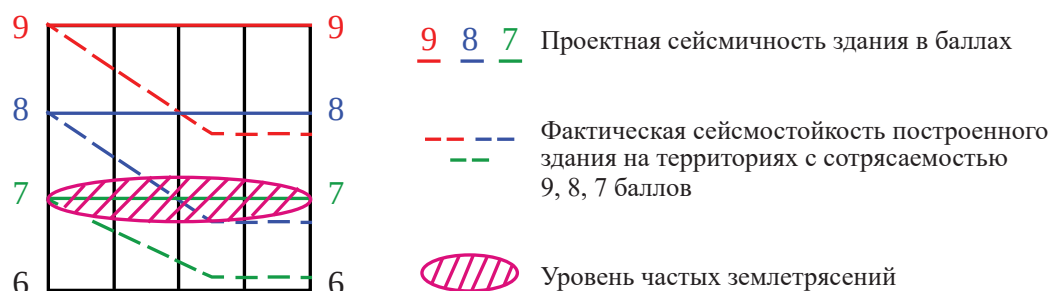


Рис. 6. Ориентировочное соотношение проектной и фактической сейсмостойкости вновь возведенного здания (Ш.А. Хакимов, 2016)

Таблица 2

Габаритные параметры из железобетонных и металлических конструктивных систем						
№ п/п	Несущие конструкции	Высота здания, м, и число этажей при сейсмичности площадки				
		7	8	9	>9	9*
1	2	3	4	5	6	7
1	Одноэтажные каркасы					
	1.1 Металлические (стальные) каркасы	ТНСП	ТНСП	ТНСП	11	7,5
	1.2 Железобетонные каркасы	ТНСП	ТНСП	15	11	7,5
2	Многоэтажные каркасы					
	2.1 Металлические (стальные) каркасы:					
	а) рамно-связевые, связевые;	(70)20	(56)16	(42)12	(19)5	(12)3
	б) рамные;	(42)12	(33)9	(24)7	(12)3	(8)2
	2.2 Монолитные железобетонные каркасы, в т.ч. сборные перекрытия:					
	2.2.1 рамный с ригелями в ортогональных направлениях без диафрагм;	(24)7	(19)5	(12)3	(8)2	-
	2.2.2 связевой или рамно-связевой;	(56)16	(42)12	(33)9	(15)4	(12)3
	2.2.3 безригельный (без диафрагм);	-	-	-	-	-
	2.2.4 безригельный связевой с диафрагмами, ядрами жесткости и ригелями по периметру здания;	(33)9	(24)7	(19)5	-	-
	2.2.5 рамный с жесткой арматурой;	(42)12	(33)9	(24)7	(12)3	(8)2
	2.2.6 каркасно-каменные;	(38)10	(24)7	(19)5	(8)2	-
	2.2.7 рамный с диафрагмами из штучной кладки;	(33)9	(21)6	(15)4	(12)3	-
	2.2.8 жесткие здания с гибким первым этажом;	(24)7	(19)5	(12)3	-	-
	2.2.9 каркасно-стеновые;	По техническим условиям				
	2.2.10 конструктивные системы с элементами сейсмоизоляции;	По техническим условиям				
	2.2.11 конструктивные системы с элементами сейсмогашения;	По техническим условиям				
	2.2.12 сборные и сборно-монолитные железобетонные каркасные системы (за исключением сборных перекрытий);	По техническим условиям				
	2.2.13 каркасные системы с неполным каркасом	-	-	-	-	-

- Примечания.
1. ТНСП – проектирование по требованиям не для сейсмических районов.
 2. Приведенные данные в табл. 2 отличаются от существующих более подробной классификацией конструктивных систем по виду несущих конструкций. С целью повышения сейсмонадежности зданий снижены высоты и этажность в зависимости от установленной повышенной уязвимости для отдельных конструктивных систем (безригельные, жесткие здания с «гибким первым этажом и др.»), а также ряд конструктивных систем, особенно сборные железобетонные, каркасно-стеновые здания с элементами активной сейсмозащиты допускается проектировать только по специальным техническим условиям. Системы с неполным каркасом, безригельные системы без диафрагм практически запрещены для строительства в сейсмических районах.
 3. В скобках указаны допускаемая высота зданий в метрах и число допускаемых этажей.

Современные каркасные здания, особенно с жесткими верхними этажами и гибким первым этажом, являются исключительно уязвимыми при землетрясениях (рис. 5).

Был выполнен инженерный анализ последствий землетрясений, произошедших в Центральном-Азиатском регионе, начиная с 2000 г., в том числе Камашинского, Узбекистан (2000–2002 гг.); Луговского, Казахстан (2003 г.); Канского, Кыргызстан (2011 г.); Туябугузского, Узбекистан (2013 г.); Марджанбулакского, Узбекистан (2013 г.). При макросейсмическом обследовании зданий по известной методике устанавливалась интенсивность землетрясений на местности. На этой местности определялась степень повреждения зданий современной постройки по шкале MSK и их проектная сейсмостойкость. И оказывалось, что интенсивность землетрясения значительно ниже проектной сейсмостойкости, а повреждения, полученные зданием, соответствовали предельным, то есть соответствующим расчетной сейсмичности. Это можно увидеть для кирпичных зданий по данным табл. 1.

Из этого инженерного анализа последствий поведения зданий современной постройки даже не очень сильных землетрясениях следует главный вывод: на практике сейсмостойкость зданий современной постройки ниже заявленного в проекте уровня сейсмостойкости на 1–2 балла. Это означает, что сейсмический риск зданий современной постройки может быть значительным при возникновении землетрясений расчетной интенсивности. По мнению авторов, такой вывод

можно с осторожностью распространить, практически, на все сейсмоопасные территории стран СНГ. Однако это требует более детального расчетно-теоретического и экспериментального обоснования на зданиях современной постройки.

Другой очень важный вывод заключается в том, что при проектировании нецелесообразно на данном этапе дальнейшее увеличение сейсмической нагрузки, так как искусственное увеличение нагрузок на кирпичные здания, как показала практика в Узбекистане, не дало ожидаемых результатов. На рис. 6 приведены ориентировочные соотношения проектной и фактической сейсмостойкости здания.

Выводы

В настоящее время в Центральном-Азиатском регионе слабым звеном в сейсмостойком строительстве являются:

- низкое качество проектирования и его экспертизы;
- низкий уровень контроля качества стройматериалов и производства работ на площадке;
- отсутствие развития исследований по разработке новых конструктивных систем и методов сейсмозащиты, а также экспериментальных исследований;
- отсутствие системы проектирования по специальным техническим условиям.

Для улучшения ситуации предлагается ввести:

- институты сопровождения объектов строительства;

- систему независимой научной экспертизы отчетов технического обследования и технических рекомендаций на объектах реконструкции;

- систему оперативной экспертизы строящегося объекта на предмет соответствия применяемых материалов, методов возведения и качества элементов стройки требованиям проекта и стандартов;

- систему сейсмической паспортизации реконструируемых и вновь возводимых объектов;

- систему выдачи заказчику гарантийного паспорта объекта при его вводе в эксплуатацию;

- систему сертификации работников строительной отрасли по основам сейсмостойкого строительства на право ведения проектирования и строительства на сейсмоопасных территориях и др.

Объекты высотой более 5 этажей должны проходить независимую экспертизу на ранней стадии проектирования на предмет соответствия принятых архитектурно-планировочных параметров требованиям сейсмических норм, а при необходимости разработки специальных технических условий на проектирование объекта.

В порядке обсуждения предлагают новые габаритные параметры зданий из железобетонных и металлических конструктивных систем.

В статье приведены некоторые мероприятия по повышению сейсмической безопасности жилищно-гражданских зданий. Их внедрение позволит существенно снизить сейсмический риск в городах Центрально-Азиатского региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзенберг Я.М. Управление механизмом неупругих деформаций и повреждений конструкций при сейсмических воздействиях // Строительная механика и расчет сооружений. 1986. № 1. С. 1–8.
2. Айзенберг Я.М. Уроки последних разрушительных землетрясений. Совершенствование антисейсмического проектирования и строительства: Проблемный доклад. М.: ВНИИТПИ, 2000. 110 с.
3. КМК 2.01.03-96 «Строительство в сейсмических районах» / Госархитектстрой РУз. Ташкент, 1996. 65 с.
4. Немчинов Ю.И. Сейсмостойкие здания и сооружения. Киев, 2008. 326 с.
5. Ржевский В.А., Ципенюк И.Ф., Асамов Х.А., Гамбург Ю.А., Узлов С.Т., Хакимов Ш.А. и др. Инженерный анализ последствий Спитакского землетрясения. 7.12.1988 г. // Архитектура и строительство Узбекистана. 1989. № 12. С. 7–12.
6. Хакимов Ш.А. Оценка экономического ущерба при землетрясениях на урбанизированных территориях с учетом региональных факторов риска // Актуальные проблемы исследований по теории сооружений: сб. научных статей в трех частях, 4.3. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. М.: ОАО ЦПП, 2009. С. 29–34.
7. Хакимов Ш.А. Проблемы сейсмобезопасности конструктивных систем гражданских зданий современной застройки и концепции ее повышения // Вестник АО «КазНИИСА». № 10. (38) 2014. С. 29–41.
8. Уздин А.М., Елизаров С.Д., Белаиш Т.А. "Сейсмостойкие конструкции транспортных зданий и сооружений". учебное пособие. М. ФГБ ОУ, 2012. 501 с.
9. Khakimov Sh.A., Nurtaev B.S. Assessment of Seismic Risk of Areas with Diverse Site Development with Account of Influence of Local Factors and Ways of it Reduction // 15th World Conference on Earthquake Engineering 24–28 September 2012, Lisbon, Portugal. P. 2914.

«ГЕОМАРКЕТИНГ» ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР

Приглашаем авторов
присылать статьи для
публикации (бесплатно)
и организации — размещать
рекламу (на платной основе).

«Инженерные изыскания»,
«Инженерная геология»,
«Геотехника», «Геориск» —
это журналы изыскателей,
для изыскателей, издаваемые
изыскателями.

Это наши с вами журналы!
Принимайте участие в процессе!

- Территория распространения — все регионы РФ и страны ближнего зарубежья
- Журналы распространяются по подписке и на профильных конференциях
- В журналах публикуются научно-технические, практические, аналитические и обзорные статьи по широкому кругу вопросов, с которыми сталкиваются изыскатели в своей работе
- Редакция журналов является организатором отраслевых конференций и выставок
- С нами работают профессиональные дизайнеры и художники

Рекламодателям

Если ваша целевая аудитория — профессиональное изыскательское сообщество и проектные институты, мы с удовольствием предоставим вам страницы наших журналов для размещения вашей рекламы.

Наши читатели — это тысячи специалистов из всех регионов Российской Федерации и стран СНГ, каждый из которых находит в журнале нужную, актуальную информацию.

Размещение рекламы в соответствующих тематических разделах журнала — гарантия того, что она дойдет до конечного потребителя ваших услуг и продукции.

РЕЗУЛЬТАТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ И СТРАХОВАНИЕ ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ (НА ПРИМЕРЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ)

RESULT OF IMPACT OF NATURAL HAZARDS AND INSURANCE CONSEQUENCES (ON EXAMPLE OF THE EARTHQUAKES)

ЧЕШОКОВА И.В.

Главный научный сотрудник Института водных проблем РАН, д.г.-м.н., г. Москва, ichesn@rambler.ru

CHESNOKOVA I.V.

Chief researcher, Water problems institute RAS, DSc (Doctor of Science in Geology and Mineralogy), Moscow, ichesn@rambler.ru

Ключевые слова: опасные природные процессы; землетрясения; ущерб; страхование.

Аннотация: в статье рассмотрены вопросы, связанные с оценкой воздействия опасных природных процессов. На примере землетрясений показаны последствия этого разрушительного природного процесса. Анализируется ситуация, сложившаяся в России, мире и в регионе Центральной Азии. Излагается состояние дел в проведении страхования последствий опасных природных процессов.

Keywords: natural hazards; earthquakes; social and economic damage; insurance.

Abstract: this article deals with issues related to the assessment of the impact of natural hazards.

As an example, we show the consequences of the destructive natural process of earthquakes.

We analyze the situation in Russia, in the region of Central Asia, and in the world at large.

We detail the current state of affairs in mitigating the consequences of natural hazards.

Землетрясения относятся к величайшим катастрофам, происходящим на Земле; известно, что они являются наиболее опасными и разрушительными стихийными бедствиями. Если другие опасные природные процессы (наводнения и пр.) поддаются краткосрочному, а иногда

и среднесрочному прогнозу, то землетрясения почти не прогнозируемы. Ежегодно на Земле происходит свыше миллиона землетрясений различного класса, причем сто тысяч из них являются ощутимыми, сто — разрушительными и одно — катастрофическим. В таблице 1 приведены крупнейшие землетрясения, произошедшие за последние 5 лет.

По оценкам американских специалистов, средний экономический ущерб от землетрясений в мире оценивается в сумму более 7 млрд долларов в год (рис. 1). Согласно [1, 4] последствия землетрясений могут быть представлены следующим образом: повреждение геологической среды (на грунте появляются трещины, иногда

Таблица 1

Разрушительные землетрясения (за период с 2011 по 2016 г.)				
Дата	Место	Кол-во жертв, чел.	М, балл	Нанесенный ущерб
11.03.2011	Япония	15 892	9,1	6152 раненых, 2576 пропавших без вести. Ущерб около 309 млрд долл.
11.08.2012	Иран	308	6,4	3037 раненых. Повреждены 5000 зданий, из 538 сел в провинции Восточный Азербайджан 110 сел получили урон 40–100%
24.09.2013	Пакистан	515	7,7	Повреждены более 21 тыс. домов. Сотни людей получили травмы
15.10.2013	Филиппины	222	7,2	Пострадали свыше 3,15 млн чел., крова лишились почти 340 тыс. чел., ранены 976, 8 пропали без вести. Ущерб составил 2,25 млрд филиппинских песо
3.08.2014	Китай	617	6,1	Более 3000 человек ранены. Более 12 000 домов разрушены и 30 000 повреждены
25.04.2015	Непал	765	7,9	Общий ущерб оценивается разными источниками в сумму от 2 до 10 млрд долл.
15.04.2016	Япония	49	7	Ранено около 3000 человек, много разрушений и пожаров, более 44 000 человек эвакуированы. Ущерб 7,5 млрд долл.
16.04.2016	Эквадор	661	7,8	51 376 чел. ранены, 32 пропали без вести. Разрушена большая часть г. Педерналес

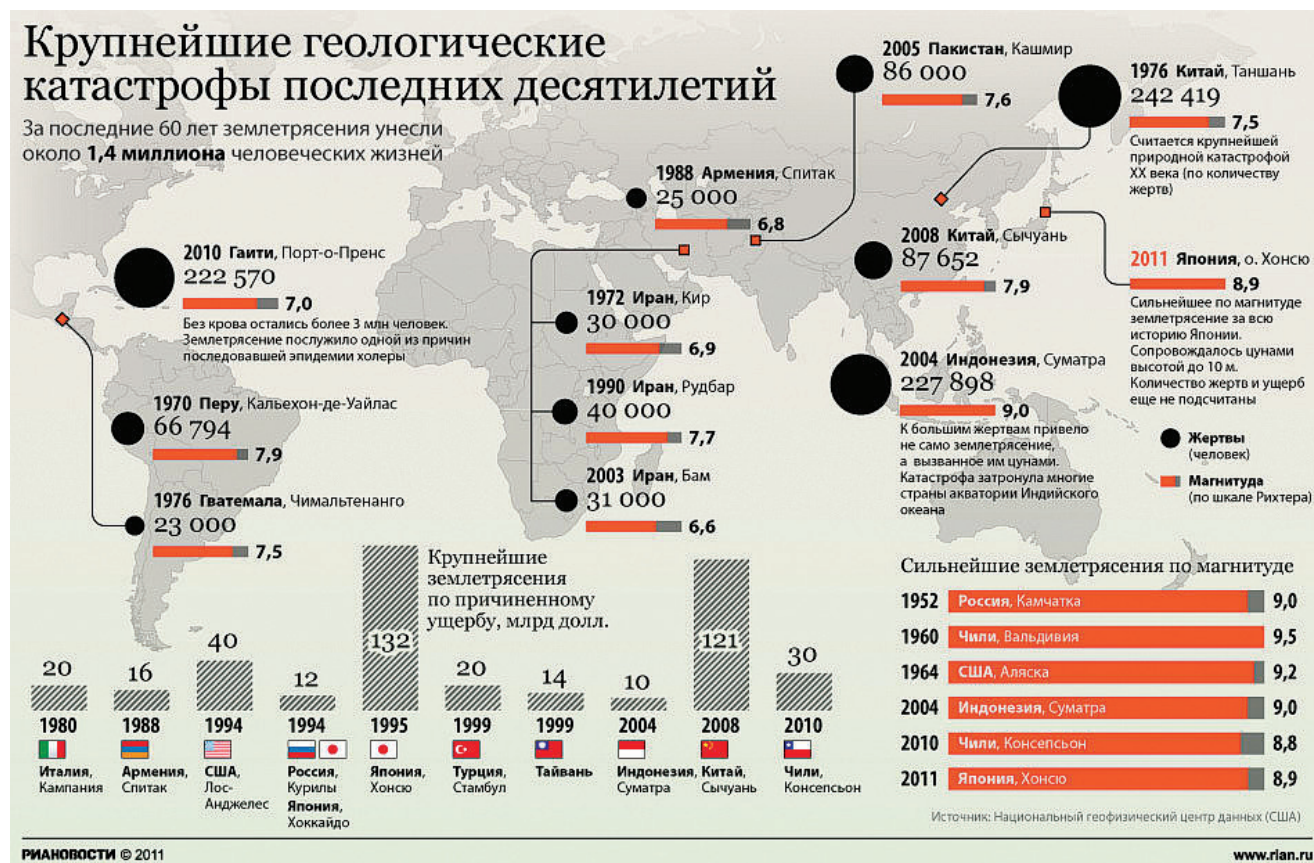


Рис. 1. Крупнейшие геологические катастрофы последних десятилетий (источник — www.rian.ru)

зияющие; возникают воздушные, грязевые, водяные или песчаные фонтаны. При этом образуются скопления глины или песка; прекращают или изменяют свое действие родники и гейзеры, возникают новые; взмучиваются грунтовые воды; возникают оползни, грязевые и обломочные потоки, обвалы, происходит разжижение почвы и песчано-глинистых пород; происходит подводное оползание и образуются турбидитные (мутьевые) потоки; обрушиваются береговые утесы, берега рек, насыпные участки; возникают сейсмические морские волны — цунами; срываются снежные лавины, от шельфовых ледников отрываются айсберги; образуются нарушения рифтового характера с внутренними грядами и подпруженными озерами; грунт становится неровным с участками просадки и вспучиваниями; на озерах образуются сейши (стоячие волны и взбалтывание волн у берегов), нарушается режим приливов и отливов), повреждение построек (трескаются, рассыпаются или опрокидываются дымовые трубы; трескаются стены, теряют прочность, падают; обрушиваются крыши; падают выступающие части зданий (карнизы, парапеты);

падают внутренние полки и шкафы, их содержимое вываливается наружу; здания раскалываются на части и падают; падают и разрушаются водонапорные башни и нефтехранилища; обрушиваются мосты, колоннады и эстакады; рвутся телефонные провода и кабели, выходят из строя линии электропередач; начинаются пожары; разрываются водопроводные трубы, нефте-газопроводы, трубы канализационной системы), воздействие на людей, растительный и животный мир (массовая гибель людей; возникновение эпидемий, рост заболеваемости и смертности; возникновение эпизоотий и эпифитотий; гибель лесных массивов вследствие изменений ландшафтных условий).

Известно, что свыше 26% площади России относится к сейсмоопасным зонам и может подвергаться землетрясениям 7 баллов и выше. Площадь сейсмоопасных районов составляет более 6 млн кв. км. В этой зоне расположены около 3000 больших и малых городов и поселков, 100 крупных гидро- и тепловых электростанций, 5 атомных электростанций и большое количество предприятий повышенной экологической опасности. Территории

более сотни городов РФ подвержены опасности землетрясений.

Все негативные последствия землетрясения, проявляющиеся в социально-экономической и природной средах, квалифицируются как ущерб. Ущерб от землетрясений может выражаться в денежных, натуральных, ранговых и балльных оценках. Землетрясения, как известно, сопровождаются многочисленными вторичными последствиями (табл. 2), играющими существенную роль в определении ущерба.

Пренебречь оценкой ущерба от вторичных последствий нельзя, так как часто именно вторичные процессы являются основной причиной жертв и убытков. Общая методология оценки вторичных последствий землетрясения применительно ко всем возможным их видам еще недостаточно разработана. При прогнозных оценках ущерба от вторичных воздействий должны рассматриваться различные версии сценария землетрясения.

Одной из важных задач является страхование последствий землетрясений. Почему именно страхование? Потому что самое главное — это возмещение ущерба в результате

Систематизация последствий вторичных воздействий землетрясений

Основные принципы систематизации	Воздействия	Последствия
По генезису	Природные Техногенные	Природные Природно-техногенные Техногенные Социальные Природно-техногенные Техногенные Социальные
По последовательности возникновения	В момент подземных толчков В течение 2–3 часов после подземных толчков Спустя 3 часа после подземных толчков	Первичные (I уровня) Вторичные (II уровня) Третичные (III уровня)
По направленности	Непосредственные Опосредованные	Прямые Косвенные
По продолжительности проявления	В момент воздействия В течение 2–3 часов после воздействия До конца ликвидации последствий	Мгновенные Кратковременные Длительные
По интенсивности	Допустимые Ликвидируемые Катастрофические	Обратимые Труднообратимые Необратимые
По характеру распространения	Определяются не только интенсивностью воздействия, но и параметрами реципиентов	Локальные Линейные Площадные

разрушительных последствий опасных природных процессов, которое может быть реально осуществлено только через страхование. Страхование — инструмент возмещения ущерба. Как у каждой общественной категории, у страхования есть свои специфические функции: рисковая, предупредительная и контрольная. Главной из них является рисковая функция, поскольку страховой риск как вероятность ущерба связан с непосредственным назначением страхования — оказанием денежной помощи пострадавшим. Рисковая функция страхования связана с перераспределением средств среди страхователей в связи с дифференцированными последствиями землетрясений. Предупредительная функция направлена на мероприятия по уменьшению страхового риска и смягчение последствий землетрясений за счет части средств страхового фонда. Контрольная функция определяет необходимость слежения за ходом страховых операций. Рисковая функция страхования отражает вероятность нанесения ущерба от землетрясения. В зависимости от величины ущерба,

определяемой страховой оценкой, выделяют крупные, средние и мелкие страховые риски, а в зависимости от тяжести ущерба — более опасные и менее опасные. Например, землетрясения в высокосейсмичной зоне, застроенной зданиями с большим дефицитом сейсмостойкости, могут быть охарактеризованы как крупный и опасный страховой риск. Подобный риск был бы в г. Нефтегорске на Сахалине (рис. 2), г. Невельске (рис. 3), на острове Итуруп (рис. 4, 5), если бы эти территории были охвачены страхованием. Специфика землетрясения как страхового случая слабо исследована в литературе. Так, при имущественном страховании землетрясение может быть квалифицировано как комплексный страховой случай, обладающий каскадным риском, поскольку при реализации вторичных воздействий землетрясение может сопровождаться пожарами, взрывами, авариями и другими опасными явлениями. Поэтому очень важно в страховании при определении тарифных ставок учитывать каскадный эффект землетрясений [2]. Необходимо также отметить, что страховой случай,

связанный с землетрясением, наиболее специфичен для определения страховой франшизы. В случае землетрясения затраты на франшизу должны, по мнению автора, включать стоимость определения величины ущерба (включая сюда этап формирования ущерба, стадию изыскания, проектирования строительства, выделение доли предотвращенного ущерба и пр.). Страхование от землетрясений целесообразно проводить в двух существующих формах страхования: обязательной (например, для строений) и добровольной (страхование жизни, части имущества). В сейсмоопасных районах обязательное страхование должно быть установлено законом, который предусматривает: перечень объектов, подлежащих страхованию; объем страховой ответственности; нормы страхового возмещения; средние размеры и порядок дифференциации тарифных ставок; периодичность страховых платежей; основные обязанности страховщика и страхователей; принцип сложного охвата.

Отдельного рассмотрения заслуживает вопрос о принципе дифференциации тарифных ставок в



Рис. 2. Город Нефтегорск, последствия землетрясения 25.05.1995 г. (фото Г.Л. Коффа)



Рис. 3. Последствия Невельского землетрясения на юге о. Сахалина 02.08.2007 г. Разрушение здания школы (фото Г.Л. Коффа)



Рис. 4. Последствие Шикотанского землетрясения 04.10.1994 г. на острове Итуруп, п. Горячие Ключи. Обрушение здания госпиталя (фото Г.Л. Коффа)



Рис. 5. Последствие Шикотанского землетрясения 04.10.1994 г. на острове Итуруп (фото Г.Л. Коффа)

сейсмических районах. Включение в тарифную ставку расходов на паспортизацию зданий и сооружений имеет своей целью не только уточнить объемы тарифной ставки и страхового возмещения, но и учесть износ основных фондов, влияющих на объем возмещения. При определении на основании паспортизации объема страхового возмещения во многих случаях в сумму возмещаемого ущерба заведомо должны быть включены расходы на разборку здания, демонтаж оборудования, усиление или восстановление здания. Во многих странах страховые правила оговаривают, что не подлежит возмещению ущерб, проявившийся вследствие ошибок проектировщика, изыскателя, строителя, вследствие неправильной эксплуатации здания и пр. Для подобных случаев в США, Германии, Великобритании и в других странах предусмотрено страхование ответственности. Очень важна инфляционная индексация приоритетного имущества, которое подлежит обязательному страхованию. В сейсмических районах страховая стоимость приоритетного имущества подлежит обязательному уточнению не только ежегодно, как это оговорено страховыми правилами, но и после сильных движений, сопровождавшихся макросейсмическими эффектами.

В СССР и затем в России строение, подлежащее обязательному страхованию (в том числе и в сейсмических зонах), считалось застрахованным со дня воздействия в размере 40% его стоимости (с учетом амортизации). Эта оценка и являлась страховой суммой, определяющей платежи (однако не дифференцированные по факторам риска). Дополнительно к обязательному страхованию строения могли и могут быть застрахованы по добровольному страхованию в любой страховой сумме в пределах 60% от их стоимости (оценки). Таким образом, обязательное и добровольное страхование могут охватить всю стоимость здания. В практике страхования США (штат Калифорния) здания страхуются только в пределах 50% стоимости [6]. Страховой практикой установлена последовательность определения ущерба и страхового возмещения, которая включает следующие этапы: 1) установление факта ущерба; 2) установление причины ущерба и определение случая как страхового

или не страхового; 3) расчет суммы ущерба и страхового возмещения. Для сейсмических районов указанный порядок не вполне подходит, так как не включает: 1) стоимость компенсации вторичных последствий; 2) стоимость жизнеобеспечения населения; 3) учет ответственности физических и юридических лиц — ущербобразователей. С учетом всего этого при землетрясении целесообразно составление двух страховых актов по каждому объекту — предварительного и окончательного (уточненного).

В России также остается неразработанной методика страхования на случай смерти или потери здоровья при землетрясении. Так, при Спитакском землетрясении погибли 25 тысяч человек и свыше 10 тысяч человек получили увечья. И при этом было только выплачено по страхованию жизни 25 млн рублей, по страхованию от несчастных случаев 7 млн рублей. Анализ данных показал, что примерно 40% экономического ущерба и значительное число погибших при этом землетрясении есть результат модальных ошибок, которых можно было бы избежать при существовании у нас такого вида страхования, как страхование ответственности. В высокосейсмичных зонах целесообразно страховать профессиональную ответственность лиц, причастных к планировке территорий, определению их сейсмичности, проектированию и возведению зданий и сооружений, соблюдению условий пожароопасности, хранения ядовитых и взрывчатых веществ и пр. Страхование профессиональной ответственности заключается в возможности предъявления претензий ко всем лицам, действия (или бездействия) которых способствовали формированию ущерба. Страхование от землетрясения должно включать также компенсации за дополнительный ущерб, вызванный остановкой производства после землетрясения, недопоставками продукции, комплектующих изделий и др. По нашим данным, ущерб подобного вида при Спитакском землетрясении в Армении составил не менее 20% от прямого ущерба [2].

При землетрясении большое число страховых случаев происходит одновременно, что, разумеется, может сузить финансовую базу страхования. Поэтому компенсационной мерой

может быть перестрахование, заключающееся в передаче ответственности по страховым рискам другим страховщикам. Перестрахование страховых рисков, связанных с землетрясением, является, по мнению автора, необходимым.

В США страхование осуществляется как частной индустрией, так и правительством. Существует Федеральная программа страхования от наводнения, находящаяся под управлением Федерального страхового управления (ФСУ), являющегося составной частью Федерального агентства по чрезвычайным ситуациям (ФАЧС). В некоторых штатах имеются отдельные страховые пулы от разных природных процессов (например, бурь), которые управляются правительствами штатов. Страхование от землетрясений наиболее активно проводится в Калифорнии [6]. Если сравнивать опыт проведения страхования от опасных природных процессов (на примере землетрясений) в других странах, и в России в частности, то следует отметить следующее.

1. Правительство Соединенных Штатов субсидирует исследования в области сейсмологии и развития страхования от землетрясений, однако до сих пор еще не принята правительственная программа страхования от землетрясений. В России такая программа составлена (находится в стадии бессрочного обсуждения), однако трудно рассчитывать на то, что в современных условиях она будет финансироваться.

2. Страховой рынок России находится в стадии формирования, существовавшее в Советском Союзе страхование не занималось проблемой страхования опасных природных процессов. При возникновении чрезвычайных ситуаций природного характера правительство целенаправленно выделяло средства на ликвидацию их последствий. Обычно эти средства не могли полностью компенсировать причиненный ущерб.

3. Экономическая ситуация в России и создание страхового рынка позволяют надеяться, что страховщики обратят внимание на страхование от опасных природных процессов в России и будут принимать на себя эти риски, работая вместе с учеными различных специальностей.

4. Страхование от землетрясений

Таблица 3

Наиболее катастрофические события в регионе Центральной Азии (за последние 50 лет)			
Дата	Стихийное бедствие	Число пострадавших, чел.	Экон. ущерб, млн долл.
24.04.1966	Узбекистан, Ташкентское землетрясение	100 000	300/1,965
13.10.1985	Таджикистан, Кайраккумское землетрясение	8 080	200/394
19.08.1992	Кыргызстан, Жалалабадское землетрясение	86 806	130/197
25.05.1992	Таджикистан, наводнение	63 500	300/454
08.05.1993	Таджикистан, паводок в Душанбе	75 357	149/219
06.2000	Засуха в регионе Центральной Азии	3 600 000	107/132

достаточно активно развивается в Японии, Новой Зеландии. Большой прогресс достигнут в Китае. Перестрахование от землетрясений берут на себя известные компании в Англии, Германии, на Бермудах.

5. Основными источниками смягчения последствий землетрясений на сегодняшний день являются: 1) федеральная помощь, заключающаяся в разработке и издании нормативно-правовых актов, контроле за их соблюдением; 2) федеральный резервный фонд, оказывающий срочную

поддержку при наиболее тяжелых по последствиям событиях. Возложение же основной финансовой ответственности за возмещение ущерба на федеральный резервный фонд, как у нас часто практиковалось, является несправедливым и неэффективным, хотя именно эта помощь остается до сих пор значительным компенсирующим механизмом; 3) развитие системы государственного и частного страхования и перестрахования. Направление части средств на превентивные мероприятия.

Что касается Центральной Азии, то этот регион уязвим ко многим природным опасностям, и землетрясение относится к наиболее катастрофическим из них (табл. 3). В Казахстане, Кыргызстане, Таджикистане, Туркменистане и Узбекистане произошли разрушительные землетрясения, которые привели к колоссальному экономическому ущербу и огромным человеческим потерям [3]. Так, за последние пятьдесят лет число погибших от землетрясений (6683 человека), от наводнений (1512 человек) и

Таблица 4

Данные об экономическом ущербе в странах Центральной Азии			
Страна	Среднегодовой ущерб, млн долл.	Эконом. ущерб, млн долл.	Процент от ВВП
Казахстан	63	1 136	1,1
Кыргызстан	11	160	4,8
Таджикистан	79	776	20,9
Туркменистан	79	1 564	12,1
Узбекистан	92	2 128	9,5
Центральная Азия	264	3 489	2,4

оползней (700 человек).

Если страны Центральной Азии расположить в порядке возрастания уровня их финансовой уязвимости в отношении стихийных бедствий, которая определяется как ущерб в виде процента от ВВП в результате катастрофического события с периодом повторяемости в 200 лет (вероятность 5%), то окажется, что Таджикистан занимает самое последнее место (20,9%), являясь наиболее уязвимой страной. Несколько лучше ситуация в Туркменистане — 12,1%. Далее идет Узбекистан — 9,5%, потом Кыргызстан — 4,5% и наименее уязвимый — Казахстан (1,1%) (табл. 4).

Хотя Казахстан является наименее уязвимым с финансовой точки зрения в отношении бедствий, эксперты считают, что в значительной степени недооценивается уровень подверженности риску г. Алматы, который за последние десятилетия превратился в крупный региональный коммерческий центр, где к существующему фонду зданий были добавлены новые коммерческие и жилые комплексы совокупной стоимостью в несколько миллиардов долларов и зачастую характеризующиеся ненадлежащим качеством строительства [3].

Несмотря на значительную подверженность стран Центральной Азии природным угрозам, страхование от последствий стихийных бедствий фактически отсутствует, составляя около 1%.

В бывших государствах СНГ страхование на случай землетрясения также не получило еще должного развития, так как государство было единственным владельцем всех основных ценностей и полностью несло расходы по восстановлению народного хозяйства независимо от наличия страховок. Опыт казахстанских

исследователей [5] показывал, что значительная часть Казахстана, характеризующаяся высоким уровнем сейсмической опасности, терпит регулярный ущерб даже от небольших землетрясений. Затраты на восстановление от землетрясений на территории республики составили более 1 млрд долл., причем до 80% из них приходится на жилые здания. Потенциальный прямой ущерб от одного возможного землетрясения расчетной интенсивности в сейсмических районах Казахстана составляет: в 9-балльной зоне — до 3,5 млрд долл., в 8-балльной зоне — до 1,0 млрд долл., в 6–7-балльной зоне — до 0,4 млрд долл. Такие расчеты заставляют задуматься над тем, что страхование в сейсмических районах должно быть не столько видом предпринимательской деятельности, сколько составной частью государственной, экономической и технической политики, направленной на снижение социально-экономического ущерба. В Казахстане одним из вариантов создания и организации специализированной системы страхования предложено введение обязательного страхования недвижимости юридических и физических лиц, расположенных в зоне с сейсмичностью 7 баллов и более и принадлежащей им на правах собственности, хозяйственного ведения или оперативного управления.

Что же касается Узбекистана, то страхование — одна из наиболее динамично развивающихся сфер бизнеса. В Узбекистане действует 21 страховая компания, которая оказывает около 260 видов страховых услуг. В 2011 году правительство приняло постановление «Об утверждении комплексной программы по подготовке населения к действиям при чрезвычайных ситуациях (природного и техногенного характера), возникших вследствие

землетрясений». Узбекистан находится в процессе разработки законов об обязательном страховании от последствий катастроф. Страховые компании не могут позволить себе перестрахование, что делает их чрезвычайно подверженными риску несостоятельности в случае наступления крупного катастрофического события (землетрясения), поскольку они будут не в состоянии выплатить страховое возмещение. Доля рынка страхования от риска катастроф в Узбекистане еще слишком мала.

В качестве основных препятствий развития системы страхования от землетрясений являются следующие: ограниченность данных для предсказания землетрясений (в России особенно, из-за сокращения сейсмических станций), большие интервалы между сильными движениями, частые ошибки в прогнозировании места, времени и интенсивности землетрясения, огромная величина ущерба от землетрясений, трудности с расчетом страховых ставок.

Таким образом, в настоящее время эффективность страхования (страхования от опасных природных процессов) невысокая. Теоретические обобщения, методологические и методические разработки определения ущерба, существующие в настоящее время, весь практический опыт, накопленный специалистами во многих странах мира, предоставляют возможность решать такую важную и актуальную междисциплинарную проблему, как методология и методика оценки территории для обеспечения развития страхования и тем самым нашего безопасного развития и процветания.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ (проект 16-05-00200).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аллисон А., Палмер Д. Геология. М.: Мир, 1984. 568 с.
2. Кофф Г.Л., Чеснокова И.В. Информационное обеспечение страхования от опасных природных процессов (на примере землетрясений). М.: ПОЛТЕКС, 1998. 168 с.
3. Кто заплатит по счетам природных катастроф? Исследование оптимальных способов финансирования риска стихийных бедствий ISDR Central Asia Regional Economic Cooperation. THE WORLD BANK. Международная стратегия уменьшения опасности бедствий. 2009. 60 с.
4. Лобацкая Р.М., Кофф Г.Л. Разломы литосферы и чрезвычайные ситуации. М.: РЭФИА, 1997. 329 с.
5. Пак Т.Т., Лободыга Т.Д. Страхование недвижимости в сейсмических районах // Исследования сейсмостойкости сооружений и конструкций. Алматы: КазНИИССА, 1996. С. 253–256.
6. Roth R.J. Insurance: What are the Principles of Insuring Natural Disasters? Earthquake Basics Brief. № 3. California, 1997. 16 p.

THE ROLE OF ACADEMICIAN G.A. MAVLYANOV IN CREATION OF THE INSTITUTE OF SEISMOLOGY IN UZBEKISTAN

MAVLYANOVA N.G.

Chief researcher of Sergeev Institute of Environmental Geoscience, Russian Academy of Sciences, DSc (Doctor of Science in Geology and Mineralogy), Moscow, mavnad13@rambler.ru

RAKHMATULLAEV Kh.L.

Leading researcher of Mavlyanov Institute of Seismology, PhD (Candidate of Science in Geology and Mineralogy), Tashkent, khikmat@mail.ru

The Institute of Seismology of the Academy of Sciences of Uzbekistan was established 50 years ago following the destructive Tashkent earthquake of 1966. The academician G.A. Mavlyanov became its first director and remained at its head for 20 years, until 1986. Under his leadership the institute developed its foundation in seismological research, based in a geological approach, and shaped the direction and organizational structure of the institute. Before long it became clear that forecasting earthquakes and developing scientific ways of doing so were to be given top priority at the institute. The institute's current methods make it possible to forecast with sufficient accuracy the

location and time of earth tremors.

Mavlyanov was one of the main authors of scientific discovery No. 129 "Changes in the chemical and gas composition (elements and isotopes) of groundwater in the periods preceding and accompanying earthquakes" (1973). Using these methods, an earthquake in Kyrgyzstan in November 1978 had been predicted by Tashkent seismologists six hours before it actually happened.

It took ten years of sustained efforts and hundreds of field survey parties to prepare maps of the seismic zones of Uzbekistan and 26 largest cities. City planners, architects, and construction engineers are now armed with documented

data on the locations and maximum forces of possible earthquakes; they can rate with great accuracy the safety margins required for the various installations built in a given area.

Under his leadership were organized several international and national meetings in Tashkent and Samarkand. G.A. Mavlyanov taught in the geology department of the Tashkent polytechnic institute from 1956 to 1988 and attached great importance to teaching young specialists. Under his leadership students prepared and defended 6 doctoral and 70 master's theses. He is the author of 350 scientific works, including 20 monographs. In 1990, the Institute of Seismology was named after G.A. Mavlyanov. And in 2008 a group of researchers from the Tashkent Museum of Geology and Mineral Resources named their newly discovered mineral «mavlyanovit» in honor of Gani Arifhanovich Mavlyanov, who lived from 1910 to 1988 and who has made an invaluable contribution to the development of hydrogeology, geology, and seismology.

References

1. Istoriya i dostizheniya seismologicheskoi nauki v Uzbekistane [History and achievements seismology science in Uzbekistan] // Institutu Seismologii imeni G.A. Mavlyanova Akademii nauk Respubliki Uzbekistan 50 let (1966-2016) / otv. red. S.S. Khusamiddinov. Tashkent, 2016. 210 s. (Rus.).
2. Tashkentskoe zemletryasenie 26 aprelya 1966 goda [Tashkent earthquake of April 26, 1966]. Tashkent: FAN, 1971. S. 5-12, 629-645. (Rus.).
3. Shibakova V.S. Akademik Gani Arifhanovich Mavlyanov (1910-1988) [Academician Gani Arifhanovich Mavlyanov (1910-1988)] // Inženernaya geologiya - sobytiya i ludi. M.: Akademicheskaya nauka, OOO «Geomarketing», 2014. 160 s. (Rus.).
4. Omar Fergani Academician a peasant's son // Soviet Life. August, 1983. P. 20-23.

RESEARCH OF INACCURACY OF MODERN SEISMIC ZONING MAPS (ON EXAMPLE OF EASTERN UZBEKISTAN)

ARTIKOV T.U.

Head of the Regional seismicity and Seismic zoning Laboratory, Mavlyanov Institute of Seismology, Academy of Science of the Republic of Uzbekistan, DSc (Doctor of Science in Physics and Mathematics), professor, Tashkent, the Republic of Uzbekistan

IBRAGIMOV R.S.

Leading researcher of the Regional seismicity and Seismic zoning Laboratory, Mavlyanov Institute of Seismology, Academy of Science of the Republic of Uzbekistan, DSc (Doctor of Science in Physics and Mathematics), Tashkent, the Republic of Uzbekistan, ibrrroma@yandex.ru

In this paper we researched the influence of uncertainty factors in the input parameters on the results of seismic hazard estimation. It was found that the greatest deviations from the seismic hazard maps, designed on the basis of average values in the distribution of seismic mode and seismic load parameters, may

IBRAGIMOVA T.L.

Senior researcher of the Regional seismicity and Seismic zoning Laboratory, Mavlyanov Institute of Seismology, Academy of Science of the Republic of Uzbekistan, PhD (Candidate of Science in Geology and Mineralogy), Tashkent, the Republic of Uzbekistan, tam.anay@yahoo.com

MIRZAEV M.A.

Junior researcher of the Regional seismicity and Seismic zoning Laboratory, Mavlyanov Institute of Seismology, Academy of Science of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, the Republic of Uzbekistan

arise as result of the occurrence of maximum power earthquakes in the minimum depths of the source ($\Delta I = 1.5$ point), statistical errors in the definition of the slope of the earthquake recurrence curve of various power levels γ ($\Delta I = 0.96$ point), and the sizes of maximum possible earthquake M_{max}

($\Delta I = 0.84$ point). The contributions are small from such uncertainty factors as inaccurate definitions of seismic activity A_{10} , incorrect choice of prevailing motion type in the source, and using not local but regional laws of attenuation of seismic load intensity in distance; respectively their deviations

in points are as follows $\Delta I = 0.24$; $\Delta I = 0.34$ and $\Delta I = 0.22$. A seismic hazard map for the area of Eastern Uzbekistan was designed on the basis of the most dangerous variant, with every possible factor of uncertainty in the seismic mode and seismic load parameters being considered. This map is importantly different from maps drawn on the basis of average values of these parameters; in some sites of this map the seismic load intensity can be more than 9 points. Considering the very small probability of the occurrence of extreme deviations from average values in the distributions of the seismic mode and seismic load parameters, this map can be used for critical infrastructure objects of high importance.

References

1. *Artikov T.U., Ibragimov R.S., Zijaudinov F.F.* Sejsmicheskaja opasnost' territorii Uzbekistana [Seismic hazard in Uzbekistan]. Tashkent: Fan, 2012. 254 s. (Rus.).
2. *Artikov T.U., Ibragimov R.S., Fadina R.P.* Modificirovannye uravneniya makrosejsmicheskogo polja i svodnaja karta izosejst proisshedsih zemletrjasenij [The modified equation of macroseismic fields and summary card of the isoseismals of the past earthquakes] // Sejsmicheskoe rajonirovanie i prognoz zemletrjasenij v Uzbekistane. Tashkent: GIDROINGEO, 2002. S. 37–39. (Rus.).
3. *Bezrodnyj E.M., Tujchiev H.A.* Mehanizmy ochagov sil'nyh zemletrjasenij Uzbekistana [The mechanisms of strong earthquakes in Uzbekistan]. Tashkent: Fan, 1987. 143 s. (Rus.).
4. *Ibragimov R.N.* Sejsmogennnye zony Srednego Tjan'-Shanja [Seismic zones of the Middle Tien Shan]. Tashkent: Fan, 1978. 144 s. (Rus.).
5. *Riznichenko Ju.V.* Problemy sejsmologii. Izbrannye Trudy [Seismology problems. Selected works]. M.: Nauka, 1985. 408 s. (Rus.).
6. *Ulomov V.I.* Dinamika zemnoj kory Srednej Azii i prognoz zemletrjasenij [The dynamics of the Earth's crust in Central Asia and earthquake prediction]. Tashkent: Fan, 1974. 218 s. (Rus.).
7. *Chernov Ju.K.* Sil'nye dvizhenija grunta i kolichestvennaja ocenka sejsmicheskoy opasnosti territorij [Strong ground motion and the quantitative assessment of seismic hazard areas]. Tashkent: Fan, 1989. 295 s. (Rus.).
8. *Shebalin N.V., Hromeckaja E.A.* Metodicheskie aspekty poluchenija i interpretacii makrosejsmicheskikh dannyh [Methodical aspects of receiving and interpreting of macroseismic data]. M.: Nauka, 1988. S. 1–29. (Rus.).
9. *Shtejnberg V.V.* Parametry kolebanij gruntov pri sil'nyh zemletrjasenijah [The parameters of ground motion during large earthquakes] // Voprosy inzhenernoj sejsmologii. M.: Nauka, 1986. Vyp. 27. S. 7–27. (Rus.).

SEISMOGEOPHYSICAL RESEARCHES ON THE TERRITORY OF TAJIKISTAN AND TECTONIC EARTHQUAKES PREDICTION'S PROBLEMS

KARIMOV F.H.

Head of the Laboratory of the Integrated geophysical studies, Institute of geology, earthquake engineering and seismology of the Academy of sciences of the Republic of Tajikistan, DSc (Doctor of Sciences in Physics and Mathematics), Dushanbe, seismtdj@rambler.ru

SALOMOV N.G.

Leading scientific researcher of the Laboratory of the Integrated geophysical studies, Institute of geology, earthquake engineering and seismology of the Academy of sciences of the Republic

In this paper we've considered some of the seismogeophysical processes occurring in seismically active areas within the territory of Tajikistan, in connection with the geodynamics of the Central Asian region as a whole and, in some instances, with global geodynamics.

of Tajikistan, PhD (Candidate of Sciences in Physics and Mathematics), Dushanbe

STARKOV V.I.

Senior scientific researcher of the Laboratory of the Integrated geophysical studies, Institute of geology, earthquake engineering and seismology of the Academy of sciences of the Republic of Tajikistan, Dushanbe

STARKOVA E.Ya.

Senior scientific researcher of the Laboratory of the Integrated geophysical studies, Institute of geology, earthquake engineering and seismology of the Academy of sciences of the Republic of Tajikistan, Dushanbe

SHOZIYOEV Sh.P.

Scientific researcher of the Laboratory of the Integrated geophysical studies, Institute of geology, earthquake engineering and seismology of the Academy of sciences of the Republic of Tajikistan, Dushanbe

We found several peculiarities in the distribution and depth of earthquake foci within the Pamir and Hindu Kush. The first seismicity maximum is located at depths of 10–20 km, obviously corresponding to crustal earthquakes. The next ranges in depth from 60 to 180 km. It is assumed that in this depth interval, shifting occurs mainly as a result of overcoming obstacles to subduction on the boundary of the Indostan Plate and the Pamir block, similar to crustal shifting. The third focal depth, covering the distribution of the hypocenter from 180 to 260 km or more, may be due to disruptions in the subduction of the Indostan Plate under the Hindu Kush block on the surface boundary area between the solid lithosphere and plastic asthenosphere. In the latter case, failures in lithospheric plates, sliding on the asthenosphere, seem to occur when the slip rate increases and the adhesion between this plate and the asthenosphere is late to recover because of the limited relaxation time of ductile material. This is the essence of the

proposed physical hydrodynamic model for the foci of deep earthquakes.

Analysis of seismic activity in Central Asia has shown that there is a certain correlation in the alternation of deep earthquakes within the Hindu Kush seismically active zone and crustal earthquakes in the territory of Tajikistan. One- or two-deep earthquakes of M about 5.0 are followed by a series of crustal earthquakes with M from 3.0 to 5.0. Such alternation of seismicity shows that deep-crustal seismicity reflects a single process flow of mountain masses and by means of this mechanism the tectonic stresses compensate in the subduction zone. They thereby maintain a rough balance of tectonic stresses and total thermodynamic potential through the major geodynamic region.

Alternating seismicity leads to the idea that the interaction of seismotectonic geostructures may occur at tele seismic distances, at least on the order of hundreds or thousands of kilometers. The example of the manifestation of the building and preparation of strong

earthquakes at distances on the order of 1000 km is the result of observations in Tajikistan of the variations in the Earth's crust deformations, seismogeochemical parameters in wells of deposits of mineral thermal waters, and plastic deformations of laboratory stressed geomedium models. These models coincided in time with the building and preparation of a strong crustal earthquake that on 23.10.2011 had an epicenter in Turkey and M 7.2. The interaction of tectonic structures on teleseismic distances is confirmed by examining regional seismic migration. Take for example the largest recent earthquake, on 26.12.2004, of M 9.2, with its epicenter on the island of Sumatra; it was found to correlate with the migration of earthquakes of M 7.0 in the direction of the Himalayan seismic belt and the eastern part of the Pacific Rim. This migration had an average speed of about 3 km/day.

Modeling of the seismogeophysical processes on the basis of data obtained from studies of seismogeochemical parameter variations of thermal, mineral groundwater deposits has revealed a periodicity in the pH parameter, equal to the lunar-monthly periodicity, and its failure about a week before the local earthquake. Studies of high-precision local variations of the geomagnetic field point to the predominant role of electrokinetic processes in the generation of anomalies in the local geomagnetic field variations and in the prevalence of positively charged ions in electrokinetic currents. This research developed an alternative non-inversion theory of the origin of magnetic strip anomalies.

References

1. *Baratov R.B., Bosler G.I., Bekker Ja.A. i dr. Zemnaja kora i mantija Tadzhiqistana* [The Earth's crust and mantle of Tajikistan]. Dushanbe: Donish, 1981. 284 s. (Rus.).
2. *Belousov T.P. Al'pijskaja geodinamika, sejsmotektonika i paleosejmichnost' zapadnoj chasti zony sochlenenija Tibeta s Gimalajami* [Alpine geodynamics, seismotectonics paleoseismic and the western part of Tibet junction zone with the Himalayas] // *Trudy mezhdunar. konf. po snizheniju sejsmicheskogo riska, posvjashhennoj 60-letiju so dnja Hait'skogo zemletrjasenija 1949 g. v Tadzhiqistane*. Dushanbe: ISSS AN RT, 2009. S. 5–13. (Rus.).
3. *Gubin I.E. Zakonomernosti sejsmicheskix projavlenij na territorii Tadzhiqistana* [Laws of seismic displays in Tajikistan]. M.: AN SSSR, 1960. 464 s. (Rus.).
4. *Dobrovolskij I.P. Teorija podgotovki tektonicheskogo zemletrjasenija* [The theory of tectonic earthquake preparation]. M.: Nauka, 1991. 219 s. (Rus.).
5. *Zakharov S.A. Razvitie tektonicheskix predstavlenij v Tadzhiqistane i gipoteza zonnogo tektogeneza* [The development of tectonic representations in Tajikistan and the hypothesis of the band tectogenetic]. Dushanbe: Donish, 1970. 308 s. (Rus.).
6. *Karimov F.H., Salomov N.G., Starkov V.I., Starkova Je.Ja. Regional'naja geodinamika v projavlenijah variacij lokal'nyh geofizicheskix polej na territorii Tadzhiqistana* [Regional Geodynamics in the local manifestations of variations of geophysical fields in Tajikistan] // *Materialy mezhdunar. konf. «Geodinamika, orudenenie i*

- geojekologicheskie problemy Tjan'-Shanja», posvjashhennoj 70-letiju Instituta geologii NAN KR, g. Bishkek, 19–20 sentjabrja 2013 g. Bishkek: NAN KR, 2013. S. 114–120. (Rus.).
7. *Karimov F.H.* O projavlenijah tektoniki plit na territorii Tadjikistana: analiticheskij obzor [On the manifestations of plate tectonics in Tajikistan: analytical review] // Sb. statej «Geologicheskaja korreljacija i geodinamika skladchatyh oblastej», posvjashhenyh 95-letiju dokt. geol.-min. nauk, chlena-korr. AN RT M.M. Kuhtikova. Dushanbe: Donish, 2015. C. 89–104. (Rus.).
8. *Karimov F.H., Starkov V.I., Salomov N.G., Ulubieva T.R., Buzrukova D.I., Starkova Je.Ja., Murodkulov Sh.Ja., Shozieev Sh.P.* Kompleksnye seismogeofizicheskie issledovaniya territorii Tadjikistana za period 2006–2010 gg. [Integrated seismic geophysical surveys in Tajikistan for the period 2006 – 2010 yrs.] // Materialy resp. nauchnoj konf., posvjashhennoj 90-letiju akad. AN RT R.B. Baratova «Sovremennye voprosy geodinamiki i mineragenii Pamiro-Tjan'-Shanja». Dushanbe: Donish, 2012. S. 236–253. (Rus.).
9. *Karimov F.H.* Vremja relaksacii dlja vjazkoplasticheskikh gruntov [The relaxation time for the viscous plastic soils] // Dokl. AN RT. 2013. T. 56. № 11. S. 915–919. (Rus.).
10. *Karimov F.H., Salomov N.G., Starkov V.I., Starkova Je.Ja.* O projavlenii anomalij v variacijah lokal'nyh geofizicheskikh polej na teleseismicheskikh rasstojanijah [On the manifestation of anomalies in the local variations of geophysical fields on teleseismic distances] // Materialy dokl. konf. «Tektonofizika i aktual'nye voprosy nauk o Zemle». Tret'ja tektonofizicheskaja konf., 8–12 oktjabrja 2012 g. M.: IFZ RAN, 2012. T. 2. S. 122–125. (Rus.).
11. *Karimov F.H.* O prirode anomalij v variacijah lokal'nogo geomagnitnogo polja v sejsmotektonicheskom cikle Kajrakkumskogo zemletrjasenija 1985 g. [On the nature of the anomalies in the local variations of the geomagnetic field in Seismotectonic cycle Kairakkum earthquake, 1985] // Materialy konf. «Problemy geologii, sejsmologii i sejsmostojkogo stroitel'stva Tadjikistana», posvjashhennoj 30-letiju so dnja Kajrakkumskogo zemletrjasenija 1985 g., g. Dushanbe, 13 oktjabrja 2015 g., Dushanbe, 2015. S. 211–221. (Rus.).
12. *Karimov F.H.* Teorija geomagnitnyh polosovidnyh anomalij [The theory of strip-geomagnetic anomalies] // Dokl. AN RT. 2014. T. 57. № 11–12. S. 836–842. (Rus.).
13. *Katok A.P.* O vzaimosvjazi korovyh i verhnemantijnyh zemletrjasenij juga Srednej Azii [On the relationship between the crust and upper mantle earthquake south of Central Asia] // Fizika Zemli. 1991. № 12. S. 3–11. (Rus.).
14. *Lukk A.A., Junga S.L.* Geodinamika i naprjazhenno-deformirovannoe sostojanie litosfery Srednej Azii [Geodynamics and the stress-strain state of the lithosphere of Central Asia]. Dushanbe: Donish, 1988. 234 s. (Rus.).
15. *Mirzoev K.M.* Osnovnye harakternye cherty sejsmichnosti Tadjikistana. Prognoz zemletrjasenij [The main features of seismicity of Tajikistan. Earthquake forecast]. Dushanbe-Moskva: Donish, 1982. № 1. S. 14–37. (Rus.).
16. *Salomov N.G., Karimov F.H.* O posledovatel'nosti zemletrjasenij Pamiro-Gindukusha, Tadjikskoj depressii i Tjan'-Shanja [On the sequence of the earthquakes of Pamir-Hindu Kush, the Tadjik depression and Tien Shan] // Materialy 7-j mezhdunar. sejsmologicheskoy shkoly «Sovremennye metody obrabotki i interpretacii sejsmologicheskikh dannyh», 9–15 sentjabrja 2012 g., Respublika Belarus'. Obninsk: GS RAN, 2012. S. 262–266. (Rus.).
17. *Timush A.V., Shacilov V.I.* Sravnitel'naja geodinamika i sejsmichnost' novjshih orogenov Azii [Comparative Geodynamics and seismicity latest orogens of Asia] // Materialy resp. nauchnoj konf. «100 let so dnja Karatagskogo zemletrjasenija i sovremennye problemy sejsmostojkogo stroitel'stva i sejsmologii». Dushanbe: ISSS AN RT, 2007. S. 16–27. (Rus.).
18. *Ulomov V.I.* Tektonika litosfernyh plit i seismogeodinamika. Jeksperimental'naja sejsmologija v Uzbekistane [Plate tectonics and seismogeodynamics. Experimental Seismology in Uzbekistan]. Tashkent: Fan, 1983. S. 3–25. (Rus.).
19. *Ulubieva T.R., Mihajlova R.S., Risling L.I.* Tadjikistan. Zemletrjasenija Severnoj Evrazii v 2005 godu [Earthquakes of Northern Eurasia in 2005]. Obninsk: GS RAN, 2011. 492 s. (Rus.).
20. *Shejdegger A.E.* Osnovy geodinamiki [Fundamentals of geodynamics] / per. s angl. M.: Nedra, 1987. 384 s. (Rus.).
21. *Abdrakhmatov K.Y.* et al. Relatively recent construction of the Tien Shan inferred from GPS measurements of present day crustal deformation rates. *Nature*, 1996. V. 384. P. 450–453.
22. *Karimov F.H.* Basic Features of the Landslides' Viscous Flow. *Engineering Geology for Society and Territory*, Volume 2. Landslide Processes. Eds. G. Lollino et al. Springer International Publishing, Switzerland, 2014. P.1075–1078.
23. *Karimov F.H.* Tectonomagnetic effects in the Tajikistan's seismic regions // *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov*. Ser. Matematika, informatika, fizika. 2007. № 3–4. S. 162–169.
24. *Karimov F.H., Salomov N.Gh., Vakhobova R.U., Norova G.B.* To earthquake preparation models, based on hydro-geochemical data. *Proceedings: International Congress on Environmental Modelling and Software, iEMSs 2008. Integrating Sciences and Information Technology for Environmental Assessment and Decision Making*. Volume 3. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Catalonia, 7–10 July 2008. P. 1394–1397.
25. *Mohadjer S., Bendick R., Ischuk A., Kuzikov S., Kostuk A., Saydullaev U., Lodi S., Kakar D. M., Wasy A., Khan M. A., Molnar P., Bilham R., Zubovich A.V.* Partitioning of India-Eurasia convergence in the Pamir-Hindu Kush from GPS measurements, *Geophys. Res. Lett.*, 2010, 37, L04305, doi:10. 1029/2009 GL041737.
26. *Molnar P., Tapponnier P.* The collision between India and Eurasia, *Sci. Amer.*, 1977. 236(4). P. 30–41.
27. *Tapponnier P.* et al. Long-term slip rates and characteristic slip: keys to active fault behavior and earth quake hazard, *Earth & Planetary Sciences*, 2001. V. 333. P. 483–494.
28. URL: www.gsr.ru, www.geofon.gfz-potsdam.de, www.ngdc.noaa.gov.



Журнал «Инженерные изыскания» — лучшая площадка для Вашей рекламы!



Если Ваша целевая аудитория – профессиональное изыскательское сообщество, руководство изыскательских и проектно-изыскательских компаний, а также проектных институтов нефтегазодобывающей, военной, авиационной отраслей, то мы с удовольствием предоставим Вам страницы журнала «Инженерные изыскания» для размещения Вашей рекламной информации.

Наши читатели – это тысячи инженеров-изыскателей из всех регионов Российской Федерации и стран СНГ, каждый из которых находит в журнале нужную, актуальную информацию по своей специализации – геологии, геофизике, геодезии, экологии, геотехническому мониторингу. Ваша реклама в соответствующих тематических разделах журнала – гарантия того, что она дойдет до конечного потребителя Ваших услуг и продукции.

Наша задача — сделать Вашу рекламную кампанию эффективной!

**Наша цель — создавать партнерские, дружеские отношения
для развития совместных проектов!**

Давайте сотрудничать и добиваться успеха вместе!

107076, г. Москва, Электrozаводская ул., 60

Тел.: +7 (495) 210-63-90

Крюков Павел

kpp@geomark.ru, www.geomark.ru

THE FEATURES OF SEISMOLOGICAL NETWORK IN BELARUS

ARONOV A.G.

Director of the Centre of Geophysical Monitoring, National Academy of Sciences of Belarus (Minsk), Professor of the National Research Nuclear University, Engineering and Physical Institute (Moscow), DSc (Doctor of Science in Physics and Mathematics), aronov@cgm.org.by

ARONOV V.A.

Head of the Department, Centre of Geophysical Monitoring of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, vladislav@cgm.org.by

The current modern network of seismological observation was created in Belarus for the purpose of continuous monitoring of the local, regional, and global seismicity; as well it allows determination of the seismic load and assessment of the seismic hazard both across the territory of Belarus and in sites where particularly important industrial and civil constructive works (NPP, hydraulic structures, high-rise buildings, etc.) are located.

The territory of Belarus is situated in the western part of the East-European Platform (EEP), which is described by rather low seismic activity with rare seismic events of moderate magnitude $M \leq 5.5$. The present-day seismic activity of the central part of this region is somewhat

lower as compared with its northern and north-western margins. This was verified by the Osmussary earthquake (1976) and a series of Kaliningrad earthquakes (2004) that were felt within the territories of several countries, including Belarus, with a shaking intensity of 3–4.

Instrument-based seismological observations started in Belarus in 1963, when a geophysical observatory was built at the settlement of Pleshchenitsy (Minsk region). The further development of the observation network was associated with Belarus' participation in the Unified seismic observation system and an extensive development of earthquake forecasting works (before the disintegration of the USSR). This network grew as well with the creation of

the National environmental monitoring system of the Republic of Belarus and of the State system of monitoring and forecasting natural and technogenic emergency situations, studies of the space and time seismicity manifestations within the Starobin potassium salt deposit, and exploration and design works for the Belarusian NPP construction.

Seismological investigations carried out in Belarus were the basis for the creation and development of the National system of seismological monitoring. This paper describes the structure of the seismological observation network of Belarus, its levels, the hardware applied, the system of data compilation and processing and storage, and the procedure of international data exchange. It shows that Belarus' system of seismological monitoring, structurally composed of several levels (teleseismic, regional, and local) whose functions and operations are coordinated, is an efficient tool for providing seismic environment monitoring and seismic hazard assessment under the geodynamic conditions of low-active platform territories.

References

1. Avtomatizatsiya sbora i obrabotki seysmologicheskoy informatsii [Automatization of the seismological information acquisition and processing]. Tashkent: FAN, 1976. 118 s. (Rus.).
2. Aronov A.G., Aronova T.I. Metodika otsenki razreshayushchey sposobnosti lokal'nykh seysmicheskikh grupp v opredelenii mestopolozheniya ochagov zemletryaseniya [Assessment technique of the resolution of the local seismic arrangements for locating earthquake sources] // Prognoz seysmicheskoy opasnosti Uzbekistana: monografiya v 2 t. / T. 2: Problemy prognozirovaniya zemletryaseniya. Tashkent: FAN, 1994. S. 44–51. (Rus.).
3. Aronov A.G., Aronova T.I. Seysmotektonicheskie kriterii dolgosrochnogo prognoza Kaliningradskikh zemletryaseniya [Seismotectonic criteria of a long-term forecast of Kaliningrad earthquakes] // Kaliningradskoe zemletryasenie 21 sentyabrya 2004 goda. SPb.: Izd-vo VSEGEI, 2009. S. 136–150. (Rus.).
4. Aronov A.G., Seroglazov R.R., Aronova T.I. Seysmichnost' i seysmotektonika // Seysmotektonika plit drevnikh platform v oblasti chetvertichnogo oledeneniya [Seismicity and seismotectonics. In: Seismotectonics of the Old Platform Plates in the Quaternary Glaciation Area]. M.: Kniga i Biznes, 2009. S. 122–137. (Rus.).
5. Aronov A.G., Seroglazov R.R., Aronova T.I. Seysmichnost' territorii Belarusi // Zemletryaseniya i mikroseysmichnost' v zadachakh sovremennoy geodinamiki Vostochno-Evropeyskoy platformy [Seismicity of the territory of Belarus. In: Earthquakes and Microseismicity as the Tasks of the Contemporary Geodynamics of the East European Platform]: v 2 kn. Kn. 1: Zemletryaseniya. Petrozavodsk: Karel'skiy nauchnyy tsentr RAN, 2007. S. 357–364. (Rus.).
6. Aronov A.G., Seroglazov R.R., Aronova T.I. Set' seysmicheskikh stantsiy Belarusi // Zemletryaseniya i mikroseysmichnost' v zadachakh sovremennoy geodinamiki Vostochno-Evropeyskoy platformy [Network of seismic stations of Belarus. In: Earthquakes and Microseismicity as the Tasks of the Contemporary Geodynamics of the East European Platform]: v 2 kn. Kn. 1: Zemletryaseniya. Petrozavodsk: Karel. nauch. tsentr RAN, 2007. S. 350–353. (Rus.).
7. Mukhamediev Sh.A., Aronov A.G., Aronova T.I. Tektonicheskie napryazheniya i seysmichnost' v rayone Starobinskogo mestorozhdeniya kaliynykh soley [Tectonic stresses and seismicity in the region of the Starobin potassium salt deposit] // Litasfera. 2014. № 1 (40). S. 50–57. (Rus.).
8. Seysmotektonika plit drevnikh platform v oblasti chetvertichnogo oledeneniya [Seismotectonics of the Old Platform Plates in the Quaternary Glaciation Area]. M.: Kniga i Biznes, 2009. 225 s. (Rus.).

9. Funktsional'nye vozmozhnosti programmy WSG // NPP «Geotekh» i GS RAN [Functional Capabilities of the WSG Program. «Geotekh» Scientific Production Enterprise and Geological Survey of the Russian Academy of Sciences]. Obninsk, 2007. 73 s. (Rus.).
10. Aronov A.G., Aronova T.I., Assinovskaya B., Debski W., Domanski B., Gregersen S., Guterch B., Grünthal G., Husebye E.S., Mäntyniemi P., Nikulin V.G., Pacesa A., Puura V., Sliupa S., Wiejacz P. The exceptional earthquakes in Kaliningrad district, Russia on September 21, 2004 // *Physics of the Earth and Planetary Interiors*. 2007. Vol. 164. P. 63–74.
11. Aronov A.G., Mukhamediev Sh.A., Belousov T.P., Aronova T.I., Seroglazov R.R. Seismicity and the stressed state of the Starobin potassium salt deposit in Belarus // *Геодинаміка*. 2014. № 1 (16)/2014. S. 88–95.
12. Aronov A.G., Seroglazov R.R., Aronova T.I., Safronov O.N. Kaliningrad earthquake of September 21, 2004 and seismic hazard forecast in the Belarusian-Baltic region // *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica*. 2006. Vol. 41 (3-4). P. 369–376.
13. Aronov A.G., Seroglazov R.R., Aronova T.I. Seismicity of Belarus // *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica*. 2010. Vol. 45. № 3 (September). P. 324–339.

REDUCTION OF THE SEISMIC RISK AT BUILDING THE TERRITORIES WITH DIFFICULT ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS

AKBASHEV R.R.

Junior researcher, Kamchatka branch of the Federal Research Center «United Geophysical Service RAS», General Director of «InzhGeoKam» Ltd., Petropavlovsk-Kamchatsky, inggeokam@mail.ru

VASILYUK I.N.

Chief engineer, «InzhGeoKam» Ltd., Petropavlovsk-Kamchatsky, inggeokam@mail.ru

BUBNOV A.B.

Leading specialist expert, Department of Mineral Resources of the Far Eastern Federal District, Commercial Director of «InzhGeoKam» Ltd., Petropavlovsk-Kamchatsky, saxa415@mail.ru

KONSTANTINOVA T.G.

Senior Researcher, Kamchatka branch of the Geophysical Service of RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, lrg334@emsd.ru

TARAKANOV A.I.

General Director of «Izyskatel'» Ltd., Petropavlovsk-Kamchatsky, iziskaniya@mail.ru

In 1974 a 1:10,000 scale seismic zoning map was created for the city of Petropavlovsk-Kamchatsky. Within the city there are some zones with significant seismic hazard (8, 9, and 10 points). Often the upper part of the evaluation profile, mainly in the 10-point range, is represented by low-speed weak soils. In some cases, you can cut the weaker near-surface soils and replace them with stronger ones. This provides layer stability by way of using powerful vibratory rollers with systematic sealing control. Sometimes it is necessary to lower the water table by draining deep foundations. Works carried out on separate parts of the territory of Petropavlovsk-Kamchatsky, and part of the former 10-point sections, transformed the area hazard to 9-points following seismic construction preparations. 15 – 25 years after the development of these territories, researchers selectively checked for changes

in their geotechnical and seismological conditions, as well as of those conditions in adjoining building sites. They found that the 1 point reduction in the seismicity of many built-up areas was correct and appropriate. The reduction of seismicity, however, is not always possible.

What follows is an example of the reduction of the seismicity of a specific 10-point zone within the city. One of the building sites within this zone was prepared for construction, and more broadly engineering-geological and geophysical surveys were prepared for the development of a neighborhood. It was recommended to remove the top 2-meter layer of loose sediments, and to cover the area with strong gravelly soil layers and compacted backfill.

A seismic survey of the construction site was conducted before and after the replacement and compaction of the top

soil layer. These works have reduced the seismicity of this area by up to 9 points. The preparatory work at the construction site of the Kamchatka Regional Hospital closely follows this same procedure, replacing the upper loose layers of the site to a depth of 4 meters.

On some sites, large-diameter bored piles, established on strong underlying soils, may be setup instead of driven piles. The use of sealing soil masses with pile fields beneath building under construction is an essential resource for the seismic protection of structures. Very effective slab and pile-slab foundation options can be used.

During the strong 1971 earthquake in Kamchatka, a five-story industrial refrigerator building, built on flooded soils, did not suffer structural damage. During the construction of this building, its base was created by using a pile field, with piles up to 16.5 m in length. In the creation of a pile field for the construction of a monument of Lenin in the city center, on the soft ground that was located in the 10-point area, compaction of the soil mass occurred. The authors plan to check the effectiveness of this approach using a full-scale seismic study and by evaluating the seismic increment generated inside the pile field and beyond.

In Sakhalin, during the Neftegorsk earthquake of 1995, there occurred a thinning of fine and silty sands. Though the city turned into rubble, the monument of Lenin that was built on a pile field survived.

Amidst the ruins there remained standing, though severely damaged, two two-story houses (children day care centers); three two-story block houses,

reinforced up to 7-points, suffered minor structural damage. Given the soil conditions of Neftegorsk 1 seismicity point must be added in seismic evaluations. If such a change had been made, even at a seismicity of 6 points, the city would not have lost two-thirds of its population.

In the village of Korf, during the 2006 Olyutorskii earthquake, there occurred almost universal soil liquefaction. On the outskirts of the village there was a 1,000 m³ capacity fuel tank, situated upon a concrete foundation. Upon examination of this container and the area around it, no cracks were detected.

In the city of Spitak, Armenia, during the earthquake in 1988, a sugar syrup tank on the grounds of a sugar factory (built upon category II soils) collapsed, despite having a much smaller volume than the tank in the village of Korf.

Following is an instructive example of laying foundations in Mexico City. The Palace of Fine Arts was built on the central square of the city in 1934. The foundation for this project was a concrete slab 3.0 m thick. Before construction of the building began, the slab sagged noticeably in the middle; and during the construction of

the building, it sagged even more. An attempt was made to stabilize the sinking of the Palace by pouring in liquid cement solution. The structure of the clay under the foundation did not allow the solution to be distributed uniformly and the cement slurry hardened in clots. After 5 years, steel piles were hammered in around the palace. These measures, too, were unsuccessful. Over its lifetime the building has settled by more than 4.6 meters into the ground. Now, to get to the first floor of the palace, one must take a staircase leading down.

In 1951 the first skyscraper in Mexico, the 43-story «Latino-Americana», was built across from the palace. The skyscraper was built on those same soils that underlie the Palace and sits on a foundation consisting of a concrete slab, which rests on 200 pile-racks buried 35 meters deep. These passed through a layer of volcanic clay, the cause of most of the sediment in Mexico City. During the strong 1985 earthquake, the tower survived, securing the title of Mexico's secure skyscraper.

Comprehensive approaches are used on the Kamchatka Peninsula to manage the calculated seismicity of some seismically problematic construction sites. This

approach expands resources for creating integrated solutions for the development of territories, and to increase optimization in construction while providing a sufficiently reliable level of seismic protection for buildings and structures.

Earthquakes are a serious test of the behavior of soils and buildings. Engineering preparations were made in the area of «North-East» Petropavlovsk-Kamchatsky, in the 10-point zone, and much of the territory was then classified into a 9-points zone. Using these same methods, the refrigerator building and monuments of Lenin in Petropavlovsk-Kamchatsky and Neftegorsk, built on pile fields, during escaped damage during earthquakes. And in the village of Korf, the fuel tank sitting on a concrete foundation was found to be intact following the Olyutorskii earthquake. Tanks, built without a solid foundation, were destroyed during the 1988 Spitak destroyed.

When strong earthquakes occur, there are many situations that lead to the increase or decrease of the seismic stability of buildings. Research into soil-structure interaction, and into the improvement of soil basements, must be taken as necessary for seismically safe construction.

References

1. Borisova N.S., Ershov I.A., Konstantinova T.G., Fedyakova S.N., Shumilina L.S. Makroseismicheskoe obsledovanie zemletryaseniya 24 (25) noyabrya 1971 g. v Petropavlovsk-Kamchatskom i sopostavlenie rezultatov s seismicheskim mikrorajonirovaniem [Macroseismic earthquake survey 24 (25) November 1971 in Petropavlovsk-Kamchatsky and compare the results with the seismic microzonning]. V kn.: Kolebania gruntov i zdaniy pri zemletryaseniakh. Vopr. inzh. seysm. Vyp. 17. M.: Nauka, 1975. S. 71–86 (Rus.).
2. Gorod Mehiko (Meksika). Blog o stroitelstve i remonte [Mexico city. Blog about building and repair]. URL: <http://www.stroy-max.ru/gorod-mexiko-meksika/> (Rus.).
3. Konstantinova T.G., Sharapov V.G. O principah postroeniya karty seismicheskogo mikrorajonirovaniya territorii g. Petropavlovsk-Kamchatskogo [On the principles of constructing maps of seismic microzonning the territory of the city of Petropavlovsk-Kamchatsky]. M.: Nauka, 1977. S. 232–236 (Rus.).
4. Konstantinova T.G. Osobennosti gruntov, obladayushhix svojstvami tiksotropii (na primere petropavlovsk-kamchatskogo, kirovakana, neftegorsk). Pamyat i uroki neftegorskogo zemletryaseniya [Features of soil having the properties of thixotropy (for example, Petropavlovsk-Kamchatsky, Kirovakan, Neftegorsk). The memory and the lessons of Neftegorsk earthquake]. Yuzhno-Sakhalinsk, 2000. S. 133–136 (Rus.).
5. Konstantinova T.G. Makroseismicheskoe obsledovanie posledstviy olyutorskogo zemletryaseniya (20) 21 aprelya 2006 goda // Olyutorskoe zemletryasenie (20) 21 aprelya 2006 g. Koryakskoe nagore. Pervye rezultaty issledovaniy [Macroseismic survey of the effects of the earthquake Olyutorsky (20) April 21, 2006 // Olyutor earthquake (20) April 21, 2006 the Koryak Highlands. The first research results]. Petropavlovsk-Kamchatskij: KF GS RAN. 2007. S. 54–125 (Rus.).
6. Medvedev S.V. Mezhdunarodnaya shkala sejsmicheskoy intensivnosti. V kn.: Sejsmicheskoe rajonirovanie SSSR. M.: Nauka, 1968. S. 151–162 (Rus.).
7. RSN-60-86. Inzhenernye izyskaniya dlya stroitelstva. sejsmicheskoe mikrorajonirovanie. normy proizvodstva rabot [Engineering survey for construction. Seismic microzonning. Standarts of production work] / Gosstroj RSFSR. M.: MosTISIZ Gosstroya SSSR, 1986. 32 s. (Rus.).
8. SNiP-II-7-81*. Stroitelnye normy i pravila. Chast II. Normy proektirovaniya. Stroitelstvo v sejsmicheskikh rajonah [Building regulations. Part II. Design Standards. Construction in seismic areas]. M.: Gosstroj SSSR, 2000. S. 44 (Rus.).
9. Strahov V.N., Ulomov V.I., Shumilina L.S. Obshchee sejsmicheskoe rajonirovanie territorii rossii i sopredelnyh stran [General seismic zoning of Russia and neighboring countries] // Fizika zemli. 1998. № 10. S. 92–96 (Rus.).
10. Peterson Ivars (18 January 1986). «Mexico City's Earthquake: Lessons in the Ruins». *Science News* (Society for Science & the Public) 129 (3): 36.

SEISMIC SAFETY OF MODERN RESIDENTIAL BUILDINGS STRUCTURAL SYSTEMS OF CENTRAL-ASIAN REGION

KHAKIMOV Sh.A.

Head of the Earthquake engineering department, JSC «Tashkent scientific-research and design-survey institute of civil construction «ToshuyjoyLITI», PhD (Candidate of Science in Technics), Tashkent, Uzbekistan, sh-khakimov@rambler.ru

The last 20 years in the cities of Central Asia, located in earthquake-prone areas, began to build residential and public buildings with application of new structural systems, which are not proven experimental and theoretical studies, and based only on the current assumptions.

Based on the engineering analysis of the effects of earthquakes in the Central Asian region for 2000–2016 period and

the global sample of earthquakes, were discovered the causes of increased damage of the rural residential houses (which were built individually), of the multistorey brick buildings, and the buildings that were erected using the reinforced concrete structures.

Rural houses as a rule are built without any seismic reinforcement elements because of the lack of awareness

of the population about the simple technical solutions and the lack of the methods of their reports to the villagers.

Brick buildings are erected with design violations, with the use of substandard materials, poor quality construction and control over them. Actual earthquake resistance of the modern construction buildings is not consistent with the stated project.

There are some recommendations which can somehow increase the earthquake resistance of the multistorey buildings on the territories of the Central Asia.

References

1. *Ajzenberg Ja.M.* Upravlenie mehanizmom neuprugih deformacij i povrezhdenij konstrukcij pri sejsmicheskikh vozdeystviyah [Control of the mechanism of inelastic deformations and damages of designs at seismic influences] // *Stroitel'naja mehanika i raschjot sooruzhenij*. 1986. № 1. S.1–8. (Rus.).
2. *Ajzenberg Ja.M.* Uroki poslednih razrushitel'nyh zemletrjasenij [Lessons of the last destructive earthquakes]. Sovershenstvovanie antisejsmicheskogo proektirovanija i stroitel'stva: Problemnyj doklad. M.: VNIINTPI, 2000. 110 s. (Rus.).
3. KMK 2.01.03-96 «Stroitel'stvo v sejsmicheskikh rajonah» [Construction in seismic countries] / Gosarhitektstroj RUz. Tashkent, 1996. 65 s. (Rus.).
4. *Nemchinov Ju.I.* Sejsmostojkie zdaniya i sooruzheniya [Aseismic buildings and constructions]. Kiev, 2008. 326 s. (Rus.).
5. *Rzhevskij V.A., Cipenjuk I.F., Asamov H.A., Gamburg Ju.A., Uzlov S.T., Hakimov Sh.A. i dr.* Inzhenernyj analiz posledstvij Spitakskogo zemletrjasenija [Engineering analysis of consequences of the Spitak earthquake]. 7.12.1988 g. // *Arhitektura i stroitel'stvo Uzbekistana*. 1989. № 12. S. 7–12. (Rus.).
6. *Hakimov Sh.A.* Ocenka jekonomicheskogo ushherba pri zemletrjasenijah na urbanizirovannyh territorijah s ucheto regional'nyh faktorov riska [Assessment of economic damage at earthquakes in the urbanized territories taking into account regional risk factors / Aktual'nye problemy issledovanij po teorii sooruzhenij] // *Sb. nauchnyh statej v treh chastjah*, 4.3. CNIISK im. V.A. Kucherenko. M.: OAO CPP, 2009. S. 29–34. (Rus.).
7. *Hakimov Sh.A.* Problemy sejsmobeзопасnosti konstruktivnyh sistem grazhdanskih zdaniy sovremennoj zastrojki i koncepcii ee povyshenija [Problems of seismic safety of constructive systems of civil buildings of modern building and concept of her increase] // *Vestnik AO «KazNIISA»*, № 10. (38) 2014. S. 29–41. (Rus.).
8. *Uzdin A.M., Elizarov S.D., Belash T.A.* Sejsmostojkie konstrukcii transportnyh zdaniy i sooruzhenij [Aseismic structures of transport buildings and constructions; manual]. uchebnoe posobie. M.: FGB OU, 2012. 501 s. (Rus.).
9. *Khakimov Sh.A., Nurtaev B.S.* Assessment of Seismic Risk of Areas with Diverse Site Development with Account of Influence of Local Factors and Ways of it Reduction // 15th World Conference on Earthquake Engineering 24–28 September 2012, Lisbon, Portugal. P. 2914.

RESULT OF IMPACT OF NATURAL HAZARDS AND INSURANCE CONSEQUENCES (ON EXAMPLE OF THE EARTHQUAKES)

CHESNOKOVA I.V.

Chief researcher, Water problems institute RAS, DSc (Doctor of Science in Geology and Mineralogy), Moscow, ichesn@rambler.ru

This article deals with issues related to the assessment of the impact of natural hazards. As an

example, we show the consequences of the destructive natural process of earthquakes. We analyze the situation

in Russia, in the region of Central Asia, and in the world at large. We detail the current state of affairs in the mitigation of the consequences of natural hazards.

Earthquakes are one of the greatest threats to the sustainable development

of economies and societies all over the world.

All of the negative consequences of an earthquake that manifest in social, economic, and natural environments are qualified as damage. The damage from earthquakes can be expressed in financial, natural, rank, and mark estimates.

Earthquakes are known to be accompanied by numerous secondary effects, which play a significant role in determining the damage they effect. It is unwise to neglect the assessment of damage from such second-round effects because it is often these effects that are the primary causes of losses. The general methodology for the assessment of the secondary effects of

all classes of earthquakes has not yet been sufficiently developed. Given the forecasted estimates of the damage from secondary impacts, several different versions of an earthquake scenario ought to be considered. One important task is to insure against the consequences of earthquakes. Why insurance? Because compensation in the wake of the damages of a natural disaster is highly important and realistically can be achieved only through disaster insurance. Insurance, then, is the instrument of compensation.

Central Asia is a region vulnerable to many natural dangers, of which earthquakes are the most catastrophic. For example, in Kazakhstan, Kyrgyzstan, Tajikistan, Turkmenistan, and Uzbekistan there have been

destructive earthquakes that have led to enormous economic damages and great losses of life.

Insurance is one of several economic means to mitigate earthquake consequences. The role of insurance in earthquake hazard and cost reduction is becoming increasingly important. But insurance against the dangerous consequences of earthquakes doesn't exist in Russia at all. It would thus be interesting to discuss the following questions: the methodology of earthquake insurance; and the role of natural risk insurance in dispatching public safety. To begin to address these and other questions, we must draw on the experience of other countries (USA, Japan, China).

References

1. Allison A., Palmer D. Geologija [Geology]. M.: Mir, 1984. 568 s. (Rus.).
2. Koff G.L., Chesnokova I.V. Informacionnoe obespechenie strahovaniya ot opasnykh prirodnykh processov (na primere zemletrjasenij) [Information provision of insurance against natural hazards (earthquakes in the example)]. M.: POLTEKS, 1998. 168 s. (Rus.).
3. Kto zaplatit po schetam prirodnykh katastrof? Issledovanie optimal'nykh sposobov finansirovaniya riska stihijnykh bedstvij ISDR Central Asia Regional Economic Cooperation [Who will pay the bills of natural disasters? Research the best ways of financing disaster risk ISDR Central Asia Regional Economic Cooperation]. THE WORLD BANK. Mezhdunarodnaja strategija umen'shenija opasnosti bedstvij. 2009. 60 s. (Rus.).
4. Lobackaja R.M., Koff G.L. Razlomy litosfery i chrezvychajnye situacii [The faults of the lithosphere and emergencies]. M.: RJEFIA, 1997. 329 s. (Rus.).
5. Pak T.T., Lobodryga T.D. Strahovanie nedvizhimosti v seismicheskikh rajonah [Insurance in seismic regions] // Issledovaniya sejsmostojkosti sooruzhenij i konstrukcij. Almaty: KazNISSA, 1996. S. 253–256. (Rus.).
6. Roth R.J. Insurance: What are the Principles of Insuring Natural Disasters? Earthquake Basics Brief. № 3. California, 1997. 16 p.

Журнал «Инженерная геология»

стал одним из наиболее востребованных печатных изданий в нашем профессиональном сообществе. Сотрудники редакции постоянно работают над дальнейшим повышением качества журнала. Все статьи проходят рецензирование членами редакционной коллегии и рецензентами, научное и литературное редактирование. Вы, читатели, можете внести свой вклад в развитие журнала, присылая в редакцию свои статьи и подписываясь на «Инженерную геологию».



ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Принимаются оригинальные статьи по широкой тематике и основным теоретическим разделам инженерной геологии — грунтоведению, инженерной геодинамике, региональной инженерной геологии, а также статьи по механике грунтов, гидрогеологии и геокриологии, мониторингу геологических и литотехнических систем, технической мелиорации грунтов, методикам и методам инженерно-геологических исследований, истории и методологии инженерной геологии.

- Статьи принимаются в электронном виде.
- Объем статьи составляет до 40 тыс. знаков с пробелами (до 10–12 страниц при шрифте 12 пт Times New Roman через одинарный межстрочный интервал).
- В начале статьи располагается пронумерованный рисунок (фотография) хорошего качества, который редакция при необходимости может использовать для заставки.
- Далее на русском и английском языках приводятся: название статьи; фамилия и инициалы автора (авторов) с указанием его должности, места работы, ученой степени, города, электронного адреса, телефона (не для печати); список ключевых слов (5–14 слов); аннотация (до 1000 знаков с пробелами).
- Текст статьи включает: введение с указанием цели и задач работы, описание методики (методов) исследования, характеристику объекта исследования, полученные результаты, их обсуждение и выводы (заключение).
- В конце текста статьи приводится пронумерованный список цитируемой литературы, оформленный в соответствии с ГОСТ 7.1-2003. Ссылки в этом списке должны располагаться в алфавитном порядке (сначала на русском языке, потом на других языках).
- Далее приводится список литературы, транслитерированный с кириллицы на латиницу в версии МВД (<http://ru.translit.net/?account=mvd>). При этом в квадратных скобках приводятся переводы названий статей и изданий на английский язык.
- Ссылки на источники из списка литературы приводятся в тексте статьи в виде номеров в квадратных скобках (например, [2], [4–6], [2, 7–10, 15]).
- После списка литературы приводится краткое содержание статьи с основными выводами (до 4 тыс. знаков с пробелами или 1 стр. А4) на русском и английском языках.
- Все использованные в статье буквенные обозначения, сокращения и аббревиатуры расшифровываются при первом упоминании в тексте или экспликациях к формулам.
- В пределах одной и той же статьи одни и те же параметры обозначаются одинаково, а разные — по-разному (учитывая верхние и нижние индексы, регистры и т.п.) независимо от первоисточника.
- Формулы сопровождаются сквозной нумерацией и экспликациями (расшифровкой обозначений при их первом упоминании с указанием единиц измерения).
- Единицы измерения параметров указываются в системе СИ.
- Рисунки (фотографии) хорошего качества вставляются в текст статьи после соответствующих ссылок на них. Дополнительно они должны быть присланы в отдельной папке в векторном формате и в формате jpg (или tif, png) с разрешением не менее 300 пикселей на дюйм (или 300 dpi). Цветные карты принимаются с разрешением не менее 600 dpi.
- Рисунки (фотографии) сопровождаются сквозной нумерацией и подрисовочными подписями. На графиках указываются названия осей. Используемые на рисунках сокращения, аббревиатуры и буквенные обозначения параметров с указанием единиц измерения расшифровываются в легенде и/или в подрисовочной подписи каждый раз (либо дается ссылка на другой рисунок).
- Таблицы сопровождаются сквозной нумерацией и названиями. Используемые в таблицах сокращения, аббревиатуры и буквенные обозначения параметров с указанием единиц измерения расшифровываются в примечаниях к таблицам каждый раз (либо дается ссылка на примечания к другой таблице).
- Статьи проходят внутреннее и внешнее рецензирование, литературную и техническую редакцию, корректирование. Отредактированные и сверстанные статьи высылаются авторам на согласование (при необходимости — на доработку).
- После публикации статьи автор может получить ее электронную версию в формате pdf по электронной почте и 2–3 бесплатных авторских экземпляра журнала в редакции.
- Статьи, не содержащие рекламных материалов, публикуются бесплатно. Редакция по своему усмотрению может исключать из текста бесплатно публикуемой работы любую рекламную информацию.

Адрес редакции:

107076, Москва, ул. Электрозаводская, д. 60.

Тел.: +7 (495) 210-63-90, 210-63-06.

E-mail: info@geomark.ru



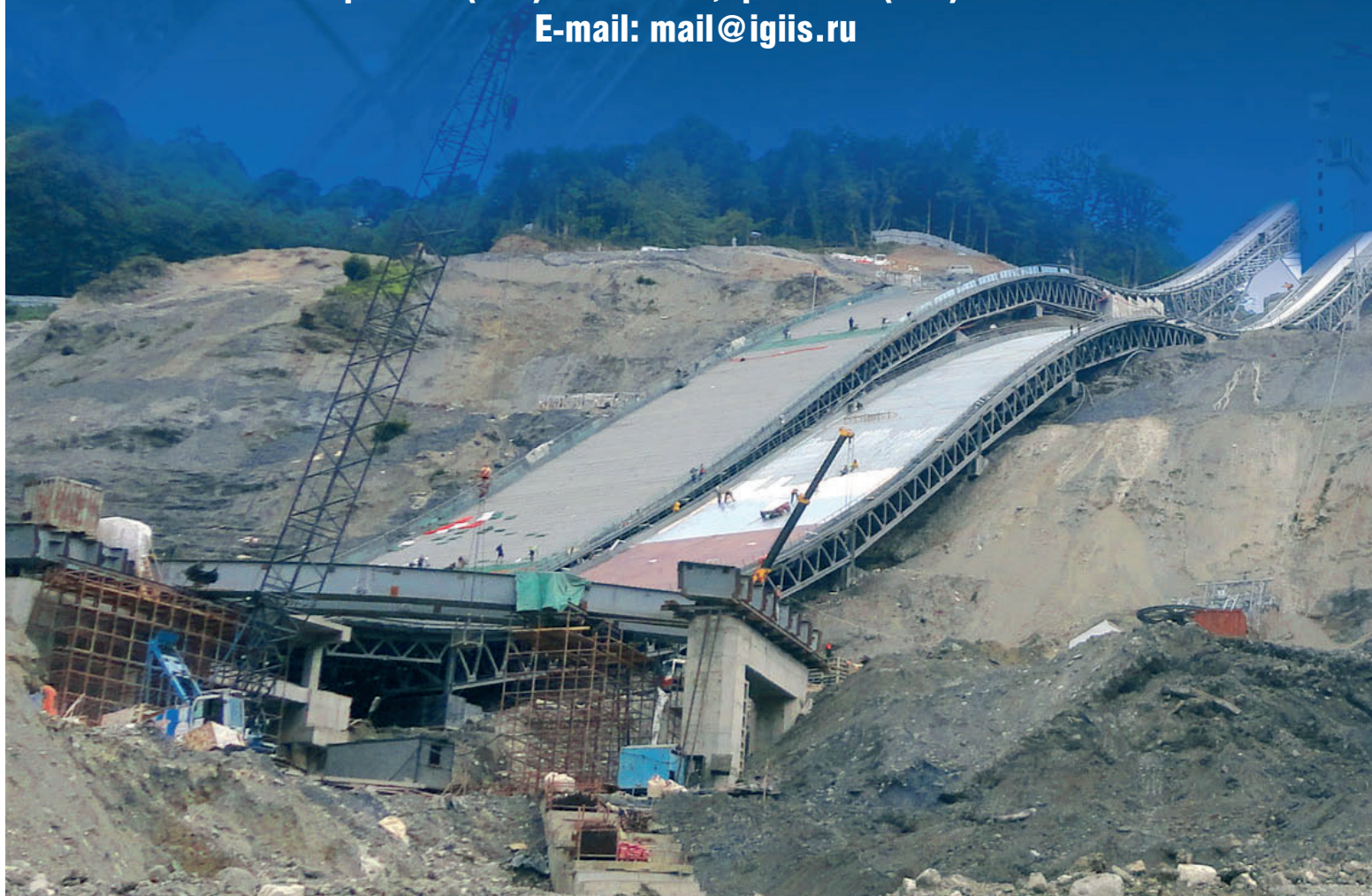
ООО «ИГИИС»

Институт геотехники и инженерных изысканий в строительстве

ООО «ИГИИС» — коллектив высококвалифицированных специалистов в области инженерных изысканий в строительстве, обладающих большим опытом проведения всех видов инженерных изысканий : инженерно-геологических, инженерно-геодезических, инженерно-экологических, инженерно-гидрометеорологических, а также работ в области поиска и разведки грунтовых и строительных материалов, и подземных вод.

Специалисты ООО «ИГИИС» имеют большой опыт разработки федеральных нормативно - технических документов в области инженерных изысканий и специальных технических условий (СТУ), Справочников базовых цен (СБЦ), а также выполнения работ по обеспечению качества инженерных изысканий — экспертиза заданий и программ инженерных изысканий, надзор за выполнением полевых работ и лабораторных исследований, экспертиза технических отчетов. Разрабатывается и производится геофизическое оборудование и оборудование для оценки сейсмической опасности геотехнического мониторинга. Объекты, на которых работает ООО «ИГИИС», это, как правило, крупные и очень крупные строительные проекты.

107076, Москва, ул. Электрозаводская, д. 60
Телефон: +7 (495) 366-31-89, факс: +7 (495) 366-31-90
E-mail: mail@igiis.ru





ООО «ИГИИС»

Институт геотехники и инженерных
изысканий в строительстве

предлагает услуги по выполнению следующих работ
в составе инженерных изысканий:

- 1) изучение опасных инженерно-геологических процессов;
- 2) геофизические исследования;
- 3) геокриологические исследования;
- 4) геотехнический мониторинг;
- 5) инженерная сейсмология;
- 6) разработка тематических карт;
- 7) лабораторные исследования грунтов.

107076, г. Москва, ул. Электrozаводская, д. 60.
Телефон: +7 (495) 366-31-89, факс: +7 (495) 366-31-90.
E-mail: mail@igiis.ru