



**МИНИСТЕРСТВО ПО ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**ИНСТИТУТ СЕЙСМОЛОГИИ**

**СЕЙМОЛОГИЧЕСКАЯ ОПЫТНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ**

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ТЕРРИТОРИЯСЫНДАҒЫ  
СЕЙСМИКАЛЫҚ КАУІПТІ БАҒАЛАУДЫҢ ЗАМАНАУИ ӘДІСТЕРІ  
МЕН ЖЕР СІЛКІНІСІН БОЛЖАУ**

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ  
ОПАСНОСТИ И ПРОГНОЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ДЛЯ  
ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**MODERN METHODS OF SEISMIC HAZARD ASSESSMENT AND  
EARTHQUAKE FORECASTING FOR REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

**16.06.2022 - 18.06.2022**

**АЛМАТЫ - 2022**

МИНИСТЕРСТВО ПО ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ИНСТИТУТ СЕЙСМОЛОГИИ

СЕЙМОЛОГИЧЕСКАЯ ОПЫТНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ

*Қазақстан Республикасының территориясындағы сейсмикалық қауіпті бағалаудың заманауи әдістері мен жер сілкінісін болжау*

*Modern methods of seismic hazard assessment and earthquake forecasting for Republic of Kazakhstan*

*«Современные методы оценки сейсмической опасности и прогноза землетрясений для территории Республики Казахстан»*

*16.06.2022 - 18.06.2022*

Организатор: Департамент предупреждения чрезвычайных ситуаций Министерство по Чрезвычайным Ситуациям Республики Казахстан, ТОО «Институт сейсмологии» МЧС РК  
Адрес и место: г.Алматы, ул. Амангельды, 73.  
«Центр по чрезвычайным ситуациям и снижению риска стихийных бедствий»

Участники: Представители Министерства по чрезвычайным ситуациям, национальных и зарубежных институтов

Алматы - 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВЫСТУПЛЕНИЕ</b>		
1	Приветственное слово Вице министра МЧС РК <i>Пшембаева Мереке Кудайбергеновича</i>	7
2	Приветственное слово заместителя начальника Департамента предупреждения чрезвычайных ситуаций МЧС РК <i>Мырзабаева Алтая Сапарбаевича</i>	9
3	Вступительное слово директора Института сейсмологии МЧС РК <i>Сарсенбаева Даулета Абдужановича</i>	11
<b>ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ</b>		
4	<i>Аубакиров С.Г.</i> - ЦЧССРСБ – О принимаемых мерах по созданию Центрально-Азиатской региональной системы раннего оповещения о чрезвычайных ситуациях	12
5	<i>Амрин Р.Н., Сарсенбаев Д.А., Узбеков Н.Б., Садыкова А.Б., Данабаева А.Т.</i> ИС МЧС РК - Карты сейсмического зонирования территории Казахстана на различных масштабных уровнях - как основа для разработки государственных нормативных строительных документов	15
6	<i>Силачева Н.В.</i> ИС МЧС РК – Современная оценка сейсмической опасности в Казахстане	23
7	<i>Dimitar Ouzounov</i> _(Center of Excellence in Earth Systems Modeling & Observation, Chapman University, Orange, CA, USA), <i>Sergey Pulinets</i> (Space Research Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia) – The new concept of multidisciplinary short-term earthquake warnings based on the Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere Coupling (LAIC) associated with pre-earthquake processes Новая концепция мультидисциплинарного краткосрочного прогноза землетрясений, основанная на теории литосферно-атмосферно-ионосферных связей в период подготовки землетрясения	27
<b>СЕКЦИОННЫЕ ДОКЛАДЫ</b>		
8	<i>Михайлова Н.Н.</i> Институт геофизических исследований РГП НЯЦ РК – Система сейсмического мониторинга национального ядерного центра в задачах обеспечения сейсмической безопасности	29
9	<i>Нигметов Г.М.</i> - Оценка индивидуального риска для населения городов с учетом реальных данных о сейсмичности и сейсмостойкости	35
10	<i>Аширов Б.М.</i> СОМЭ МЧС РК - Расширение сети сейсмического мониторинга	41
11	<i>Шокбаров Е.М.</i> КазНИИСА – Паспортизация зданий и сооружений существующей застройки города Алматы <i>Дурсынов С.Б.</i> КазНИИСА – Влияние тектонического разлома на поверхностные геологические напластования.	45
12	<i>Kazuo Sasaki</i> Challenge Co., Ltd – Advanced EEW for the people. Передовая СРО для людей	53
13	<i>Копничев Ю.Ф.</i> Соколова И.Н. ИФЗ РАН – Прогнозирование мест и магнитуд сильных землетрясений по кольцевым структурам сейсмичности	58
14	<i>Шайторов В.Н.</i> Институт геофизических исследований РГП НЯЦ РК – Геофизические методы при выявлении мест фильтрации воды в плотинах с целью предупреждения возникновения чрезвычайных ситуаций	63
15	<i>Камчыбеков М.П.</i> Институт сейсмологии НАН КР – Сейсмический риск	69

	территории малых городов, Кыргызстан	
16	<i>Алдахов Е.С., Латин В.А.</i> КАЗНИИСА – Оценка сейсмического риска по результатам паспортизации	73
17	<i>Абдуллаев А.У.</i> ИС МЧС РК – Концептуальные модели формирования флюидных аномалий землетрясений и их прогнозирование в Казахстане	79
18	<i>Усунаев Ш.Э.</i> ЦАИИЗ, г. Бишкек - Ноосферная инженерная геонотомия трансформации землетрясениями поля палеопрочности планетосфер Геоида.	91
19	<i>Shigeki Horiuchi</i> Homeseismometer Co., Ltd - Development of EEW system exchanging real-time seismic intensity and seismic wave form. Разработка СРО, обменивающейся сейсмической интенсивностью и формой сейсмического сигнала в реальном времени	99
20	<i>Сагимбай А.С.</i> Академия гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС РК – Ранее предупреждение о землетрясении с применением современных технологий	104
21	<i>Муралиев А.М., Сабирова Г.А.</i> Институт сейсмологии НАН КР – Особенности пространственно-временного распределения сильных землетрясений и динамика вариаций сейсмического режима Бишкекского прогностического полигона.	107
22	<i>Хамидов Л.А., Ганиева Б.Р., Анварова С.Р.</i> – Институт сейсмологии АН Республики Узбекистан	115
23	<i>Ибрагимов Р.С., Иброгимова Т.Л., Мирзаев М.А., Ашуров С.Х.</i> Институт сейсмологии АН Республики Узбекистан – Вероятностный анализ сейсмической опасности территории Узбекистана	119
24	<i>Артиков Ф.Р., Хамидов Л.А., Иброгимов Ф.И.</i> Институт сейсмологии Академии наук Республики Узбекистан – Вариация гидрологического режима Туполангского водохранилища и возможное его влияние на состояние локальной сейсмичности	126
25	<i>Хамидов Х.Л., Иброгимов Ф.И.</i> Институт сейсмологии Академии наук Республики Узбекистан – Состояние кинематических показателей колебания плотин и береговых склонов Чарвакского и Ахангаранского водохранилищ Узбекистана	131
26	<i>Юсупов Ш.С., Шин Л.Ю., Расулов А.В.</i> Институт сейсмологии АН РУз.- Южно-Ферганская сейсмогенная зона – сейсмичность и гидрогеосейсмологические предвестники (2020 г.)	135
27	<i>Курскеев А.К., Колумбетова К.К., Литовченко И.Н., Амиров Нурканат Б. Лютикова В.С.</i> – О физической природе магнитуды землетрясений	141
28	<i>Абшиев Б.Ж.</i> ГУ «Казселезащита МЧС РК» - Мореналық-мұздық көлдердің ақтарылу қаупінің критерилері және олардың ақтарылуынан болатын ықтимал тәуекел дәрежесін бағалау	147
29	<i>Бейсенбаева С. Ж.</i> ГУ «Казселезащита МЧС РК» - Сейсмогенные сели на территории Казахстана	152
30	<i>Абдрахматов К.Е.</i> Институт сейсмологии НАН КР. <i>Мукамбаев А. С.</i> Институт геофизических исследований РГП НЯЦ РК – Палеосейсмологические данные о сильных землетрясениях Южного Казахстана и Джунгарии	154
31	<i>Усунаев Ш.Э.</i> Центрально Азиатский институт прикладных исследований Земли - Инженерная сейсмогеонотомия новое направление моделирования и прогноза землетрясений в странах Центральной и Высокой Азии	160
32	<i>Садыкова А.Б., Полешко Н.Н., Хачикян Г. Я.</i> ИС МЧС РК – Долговременные вариации солнечной активности, параметров	167

	сейсмоструктурной деформации земной коры и частоты возникновения сильных землетрясений на Северном Тянь-Шане	
33	<i>Данько Е. Т.</i> КазНУ Кафедра Юнеско по УР – Организация связи в период землетрясений	172
34	<i>Тулеев А.Т., Абаканов Т.Д.,</i> МОК КазГАСА – Экспериментальное определение динамических параметров колебаний высотных зданий из монолитных железобетона	177
35	<i>Силачева Н.В., Кудабаяева А.Д., Кулбаева У.К., Кравченко Н.А.</i> ИС МЧС РК – Банк параметров движений грунта для юго-востока Казахстана	180
36	<i>Вилляев А.В.</i> ИС МЧС РК - О возможности среднесрочного прогноза сильных землетрясений ( $M \geq 5.5$ ) на основе статистического анализа сейсмичности земной коры	185
37	<i>Шайдулла М.Р.</i> КазГАСА МОК – Опыт обследования существующих высоковольтных линий электропередачи 500кВ при действии статических и динамических нагрузок	190
38	<i>Курилова О.К.</i> - Цифровая карта тектонических разломов Алматинского сейсмоактивного района	194
39	<i>Серазетдинова Б.З., Суровцева Н.В</i> - Изучение электрического сопротивления кожи в биологически активных точках норных животных на Алматинском прогностическом полигоне	197
40	<i>Суровцева Н.В., Нью В.А., Арифлулова И.И.</i> ИС МЧС РК - Изучение двигательной активности птиц и рептилий в зоне сейсмического риска г. Алматы	202
41	<i>Степаненко Н.П. Кайдаш Т.М., Курилова О.К. Еркинова А.Б.</i> ИС МЧС РК - Параметр геодинамической неустойчивости границы кора-мантия как критерий выявления сейсмогенерирующих зон юго-востока Казахстана	207
42	<i>Абдрахматов К.Е.</i> Институт сейсмологии НАН КР, <i>Ельдеева М.С.</i> ИС МЧС РК - Сейсмическая опасность Колпаковской впадины	212
43	<i>Егинбекова Н.Т., Жакупов Н.С., Кадырханова Н.Ж.</i> ИС МЧС РК - Картографические работы при создании карт для обеспечения сейсмической безопасности	217
44	<i>Сайлаубаева З.А., Катубаева А.М.</i> ИС МЧС РК - Исследования сейсмичности территории Жамбылской области для оценки сейсмической опасности	220
45	<i>Даурбаева Г.Х., Сыйлканова А.О.</i> ИС МЧС РК - Исследование сейсмичности на территории г. Усть-Каменогорск для построения карты сейсмомикрорайонирования	225
46	<i>Сыйлканова А.О., Даурбаева Г.Х.</i> ИС МЧС РК - Сейсмичность и сейсмический режим Восточно-Казахстанской области	230
47	<i>Белослюдов О.М., Аязбаева А.Б., Исагалиева А.К.</i> ИС МЧС РК - Комплексирование данных системы сейсмологического мониторинга для краткосрочного прогноза	236
48	<i>Досайбекова С.К.</i> СОМЭ МЧС РК, <i>Бектурганова Б.Б., Мырзагазиева Г.М.</i> ИС МЧС РК - Исследование сейсмоструктурных деформаций земной коры Северного Тянь-Шаня по данным механизмов очагов землетрясений в 2019 г	241
49	<i>Акжалов Ж.Б., Жетписбай А.Н.</i> - Состояние и возможность развития сети радиотелеметрических сейсмостанций в сейсмоактивных районах Казахстана	247
50	<i>Досымбекова Ж.Б., Досайбекова С.К., Жунусова Ж.К.</i> СОМЭ МЧС РК - 2020 жылғы жер сілкінісі ошақтары механизмдерінің деректері бойынша	249

	Солтүстік Тянь-Шань мен Жоңғар тауларының сейсмотектоникалық жағдайы	
51	<i>Абдуллаев А.У., Узбеков Н.Б., Борисов В.Н., Есенжигитова Е.Ж.</i> ИС МЧС РК - Опыт изучения опасных геологических явлений в Восточном Казахстане для развития новых методических основ ДСР	255
52	<i>Абдуллаев А.У. Есенжигитова Е.Ж., Борисов В.Н., Жунисбеков Т.С., Турабаева Ж.Т., Мухамадиев А.С.</i> ИС МЧС РК - Сейсмогидрогеохимический мониторинг в юго-восточном Казахстане для реализации средне-краткосрочного прогноза сильных землетрясений	266
53	<i>Абдуллаев А.У. Есенжигитова Е.Ж. Жунисбеков Т.С. Мухамадиев А.С. Борисов В.Н., Турабаева Ж.Т.</i> ИС МЧС РК - Особенности проявления ГГХ аномалий слабых землетрясений на Алматинском прогностическом полигоне (АПП)	274
54	<i>Лютикова В.С., Литовченко И.Н.</i> ИС МЧС РК - Роевая активность в сейсмичности Северного Тянь-Шаня и прилегающих территориях	280
55	<i>Ню В.А., Суровцева Н.В. Ариффулова И.И.</i> ИС МЧС РК - Анализ метеорологических факторов в системе сейсмобиомониторинга	286
56	<i>Нуржумаев Н.О.</i> ИС МЧС РК - Обобщение опыта по созданию системы раннего оповещения о сильных землетрясениях г Алматы в 2018-2020 гг.	291
57	<i>Турашова Ж.Е., Сартаев Д.Т., Әділхан Б.Н.</i> ИС МЧС РК - Анализ инженерно-геологических условий территорий по уровню сохранности для строительного освоения (на примере города Алматы)	297
58	<i>Әділхан Б.Н., Сартаев Д.Т., Турашова Ж.Е.</i> ИС МЧС РК - Степень безопасности АЗС г. Алматы для предотвращения наступления вторичных сейсмообусловленных факторов	301
59	<i>Калинин В.М. Белослюдцев О.М.</i> - Гидрогеологические аномалии - краткосрочные предвестники землетрясений на Алматинском прогностическом полигоне	306
60	<i>Мухамадеева В.А., Имашев С.А., Рыбин А.К.</i> РАН, Бишкек, Кыргызстан. О вариациях электрического и магнитного полей в период активизации сейсмических процессов на примере серии Кегетинских землетрясений	312

## **ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО**

**Вице-министра по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан  
Пшембаева М.К. на международной научной конференции**

*(16 июня 2022 года, г. Алматы)*

**Уважаемые участники конференции  
и представители международных организаций!**

**Уважаемые коллеги!**

От имени Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан приветствую участников международной научной конференции «Современные методы оценки сейсмической опасности и прогноза землетрясений» и выражаю вам благодарность за участие на сегодняшнем мероприятии, за ваш вклад в развитие науки в области сейсмической безопасности и сейсмологии в целом.

Сегодня развитая многоступенчатая структура МЧС – это оптимальная модель, отвечающая современным требованиям, на основе которой создана разветвленная сеть национальной службы Чрезвычайных Ситуаций.

Возможность проявления природных катастроф является одной из разновидностей глобальных проблем. Наиболее распространенные среди них – землетрясения. За прошедший век на Земле произошло более 70 катастрофических землетрясений, в которых погибло около 2 млн. человек.

Как вы знаете в последние годы открыт новый феномен в динамике земной коры, получивший название техногенной сейсмичности, суть которого заключается в том, что антропогенные воздействия могут приводить к образованию дополнительных напряжений внутри земной коры и служить «спусковым крючком» подготовленного природой сейсмического события. Все это выдвигает проблему сейсмической безопасности в число приоритетных.

Надо открыто сказать, что пока человечеством, а конкретнее – учеными, не будут разработаны надежные методики краткосрочного прогноза землетрясений, эффективность смягчения их последствий будет низкой. И эта проблема не только социальная, связанная с жизнью людей, но и экономическая. Когда ученые предсказывают сильное землетрясение, нами принимаются экстренные меры, тратятся значительные средства. А когда прогноз не подтвердился, то подрывается доверие к ним.

На сегодняшнем уровне развития науки невозможно предсказать где, когда и с какой силой произойдет землетрясение и к какому ущербу оно приведет. Также при оценке рисков землетрясений очень сложно исключить фактор неопределенности.

И полагаю, мероприятия подобного уровня позволят продвинуться и сделать шаг на пути к достижению поставленных задач и поделиться опытом, научными достижениями во благо сохранения жизни людей от разрушительных землетрясений. Основными задачами научных исследований являются снижение негативного воздействия от чрезвычайных ситуаций, разработка рекомендаций по нормативно-методическому обеспечению оценки и управления рисками в сфере гражданской защиты.

Главной задачей развития единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций является осуществление заблаговременного комплекса мер, направленных на предупреждение и максимально возможное уменьшение рисков возникновения чрезвычайных ситуаций, а также на сохранение здоровья людей, снижение материальных потерь и размеров ущерба окружающей природной среде.

Целью государственной политики на этом этапе должно стать обеспечение гарантированного уровня защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций в пределах показателей приемлемого риска, критерии (нормативы) которых устанавливаются для соответствующего периода социально-экономического развития страны с учетом мирового опыта в данной области.

Со своей стороны, хотел бы еще раз отметить, что МЧС Казахстана заинтересовано в развитии исследований в области сейсмологии. Придавая большое значение сотрудничеству с международными и неправительственными организациями в вопросах внедрения современных подходов в обеспечении снижения рисков, мы уделяем особое внимание тесному сотрудничеству и практическому взаимодействию.

Уверен, что представленные доклады поспособствуют развитию науки в области сейсмологии, совершенствованию системы предупреждения землетрясений, развитию двусторонних и многосторонних взаимодействий, созданию устойчивых механизмов снижения риска бедствий, усилению готовности к реагированию на возможные чрезвычайные ситуации крупномасштабного и трансграничного характера.

Желаю всем продуктивной и результативной работы.

Благодарю за внимание!

**ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО**  
**заместителя начальника Департамента предупреждения**  
**чрезвычайных ситуаций МЧС РК Мырзабаева А. С.**  
**на международную научную конференцию**  
*(16 июня 2022 года, г. Алматы)*

**Уважаемые участники конференции**  
**и представители международных организаций!**

Приветствую всех участников международной научной конференции «Современные методы оценки сейсмической опасности и прогноза землетрясений».

По данным отечественной науки более 30% территории Казахстана является сейсмически активной. На ней проживают около 6 млн. человек, сосредоточено свыше 40% промышленного потенциала, расположено более 400 городов и крупных населенных пунктов.

За последние 130 лет на территории Республики Казахстан произошел ряд сильнейших катастрофических землетрясений и город Алматы три раза испытал последствия сейсмических катастроф (*Верненское землетрясений с магнитудой 7,3 в 1887 году; Чиликское - с магнитудой 8,4 в 1889 году; Кеминское - с магнитудой 8,2 в 1911 году*).

Развитие научной составляющей в области сейсмической безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций не может быть делом случая. Потребность сегодняшнего дня – целенаправленная разработка новых технологий и инноваций с обязательным их внедрением в практическую деятельность.

В свою очередь, конференции подобного уровня с участием международных экспертов и научных деятелей, которые могли бы поделиться своим опытом и решениями, практикуемыми в их странах, являются важным этапом при формировании необходимой научной базы.

Динамичные темпы развития технологии и современные вызовы ставят новые задачи перед Министерством, в том числе по внедрению принципа перехода от оперативного реагирования к управлению рисками, прогнозированию и предупреждению чрезвычайных ситуаций, а также совершенствованию форм, методов и способов защиты населения, включая инженерную защиту, внедрению самых передовых методов борьбы со стихийными бедствиями.

Для выработки системных мер по улучшению работы в сфере сейсмической безопасности в стране в 2018 году разработана Дорожная карта «Комплекс мер по повышению эффективности работы по обеспечению

сейсмической безопасности Республики Казахстан на 2018-2020 годы», в которую вошло **36** мероприятий.

На сегодняшний день, мероприятия по обеспечению сейсмической безопасности страны продолжают в рамках Дорожной карты на 2021-2023 годы, предусматривающей реализацию **24** мероприятий.

Институтом сейсмологии разработана система раннего оповещения жителей юго-востока Казахстана о землетрясениях и установлены **9** передовых японских сейсмических станций. К 2023 году количество таких станций на территории страны возрастет до **37**.

Каждая станция оборудована сейсмическими датчиками, данные из которых в автоматическом режиме незамедлительно передаются в территориальные подразделения МЧС и Институт сейсмологии. Благодаря таким станциям раннего оповещения жители могут узнать о землетрясениях до их начала через специально разработанное мобильное приложение.

В целях подготовки населения и персонала организаций к действиям в условиях землетрясений, МЧС ежегодно проводятся около **17 тыс. (17 367)** сейсмотренировок.

Ежегодно проводятся оценки возможной обстановки при возникновении землетрясений, после чего корректируются маршруты и места эвакуации населения, уточняются группировки сил и средств для ликвидации их последствий, а также разрабатываются и вносятся изменения и дополнения в Планы действий по ликвидации чрезвычайных ситуаций глобального и регионального масштабов (*постановление Правительства Республики Казахстан от 30 мая 2019 года № 357*).

Чрезвычайные ситуации, связанные с землетрясениями, влияют на безопасность людей и государств, их последствия могут выходить за пределы государственных границ, что во многих случаях обуславливает необходимость трансграничного сотрудничества.

Уважаемые участники конференции! В работе конференции принимают участие учёные из: - России, Кыргызской Республики, Республики Узбекистан, Таджикистана, Китая и Японии, что позволяет нам всем интегрировать результаты науки в работу оперативных ведомств, повысить уровень научных исследований и расширить кругозор не только ведущих ученых и руководителей, но и молодых ученых и специалистов.

Надеюсь, данная конференция внесет свой вклад в решение важных проблем в области защиты от землетрясений, актуальных не только для Казахстана, но и других стран, поможет выработать практические предложения по снижению существующих и новых угроз и опасностей для обеспечения безопасности жизнедеятельности личности, общества и государства.

Только объединив наши усилия, мы сможем добиться ощутимых результатов.

**Благодарю за внимание!**

## **ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО**

**Председателя Оргкомитета Международной научно-практической конференции «Современные методы оценки сейсмической опасности и прогноза землетрясений для территории Республики Казахстан», директора ТОО «Институт сейсмологии» МЧС РК Сарсенбаева Д.А.**

Уважаемые участники конференции!

Позвольте мне от имени Института сейсмологии МЧС РК сердечно поприветствовать Вас всех и поблагодарить за проявленный интерес к нашей конференции. Хотелось бы также выразить особую признательность Министерству по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан в лице министра Ильина Юрия Викторовича, а также вице-министру Пшембаеву Мереке Кудайбергеновичу и Департаменту по предупреждению чрезвычайных ситуации в лице Амрина Рустамбека Нурлановича за оказанную помощь в организации данного мероприятия.

Отдельные слова благодарности хочется сказать администрации Центра по чрезвычайным ситуациям и снижению риска стихийных бедствий в лице заместителя директора, генерал-майора Аубакирова Серика Габдуллоевича за предоставленную возможность провести конференцию в стенах этого центра.

Сегодня мы очень рады видеть большую делегацию учёных из разных стран ближнего и дальнего зарубежья, что говорит о весьма серьезном потенциале мероприятия. Помимо этого в зале присутствуют научные сотрудники нашей республики и других институтов Казахстана, руководители служб чрезвычайных ситуаций и представителей ряда областей, с которыми мы постоянно сотрудничаем в нашей стране по вопросам сейсмической безопасности.

Еще раз хотелось бы отметить, что землетрясение как природный феномен представляет собой глобальное явление, не имеющее государственных границ. Научные и другие исследования в области сейсмологии имеют не только научную, но и социально-экономическую значимость для общества. Они дают нам возможность значительно больше узнать о природе возникновения землетрясений как фактора риска, уменьшить ущерб, экономические и другие потери от них по отношению к уязвимым объектам инфраструктуры, промышленности, торговли, застройке крупных и малых городов, и самое главное по отношению к людям.

В связи с вышеизложенным, позвольте мне от имени Оргкомитета объявить конференцию открытой и пожелать всем участникам успешной работы и дальнейшего плодотворного сотрудничества!

Благодарю за внимание!

**Аубакиров С.Г.**  
Заместитель директора Центра по  
чрезвычайным ситуациям  
и снижению риска стихийных бедствий  
Республики Казахстан

## **ДОКЛАД О ПРИНИМАЕМЫХ МЕРАХ ПО СОЗДАНИЮ ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОЙ РЕГИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РАННЕГО ОПОВЕЩЕНИЯ О ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

Регион Центральной Азии уязвим для последствий изменения климата, и в регионе уже наблюдается рост температуры воздуха. Так, за последние 40 лет средняя температура воздуха на юге Центральной Азии выросла на 0,5°C, а на севере - на 1,6° С. Ярким примером негативных последствий изменения климата является интенсивная деградация Аральского моря, что является экологическим кризисом не только регионального масштаба, но и планетарного.

Вместе с тем, одним из наиболее значительных последствий глобального потепления в Центральной Азии является таяние ледников и связанное с ним образование моренных озер. Помимо этого, страны региона испытывают негативные изменения в распределении воды, в экстремальных погодных явлениях, опасных природных процессах и уникальном биоразнообразии горных районов.

Согласно прогнозу экспертов, в 2050 году ледники Центральной Азии уменьшатся на 45 – 60%, весенний сток будет оставаться высоким, а поздним летом сток будет радикально уменьшаться. Возникающие угрозы несут трансграничный характер и их последствия могут сказываться на территории сразу нескольких государств и такие примеры к сожалению, зафиксированы в истории региона (*прорыв дамбы Сардобинского водохранилища в Узбекистане*). Так, в будущем возможны мощные землетрясения последующим прорывом плотин и моренных озер со значительными объемами воды (*угроза прорыва Сарезского озера и др.*), повышаются угрозы для территорий, расположенных на приграничных участках стран Центральной Азии.

В регионе на сегодняшний день 40 из 75 миллионов человек живут под постоянной угрозой землетрясений, селей, наводнений, оползней и других бедствий, и в связи с негативными последствиями изменения климата количество населения, проживающего под угрозой бедствий будет значительно увеличено.

Таким образом, осознавая важность и необходимость усиления мер в борьбе с негативными последствиями изменения климата, в 2015 году мировое

сообщество в рамках третьей Всемирной конференции Организации Объединенных Наций по снижению риска бедствий определило одно из приоритетных направлений необходимости повышения готовности к бедствиям путем инвестирования средств в разработку, поддержание и укрепление ориентированных на человека межсекторальных систем прогнозирования разных видов угроз и раннего оповещения.

Правительства стран Центральной Азии поддержали инициативу и признали, что эффективным инструментом в борьбе с негативными последствиями изменения климата является своевременное оповещение населения об угрозе и возникновении бедствия.

Так, в Казахстане при поддержке Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан (*далее – МЧС РК*) разработана и функционирует система раннего оповещения при землетрясениях, которая позволяет в течение нескольких секунд массово информировать население Алматы при приближении волны землетрясения, произошедшего вблизи города. Это стало возможным путем интеграции действующих сейсмических датчиков г. Алматы в единую систему оповещения через мобильное приложение.

В 2021 году Центром по чрезвычайным ситуациям и снижению риска стихийных бедствий (*далее - Центр*) при технической поддержке ТОО «I2NIK» принят ряд мер по совершенствованию действующей системы раннего оповещения при землетрясениях в Казахстане путем интеграции с системой сейсмических датчиков Кыргызской Республики. Созданной для этой цели совместной рабочей группой, состоящей из представителей заинтересованных организаций Казахстана и Кыргызстана, достигнуто решение о реализации организационных и технических мероприятий по взаимной передаче данных с серверов ТОО «Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция» МЧС Республики Казахстан (*г. Алматы*) и Центрально-Азиатского института прикладных исследований Земли (*г. Бишкек*).

Предупреждение, полученное за 15-40 секунд до прихода сейсмической волны, может помочь немедленно остановить поезда и метро, отключить нефте- и газопроводы, высоковольтные линии электропередач, коммунальные водопроводные и тепловые сети, остановить уязвимые и опасные промышленные объекты, активировать системы оповещения населения, предотвратив крупные убытки, потери и травмы среди населения.

В этой связи, в ноябре 2021 года в г. Ташкент на заседании Регионального форума-Совещания глав чрезвычайных ведомств стран Центральной Азии главам чрезвычайных ведомств стран ЦА было доложено о достигнутых результатах, а также предложено рассмотреть возможность создания **региональной** системы раннего оповещения о чрезвычайных ситуациях, через мобильное приложение (*далее – СРО-ЦА*).

Главы чрезвычайных ведомств стран ЦА поддержали данную инициативу и предложили чрезвычайным ведомствам Кыргызской Республики, Таджикистана и Узбекистана детально изучить данный вопрос.

В феврале 2022 года были получены положительные заключения от всех указанных стран по созданию межгосударственной СРО-ЦА с комплексными предложениями по улучшению мониторинга ЧС.

Так, чрезвычайными ведомствами стран ЦА было предложено обеспечить сближение нормативно-правовой базы и выработать единые стандарты к созданию систем оповещения, разработать единую платформу для обмена информацией, содержащую в том числе карты наводнений, защитных сооружений против наводнений (*селей*), классификацию территорий по уровню сейсмической опасности на основе научного анализа. Кроме того, предложено обеспечить ввод данных в единую платформу по размещению компонентов, включающих в свой состав звукоусилительные установки, системы видеомониторинга, использовать опыт проектов «SOSEWIN» и «ACROSS» из Кыргызстана, а также предложено включить в данный проект реагирование, помимо землетрясений, на все виды угроз возникновения ЧС, в том числе, такие как угроза возникновения катастрофического затопления на реках Амударья и Сырдарья, протекающих по территориям Казахстана, Таджикистана и Узбекистана и интегрировать данные от метеорологических станций.

Идея предусматривает создание на региональном уровне сети обмена данными между датчиками наблюдения в различных сферах рисков бедствий, интеграционной системы, единой цифровой инфраструктуры хранения, обработки и передачи данных раннего оповещения населения и центра хранения и обработки данных. Кроме того, будет разработано специализированное программное обеспечение с возможностью визуализации данных и моделирования.

**Необходимо отметить, что данный подход полностью соответствует основным целям и приоритетам Сендайской рамочной программы, в части значительного повышения к 2030 году уровня осведомленности и оповещения об угрозах ЧС населения стран Центральной Азии, в том числе с применением цифровых технологий и мобильных средств связи.**

Ожидаемым результатом станет возможность почти мгновенного оповещения населения трансграничных территорий стран ЦА.

Сообщая о проводимой работе, наш Центр заявляет о своей готовности выступить в роли исполнительного партнера в будущем проекте и приглашает к донорскому партнерству все заинтересованные международные организации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Раимбекова А., Кешин О. «Засуха и наводнения наносят огромный экономический ущерб странам Центральной Азии». Веб-сайт агентства «Анадолу» ([зупер-ссылка](#)).
2. Доклад Адаптационного фонда-ЮНЕСКО по проекту «Снижение уязвимости населения в Центрально-Азиатском регионе от прорыва ледниковых озер в условиях изменения климата». Веб-сайт об окружающей среде в Узбекистане [www.sreda.uz](http://www.sreda.uz) ([зупер-ссылка](#)).

3. Finnish Consulting Group. Водные ресурсы и адаптационные интервенции в Центральной и Западной Азии – краткие выводы по основным ресурсам ([гипер-ссылка](#)).  
УДК 550.34.01

Амрин Р<sup>1</sup>., Сарсенбаев Д.А<sup>2</sup>., Узбеков Н.Б.,  
Садыкова А.Б., Данабаева А.Т.  
<sup>1</sup>начальник ДПЧС МЧС РК,  
<sup>2</sup>директор ТОО «Институт сейсмологии» МЧС РК

## КАРТЫ СЕЙСМИЧЕСКОГО ЗОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА НА РАЗЛИЧНЫХ МАСШТАБНЫХ УРОВНЯХ - КАК ОСНОВА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ НОРМАТИВНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ДОКУМЕНТОВ

**Аннотация.** Приводятся результаты оценки сейсмической опасности впервые выполненные на новой методической основе, соответствующей положениям Еврокода 8 (EN 1998-1:2004) «Проектирование сейсмостойких конструкций» и гармонизированной с современными картами общего сейсмического зонирования стран, входящих в зоны ЕврАзЭС и Таможенного союза, для применения в практике проектирования и строительства на территории Казахстана. Представлены карты общего сейсмического зонирования ОСЗ для всей территории Казахстана и карты сейсмического микрзонирования (СМЗ) для территории г. Алматы. По этим картам к настоящему времени разработаны в АО «КазНИИСА» строительные нормы Республики Казахстан: «СТРОИТЕЛЬСТВО В СЕЙСМИЧЕСКИХ ЗОНАХ» СП РК 2.03-30-2017: и Свод правил Республики Казахстан СП РК 2.03-31-2020 «Застройка территории города Алматы с учетом сейсмического микрзонирования», которые уже используются на практике.

**Ключевые слова:** карты сейсмического зонирования, карты сейсмического микрзонирования, сеймотектоническая модель, вероятностная оценка.

В целях совершенствования нормативно-правовой базы строительной сферы РК Постановлением Правительства от 31 декабря 2013г. №1509 утверждена «Концепция по реформированию нормативной базы строительной сферы Республики Казахстан». 24 ноября 2016 г. Правительством РК поручено ускорить отмену существующих СНиП, с переходом на новые государственные нормативы на основе Еврокод-8. В этой связи, одним из основных направлений исследований, выполняемых в Институте сейсмологии, является «Оценка сейсмической опасности территории республики Казахстан на новой методической основе (сейсмическое районирование областей и населенных пунктов)». Новый подход к оценке сейсмической опасности базируется на методологии, соответствующей основным положениям Еврокод 8 (EN 1998-

1:2004) [1] «Проектирование сейсмостойких конструкций», отвечает нуждам сейсмостойкого проектирования и строительства, является вероятностным и позволяет оценить сейсмическую опасность не только в традиционно используемых в Казахстане баллах шкалы сейсмической интенсивности MSK-64(К), но и в количественных параметрах – пиковых ускорениях грунта. Для каждого вида сейсмического зонирования определены общие задачи, решаемые с учетом масштаба разрабатываемых карт. Практическая реализация оценки сейсмической опасности территории Республики Казахстан осуществляется путем разработки карт сейсмического зонирования различной детальности, потребность в которых возникает в связи с развитием народного хозяйства и строительства. В зависимости от задач, объекта и масштаба исследований сейсмическое зонирование может быть общим (ОСЗ), детальным (ДСЗ) и микросейсмическим (СМЗ).

В 2013-2015 гг. в ИС создан комплект карт общего сейсмического зонирования (ОСЗ) для территории Республики Казахстан, в масштабе 1:2 500 000 (рисунки 1-4). На рисунке 1 представлена карта общего сейсмического зонирования (ОСЗ-2<sub>475</sub>) территории Казахстана для периода повторяемости 475 лет (вероятность превышения сейсмической интенсивности 10% за 50 лет) в баллах макросейсмической шкалы интенсивности MSK-64(К). На рисунке 2 представлена Карта общего сейсмического зонирования (ОСЗ-2<sub>2475</sub>) территории Казахстана для периода повторяемости 2475 лет (вероятность превышения сейсмической интенсивности 2% за 50 лет) в баллах макросейсмической шкалы интенсивности MSK-64(К). На рисунке 3 представлена Карта общего сейсмического зонирования (ОСЗ-1<sub>475</sub>) территории Казахстана для периода повторяемости 475 лет (вероятность превышения сейсмической интенсивности 10% за 50 лет) в пиковых ускорениях грунта.

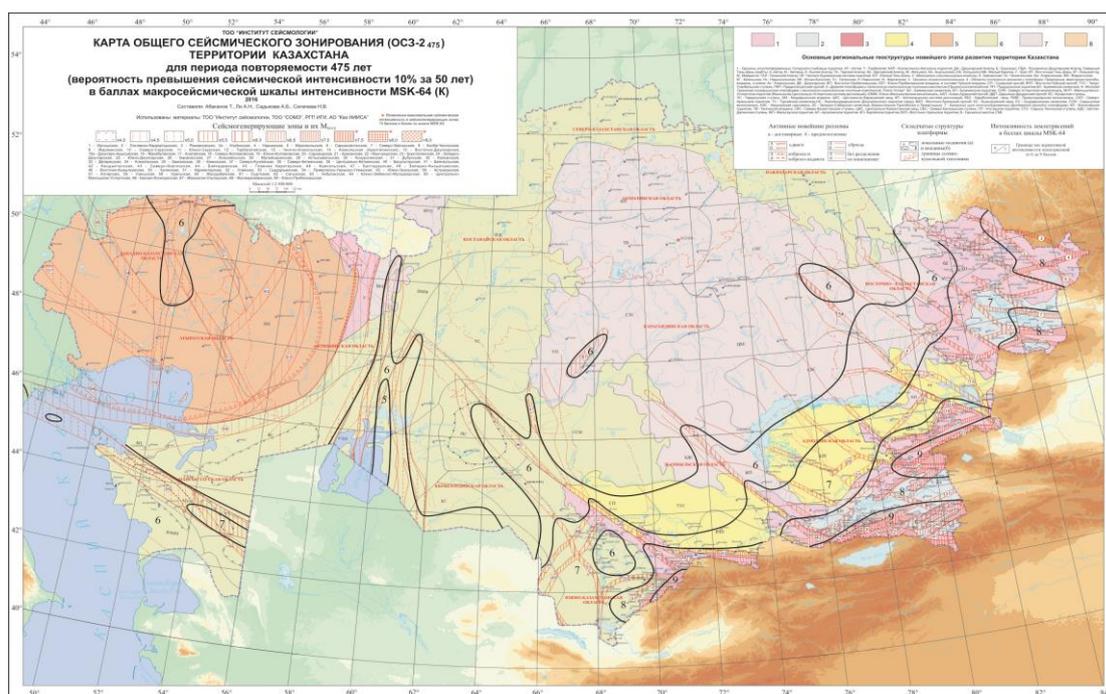


Рисунок 1 - Карта общего сейсмического зонирования (ОСЗ-2<sub>475</sub>) территории Казахстана для периода повторяемости 475 лет (вероятность превышения сейсмической интенсивности 10% за 50 лет.) в баллах макросейсмической шкалы интенсивности MSK-64(K)

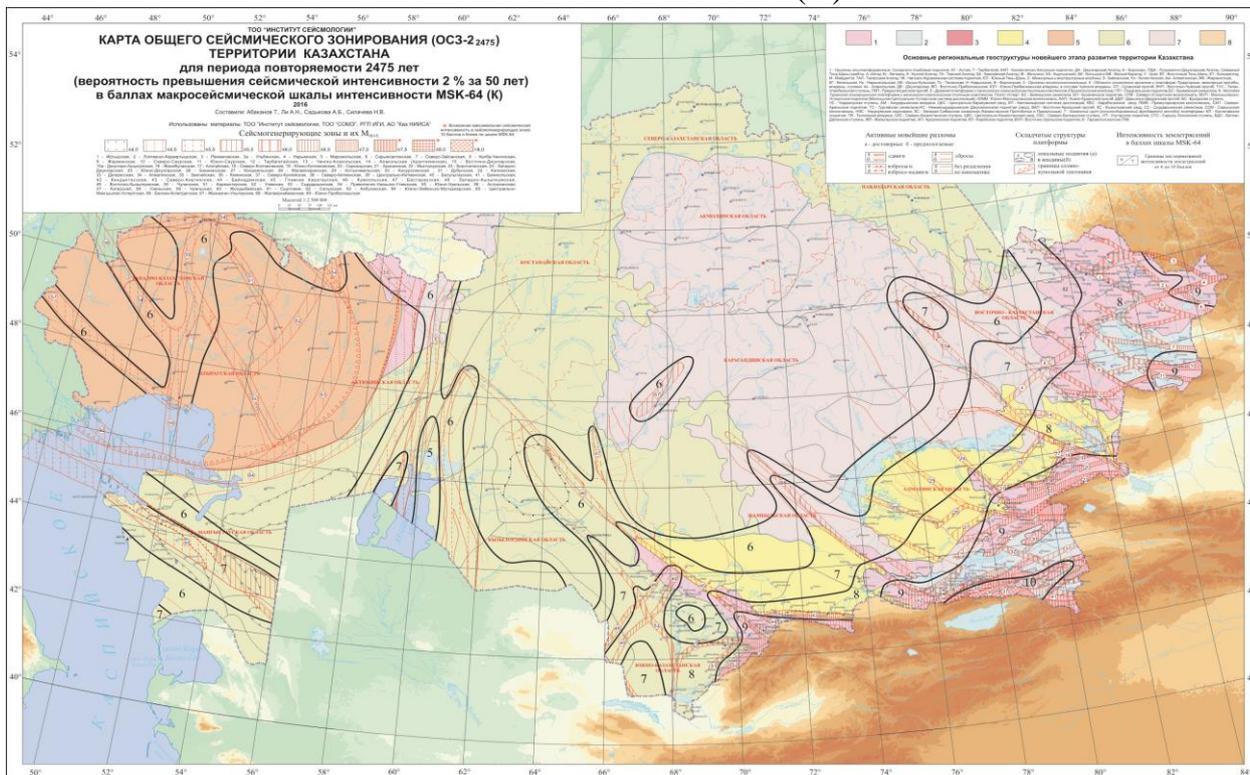


Рисунок 2 - Карта общего сейсмического зонирования (ОСЗ-2<sub>2475</sub>) территории Казахстана для периода повторяемости 2475 лет (вероятность превышения сейсмической интенсивности 2% за 50 лет.) в баллах макросейсмической шкалы интенсивности MSK-64(K)

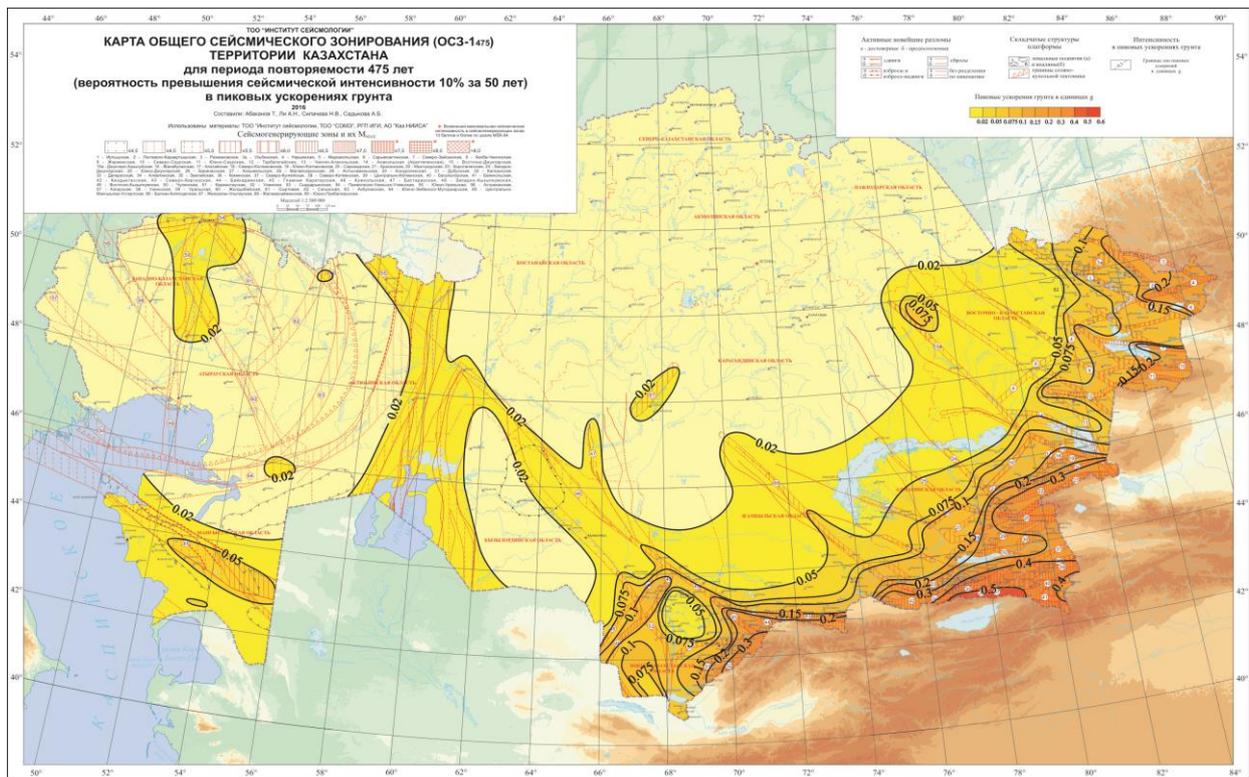


Рисунок 3 - Карта общего сейсмического зонирования (ОСЗ-1<sub>475</sub>) территории РК для периода повторяемости 475 лет (вероятность превышения сейсмической интенсивности 10% за 50 лет) в пиковых ускорениях грунта

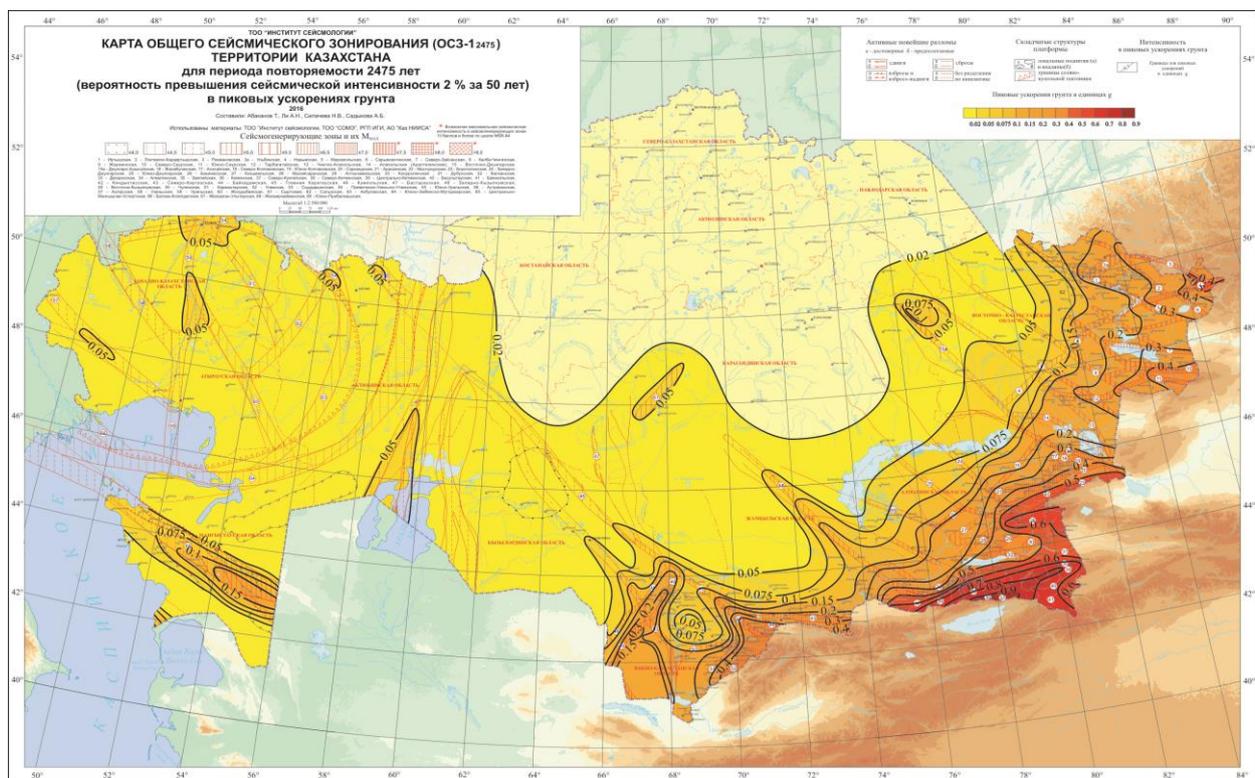


Рисунок 4 - Карта общего сейсмического зонирования (ОСЗ-1<sub>2475</sub>) территории РК для периода повторяемости 2475 лет (вероятность превышения сейсмической интенсивности 2% за 50 лет) в пиковых ускорениях грунта

На рисунке 4 представлена Карта общего сейсмического зонирования (ОСЗ-1<sub>2475</sub>) территории Казахстана для периода повторяемости 2475 лет (вероятность превышения сейсмической интенсивности 2% за 50 лет) в пиковых ускорениях грунта. Представленные карты (рисунки 1-4) иллюстрируют региональные различия в амплитуде колебаний грунта при постоянном периоде повторяемости сейсмических сотрясений (т.е. постоянной вероятности превышения сейсмического эффекта). По этим картам к настоящему времени разработаны в АО «КазНИИСА» строительные нормы Республики Казахстан: «СТРОИТЕЛЬСТВО В СЕЙСМИЧЕСКИХ ЗОНАХ» СП РК 2.03-30-2017 [2], которые уже используются на практике.

Также, в Институте сейсмологии разработаны карты сейсмического микрозонирования (СМЗ) для территории г. Алматы (рисунки 5-7).

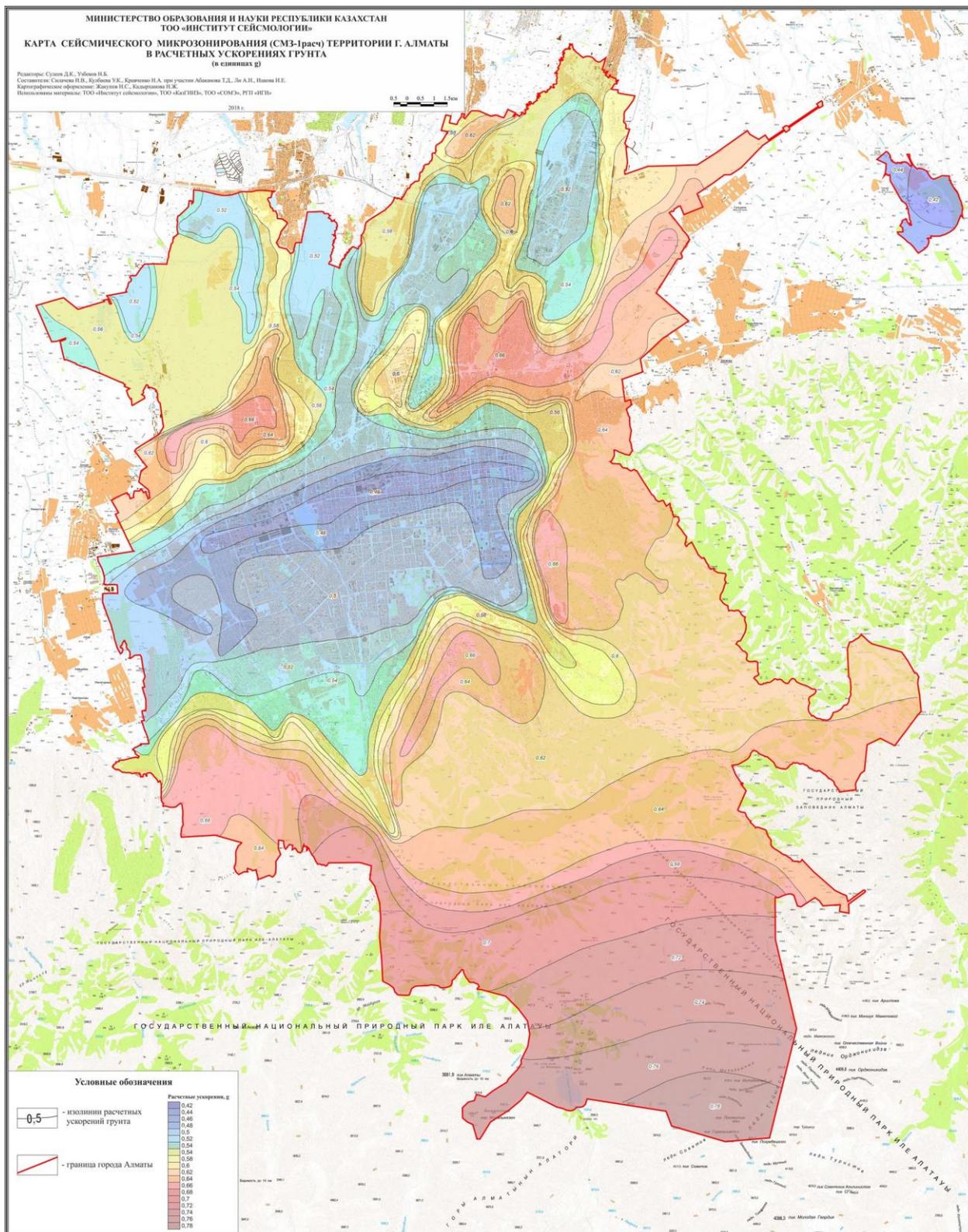


Рисунок 5- Карта сейсмического микрозонирования (СМЗ-1расч) территории г. Алматы в расчетных ускорениях грунта (в единицах g)

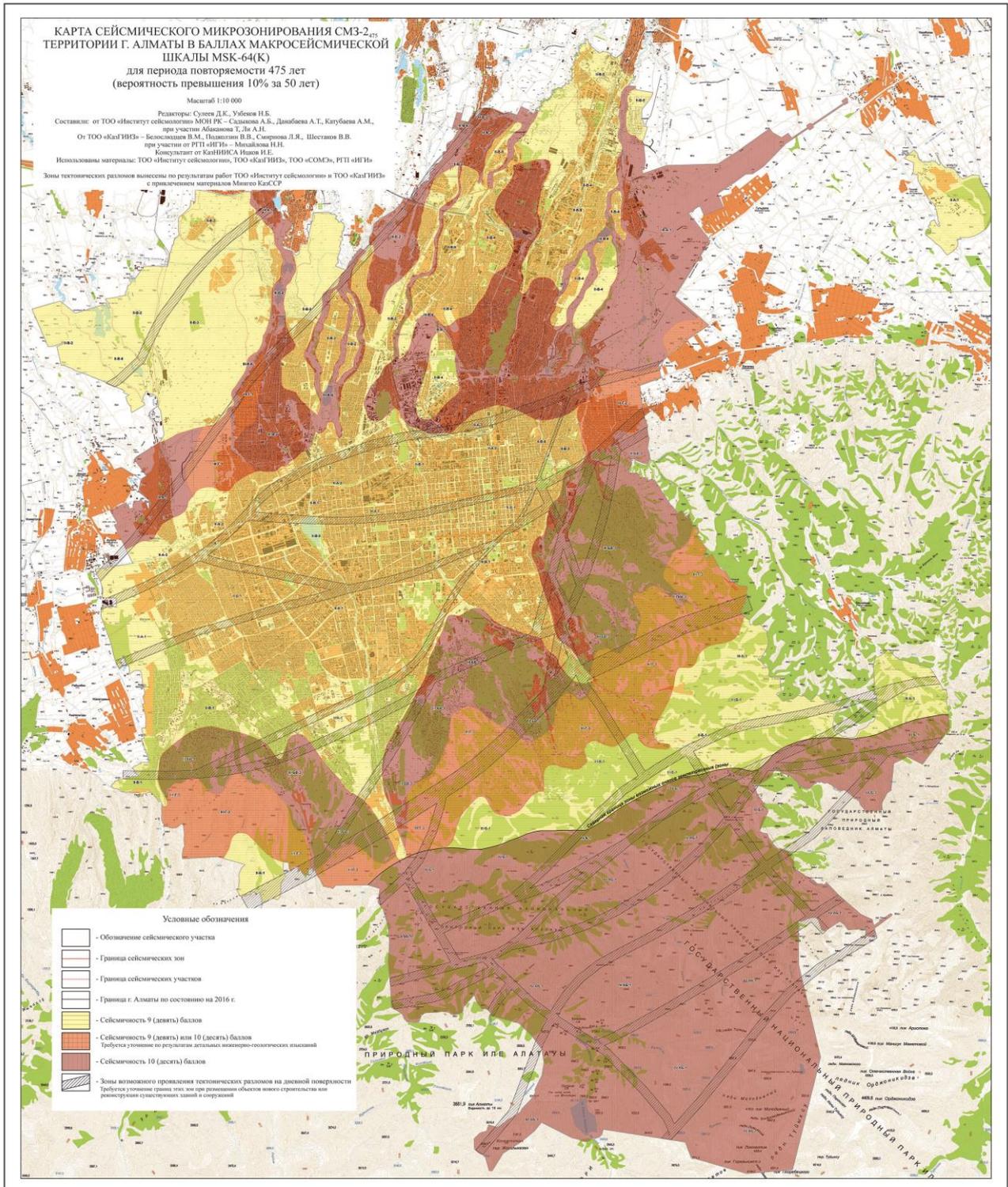


Рисунок 6- Карта сейсмического микрозонирования (СМЗ-2<sub>475</sub>) территории г.Алматы в баллах макросейсмической шкалы MSK-64(K) для периода повторяемости 475 лет (вероятность превышения 10% за 50 лет)



Для разработки карт СМЗ было необходимо выполнить инженерно-геологические изыскания на территории г. Алматы. Для этого были использованы данные из 1451 скважины с глубинами 10 и 30 м. (сейсмозонды) (рисунок 8). Из них – 1183 сейсмозонда – фондовые, а 268 – были пробурены в 2014-2016гг.

По картам (рисунки 5-7) к настоящему времени разработан в АО «КазНИИСА» Свод правил Республики Казахстан СП РК 2.03-31-2020 «Застройка территории города Алматы с учетом сейсмического микрозонирования» [3], который уже используются на практике.

В настоящее время находятся в разработке карты ДСЗ для территории Восточно-Казахстанской области.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 BSEN 1998-1: 2004 Eurocode 8. Design of structures for earthquake resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings (2004). Available at: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/02/en.1998.1.2004.pdf>.
- 2 СП РК 2.03-30-2017 Свод правил Республики Казахстан «Строительство в сейсмических зонах». Астана 2017.
- 3 СП РК 2.03-31-2020 Свод правил Республики Казахстан «Застройка территории города Алматы с учетом сейсмического микрозонирования». Нур-Султан 2020.

**Амрин Р., Сарсенбаев Д.А., Узбеков Н.Б.,  
Садыкова А.Б., Данабаева А.Т.**

#### **МЕМЛЕКЕТТІК ҚҰРЫЛЫС ЕРЕЖЕЛЕРІ ҚҰЖАТТАРЫНЫҢ НЕГІЗІ БОЛАТЫН ҚАЗАҚСТАН АУМАҒЫНЫҢ ӘРТҮРЛІ МАСШАБТАҒЫ СЕЙСМИКАЛЫҚ ЗОНДЫЛАУ КАРТАЛАРЫ**

**Андатпа:** Қазақстан территориясының жобалау жұмыстары мен құрылыс салу тәжірибесінде қолдану үшін жаңа әдістемелік негізде алғаш рет Еурокодтың 8-інші (EN 1998-1:2004) «Сейсмикалық берік конструкцияларды жобалау» ережесіне сәйкес келетін және ЕурАзЭқ және Кеден одағы аймақтарына кіретін елдердің қазіргі заманғы жалпы сейсмикалық зондылау карталарымен үйлестірілген сейсмикалық қауіпті бағалау нәтижелері келтіріледі. Қазақстанның барлық территориясы үшін жалпы сейсмикалық зондылау (ЖСЗ) карталары және Алматы қаласының территориясының сейсмикалық микрозондылау (СМЗ) карталары ұсынылған. Осы карталар бойынша қазіргі уақытта "ҚазҚСҒЗИ" АҚ-да Қазақстан Республикасының «Сейсмикалық аймақтардағы құрылыс» ережелер жинағы 2.03-30-2017 және «Алматы қаласы территориясының сейсмикалық микрозондылау» ережелер жинағы 2.03-31-2020 іс жүзінде пайдаланылуға берілді.

**Түйін сөздер:** сейсмикалық зондылау картасы, сейсмикалық микрозондылау картасы, сейсмотектоникалық модель, ықтималды бағалау

**Amrin R., Sarsenbaev D.A., Uzbekov N.B.,  
Sadykova A.B., Danabayeva A.T.**

## SEISMIC ZONING MAPS OF THE TERRITORY OF KAZAKHSTAN AT DIFFERENT SCALE LEVELS - AS A BASIS FOR THE DEVELOPMENT OF STATE NORMATIVE CONSTRUCTION DOCUMENTS

**Abstract.** The results of the seismic hazard assessment performed for the first time on a new methodological basis, corresponding to the provisions of Eurocode 8 (EN 1998-1:2004) "Design of earthquake-resistant structures" and harmonized with modern maps of the general seismic zoning of the countries included in the zones of the EurAsEC and the Customs Union, for use in practice of design and construction on the territory of Kazakhstan are presented. Maps of the general seismic zoning for the entire territory of Kazakhstan and maps of seismic microzoning for the territory of Almaty are presented. Based on these maps, the construction standards of the Republic of Kazakhstan have been developed by KazNIISA JSC: "CONSTRUCTION IN SEISMIC ZONES" SP RK 2.03-30-2017; and the Code of Rules of the Republic of Kazakhstan SP RK 2.03-31-2020 "Development of the territory of the city of Almaty, taking seismic microzoning", which are already being used in practice.

**Key words:** seismic zoning maps, seismic microzoning maps, seismotectonic model, probabilistic estimation.

УДК 550.343.6

**Силачева Н.В.** к.ф.-м.н.,  
заведующая лабораторией  
Институт сейсмологии МЧС РК

## СОВРЕМЕННАЯ ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ В КАЗАХСТАНЕ

**Аннотация.** Охарактеризованы методы и современное состояние оценки сейсмической опасности в Казахстане, активно развивающейся в последние годы в связи с переходом на европейские стандарты строительства. Представлены уже действующие нормативные карты сейсмического районирования на базе вероятностной оценки опасности и карты, разрабатываемые в ходе текущих проектов. Выполнение анализа в вероятностной постановке с выражением сейсмического эффекта в количественных параметрах является новым для Казахстана направлением, которое развивается и методически совершенствуется с учетом регионального опыта и мировых достижений. Комплексные исследования по вероятностной оценке сейсмической опасности и сейсмическому районированию территорий Казахстана продолжаются, давая действенный инструмент оценки вероятности возникновения разрушительных сотрясений грунта для разработки стратегии снижения риска и смягчения их последствий.

**Ключевые слова:** оценка сейсмической опасности, сейсмическое районирование

При оценке сейсмической используются две основные методологии – детерминистская и вероятностная. При детерминистском анализе

рассчитывается экстремальный сейсмический эффект на площадке от контролирующего ее наиболее опасного землетрясения. То есть выбирается один или несколько сценариев возможного землетрясения (наихудший или «разумный» в зависимости от задачи), и рассчитывается соответствующее сотрясение грунта с помощью уравнений прогнозирования движений грунта (GMM). Неопределенности при детерминистском анализе могут учитываться только с помощью стандартного отклонения от медианного значения, даваемого GMM.

При вероятностном анализе рассматриваются все возможные сценарии, имеющие инженерное значение для исследуемой площадки, с учетом вероятности их возникновения. То есть сейсмическая опасность рассчитывается от всех землетрясений всех возможных магнитуд на всех значимых расстояниях от рассматриваемой площадки с учетом их частоты возникновения. Анализ может сочетать в себе альтернативные модели сейсмических очагов, периоды повторяемости землетрясений, зависимости затухания сейсмического эффекта с расстоянием, а также целый ряд неопределенностей, обусловленных как недостаточной изученностью тех или иных параметров, так и случайным характером возникновения самих сейсмических событий. При вероятностной оценке сейсмической опасности (ВОСО) выполняется расчет сотрясений грунта в пункте (или по сетке пунктов) за заданный конечный период времени (например, за период эксплуатации сооружения).

Процедура ВОСО включает четыре основных шага: определение и характеристику потенциальных источников землетрясений; расчет количества землетрясений в год для каждого источника и их распределения по магнитуде, расчет сотрясений с помощью моделей затухания; и оценку вероятности, что заданный уровень сотрясений будет превышен в течение конкретного периода времени. Выходным результатом ВОСО является кривая опасности, показывающая вероятность превышения заданного уровня сотрясений грунта в пункте в течение заданного периода времени. В случае сетки пунктов рассчитывается площадное распределение сотрясений грунта, т.е. карта сейсмической опасности. Строительные нормы обычно рассматривают заданное значение вероятности превышения, которое является представительным для потенциально опасных сотрясений грунта для различных типологий сооружений (в зависимости от класса опасности).

Результаты ВОСО нужны для инженеров-строителей, проектирующих строительные объекты в сейсмически опасных районах, выполняющих их модернизацию или сейсмоусиление. ВОСО дает инженерам, страховщикам, лицам, принимающим решения, и политикам возможность оценить вероятность возникновения разрушительных движений грунта, чтобы можно было применить соответствующие стратегии смягчения последствий. Картирование опасности также помогает решать задачи экономического и социального характера по предотвращению или снижению ущерба до приемлемого уровня.

В Казахстане, как и в большинстве постсоветских республик, строительные нормы до недавнего времени основывались на детерминистском подходе, а единственным итоговым параметром общего, детального и микро-районирований являлся балл шкалы макросейсмической интенсивности. Макросейсмическая интенсивность является качественным (описательным) параметром и не может напрямую использоваться для расчетов поведения зданий и сооружений при землетрясениях. Перевод баллов в количественные параметры движения грунта производится в строительных нормах и правилах (обычно это ускорения, реже - скорости колебаний грунта, а также спектральные кривые " бета").

В США и других западных странах картирование опасности многие годы проводится в параметрах колебаний грунта – в основном пиковых ускорениях грунта и спектральных ускорениях.

До 2017 г. В Казахстане действовала Карта общего сейсмического районирования (ОСР), включенная в СНиП РК 2.03-30-2006 «Строительство в сейсмических районах» [1]. Используемые в ней индексы повторяемости являлись практически формальными, не дающими реальных вероятностных оценок сейсмической опасности. Последней нормативной картой сейсмического микрорайонирования также была детерминистская карта СМР г. Алматы в баллах шкалы MSK-64, разработанная в 1982 г. и уточнявшаяся в 1989, 1992 и 2001 гг. (СН РК 2.03-07-2001[2]).

В настоящее время уже введены вероятностные карты общего сейсмического зонирования (ОСЗ) и сейсмического микрозонирования (СМЗ) г. Алматы в состав новых сводов правил (СП РК 2.03-30-2017 [3], СП РК 2.03-31-2020 [4]). Начата разработка карт детального сейсмического зонирования (ДСЗ) отдельных областей с учетом обновленной базы данных. Выходным параметром этих карт является балл шкалы MSK-64 (К) и пиковое ускорение грунта (PGA).

В начатом в 2021 г. проекте НИР по ДСЗ областей Казахстана и СМЗ городов существенно обновляются все элементы ВОСО. Для оценок сейсмического режима и моделирования и параметризации площадных сейсмических источников используется каталог землетрясений [5], выпущенный в начале 2022 г. в рамках международного проекта «Оценка сейсмической опасности в Центральной Азии и унификация сейсмологических бюллетеней» CASHA-BU, после глубокой переработки имеющихся на настоящее время мировых и региональных баз данных. Модель сейсмических источников теперь включает не только зоны, но и активные разломы на базе создаваемой базы активных разломов и их параметров. Аналоговые записи сильных движений оцифрованы и используются при отборе и верификации моделей прогнозирования движений грунта (моделей затухания). Наборы моделей прогнозирования обновлены с учетом мировых тенденций и новых региональных данных. Для расчетов используется OpenQuakeEngine - современное программное обеспечение с открытым исходным кодом Фонда

глобальной модели землетрясений (GlobalEarthquakeModelFoundation), разработанное для моделирования сейсмической опасности и риска.

На точность оценок влияет слабое развитие сейсмологических сетей на территории Казахстана, недостаточная изученность активных разломов, ограниченная вовлеченность местных специалистов в значимые международные исследовательские проекты. Комплексные исследования по вероятностной оценке сейсмической опасности и сейсмическому районированию территорий Казахстана продолжаются, давая действенный инструмент оценки вероятности возникновения разрушительных сотрясений грунта для разработки стратегии снижения риска и смягчения их последствий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП РК 2.03-30-2006. Строительство в сейсмических районах // ТОО «Издательство LEM». Алматы, 2006. 80с.
2. СН РК 2.03-07-2001. Застройка города Алматы и прилегающих территорий с учетом сейсмического микрорайонирования. Астана, 2002. 35с.
3. СП РК 2.03-30-2017. Строительство в сейсмических зонах. Астана, 2017. 110 с.
4. СП РК 2.03-31-2020. Застройка территории города Алматы с учетом сейсмического микрозонирования. Свод правил Республики Казахстан. Астана, 2021. 61 с.
5. Onur T., Gök R., Mackey K., Abrams K., Berezina A., Mikhailova N., Bekturganova. B., Murodkulov. Sh., Bondar I., Herrera C. Central Asia Seismic Hazard Assessment (CASHA) “Complete” Catalog Of Earthquakes. LLNL-TR-828313.

**Силачева Н.В.**

#### ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ СЕЙСМИКАЛЫҚ ҚАУІПТІ ЗАМАНАУИ БАҒАЛАУ

**Андатпа:** Бұл жұмыста еуропалық құрылыс стандарттарына көшуге байланысты соңғы жылдары белсенді дамып келе жатқан Қазақстандағы сейсмикалық қауіпті бағалау әдістері мен қазіргі жағдайы сипатталған. Сейсмикалық қауіптің ықтималды бағалауына негізделген ағымдағы нормативтік сейсмикалық аудандастырудың карталары және жүзеге асырылып жатқан жобалар кезінде әзірленетін карталар ұсынылған. Сандық параметрлер шегінде ықтималдық тұжырымда сейсмикалық қауіпті талдау Қазақстан үшін аймақтық тәжірибе мен әлемдік жетістіктерге байланысты әзірленіп, әдістемелік тұрғыдан жетілдіріліп жатқан жаңа бағыт болып табылады. Жер сілкінісінің пайда болу ықтималдығын бағалаудың, қауіп-қатерді азайту стратегиясын әзірлеудің және олардың әсерін азайтудың қуатты құралын қамтамасыз ететін Қазақстан аумағының сейсмикалық қауіптілігін ықтималды бағалау және сейсмикалық аудандастыру бойынша кешенді зерттеулер әзірленуде.

**Түйін сөздер:** сейсмикалық қауіпті бағалау, сейсмикалық аудандастыру.

**Silacheva N.V.**

#### MODERN SEISMIC HAZARD ASSESSMENT IN KAZAKHSTAN

**Abstract.** In this work the methods and current state of seismic hazard assessment in Kazakhstan, actively developing in recent years in connection with the transition to European construction standards, are characterized. Current regulatory seismic zonation maps, based on a probabilistic seismic hazard assessment, and maps developing during ongoing projects are

presented. Seismic hazard analysis in a probabilistic formulation within quantitative parameters is a new direction for Kazakhstan, which is being developed and methodically improved due to regional experience and world achievements. Complex investigations on probabilistic seismic hazard assessment and seismic zonation of Kazakhstan territory are in development, providing a powerful tool for damaging ground shakings occurrence probability assessment, risk mitigation strategy development and their impact reduction.

**Keywords:** seismic hazard assessment, seismic zonation.

УДК: 550.348.0985

**Dimitar Ouzounov<sup>1</sup>, Sergey Pulinets<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>PhD, Institute for Earth, Computing, Human and Observing,  
Chapman University, Orange, CA, USA

<sup>2</sup>Doctor in Phys.-Math. Sci., Space Research Institute,  
Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**THE NEW CONCEPT OF MULTIDISCIPLINARY SHORT-TERM  
EARTHQUAKE WARNINGS BASED ON THE LITHOSPHERE-  
ATMOSPHERE-IONOSPHERE COUPLING (LAIC) ASSOCIATED  
WITH PRE-EARTHQUAKE PROCESSES**

**Abstract:** The report deals with the problem of generating pre-earthquake signals in the atmosphere that opens the way for new space and terrestrial development technologies that are capable of uniquely identifying the latest phase of the seismic cycle. Some new experimental results of synergistic behavior of various atmospheric, ionospheric, and ground parameters linked with the latest strong earthquakes in Japan, Chile, Nepal, Mexico, and California will be demonstrated.

**Keywords:** Lithosphere-atmosphere-ionosphere couplings, short-term forecasting of earthquakes, ionospheric and satellite-based thermal precursors

Recent observations from space provide new evidence that the thermal and ionospheric atmospheric anomalies occurring before the earthquakes are the clusters of the same synergistic process [1].

The historical developments in the study of physical-based precursors date back more than two millennia. According to the ancient Greek philosopher Aristotle, "pneuma" (breath) is a phenomenon emanating from the atmosphere before earthquakes. Just before 58 years ago, we first heard of ionospheric precursors before a major earthquake M9.2 Good Friday in Alaska, the USA, in 1964.

The period of the 1990s was the years of exponential growth of interest for ionospheric and satellite-based thermal precursors. Advances in Earth sciences and Space technology provide strong support for developing various techniques for foreground registration and identification.

At the same time, physical directions were developed to formalize the abnormalities observed. The LAIC concept clarifies the problem of generating pre-earthquake signals in the atmosphere and opens the way for new space and terrestrial

development technologies that are capable of uniquely identifying the latest phase of the seismic cycle.

Some recent results were obtained from modeling the atmosphere-ionosphere connection and analyses of seismic records (foreshocks /aftershocks), geochemical, electromagnetic, and thermodynamic processes related to stress changes in the lithosphere, along with their statistical and physical validation.

By using the Sensor web ensemble of Earth and Space observations, we show some new experimental results of synergistic behavior of various atmospheric, ionospheric, and ground parameters associated with the preparation of strong earthquakes.

A detailed summary of our approach is presented in three dedicated monographs, two already published [2, 3] and the new one later this year [4].

Today we can state that although we are very close to realizing our knowledge in the practical applications of short-term forecasting of earthquakes, there are still many challenges ahead of us.

Some results linked with the latest strong earthquakes in Japan, Chile, Nepal, Mexico, and California will also be demonstrated.

#### REFERENCES

1. Pulinets S. and D. Ouzounov [2011] Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere Coupling (LAIC) model - An unified concept for earthquake precursors validation, JAES, 41, 2011, pp. 371-382
2. Ouzounov D, S. Pulinets, K. Hattori, and P. Taylor [2018] In the Book: Pre-Earthquake Processes: A Multidisciplinary Approach to Earthquake Prediction Studies, Geophysical Monograph 234, First Edition. 2018 American Geophysical Union. John Wiley & Sons, Inc 384pp.
3. Pulinets S. and D. Ouzounov [2018] The Possibility of Earthquake Forecasting: Learning from nature, Institute of Physics Books, IOP, 168pp.
4. Pulinets S., D.Ouzounov, A. Karelin, K.Boyarchuk [2022] Earthquake Precursors in the Atmosphere and Ionosphere: New Concepts, Springer, 1st ed. Edition

**Dimitar Ouzounov, Sergey Pulinets**

### **ЖАҢА ТЕОРИЯҒА НЕГІЗДЕЛГЕН КӨП САЛАЛЫ ҚЫСҚА МЕРЗІМДІ ЖЕР СІЛКІНІСІН БОЛЖАУДЫҢ ЛИТОСФЕРАЛЫҚ-АТМОСФЕРАЛЫҚ-ИОНОСФЕРАЛЫҚ БАЙЛАНЫСТАРЫНЫҢ ЖЕР СІЛКІНІСІНЕ АЛДЫН АЛА ДАЙЫНДЫҚ КЕЗЕҢІНДЕГІ ТҰЖЫРЫМДАМА**

**Аңдатпа:** Баяндамада атмосфера мен ионосфера параметрлерінің өзгерулерінде жер сілкінісі хабаршыларының пайда болу мәселесін қарастырады, бұл сейсмикалық циклдің соңғы фазасын нақты анықтай алатын жаңа жер үсті-ғарыштық технологиялардың дамуына жол ашады. Жапония, Чили, Непал, Мексика және Калифорниядағы соңғы жер сілкінісі кезінде әртүрлі атмосфералық, ионосфералық және жер параметрлерінің синергетикалық әрекеттің жаңа эксперименттік нәтижелері көрсетіледі.

**Түйін сөздер:** Литосфералық-атмосфералық-ионосфералық байланыстар, қысқа мерзімді жер сілкінісін болжау, спутниктік деректер бойынша ионосфералық және жылу хабаршылары.

**НОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНОГО КРАТКОСРОЧНОГО  
ПРОГНОЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ, ОСНОВАННАЯ НА ТЕОРИИ  
ЛИТОСФЕРНО-АТМОСФЕРНО-ИОНОСФЕРНЫХ СВЯЗЕЙ  
В ПЕРИОД ПОДГОТОВКИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ**

**Аннотация:** В докладе рассматривается проблема генерации предвестников землетрясений в вариациях параметров атмосферы и ионосферы, что открывает путь к разработке новых наземно-космических технологий, способных однозначно идентифицировать последнюю фазу сейсмического цикла. Здесь будут продемонстрированы некоторые новые экспериментальные результаты синергетического поведения различных атмосферных, ионосферных и земных параметров во время последних сильных землетрясений в Японии, Чили, Непале, Мексике и Калифорнии.

**Ключевые слова:** Литосферно-атмосферно-ионосферные связи, краткосрочный прогноз землетрясений, ионосферные и тепловые предвестники по спутниковым данным

УДК 550.348

**Михайлова Н.Н.**

д. ф-м.н., директор Центра сбора и обработки  
специальной сейсмической информации  
филиала Института геофизических исследований  
Национального ядерного центра РК, [mikhailova@kndc.kz](mailto:mikhailova@kndc.kz)

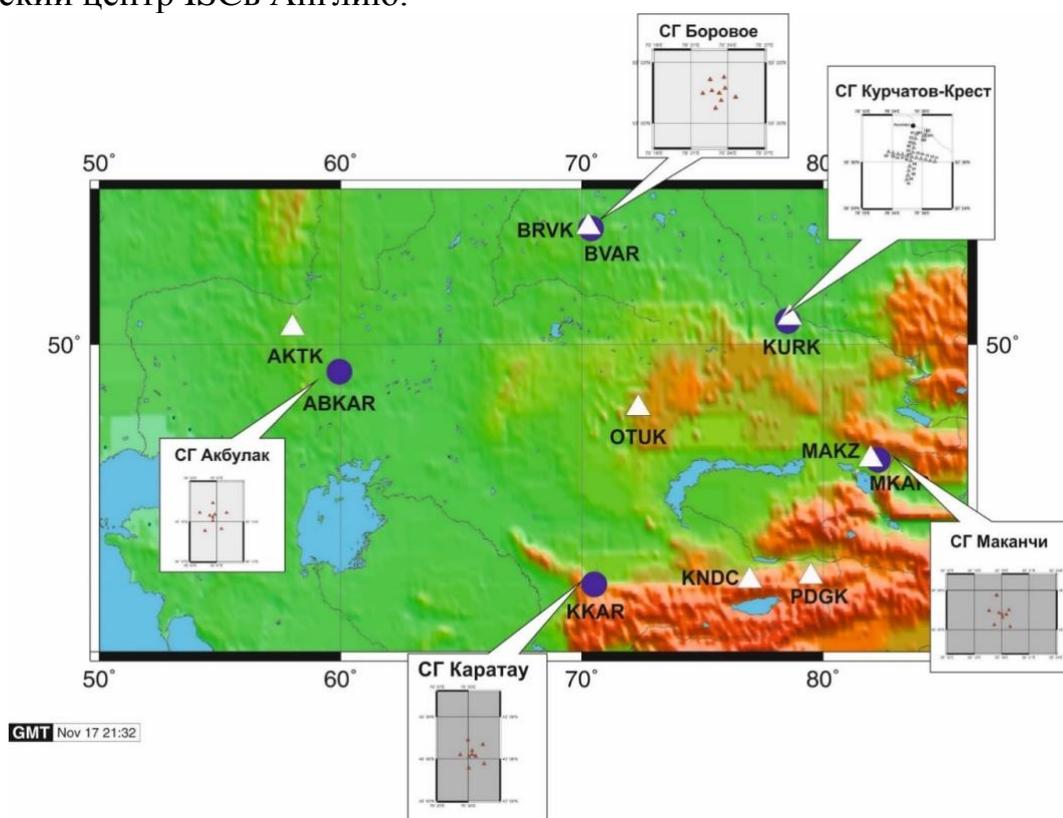
**СИСТЕМА СЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА  
НАЦИОНАЛЬНОГО ЯДЕРНОГО ЦЕНТРА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
В ЗАДАЧАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

**Аннотация:** Рассматриваются различные аспекты деятельности системы мониторинга НЯЦ РК для обеспечения сейсмической безопасности на территории Казахстана, а также для принятия мер в предотвращении чрезвычайных ситуаций. Это 1) - проведение оперативного сейсмического мониторинга землетрясений на всей территории Казахстана и Центральной Азии с оперативным оповещением о зарегистрированных событиях; 2) – создание информационной основы для составления карт сейсмического зонирования всей территории Казахстана, в том числе слабоактивных в сейсмическом отношении регионов; 3) - изучение сейсмичности карьерных взрывов и ее учет в оценке сейсмической опасности; 4) – изучение техногенной сейсмичности территории Казахстана; 5) – мониторинг техногенных аварий, стихийных бедствий сейсмическими методами.

**Ключевые слова:** оперативный сейсмический мониторинг НЯЦ РК, сейсмическая безопасность.

**Введение.** За последние 20 лет в Казахстане создана современная цифровая сеть станций мониторинга ядерных взрывов и землетрясений, которая входит в Международную систему мониторинга в поддержку Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний, в Глобальную сеть наблюдений IRIS, в международную сеть AFTAC (рисунок 1) [1, 2]. Несмотря на то, что сеть создавалась для контроля за ядерными испытаниями, она позволяет регистрировать землетрясения в большом диапазоне энергий (вблизи групп практически с 0-й магнитуды) и расстояний (регистрируются события практически на всем земном шаре) [3].

По данным, поступающим в Центр данных (KNDC), ведется круглосуточная обработка и составление сейсмических бюллетеней разного уровня оперативности. Создаются *автоматический бюллетень* по данным сейсмических групп, затем бюллетень срочных донесений по данным ручной обработки данных по конкретному сильному или ощутимому событию. За прошедшие сутки создается *интерактивный сейсмический бюллетень* (используются станции, данные которых поступают в реальном времени в KNDC) [4]. После получения дополнительных данных за сутки по станциям СОМЭ создается *сводный сейсмический бюллетень* событий за сутки. Наконец, после окончания процесса распознавания природы сейсмических событий и составления отдельного бюллетеня землетрясений и взрывов создается бюллетень землетрясений, который высылается в Международный сейсмический центр ISC в Англию.



Условные обозначения: синие кружки – сейсмические группы; треугольники – трехкомпонентные станции. На высках показана конфигурация каждой группы.

Рисунок 1- Расположение станций сети НЯЦ РК

Для населения и МЧС огромное значение имеет оперативность получения данных обработки, особенно ощутимых землетрясений. Автоматические бюллетени еще до того, как записи станций увидит оператор-аналитик, рассылаются в EMSC (Европейский Средиземноморский сейсмологический центр), выпускающий самую «быструю» информацию о событиях во всем мире. Каждый житель Казахстана может воспользоваться приложением LASTQUAKE в своем смартфоне, создаваемом EMSC, увидеть информацию о событии и написать о своих ощущениях. Срочные донесения высылаются в департаменты ЧС, передаются в НЯЦ РК и МЭ по специальным спискам. Интерактивный бюллетень и бюллетень срочных донесений размещаются на веб-сайте [www.kndc.kz](http://www.kndc.kz) и доступны для просмотра всем интересующимся.

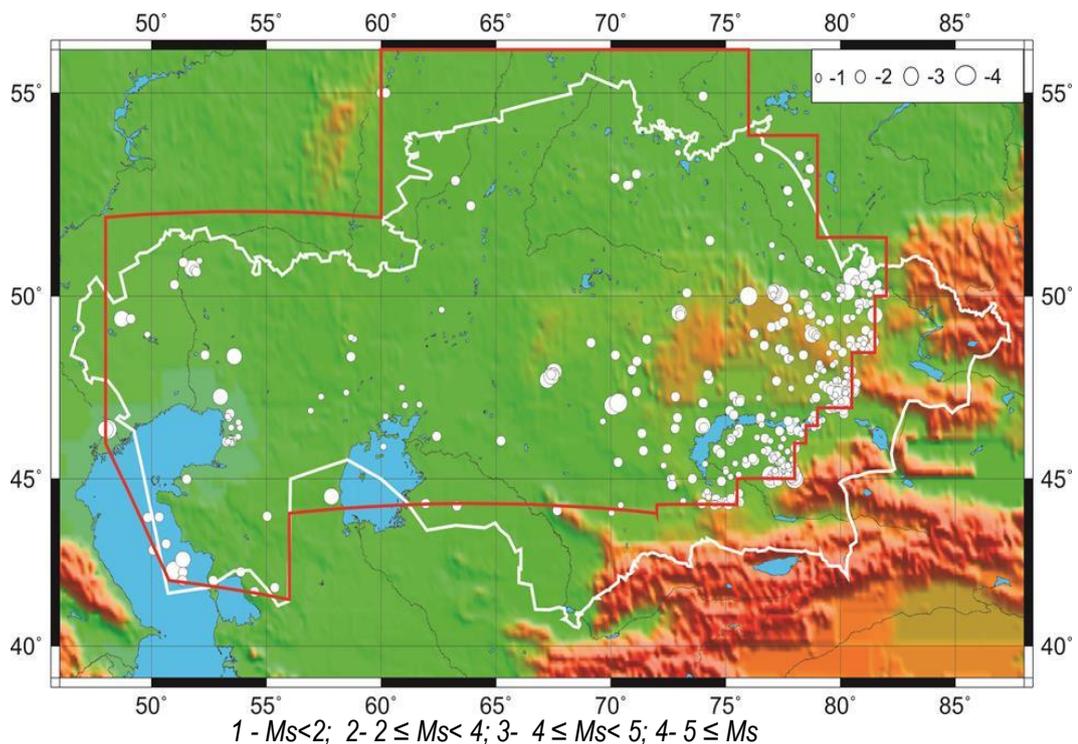


Рисунок 2 - Карта эпицентров землетрясений в считавшихся асейсмичными или слабоактивными районах территории Казахстана

Каталоги землетрясений и карты активных разломов являются основой для разработки карт сейсмического районирования. По карте общего сейсмического районирования 2003 года, составленной в ИС РК и включенной в СНиП-2006, активным считался юг, юго-восток, часть востока Казахстана. В дальнейшем усилия сети НЯЦ РК и KNDC были сосредоточены на изучении сейсмичности асейсмичных и слабоактивных районов Казахстана. Кроме непосредственной регистрации землетрясений из этих районов стали детально изучаться и архивные материалы. На рисунке 2 представлена карта эпицентров землетрясений, произошедших с исторических времен до 2020 года. Видно, что землетрясения, среди которых есть и довольно сильные с магнитудой более 5, происходят в различных областях Казахстана, ранее считавшихся асейсмичными [5, 6, 7, 8].

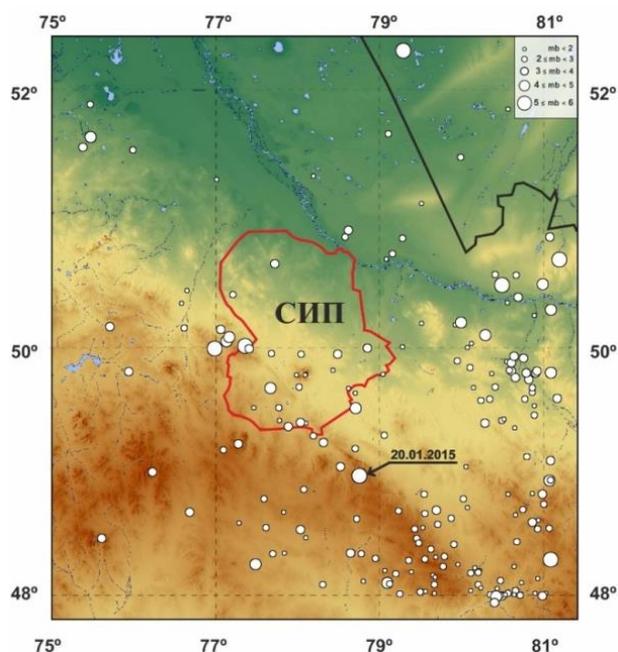


Рисунок 3 - Карта эпицентров землетрясений района Семипалатинского испытательного полигона и его окрестностей с исторических времен до настоящего времени

На рисунке 3 показан район Семипалатинского полигона, где расположены действующие объекты атомной отрасли. Детальное изучение сейсмичности в течение нескольких сезонов с помощью временных и стационарных станций, поиск архивных данных позволил составить каталог землетрясений этого района и доказать, что он является сейсмически активным [9, 10]. Все данные ИГИ НЯЦ РК были переданы в ИС РК для составления новой карты общего сейсмического зонирования в качестве информационной основы и учтены при ее составлении в 2017 году. В 2021 году ИГИ НЯЦ РК подготовил информационную основу для составления карты детального сейсмического зонирования Восточного Казахстана. Работы в этом направлении продолжаются.

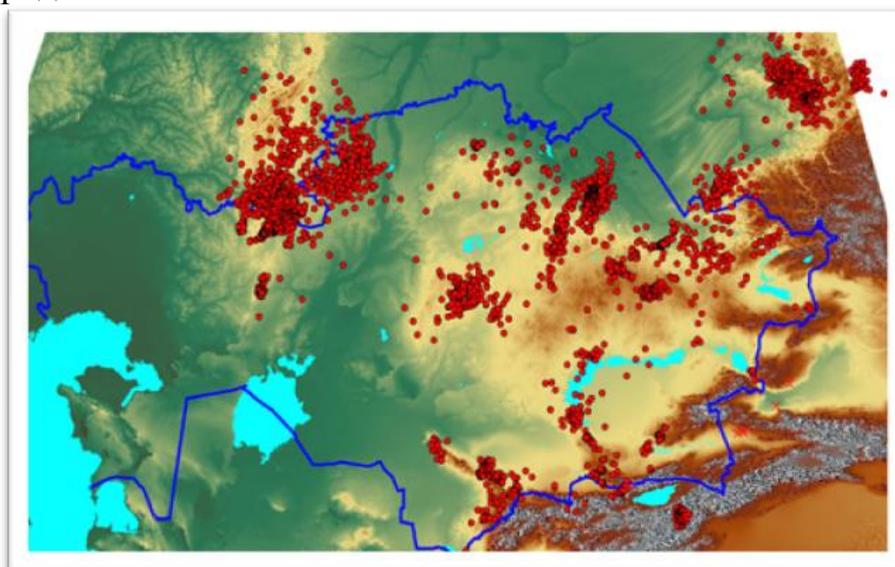


Рисунок 4 - Карта эпицентров карьерных взрывов за один год (6499 взрывов).

В Казахстане, обладающем огромными залежами полезных ископаемых, производится большое количество карьерных и других взрывов при их добыче. Ежегодно сейсмические станции регистрируют более 6000 взрывов (рисунок 4).

Изучение взрывов важно для задач оценки сейсмической опасности: взрывы должны быть исключены из сейсмических каталогов. Взрывы сами являются источником сейсмической опасности [11,12]. ИГИ НЯЦ РК выполнял договоры по изучению влияния взрывов на жилые дома и сооружения с целью обеспечения сейсмической безопасности. Также, на территории Казахстана регистрируются техногенные землетрясения разной природы. Во-первых, это техногенные события в местах добычи жидких и твердых полезных ископаемых. Примером таких землетрясений являются события на месторождениях Тенгиз. Во-вторых, это природно-техногенные землетрясения, связанные с продолжительной активной взрывной деятельностью, но происходящие на разломах, проходящих вблизи эпицентров взрывов. Примером таких землетрясений могут быть Жезказганские, Карагандинское, Экибастузское, Каражыринское и другие землетрясения [13, 14]. В третьих, это землетрясения, связанные с ранее проведенными ядерными взрывами, свидетельствующие о продолжающихся геодинамических процессах в местах их проведения. Есть техногенные события на создаваемых водохранилищах.

Сетью ИГИ НЯЦ РК зарегистрирован ряд опасных природных явлений и техногенных аварий. Инфразвуковой и сейсмическими станциями зарегистрированы аварии ракет-носителей с космодрома Байконур, взрывы на нефтепроводах, взрывы на складах боеприпасов, пролет, взрыв и удар воздушной волны Челябинского болида, оползни, сели и др. явления, представляющие опасность сейсмического, экологического характера [15-19].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Тухватулин Ш.Т., Тихомиров Л. Н., Беляшова Н. Н., Михайлова Н. Н., Демин В. Н., Марченко В. Г., Комаров И.И Система геофизического мониторинга, созданная в Национальном ядерном центре Республики Казахстан, и ее возможности //Геофизика и проблемы нераспространения: Вестник НЯЦ РК, 2002. Вып. 2(10). С. 5-8
2. Михайлова Н. Н. Казахстанская система сейсмических наблюдений Института геофизических исследований Национального ядерного центра и ее информационные возможности / Н. Н. Михайлова // Обеспечение сейсмической безопасности города Алматы: Сборник научных трудов научно-технической конференции / Департамент по ЧС. МЧС РК. - Алматы. - 2009. - 88 с.
3. Михайлова Н. Н., Мукамбаев А.С., Смирнов А. А. Вклад казахстанских станций международной системы в глобальный и региональный мониторинг. //Вестник НЯЦ РК. – 2019. – Вып. 2. С.12.
4. Михайлова Н. Н., Синева З.И. Обработка данных сейсмических станций НЯЦ РК //Геофизика и проблемы нераспространения: Вестник НЯЦ РК, 2002. Вып. 2(10). С. 64–68.
5. Михайлова Н. Н., Неделков А.И., Соколова И. Н., Казаков Е. Н., Беляшов А.В. Шалгинское землетрясение в Центральном Казахстане 22.08.2001 г. //Геофизика и проблемы нераспространения: Вестник НЯЦ РК, 2002. Вып. 2(10). С. 78–87.
6. Михайлова Н. Н. К вопросу о природе Шалкарского землетрясения, произошедшего в Западном Казахстане 26 апреля 2008 г. / Н. Н. Михайлова, А.Е.Великанов // Вестник НЯЦ РК. - 2009. - Вып. 3. С. 127–133.

7. Михайлова Н. Н., Соколова И. Н., Великанов А.Е., Полешко Н.Н. Сейсмичность западного Казахстана по данным сети НЯЦ РК. // Сейсмопрогностические наблюдения на территории Азербайджана/ РЦСС НАНА. – 2012.– С.336–348.
8. Михайлова Н. Н., Соколова И. Н., Великанов А.Е. Землетрясения в «асейсмичных» районах Казахстана. // Сборник материалов IV Междун. научно-практ. конф. - Алматы, 2012. - С. 178–182.
9. Михайлова Н. Н., Мукамбаев А.С. Сейсмическая опасность Главного Чингизского разлома для территории Семипалатинского испытательного полигона // Вестник НЯЦ РК. - 2015. - Вып. 3. С. 82–86.
10. Михайлова Н. Н., Соколова И. Н., Великанов А.Е., Мукамбаев А.С. Природная и техногенная сейсмичность территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона и его окрестностей: моногр. - Алматы, 2021.
11. Великанов А.Е., Михайлова Н. Н., Соколова И. Н., Аристова И. Л., Мукамбаев А.С. Изучение источников промышленных взрывов на территории Казахстана. // Вестник НЯЦ РК. - 2013. - Вып. 2. С.77-85.
12. Михайлова Н. Н., Мукамбаев А.С. Сейсмичность взрывных работ на территории Республики Казахстан // Вестник НЯЦ РК. - 2017. - Вып. 4. С. 124–130.
13. Соколова И. Н., Михайлова Н. Н., Великанов А.Е., Полешко Н.Н. Техногенная сейсмичность на территории Казахстана. // Вестник НЯЦ РК. – 2017. – Вып. 2. С.47.
14. Михайлова Н. Н., Великанов А.Е., Узбеков А.Н., Соколова И. Н., Полешко Н.Н. Карагандинское (Карабасское) землетрясение 21 июня 2014 г. с  $K_p=11.7$ ,  $m_s=4.0$ ,  $I_{0p}=5-6$  (Центральный Казахстан) // Землетрясения Северной Евразии. – 2020. – Вып. 23 (2014 г.). – С. 334–343. doi: 10.35540/1818–6254.2020.23.35.
15. Соколова И. Н., Шепелев О.М. Идентификация оползней на сейсмограммах // Вестник НЯЦ РК. 2005. Вып.2 (22). С. 165–168.
16. Михайлова Н. Н. Грозы на записях станций НЯЦ РК. // Вестник НЯЦ РК. - 2012. - Вып. 1. С. 45–50.
17. Михайлова Н. Н., Соколова И. Н., Сейсмическая регистрация природных явлений (не землетрясений) станциями Центральной Азии. // Материалы докл. Пятого Междун. Симп. - Москва — Бишкек, 2012. - Т.1.- С. 78–84.
18. Дубровин В. И., Смирнов А. А. Анализ записей Чебаркульского метеорита на инфразвуковых станциях ядерного мониторинга. // Вестник НЯЦ РК. - 2014. - Вып. 1. С.91-95.
19. Көмекбаев Д.К., Аристова И. Л., Сейнасинов Н.А. Построение Годографа для Южного Казахстана по записям взрывов // Вестник Института сейсмологии НАН КР, №2 (18) 2021. С. 74–83.

**Михайлова Н.Н.**

## **ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ СЕЙСМИКАЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІГІН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ҮШІН ҰЛТТЫҚ ЯДРОЛЫҚ ОРТАЛЫҒЫНЫҢ СЕЙСМИКАЛЫҚ МОНИТОРИНГІ ЖҮЙЕСІ**

**Аңдатпа:** Қазақстан аумағында сейсмикалық қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін, сондай-ақ төтенше жағдайлардың алдын алу шараларын қабылдау үшін ҚР ҰЯО мониторинг жүйесі қызметінің түрлі аспектілері қарастырылады. Бұл 1) - тіркелген оқиғалар туралы жедел хабарлай отырып, Қазақстан мен Орталық Азияның бүкіл аумағындағы жерсілкіністеріне жедел сейсмикалық мониторинг жүргізу; 2) - Қазақстанның бүкіл аумағын, оның ішінде сейсмикалық жағынан белсенділігі төмен өңірлерді сейсмикалық аудандау карталарын жасау үшін ақпараттық негіз жасау; 3) - карьерлік жарылыстардың сейсмикалығын зерттеу және оны сейсмикалық жарылыстарды бағалауда есепке алу; 4) - Қазақстан аумағының техногендік сейсмикалығын зерттеу; 5) - техногендік апаттарды мониторингілеу, сейсмикалық әдістермен дүлей апаттарды мониторингілеу.

**Түйін сөздер:** ҚР ҰЯО жедел сейсмикалық мониторингі, сейсмикалық қауіпсіздік.

**Mikhailova N.N.**

## **SEISMIC MONITORING SYSTEM OF THE NATIONAL NUCLEAR CENTER OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN FOR SEISMIC SAFETY TASKS**

**Abstract:** The paper considers different aspects of the NNC RK monitoring system operation for the tasks of seismic safety of Kazakhstan territory and for taking measures to prevent emergency situations. These are: 1) - seismic monitoring of earthquakes for the whole territory of Kazakhstan and Central Asia with prompt notifications on the recorded events; 2) - creation of the information base to make seismic zoning maps for the whole Kazakhstan territory including the regions of low seismic activity; 3) - study of seismicity of mining explosions and its consideration at seismic hazard assessment; 4) - study of induced seismicity on Kazakhstan territory; 5) - monitoring of industrial accidents, natural disasters using seismic methods.

**Keywords:** operational seismic monitoring of the National Research Center of the Republic of Kazakhstan, seismic safety.

УДК 550.34: 004.94: 534.6

**Нигметов Г.М., Савинов А.М., Нигметов, Т.Г.**  
Всероссийский научно-исследовательский  
институт по проблемам гражданской  
обороны и чрезвычайных ситуаций  
Москва, Россия

## **ОЦЕНКА ИНДИВИДУАЛЬНОГО РИСКА ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДОВ С УЧЕТОМ РЕАЛЬНЫХ ДАННЫХ О СЕЙСМИЧНОСТИ И СЕЙСМОСТОЙКОСТИ**

**Аннотация:** На всех этапах существования здания от проектирования до сноса важно знать индивидуальные риски для людей, которые могут находиться в зоне его возможных механических и других воздействий. Предлагается применять сквозной подход к оценке индивидуальных рисков от краткосрочного прогнозирования возможных очагов землетрясений, оценки уязвимости зданий динамическими геофизическими испытаниями, до моделирования возможных последствий катастрофического землетрясения и оценки индивидуальных рисков с помощью геоинформационных технологий. Проведен расчет индивидуального сейсмического риска для города Алматы и его окрестностей.

**Ключевые слова:** индивидуальные риски, уязвимость зданий, геоинформационные технологии.

**Введение.** Наиболее универсальной величиной, учитывающей воздействие сейсмической нагрузки, уязвимость зданий и возможные потери

среди населения от сейсмической опасности является величина индивидуального риска. За безопасность населения, при возможном механическом разрушении застройки от сейсмического воздействия, в крупных городах отвечает множество ведомств, которые имеют свои нормы и узконаправленные задачи. Например, строители отвечают за безопасное строительство, обеспечивающее несущую способность конструктивной системы здания на проектные нагрузки, службы эксплуатации обеспечивают безопасность инженерных систем, контролируют износ конструкций. Службы по чрезвычайным ситуациям обеспечивают пожарную безопасность, ликвидацию последствий после ЧС. Таким образом, для населения в крупных городах существуют риски, которые должны быть оценены на стадии проектирования, стадии эксплуатации до землетрясения, сразу после землетрясения и после года и более с момента произошедшего землетрясения. Однако нет такого ведомства, которое бы решало сквозную задачу по контролю опасностей, уязвимости зданий и оценке рисков для населения на всех стадиях существования зданий. Для повышения эффективности работы ведомств с целью снижения индивидуального сейсмического риска для населения городов необходимо иметь единые подходы ведомств по вопросам оценки рисков на всех стадиях существования зданий от проектирования до сноса.

**Проблемы оценки индивидуального сейсмического риска.** Для оценки рисков в основном применяются экспертные оценки и вероятностные методики. Оценка рисков при эвакуации людей из зданий при пожарах выполняется с помощью численных моделей. Однако в вероятностных и численных моделях не используются реальные данные о техническом состоянии и сейсмостойкости зданий, данные о возможных очагах землетрясений. Не используются модели по воздействию разрушающихся конструкций на людей с учетом реальных данных о техническом состоянии зданий. Для оценки технического состояния зданий разного конструктивного исполнения, уточнения законов поражения при сейсмическом воздействии предлагается использовать метод динамико-геофизических испытаний [1,2,14]. Этот метод основан на сравнении нормативной жесткости и реально полученной после испытаний. На индивидуальный риск будет влиять не только этажность, размеры и конструктивные особенности строения, но тектоника и рельеф территории, параметры возможных очагов землетрясений (ВОЗ). Для определения ВОЗ, их частоты и мощности важно иметь не только данные из каталога землетрясений, но и данные по проявлению краткосрочных предвестников. Например, рассматривая сейсмическую активность территории в районе г. Алматы можно увидеть, что сейсмическая активность территории выросла (см. табл. 1, рисунок 1). Предлагается оценку рисков выполнять по следующей зависимости [5-13]:  $Re_i = (P \times m) / (T \times N_6)$ , где  $Re_i$  – индивидуальный сейсмический риск;  $P$  – вероятность землетрясения;  $m$  – математическое ожидание потерь в 6-бальной зоне при землетрясении;  $T$  – время в годах в течении которого возможно катастрофическое землетрясение;  $N_6$  – население попадающее в 6-бальную зону при катастрофическом землетрясении.

Рассмотренный пример показывает, что за последние 60 лет количество землетрясений с магнитудой более 4.5, происходящих в год, значительно выросло и составляет более 20 событий. Землетрясения с небольшой магнитудой до 5 могут приводить не только к повреждению не сейсмостойких зданий, но и накоплению усталостных повреждений и снижению технического состояния сейсмостойких зданий. Поэтому для создания реальной базы данных о застройке нужно регулярно проверять техническое состояние и сейсмостойкость зданий. Оценка на всех стадиях жизни здания величины индивидуального сейсмического риска упирается в сложности моделирования сейсмического воздействия на здания, кварталы, территории с учетом параметров ВОЗ, данных о наиболее приемлемых моделях распространения сейсмических волн на территориях с учетом рельефа и преобладающих свойств грунтов в основании зданий городов, тектонических данных. Отсутствуют модели учитывающие текущее техническое состояние зданий в городах, их влияние на распространение сейсмических волн.

Таблица 1. Число землетрясений с  $M \geq 4,5$ , произошедших на территории в районе г. Алматы (в радиусе 300 км).

Рассматриваемые годы	1922-1931	1932-1941	1942-1951	1952-1961	1962-1971	1972-1981	1982-1991	1992-2001	2002-2011	2012-2021	2021
Число землетрясений с $M \geq 4$	2 ( $M_{max} = 5,8$ )	7 ( $M_{max} = 7$ )	3 ( $M_{max} = 5,9$ )	5 ( $M_{max} = 6,4$ )	33 ( $M_{max} = 6,3$ )	34 ( $M_{max} = 7,1$ )	61 ( $M_{max} = 6,4$ )	41 ( $M_{max} = 7,3$ )	34 ( $M_{max} = 6,1$ )	26 ( $M_{max} = 5,4$ )	1

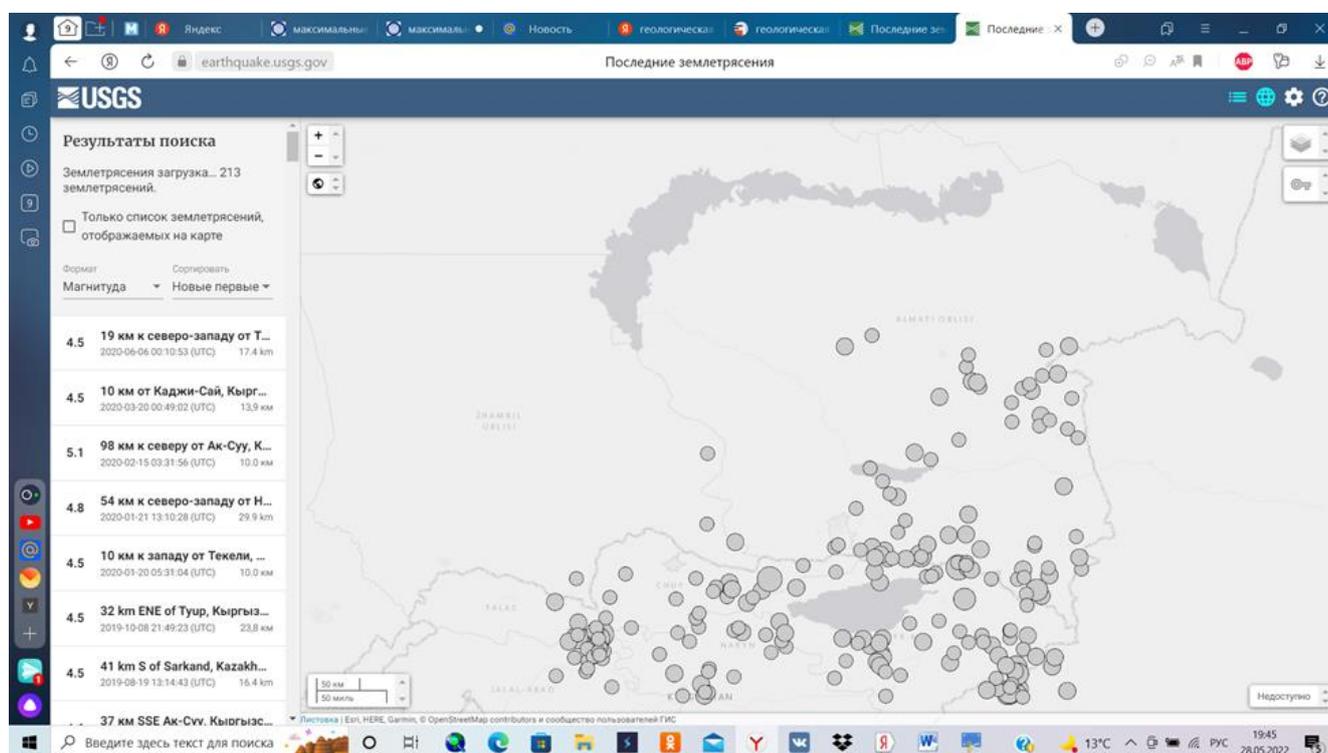


Рисунок 1 - Сейсмическая активность территории в районе г. Алматы на период с 1922 г. по настоящее время.

Для оценки риска на стадии подготовки к разрушительному землетрясению важно знать наиболее вероятные варианты ВОЗ. Применяя краткосрочные предвестники землетрясений: космические снимки, метеорологические данные, сейсмические и геофизические данные, можно с вероятностью 0,7 и более оценить вероятность срабатывания очага. Примером удачного применения метода является краткосрочный прогноз землетрясения, выполненный в 2003 г. и помещенный на сайте ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) 24.12.2003 г., землетрясение произошло 28.12.2003 г. Для оценки параметров ВОЗ использовались данные о молниевых разрядах, изменении атмосферного давления, данные о сейсмической активности территории и портрете облачности [3,4].

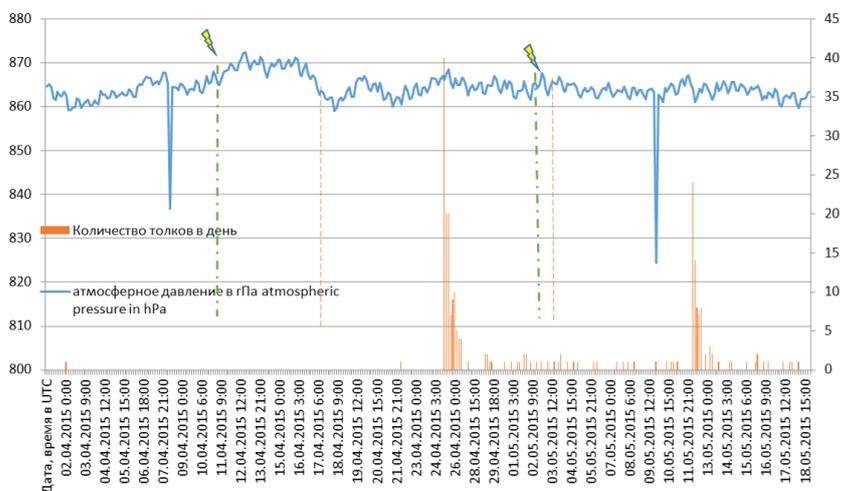


Рисунок 2 - Изменение грозовой активности, атмосферного давления и сейсмической активности перед сильными землетрясениями в Непале в 2015 г.



Рисунок 3 - Краткосрочный прогноз землетрясения, помещенный на сайте ФГБУ ВНИИ ГОЧС(ФЦ) перед катастрофическим землетрясением в Иране.

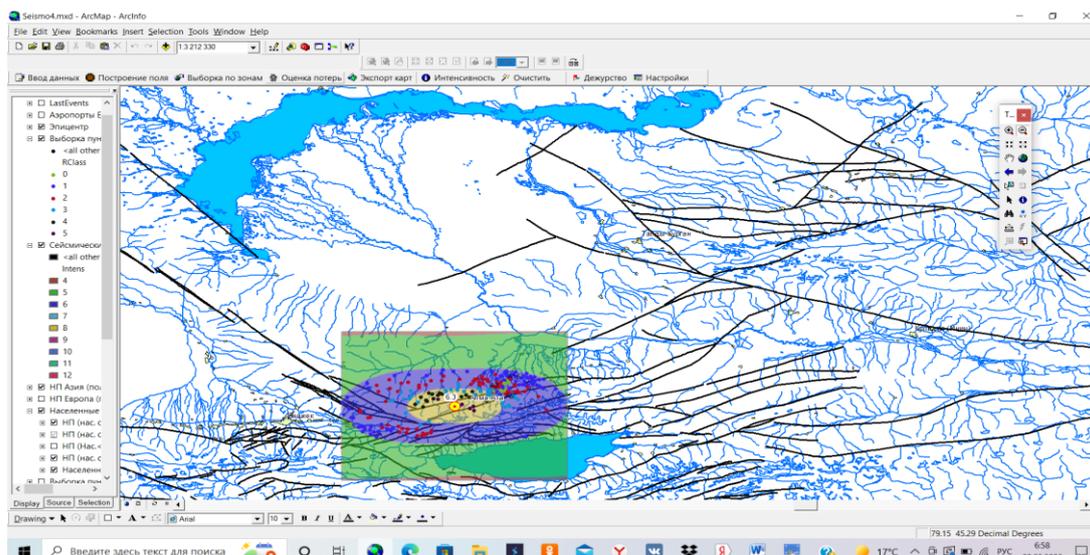


Рисунок 4 - Моделирование возможного катастрофического землетрясения в районе г. Алматы.

На рис.4. приведен пример оценки возможных индивидуальных сейсмических рисков в районе г. Алматы. ВОЗ были выбраны на основе анализа данных о портрете облачности, порывов ветра, грозовой и сейсмической активности. Данные о сейсмостойкости застройки были занесены в базу данных ГИС из паспортов зданий. Типовые объекты по застройке были сгруппированы. Результаты моделирования показали, что риск для населения на порядок и более превышает нормативную величину  $10^{-5}$ /год.

**Выводы и рекомендации.** Таким образом, для оценки индивидуального сейсмического риска с использованием ГИС технологий необходимы данные о ВОЗ, данные о реальной сейсмостойкости, данные о населении, данные о тектонике и геологии. Применение сквозной технологии по оценке индивидуальных сейсмических рисков позволит своевременно спланировать инженерно-технические и спасательные мероприятия по снижению рисков.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Нигметов Г.М., В.А. Акатьев, А.М. Савинов, Т.Г. Нигметов. Оценка сейсмостойкости зданий динамико-геофизическим методом с учетом особенности взаимодействия сейсмической волны с системой «грунт — сооружение». Строительная механика и расчет сооружений, 1(276) 2018.
2. Нигметов Г.М., Чубаков М.Ж. Проблемы мониторинга зданий и сооружений. Научно-технический журнал «Сейсмостойкое строительство Безопасность сооружений», №4, 2011, с.51-55.
3. Нигметов Г.М. Некоторые вопросы краткосрочного прогнозирования сейсмической опасности и риска. CATALOGUE of seismoforecasting research carried out in Azerbaijan territory in 2009, с.147-154.
4. Нигметов Г.М. Колебания земной коры перед разрушительными землетрясениями. CATALOGUE of seismoforecasting research carried out in Azerbaijan territory in 2010, 99-104.
5. Ларионов В.И., Нигметов Г.М., Суцев С.П., Угаров А.Н., Фролова Н.И. Оценка уязвимости и сейсмического риска с использованием ГИС-технологий от возникновения неустойчивости грунтовых оснований зданий при землетрясениях. «Сейсмостойкое строительство», №2, 1999.

6. Ларионов В.И., Нигметов Г.М., Шахраманьян М.А., Сущев С.П., Угаров А.Н., Фролова Н.И. Применение ГИС-технологий для оценки индивидуального сейсмического риска. Журнал «Сейсмостойкое строительство», №2, 1999

7. Shakhramanjan M.A., Nigmatov G.M., Larionov V.I., Frolova N.I., Suchshev S.P. Complex Assessment of Seismic Hazard and Seismic Risk of Territories // Proc. Of the Eight Internat. Conf. on Soil Dynamics and Earthquake Eng. Istanbul, Turkey, 1997 (a).

8. Shakhramanjan M.A., Nigmatov G.M., Larionov V.I., Frolova N.I., Suchshev S.P., Ugarov A.N. GIS Application for Seismic Hazard and Risk Assessment of Urban Areas // Proc. of the IASPEI Assembly. Thessaloniki, Greece, 1997 (b).

9. Shakhramanjan M.A., Nigmatov G.M., Larionov V.I., Frolova N.I., Suchshev S.P., Ugarov A.N. GIS Application for Seismic Risk Assessment and Emergency Response // Proc. of the Intern. Workshop on Vrancea Earthquakes, Bucharest, Romania, 1997.

10. Shakhramanjan M.A., Nigmatov G.M., Larionov V.I., Frolova N.I., Suchshev S.P., Ugarov A.N. Seismic Risk Assessment and Management for Sochi City // Proc. XXVI ESC General Assembly, Tel Aviv, Israel, 1998(a), P.62.

11. Shakhramanjan M.A., Nigmatov G.M., Larionov V.I., Frolova N.I., Suchshev S.P., Ugarov A.N. GIS Application for Vulnerability and Seismic Risk Assessment for Northern Caucasian Cities // Proc. XI European Conf. Earthq. Engineer., Paris, France, 1998 (b).

12. Shakhramanjan M.A., Nigmatov G.M., Larionov V.I., Nikolaev A.V., Frolova N.I., Sushchev S.P., Ugarov A.N. Seismic Risk Assessment and Management for Russia. 24<sup>th</sup> General Assembly of European Geophysical Society, The Hague, The Netherlands, April 19-23, 1999.

13. Shakhramanjan M.A., Nigmatov G.M., Larionov V.I., Nikolaev A.V., Frolova N.I., Sushchev S.P., Ugarov A.N. Advanced Emergency and Risk Management System in Russia. Sixth Annual Conference.

14. Nigmatov G.M., A.M. Savinov, S.N. Savin, T.G. Nigmatov, A.R. Simonyan. Dynamic-geophysical tests of the technical condition and earthquake-resistance of historical buildings. «AlfaBuild» (ISSN: 2658-5553), т.21/1.

**НИГМЕТОВ Г.М., САВИНОВ А.М., НИГМЕТОВ, Т.Г.**

### **СЕЙСМИКАЛЫҚ ЖӘНЕ СЕЙСМИКАЛЫҚ ТӨЗІМДІЛІК ТУРАЛЫ НАҚТЫ ДЕРЕКТЕРДІ ЕСКЕРЕ ОТЫРЫП, ҚАЛА ТҮРҒЫНДАРЫ ҮШІН ЖЕКЕ ТӘУЕКЕЛДІ БАҒАЛАУ**

**Андатпа:** Ғимаратты пайдаланудың барлық кезеңдерінде, жобалаудан бастап бұзуға дейін, оның ықтималды механикалық және басқа әсерлер аймағында болуы мүмкін адамдардың жеке рискін білу өте маңызды. Жеке рисктерді бағалау үшін жер сілкіністерінің ықтимал көздерін қысқа мерзімді болжау, динамикалық геофизикалық сынақтар әдісімен ғимараттардың осалдығын бағалаудың түпкілікті тәсілін пайдаланудан бастап апатты жер сілкінісі және геоақпараттық технологияларды қолдана отырып жүргізіледі. Осы жұмыста Алматы қаласы мен оның төңірегі үшін жеке сейсмикалық қауіптілік есебі жүргізілді.

**Түйін сөздер:** жеке тәуекелдер, ғимараттардың осалдығы, геоақпараттық технологиялар.

**Nigmatov G.M., Savinov A.M., Nigmatov T.G.**

### **ASSESSMENT OF INDIVIDUAL RISK FOR THE POPULATION OF CITIES, TAKING INTO ACCOUNT REAL DATA ON SEISMICITY AND SEISMIC RESISTANCE**

**Abstract:** At all stages of the existence of a building from design to demolition, it is important to know the individual risks for people who may be in the zone of its possible mechanical and other impacts. It is proposed to apply an end-to-end approach to assess individual risks from short-term forecasting of possible earthquake sources, assessing the vulnerability of buildings by

dynamic geophysical tests, to modeling the possible consequences of a catastrophic earthquake and assessing individual risks using geoinformation technologies. The calculation of the individual seismic risk for the city of Almaty and its environs has been carried out.

**Key words:** individual risks, vulnerability of buildings, geoinformation technologies.

УДК 550.34

**Аширов Б.М.**  
Генеральный директор ТОО СОМЭ

## **РАСШИРЕНИЕ СЕТИ СЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СОМЭ МЧС РК**

**Аннотация.** Вот уже около 40 лет функцию Национальной республиканской наблюдательной сейсмологической сети Казахстана выполняет ТОО «Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция» (ТОО «СОМЭ»), который проводит непрерывный сейсмологический мониторинг на сейсмоопасной территории Республики Казахстан, обеспечивая непрерывный сбор, обработку, анализ и интерпретацию сейсмологических данных.

**Ключевые слова:** Сейсмологическая сеть, сейсмологический мониторинг, сейсмологическая станция, сейсмическая аппаратура, землетрясение.

В систему сейсмологического мониторинга и наблюдений СОМЭ входят 63 станции и пунктов наблюдений, работающие в круглогодичном, круглосуточном режиме на территории Республики Казахстан (Рисунок 1). Экспедиция обеспечивает государственные органы управления, в том числе и Прогнозную комиссию ТОО «Институт сейсмологии», экспертными данными на еженедельной основе. Полученные данные заносятся в Международный каталог событий. Предмет и цель деятельности ТОО «СОМЭ» - организация и проведение непрерывного сейсмологического мониторинга в сейсмоопасных регионах Казахстана с целью прогноза землетрясений.

Для достижения цели ТОО «СОМЭ» осуществляет следующие виды деятельности: сейсмологический мониторинг на территории Республики Казахстан; регистрация и обработка землетрясений на контролируемой территории и прилегающих районов; проводит круглосуточные, круглогодичные полевые инструментальные наблюдения для получения непрерывной сейсмической, геофизической, гидрогеологической, биологической информации, а также о современных движениях земной поверхности на сети стационарных станций; составляет оперативные каталоги землетрясений, формирует архивы сейсмической, геофизической, гидрогеологической и других видов информации и т.д.

Сейсмологическая экспедиция проводит комплексные исследования по сейсмическим, геофизическим, гидрогеологическим, по современным движениям земной поверхности, сейсмобиологическим и другим видам наблюдению – всего по 162 параметрам. По линии Международного

сотрудничества проводится обмен сейсмологическими данными с Институтом сейсмологии Национальной Академии Наук Кыргызской Республики и с Федеральным исследовательским центром «Единая Геологическая Служба Российской Академии Наук» (ФИЦ ЕГС РАН). Сотрудничество «СОМЭ» состоит в обмене результатами наблюдений и обработанными данными с сейсмологическими организациями. А также, есть Соглашение о Научном сотрудничестве с Международным Сейсмологическим Центром (ISC). Целью данного Соглашения являются пополнения данных о сейсмичности территории Северного Тянь-Шаня в ISC, используемого для оценки сейсмической опасности и тектонических исследований многими Международными Сейсмологическими организациями.

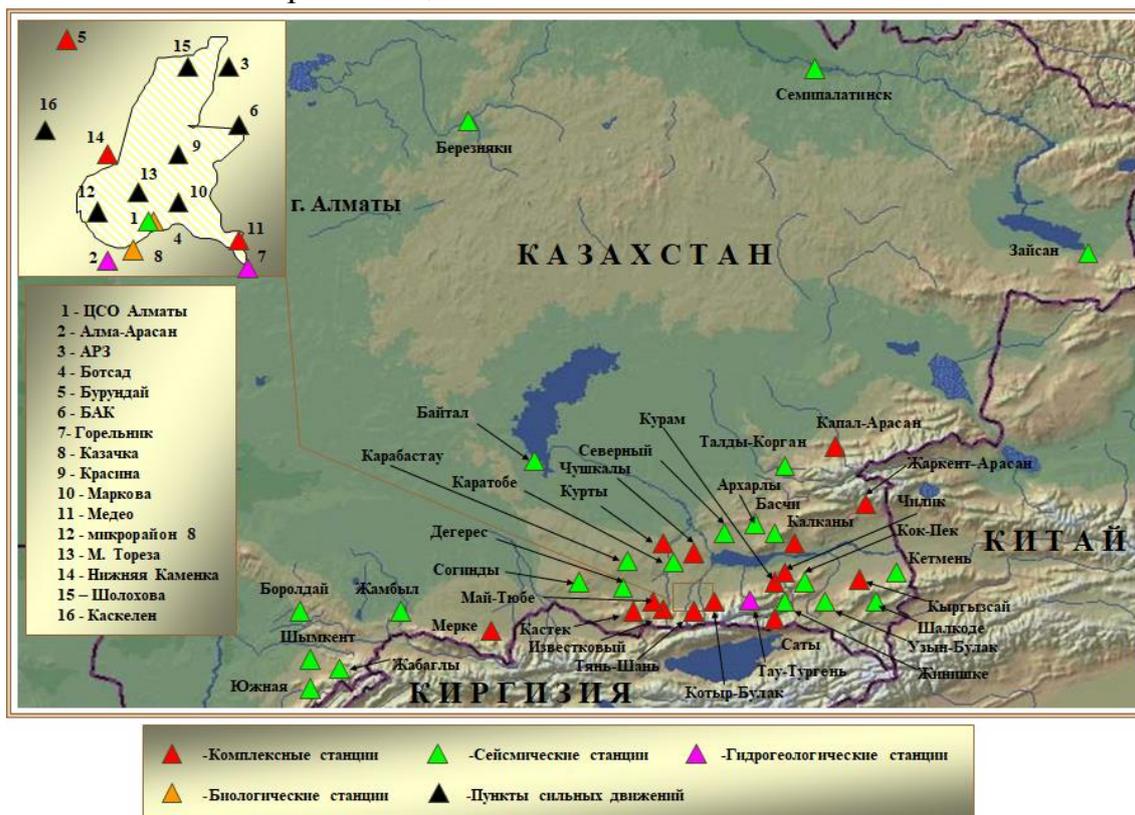


Рисунок 1 - Сеть станции СОМЭ

На данный момент осуществляется совместный проект Международного научно-технического центра (МНТЦ) «Унифицированный Бюллетень и Оценка Сейсмической Опасности Территории Центральной Азии (Central Asia Seismic Hazard Assessment and Bulletin Unification)». Уникальность результатов заключается в создании Единого Унифицированного Сейсмического Бюллетеня по Центральной Азии. В результате этого проекта было получено:

- обобщенные по всем странам данные по сейсмическим станциям (метаданные) и станционным бюллетеням за разные периоды времени;
- новые уточненные параметры гипоцентров в каталогах землетрясений;
- база данных активных разломов;
- региональная база данных сильных движений;

- новая вероятностная оценка сейсмической опасности стран Центральной Азии на основе этих данных.

С 2019г. СОМЭ участвует в проекте «Расширение сейсмических сетей на Кавказе и в Центральной Азии». Проект организован Институтом наук о Земле (NSMC Университета Или) при поддержке Министерства энергетики США в рамках Целевой исследовательской программы сейсмических исследований УНТЦ и сейсмической целевой инициативы МНТЦ. Целью проекта является разработка согласованных подходов для улучшения регионального мониторинга землетрясений. Данный проект усилит возможности сейсмического мониторинга и реагирования на землетрясения в странах Центральной Азии и Кавказа благодаря расширению сейсмических сетей за счет дополнительных высококачественных широкополосных сейсмометров и датчиков сильного движения. В проекте делается акцент на качество данных, обмен данными в реальном времени и на поддержку сети посредством освоения передового опыта в подборе места расположения, монтаже станций, обработке данных и работе сети. Успешные результаты проекта сейсмического мониторинга и развития стратегий реагирования на землетрясения будут обнародованы как на уровне государств – участников, так и за пределами Центральной Азии и Кавказа. Реализация совместного проекта приведет к значительным улучшениям в системах сейсмического мониторинга, в сетях с датчиками сильного движения и в обработке данных в региональном масштабе для получения высококачественных наборов данных для исследования землетрясений. Исходя из национальных потребностей, планируем установить от семи до пятнадцати станций с широкополосными датчиками и датчиками сильного движения, равномерно распределенных по региону. Эти станции восполнят пробелы в имеющемся охвате широкополосными сейсмическими станциями, они предоставят в открытом доступе высококачественные данные и будут использованы для создания регионального каталога землетрясений.

В рамках проекта выполняется открытие и модернизация сейсмических станции СОМЭ, они оснащаются новейшим оборудованием и программным обеспечением. В 2020–2022 гг. существенно расширилась сейсмическая сеть СОМЭ, установлена на сейсмических станциях современная аппаратура фирмы Nanometrix, Канада (Centaur, Trillium Compact 120s, Titan4g), введены и модернизировались сейсмические станции «Талгар» «Шалкоде», «Байтал», «Жамбыл», «Зайсан», «Березники», «Шымкент» (Рисунок 2).

В СОМЭ осенью 2021г. по проекту Института сейсмологии в ВКО, были открыты 5 широкополосных сейсмических станций и пункты сильных движений ETNA-2 Kinematics в г. Усть-Каменогорск. Также вокруг г. Алматы были проведены подготовительные работы по созданию прошлом сети ПСД по линий Системы раннего оповещения.

Для развития и достижения современного уровня работ по сейсмологическим наблюдениям и обеспечения сейсмической безопасности населения в сейсмоопасных регионах Республики Казахстан предлагается поэтапное развитие и расширение сети системы сейсмологического

мониторинга и прогноза сейсмической опасности. Согласно «Карты общего сейсмического зонирования территории Казахстана», наиболее опасные в сейсмическом отношении районы располагаются в Восточно-Казахстанской, Алматинской, Жамбыльской, Туркестанской областях, где расположены два крупнейших мегаполиса страны – Алматы и Шымкент, с общим населением более 3 миллиона человек.

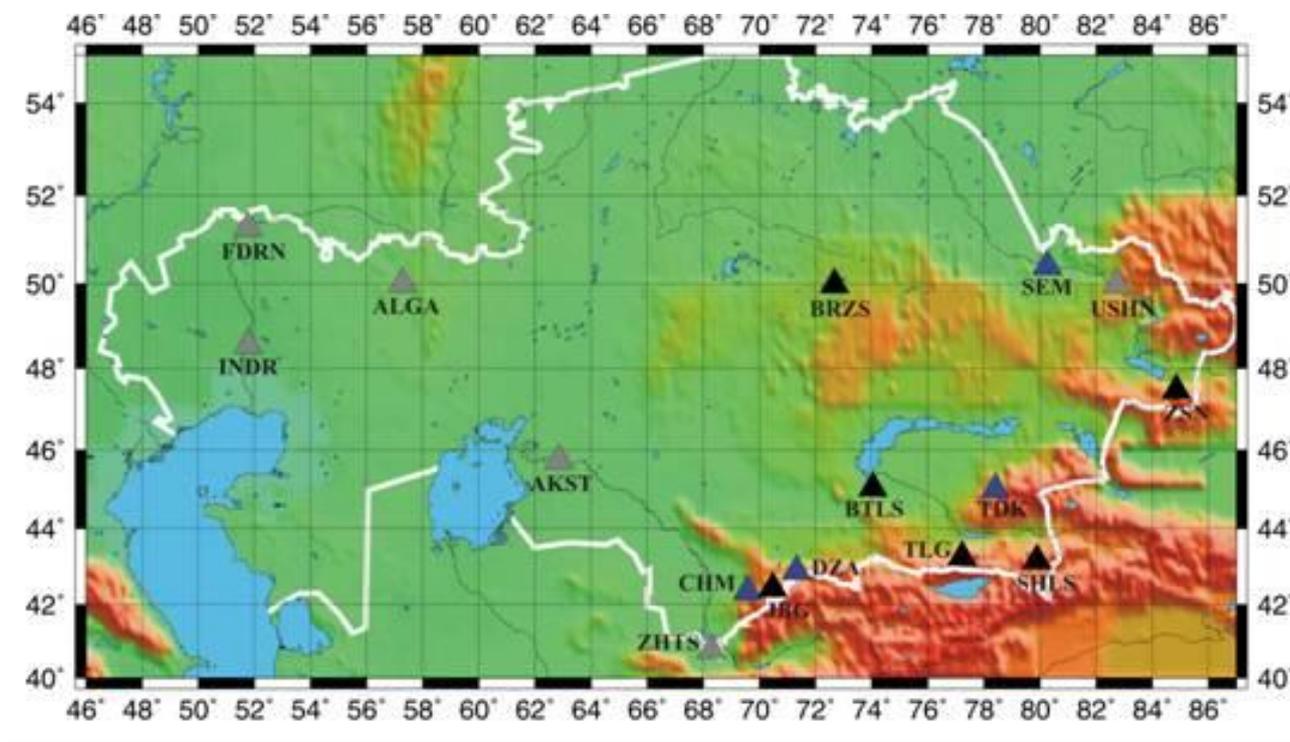


Рисунок -2. Сеть станции СОМЭ

С учетом важности решения проблемы и в целях обеспечения непрерывного контроля сейсмической ситуации в наиболее сейсмоактивной части Казахстана необходимо открытие новых станций и модернизация существующих сейсмологических станций, оснащение современной аппаратурой, оборудованием, средствами связи.

Аширов Б.М.

### ҚР ТЖМ СТӘӘ СЕЙСМИКАЛЫҚ МОНИТОРИНГ ЖЕЛІСІН КЕҢЕЙТУ

**Аңдатпа.** Қазақстанның Ұлттық республикалық бақылаушы сейсмологиялық желісінің қызметін Қазақстан Республикасының сейсмикалық қауіпті аумағында үздіксіз жинауды қамтамасыз ететін үздіксіз сейсмологиялық бақылауды жүзеге асыратын «Сейсмологиялық тәжірибе-әдістемелік экспедициясы» ЖШС («СТӘӘ» ЖШС) 40 жылдай атқарып келеді. Ол сейсмологиялық мәліметтерді интерпретациялау және жинау, өңдеу, сараптау жұмыстарын жүргізеді.

**Түйін сөздер:** Сейсмологиялық жүйе, сейсмологиялық мониторинг, сейсмологиялық станция, сейсмикалық аспаптар, жерсілкінісі.

Ashirov B.M.

## EXPANSION OF THE SEISMIC MONITORING NETWORK OF THE SOME MES RK

**Abstract:** For about 40 years, the function of the National Republican Observational Seismological Network of Kazakhstan has been performed by Seismological Experimental and Methodological Expedition LLP (SOME LLP), which conducts continuous seismological monitoring in the seismically hazardous territory of the Republic of Kazakhstan, providing continuous collection, processing, analysis and interpretation of seismological data .

**Keywords:** Seismological network, seismological monitoring, seismological station, seismic equipment, earthquake.

УДК: 699.84

**Шокбаров Е.М<sup>1</sup>., Кульбаев Б.Б<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup>к.т.н., Управляющий директор по производству

<sup>2</sup>Генеральный директор Казахский научно-исследовательский институт  
строительства и архитектуры  
[Eshokbarov@kazniisa.kz](mailto:Eshokbarov@kazniisa.kz)

## ПАСПОРТИЗАЦИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ЗАСТРОЙКИ ГОРОДА АЛМАТЫ

**Аннотация:** Приведена информация о проделанной работе по паспортизации: создание электронных паспортов, визуальное обследование, оценка ожидаемой степени повреждения зданий, разработка рекомендаций с целью их сейсмической безопасности. Представлены результаты паспортизаций жилых зданий и социальных объектов по городу Алматы.

**Ключевые слова:** землетрясение, паспортизация, обследование, экспертная оценка сейсмической уязвимости.

**Введение.** Территория города расположена в одном из наиболее сейсмоактивных регионов Центральной Азии. Алматинская сейсмогенерирующая зона граничит на юге с Заилийской, на юго-востоке с Северо-Кунгейской, на юго-западе с Кеминской, в которых и располагались очаги сильнейших землетрясений. За последние 100 с небольшим лет здесь имели место три сильнейших землетрясения: Верненское 1887 г., Чиликское 1889 г. и Кеминское 1911 г. Магнитуда последнего из них была близка к 8,2 при интенсивности в эпицентре от 10 до 11 баллов [1]. Алматинская сейсмогенерирующая зона граничит на юге с Заилийской, на юго-востоке с Северо-Кунгейской, на юго-западе с Кеминской, в которых и располагались очаги сильнейших землетрясений. При Верненском землетрясении 9 июня (29 мая) 1887 г. магнитуда (M) - 7,3, интенсивность в эпицентре (10) - 9 и более баллов (здесь и далее по тексту интенсивность указывается в баллах

описательной части сейсмической шкалы MSK-64), местное время-4 часа 35 мин., большая часть зданий города была разрушена или сильно повреждена, практически не осталось ни одного дома, который бы не пострадал хотя бы в малой степени. В отдельных районах города образовались разрывы в грунте. Местами ширина разрывов достигала 1 м при глубине до 5 м. На момент землетрясения в г. Верном и пригородных селениях по различным данным насчитывалось 1938 домов со стенами из сырцового кирпича и камня, 938 деревянных строений. При этом землетрясении в г. Верном и пригородных селениях погибло и было ранено около 800 человек. В то время в городе проживало около 30 тысяч человек [2]. В первый день после землетрясения ощутимые подземные толчки следовали с промежутком от 2 до 3 минут. К концу 1887 г. количество толчков достигло 250, а в следующем 1888 г. было отмечено около 150 повторных толчков.

Количество более слабых землетрясений с интенсивностью 5-7 баллов исчисляется десятками. На территории города выделены зоны возможного проявления тектонических разломов на земной поверхности, участки, расположенные на склонах с крутизной более 15% и сложенные рыхлыми водонасыщенными и просадочными грунтами или в зонах возможного прохождения селевых потоков. Согласно карте комплексного сейсмического микрорайонирования 1981 года территория города Алматы разделена на зоны с различной интенсивностью прогнозируемых сейсмических воздействий: зона I-8 баллов, зона II-9 баллов зона III-10 баллов. Ежегодно в Казахстане происходит, в среднем, 15-20 землетрясений интенсивностью до 3-4 баллов [3].

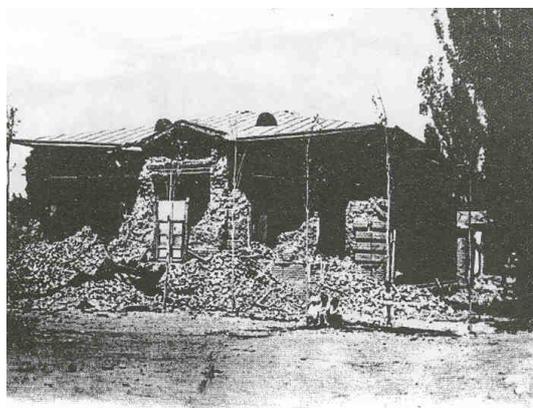
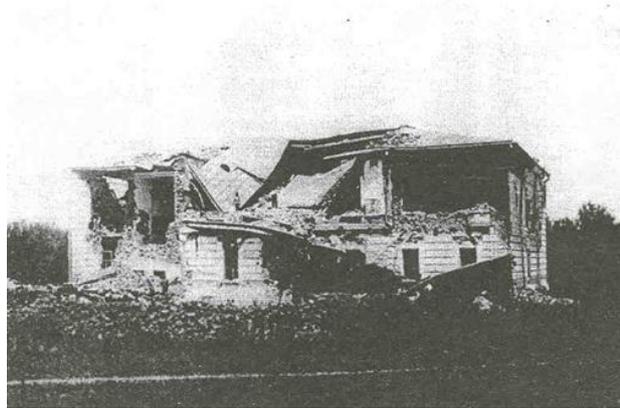


Рисунок 1 - Верненское землетрясение 1887 г. Рисунок 2 - Чиликское землетрясение 1889г.

**Общие положения.** В сейсмоопасных регионах Республики Казахстан и в г. Алматы в разное время проводились работы по экспертная оценка состояния существующей застройки. Экспертная оценка состояния зданий в сейсмоопасных районах Казахстана, выполненная в 1990 годах, показала, что, например, жилые здания общей площадью 16,5 млн. м<sup>2</sup> (19%) требовали сейсмоусиления; 10 млн. м<sup>2</sup> (12%) - подлежали сносу. В 2008 году под эгидой Японского Агентства Международного сотрудничества (JICA) было проведено выборочное обследование 320-и многоквартирных жилых домов,

расположенных в разных административных районах г. Алматы. Выполненное обследование показало, что не менее 30% существующих многоквартирных жилых домов являются не сейсмостойкими. Международный опыт показывает, что каждое разрушительное землетрясение приводит к изменению строительных норм в сторону ужесточения требований. В связи с наблюдаемым ужесточением требований норм перед исследователями и проектировщиками возникают проблемы, связанные с оценкой сейсмостойкости и сейсмобезопасности ранее возведенных объектов [4]. В то же время развертывание комплекса работ по подготовке городов к стихийным бедствиям сдерживается в настоящий период отсутствием сведений об объемах необходимых затрат на проведение защитных мероприятий различной значимости. Обоснованием этим затратам могут служить оценки ожидаемого ущерба и возможных проявлений землетрясений, выполняемых в виде прогнозов. При этом, прогнозирование последствий землетрясений должно стать промежуточным этапом между прогнозированием землетрясений и проведением защитных мероприятий, а за основу комплексной реализации прогнозов должна быть принята стратегия подготовки к единичным сильным землетрясениям [4].

**Цель работы** - определение необходимости реализации первоочередных мероприятий по учету сейсмического риска, предупреждению социально-экономических потерь, для обеспечения безопасности и повышения качества жизни населения, устойчивого социально-экономического развития; создание условий для устойчивого функционирования основных объектов социальной инфраструктуры, систем жизнеобеспечения и жилищного фонда г. Алматы;

достижение приемлемого уровня сейсмической безопасности зданий и сооружений г. Алматы; снижение возможного экономического, социального и экологического ущерба от сейсмических воздействий; создание паспортов обследования на сейсмостойкость объектов недвижимости (многоквартирных жилых домов и зданий школ, детских садов, больниц, поликлиник) г. Алматы;

создание карту риска с привязкой материалов паспортизации обследованных объектов г. Алматы.

**Задачи работы** - паспортизация объектов недвижимости города Алматы включает следующие этапы работ: визуальное обследование зданий г. Алматы в разрезе административных районов; создание электронного паспорта объектов недвижимости в ГИС программе с привязкой объектов к местной системе координат г. Алматы; выявление сейсмически уязвимых объектов, по отношению к которым должны быть в первую очередь разработаны меры по снижению сейсмического риска их дальнейшей эксплуатации до допустимого уровня; выявление наиболее сейсмоопасных объектов, требующих первоочередного сноса или усиления; разработка рекомендаций по дальнейшей эксплуатации, сейсмоусилению или сносу объекта; оценка ожидаемой степени повреждения зданий и сооружений в зависимости от их конструктивных решений, износа и сейсмовооруженности при максимальных сейсмических воздействиях; оценка экономического и социального ущерба от последствий

возможных землетрясений, оценка экономических затрат на сейсмоусиление по показателям степени повреждений зданий при возможных расчетных землетрясениях.

Международный опыт показывает, что каждое разрушительное землетрясение приводит к изменению строительных норм в сторону ужесточения требований. В связи с наблюдаемым ужесточением требований норм перед исследователями и проектировщиками возникают проблемы, связанные с оценкой сейсмостойкости и сейсμβезопасности ранее возведенных объектов. В 2017 году было проведено обследование 7027 объектов недвижимости г. Алматы, в том числе 6493 многоквартирных жилых домов и 534 социальных объектов (школ, детских садов, больниц, поликлиник). По результатам выполненных в 2017 году работ по паспортизации объектов недвижимости г. Алматы было выявлено: из общего числа обследованных зданий сейсмостойкими являются: школы – 190 из 323 (58,9%), детские сады – 129 из 246 (52,5%), больницы – 76 из 191 (39,8%), поликлиники – 69 из 89 (77,6%), многоквартирные жилые дома – 4147 из 6490 (62,5%). По строительному объему (общей площади) сейсмостойкими являются здания 73,6% школ, 62,1 % детских садов, 77,6% больниц, 91,5% поликлиник, 82,1% многоквартирных жилых домов. В 2018 году было проведено обследование 3169 объектов жилищно-гражданского назначения г. Алматы, в том числе 1683 многоквартирных жилых домов, 1486 гражданских и общественных зданий (административные здания, торговые центры, спортивные сооружения, здания школьных и дошкольных учреждений, санаторно-курортные здания, здания отдыха и туризма, поликлиники). Из общего числа обследованных зданий сейсмостойкими являются: школы – 80 из 96 (83,4%), детские сады – 84 из 104 (80,8%), медицинские, оздоровительные учреждения – 267 из 365 (73,2%), прочие здания (многофункциональные, административные, торговые развлекательные центры, магазины, спортивные и пр.) 778 из 922 (84,4%), многоквартирные жилые дома – 1662 из 1683 (98,8%). По строительному объему (общей площади) сейсмостойкими являются здания 81,5% детских садов, 91,2% школ, прочих зданий (многофункциональные, административные, торговые развлекательные центры, магазины, спортивные и пр.), 99,6% многоквартирных жилых домов. Паспортизация объектов недвижимости является актуальной задачей не только для г. Алматы, но и для всех населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных регионах Республики Казахстан. Результаты паспортизации позволяют выявить сейсмоопасные здания, назначить первоочередные объекты по их сейсмоусилению или сносу, определить объемы затрат на усиление сейсмоопасных зданий и сносу ветхого жилья.

Жилая многоэтажная застройка города Алматы, примерно, на 80% представлена кирпичными, каркасными, крупнопанельными и монолитными зданиями, возведенными по типовым и индивидуальным проектам. При выполнении работ по паспортизации было проведено визуальное обследование многоквартирных жилых домов (таблица 5.1). Многоквартирные жилые дома с

несущими кирпичными стенами высотой 2 и 3 этажа с деревянными балочными перекрытиями и с каркасно-камышитовыми стенами не отвечают современным требованиям сейсмостойкого строительства, по состоянию несущих конструкций относятся к ветхим зданиям и рекомендовались к сносу (таблица 5.2). При выполнении работ по паспортизации было проведено визуальное обследование гражданских и общественных зданий (таблица 5.3). Проведенный комплекс работ по визуальному обследованию гражданских и общественных зданий позволяют заключить следующее:

- Здания с несущими кирпичными стенами являются сейсмоопасными и рекомендуются к сносу. Усиление зданий этой группы возможно, но не рационально с экономической точки зрения.

- Рамные каркасы зданий поликлиник отвечают объемно-планировочным, конструктивным и расчетным требованиям норм, являются сейсмобезопасными и не требуют мероприятий по усилению.

- Рамные каркасы зданий детских садов, вследствие их повышенной ответственности, не отвечают конструктивным и расчетным требованиям норм и требуют проведения технического обследования с разработкой рекомендаций по их усилению.

- Рамные каркасы административных зданий отвечают объемно-планировочным, конструктивным и расчетным требованиям норм, являются сейсмобезопасными и не требуют мероприятий по усилению.

Таблиц 5.1. Оценка сейсмической уязвимости жилых домов разных конструктивных систем

№ п/п	Серия домов	Общее количество домов	Сейсмостойкие	Не сейсмостойкие
1	275	127	5448	2723
2	308	891		
3	ВП	574		
4	ВГ	238		
5	70С	18		
6	1Кз-464ДС	1287		
7	1Кз-464АС	501		
8	158	662		
9	Э-147	28		
10	69	144		
11	ИПдер	627		
12	ИПкар	1004		
13	ИПкир	589		
14	ИПмон	1420		
15	ИПжп	36		
16	ИПметал	12		
17	СЖКУ-9	13		
	Всего	8171		

Табл. 5.2. Ветхие жилые дома в разрезе административных районов г. Алматы.

	Административный район	Материал стен		Итого
		стены каркасно-камышитовые	стены из кирпичной кладки	
	Алмалы	5	189	194
	Ауэзов	24	7	31
	Бостандык	60	196	256
	Жетысу	90	26	116
	Медеу	9	52	61
	Турксиб	119	153	272
	Алатау	10	2	12
	Наурызбай	2	1	3
	Всего	319	626	945

Табл. 5.3. Оценка гражданских и общественных зданий в разрезе административных районов

Административные районы	Количество объектов	Сейсмостойкие	Не сейсмостойкие
Алатау	154	146	8
Алмалы	201	142	59
Ауэзов	224	167	57
Бостандык	330	266	64
Жетысу	118	72	46
Медеу	232	171	61
Наурызбай	139	119	20
Турксиб	88	46	42
ИТОГО	1486	1129	357

**Социальные объекты.** Здания школ, детских садов, больниц и поликлиник относятся к зданиям повышенной социальной ответственности. В составе объектов коммунальной собственности было проведено техническое обследование с выявлением сейсмостойкости и разработкой рекомендаций социальных объектов (зданий школ, детских садов, больниц и поликлиник) таблица 5.4.

Проведенный комплекс работ по визуальному и детальному обследованию, результаты расчетов зданий школ, детских садов, больниц и поликлиник позволяют заключить следующее:

1. Здания с несущими кирпичными стенами являются сейсмоопасными и рекомендуются к сносу. Усиление зданий этой группы возможно, но не рационально с экономической точки зрения.

2. Рамные каркасы зданий поликлиник отвечают объемно-планировочным, конструктивным требованиям норм, являются сейсμβезопасными и не требуют мероприятий по усилению.

3. Рамные каркасы зданий школ, детских садов, больниц, вследствие их повышенной ответственности, не отвечают конструктивным и расчетным требованиям норм и требуют антисейсмических мероприятий.

Табл. 5.4. Оценка сейсмической уязвимости социальных объектов г. Алматы.

№ п/п	Оценка сейсмической уязвимости	Административные районы								Всего
		Алатауский	Алмалинский	Ауэзовский	Бостандыкский	Жетысуский	Медеуский	Наурызбайский	Турксибский	
1	Больницы									
1.1	сейсмостойкое	1	8	8	18	2	14	17	9	77
1.2	не сейсмостойкое	1	17	23	21	1	26	1	19	114
	ИТОГО	2	25	31	41	3	41	18	30	191
2	Поликлиники									
2.1	сейсмостойкое	9	11	13	10	3	9	6	8	69
2.2	не сейсмостойкое	3	3	2	5	2		2	3	20
	ИТОГО	12	14	15	15	5	9	8	11	89
3	Детские сады									
3.1	сейсмостойкое	17	19	30	16	18	10	3	16	129
3.2	не сейсмостойкое	1	10	27	38	10	13		18	117
	ИТОГО	18	29	57	54	28	23	3	34	246
	Школы									
4.1	сейсмостойкое	18	29	25	44	20	23	5	26	190
4.2	не сейсмостойкое	25	8	23	15	9	25	13	15	133
	итого	43	37	48	59	29	48	18	41	323
	Всего	75	105	151	169	65	121	47	116	849

Табл. 5.5. Объекты расположенные в зонах проявления тектонических разломов.

Административные районы (код района)	Количество объектов		Объекты в зоне разлома	
	Всего объектов	Из них в зоне разлома	Сейсмостойкие	Не сейсмостойкие
Алатау (321)	155	4	4	-
Алмалы (311)	201	31	22	9
Ауэзов (312)	224	36	33	3
Бостандык (313)	329	39	35	4
Жетысу (314)	118	3	2	1
Медеу (315)	232	39	30	9
Наурызбай (322)	139	3	3	-
Турксиб (317)	88	-	-	-
ИТОГО	1486	155	129	26

5. Каркасные здания серии 2Кз-200С не соответствуют требованиям действующих норм и являются сейсмоопасными. Здания требуют детального обследования с расчетно-аналитической оценкой несущей способности конструкций и разработкой антисейсмических мероприятий.

Из обработанных объектов недвижимости в зонах проявления тектонических разломов расположены – 1227 объектов: 940 жилых домов, 32 больниц, 16 поликлиник, 36 детских садов/ясли, 48 школ, 155 гражданских и общественных зданий (таблица 5.5).

**Заключение.** Результаты паспортизации позволили выявить сейсмоопасные здания, назначить первоочередные объекты по их сейсмоусилению или сносу, определить объемы затрат на усиление сейсмоопасных зданий и снос ветхого жилья [5]. По полученным данным Паспортизации были откорректированы государственные программы (по сносу ветхих жилых домов) и ветхие жилые дома в г. Алматы сносятся и в место них строятся новые сейсмостойкие жилые дома. Был произведен пространственно-территориальный анализ полученных данных со схемой сейсмического микрорайонирования.

Составлена классификация строительных объектов на основе сейсмической шкалы MSK-64 (К). На основании результатов паспортизации были созданы электронные паспорта обследованных зданий с оценкой их сейсмической уязвимости. Дана оценка прямого экономического ущерба и социальных потерь при повреждении зданий от прогнозируемых землетрясений интенсивностью 7, 8, 9 и 10 баллов в городе Алматы, приведены методика расчета и экспертная оценка экономического ущерба и социальных потерь при повреждении обследованных зданий от прогнозируемых землетрясений различной интенсивности. По итогам паспортизации создана электронная база данных по сейсмической уязвимости зданий и сооружений г. Алматы, что позволит повысить надежность функционирования систем жизнеобеспечения, снизить ущерб наносимого зданиям и сооружениям и уменьшить потери населения от разрушительных землетрясений. Создана информационная модель городской застройки в программе ArcGIS «ArcScene». По итогам проделанных научно-исследовательских работ начата работа по созданию электронной карты сейсмического риска г. Алматы.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] СН РК 2.03-28-2004 «Шкала оценки интенсивности землетрясений MSK-64 (К)», Алматы 2004 г.
- [2] Таубаев А.С. «Аналитическая записка о сейсмическом режиме территории города Алматы и сейсмостойкости его застройки», г. Алматы, 2008 г.
- [3] СП РК 2.03-30-2017\* «Строительство в сейсмических зонах».
- [4] Уроки Луговского землетрясения 23 мая 2003 года в Казахстане. Программа Развития ООН в Казахстане, Алматы 2004.
- [5] Ашимбаев М.У., Шокбаров Е.М., Тулеев Т.Д., Алдахов С.Д., Таубаев А.С. «Рекомендации по проектированию, строительству и усилению жилых домов из местных строительных материалов (саман, шлакозоблоки) в сейсмических районах Казахстана» Алматы, 2008.

**Шокбаров Е.М., Кульбаев Б.Б.**

## **АЛМАТЫ ҚАЛАСЫНЫҢ ҚҰРЫЛЫСЫНДАҒЫ ҒИМАРАТТАР МЕН ҚҰРЫЛЫМДАРДЫ СЕРТИФИКАТТАУ**

**Андатпа:** Бұл мақалада сертификаттау бойынша атқарылған жұмыстар туралы ақпарат берілген: электронды төлқұжаттар жасау, визуалды тексеру, ғимараттардың күтілетін зақымдану дәрежесін бағалау, олардың сейсмикалық қауіпсіздігі бойынша ұсыныстар әзірлеу. Алматы қаласындағы тұрғын үйлер мен әлеуметтік нысандарды аттестаттау қорытындысы ұсынылды.

**Түйін сөздер:** жер сілкінісі, сертификаттау, зерттеу, сейсмикалық осалдықты сараптамалық бағалау.

**Shokbarov E.M., Kulbaev B.B.**

## **CERTIFICATION OF BUILDINGS AND STRUCTURES OF THE EXISTING DEVELOPMENT OF THE CITY OF ALMATY**

**Abstract:** This article provides information on the work done on certification: the creation of electronic passports, visual inspection, assessment of the expected degree of damage to buildings, development of recommendations for their seismic safety. The results of certification are presented here regarding residential buildings and social facilities in Almaty city.

**Keywords:** earthquake, certification, survey, expert assessment of seismic vulnerability.

**Kazuo Sasaki<sup>1</sup>, Yari Irei<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Challenge Co.,Ltd, Tokyo, Japan. E-mail:ksasaki@challengego.co.jp

<sup>2</sup>Challenge Co.,Ltd, Tokyo, Japan. E-mail:yari@challengego.co.jp

## **ADVANCED EEW FOR THE PEOPLE**

**ABSTRACT:** Many countries are constructing national wide observation network by lot of sensors. It needs a lot of money and long times to construct. So, It is not easy to complete observation network and issue alarm. In order to save people from earthquake damages quickly, we propose more easy and effective system, called earthquake sensor alarm system using EQG-III. This system can be constructed as a regional earthquake alarm system in a short time with low cost. As it can be used for evacuation drill, it is useful for enhancing disaster ability.

**Key words:** earthquake sensor alarm system, earthquake, evacuation drill, earthquake observations, earthquake theory, earthquake hazard, EEW

### **1. Introduction**

Recently, earthquakes are active around the world. In order to save people from earthquake damage, many countries are currently making earthquake observation networks. It takes a huge budget and a long time to complete the earthquake observation network of whole country. When an earthquake occurs, it is important to issue alarm to people as soon as possible to reduce damage. So, we propose to construct a regional sensor alarm network, rather than observation network of whole

country. EQG-III has a sensor inside. It detects P wave and issue alarm before S wave arrives. So, people can evacuate immediately.

Only observation network cannot save people. Only alarm may cause panic.

Alarm + evacuation drill saves people.

We have constructed earthquake sensor alarm systems and conducted evacuation drills in some countries.

## 2. Instructions

### 2.1 technical features of EQG-III

Built-in accelerometer (MEMS Sensor) of EQG-III detects P wave and issue alarm before arrival of S wave. EQG-III has specialized software to distinguish between earthquake and living noise generated close to EQG-III, which prevents from the issuing of erroneous alarm. In order to issue accurate alarm and prevent false alarms, we developed an algorithm that uses the following parameters to discriminate seismic events from noise.

1. Predominant frequency
  2. Time duration in peak amplitudes become larger than a threshold level
  3. Number of zero crossings
  4. Seismic intensity in JMA scale
- Specification of EQG-III is as follows Figure 1.

### Specifications

Item	EQGuard III	Transmit method	TIPv4, 100BASE-TX
Display	PC display	Operational switches	Test switchx2, Reset switch, Settings-clearing switch
Noise level	0.1 gal	Power	DC5V
ETA	PC display at -99 to 999sec per sec display	Exterior(mm)	188.7x160x50.5
Warning display	LED flash display	Weight(g)	Approx.1k g
Audio/Video output	Line output, Headphone output, Volume adjust	Environment	Temp.-10degC~+50degC, no fogging
Warning output	Loop output 6circuits	Facilities	Indoors, Power adapter

Figure 1: Specifications of EQG-III

### 2.2 Services of EQG-III

1) Alarm It detects initial small vibration (P wave) and issue alarm immediately before big shaking (S wave) arrives. So, people can evacuate before strong shaking starts. EQG-III can issue alarm in 11 languages.

2) Display Real-time display of the seismic intensity of each observation point on the map.

3) Control signal to equipment Control signals of EQG-III can be issued to shut down chemical plants, nuclear facilities, trains etc. beforehand. Figure 2 shows the system image.

4) Regional earthquake alarm system EQG-III can work as a standalone, and also we can construct a regional earthquake alarm system by making network of EQG-III. If we install EQG-III near the supposed epicenter and connect the server by internet,

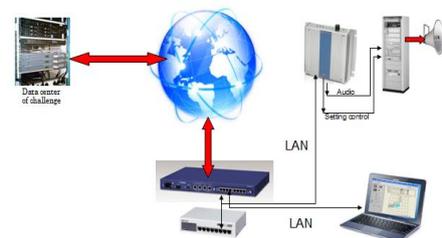


Figure 2: the system configuration of EQG-III

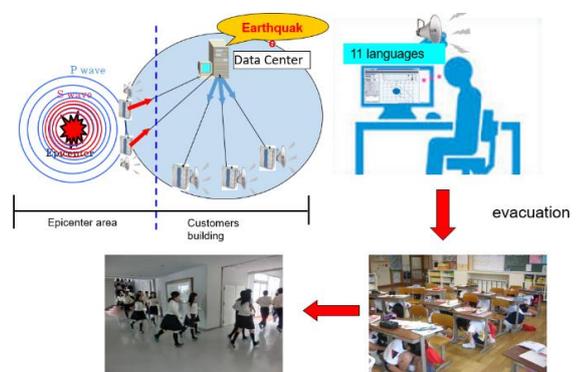


Figure 3: Regional earthquake alarm system of EQG-III

EQG-III near the epicenter detects P wave at first and send this data to data center. Using these data, Data center calculate epicenter location, magnitude immediately and send this information to all EQG-III and issue alarm. This system works without nation-wide dense seismometer Network. (Figure3). If we have 5seconds for evacuation, 80% of death could be prevented, if trained well. Evacuation drills is very important [3].

2.3 Implementation example in Romania  
EQG-III has been installed at School, Company, Factory (YAMAHA, TOTO, ROHM) etc in JAPAN. No. of our customers are more than 1000. It has also been installed in countries with advanced disaster management.

- 1) Construction of a regional earthquake alarm system in Romania. We have installed 9 set EQG-III of school at Bucharest, Buzao, Focsani, Ramnicu in Romania last September (Figure 4).
- 2) Observation and analysis 2018-10-28 00:38:11 (UTC) 9:38:11 (JAPAN) the earthquake happened at SE of Comandau, Romania. The magnitude is 5.5(USGS).

All of the EQG-III detects the wave of earthquake and send it to data center. For example, One of EQG-III (MHH0005914): Installation location of EQG-III: iceulTeoretic Alexandrumarghiloman \_buzau. Distance from Epicenter: 164.6Km  
EQG-III detected P wave 24seconds after earthquake happened and the max intensity is 3.57(Japan). The real-time data of EQG-III is shown in Figure5. And its detective P wave before 17 seconds from S wave. In this time, all of the EQG-III detected P wave before 13~18 seconds from arrival of S wave. Also, we decided the Hypocenter information by using EQG-III's data at server. The waveform of EQG-III is shown in Figure 6.

Calculation result is as follows.

Date	H	Min	Org. (sec)	Latitude	Longitude	Depth(km)	Intensity	Mag
20181028	9	38	10.9	45.652	26.345	167.0	6.2	
STN	Dis(km)	depObs	Est					
MHH0005829	67.81	167.00	3.52	3.13				

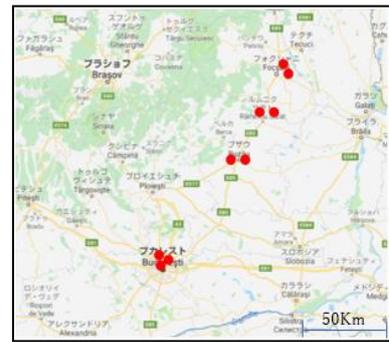


Figure 4: Location of EQG-III

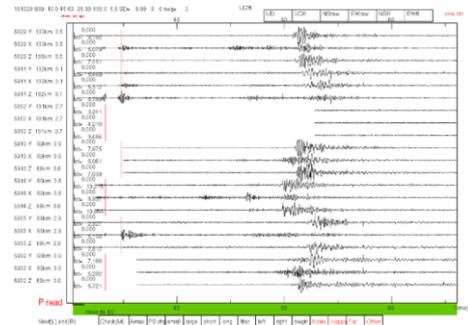


Figure 5: The data of EQG-III in data center

MHH0005914	181028	93835400	2314.83	0.45	0.45	10.1	24.0
MHH0005914	181028	93835704	2314.83	0.52	0.45	10.2	21.6
MHH0005914	181028	9383648	2314.83	0.67	0.67	10.2	21.6
MHH0005914	181028	93836356	2314.83	0.67	0.67	10.2	21.6
MHH0005914	181028	93841924	2314.83	0.69	0.91	10.2	21.6
MHH0005914	181028	93845344	2314.83	0.69	1.18	10.2	21.6
MHH0005914	181028	93849764	2314.83	0.69	1.65	10.2	21.6
MHH0005914	181028	93852576	2314.83	0.69	1.97	10.2	21.6
MHH0005914	181028	93852880	2314.83	0.69	2.63	10.2	21.6
MHH0005914	181028	93853188	2314.83	0.69	2.85	10.2	21.6
MHH0005914	181028	93853456	2314.83	0.69	3.57	10.2	21.6

Sensor Serial ID	Detection time (YY/MM/DD HH:MM:SS)	Time of P-wave (sec)	Real-time seismic intensity	Amplitude ratios of P-wave before and after	Average frequency
MHH0005914	2018/10/28 00:38:400	2314.83	0.45	1.01	24.1
MHH0005914	2018/10/28 00:38:704	2314.83	0.52	1.02	21.6
MHH0005914	2018/10/28 00:38:048	2314.83	0.67	1.02	21.6
MHH0005914	2018/10/28 00:38:356	2314.83	0.67	1.02	21.6
MHH0005914	2018/10/28 00:38:41924	2314.83	0.69	1.02	21.6
MHH0005914	2018/10/28 00:38:45344	2314.83	1.18	1.02	21.6
MHH0005914	2018/10/28 00:38:49764	2314.83	1.65	1.02	21.6
MHH0005914	2018/10/28 00:38:52576	2314.83	1.97	1.02	21.6
MHH0005914	2018/10/28 00:38:52880	2314.83	2.63	1.02	21.6
MHH0005914	2018/10/28 00:38:53188	2314.83	2.85	1.02	21.6
MHH0005914	2018/10/28 00:38:53456	2314.83	3.57	1.02	21.6

Figure 6: The wave form of EQG-III in data center

MHH0005865 65.06 167.00 2.89 3.13  
 MHH0005911 65.53 167.00 3.06 3.13  
 MHH0005913 134.08 167.00 3.57 2.88  
 MHH0005914 67.93 167.00 3.57 3.13

Hypocenter parameters by USGS

20181028 938 10.0 45.63 26.30 151.30 5.50

Computed hypocenter location and list of estimated shaking intensity of JMA definition.

Obs: Observed JMA intensity,

Est: Estimated intensity from hypocenter location and intensity magnitude.

Hypocenter and magnitude was calculated by the use of P wave arrival times and shaking intensity measured within 4 sec from P wave arrival, which was sent from stations of EQ-III and stored on the disk of data center of Challenge Co., Ltd. Epicenter location was same as USGS's. About magnitude, there is little bit difference in the definition between Shaking intensity magnitude and Richter magnitude.

### 3. Connecting to mobile APP Server

We developed the connection soft to Mobile APP server by using UDP. If earthquake occur, the EQG-III detected the wave and send challenge sever. Challenge server receives the earthquake wave from each EQG-III sensor and immediately decide the epicenter and send to mobile APP server.

#### 3.1 System image

The system image shows Figure 10. We setup 6 EQG-III sensor and two earthquake servers for test. And we setup 3 sensor and one server to Kazakhstan, also another 3sensor, one server setup to Kyrgyzstan. The image of system is shown in Figure 7.

#### 3.2 Role of each server

##### 1. Kazakhstan server:

- Receive the data measured from the seismograph (EQG-III)
- Decides the epicenter information (Longitude, latitude ,Magnitude)
- Calculation the arriver time to Kyrgyzstan
- Save the epicenter information and arrive time to the specified folder
- Send the epicenter information and arrive time to mobile APP server IP by use UDP.

##### 2. Kyrgyzstan server:

- Receive the data measured from the seismograph (Eqduard)
- Decides the epicenter information(Longitude, latitude ,Magnitude)
- Calculation the arriver time to Kazakhstan
- Save the epicenter information and arrive time to the specified folder
- Send the epicenter information and arrive time to mobile APP server IP by use UDP

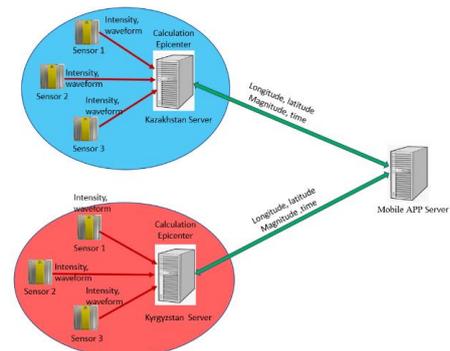


Figure 7: Theimage of system

### 3. Mobile APP server:

- Receive the epicenter information and arrive time from Kazakhstan Server
- Receive the epicenter information and arrive time from Kyrgyzstan Server

### 4. Result

We make shaking to 3 EQG-III sensor which setup to Kazakhstan. And it is confirmed the epicenter information did show on webpage of mobile APP server. and We make shaking to 3 EQG-III sensor which setup to Kyrgyzstan. And it is confirmed the epicenter information did show on webpage of mobile APP server. The display of test is shown in Figure 8.

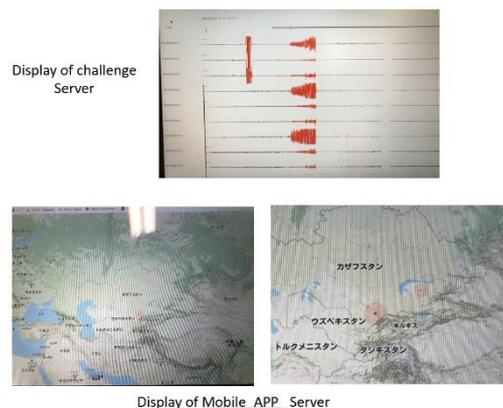


Figure 8: The display of system

## 4. CONCLUSIONS

Many countries are trying to construct nationwide observation shown. However, it takes long time such as 10 years, 20years. Earthquakes may occur anytime. We do not have much time. Most important matter is not only observation of earthquake, but also issuing alarm and evacuation drill. So, it's necessary to construct regional alarm system quickly and implement evacuation drills in order to save people.

Alarm + Evacuation drill save people.

Time has come to save people by using alarm and conducting evacuation drill all over the world. Also, we developed connection soft to Mobile APP server and send the epicentre information to Mobile APP server, and we confirmed to the earthquake information is displayed on Mobile APP.

## REFERENCES

- [1] Report on the implementation of the Project for the Implementation of the Project for Earthquake Disaster Mitigation in Romania, [http://open\\_jicareport.jica.go.jp/pdf/11766540\\_01.pdf](http://open_jicareport.jica.go.jp/pdf/11766540_01.pdf)
- [2] K. Meguro, Y. Fujinawa, N. Kawakami, Nishino, Impact on society by the introduction of earthquake early warning
- [3] T. Dragos, C. Carmen, T. Alexandru, Advances in the rapid loss estimation of damage generated by earthquakes in Romania, National Institute for Earth Physics, Romania
- [4] [https://www.researchgate.net/figure/Seismic-hazard-map-of-Romania-for-the-PGA-corresponding-to-an-exceedance-probability-of\\_fig17\\_287995416](https://www.researchgate.net/figure/Seismic-hazard-map-of-Romania-for-the-PGA-corresponding-to-an-exceedance-probability-of_fig17_287995416)

**Kazuo Sasaki, Yari Irei**

## ОЗЫҚ ҮЛГІДЕГІ ТИІМДІ ЖҮЙЕ ЕЕВ

**Андатпа:** көптеген елдер сенсорлары көп жалпыұлттық бақылау желісін құруда. Оны салу үшін көп ақша мен көп уақыт қажет. Осылайша, бақылау желісін аяқтау және дабыл беру оңай емес. Адамдарды жер сілкінісінен тез құтқару үшін біз eqg-III көмегімен

жер сілкінісі сенсоры бар дабыл жүйесі деп аталатын қарапайым және тиімді жүйені ұсынамыз. Бұл жүйені қысқа мерзімде аз шығындармен аймақтық жер сілкінісі дабылы жүйесі ретінде құруға болады. Оны эвакуациялық жаттығулар үшін қолдануға болатындықтан, апаттарға қабілеттілікті арттыру пайдалы.

**Түйін сөздер:** жер сілкінісі сенсоры бар дабыл жүйесі, жер сілкінісі, эвакуациялық жаттығулар, жер сілкінісін бақылау, жер сілкінісі теориясы, жер сілкінісі қаупі, EEW

**Kazuo Sasaki, Yari Irei**

## **ПЕРЕДОВАЯ СИСТЕМА РАННЕГО ОПОВЕЩЕНИЯ О ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ**

**Аннотация:** Многие страны строят общенациональную сеть наблюдений с большим количеством датчиков. На ее строительство требуется много денег и много времени. Таким образом, непросто завершить сеть наблюдения и подать сигнал тревоги. Чтобы быстро спасти людей от разрушений от землетрясения, мы предлагаем более простую и эффективную систему, называемую системой оповещения сейсмическим датчиком, использующий EQG-III. Эта система может быть сконструирована как региональная система оповещения о землетрясениях за короткое время с низкими затратами. Поскольку ее можно использовать для учений по эвакуации, она полезна для повышения устойчивости к стихийным бедствиям.

**Ключевые слова:** система оповещения сейсмическим датчиком, землетрясение, учения по эвакуации, наблюдения за землетрясениями, теория землетрясений, опасность землетрясений, СРО.

УДК 550.34

**Копничев Ю.Ф.<sup>1</sup>, Соколова И.Н.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>д.ф.м.н., профессор, гнс, Институт физики Земли РАН, Москва, Россия

<sup>2</sup>д.ф.м.н., внс, филиал “Институт геофизических исследований” НЯЦ РК,  
Курчатов, Казахстан

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МЕСТ И МАГНИТУД СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПО КОЛЬЦЕВЫМ СТРУКТУРАМ СЕЙСМИЧНОСТИ**

**Аннотация.** Кратко описана методика выделения кольцевых структур сейсмичности, формирующихся в литосфере перед сильными землетрясениями. Показано, что такая структура в районе Восточного Тянь-Шаня была выделена в статье, опубликованной в 2012 г. Через 4 года здесь произошло землетрясение с  $M_w=6.0$ . Две кольцевые структуры на глубинах 0-33 и 34-70 км проявились за год до сильнейшего Чигникского землетрясения 29.07.2021 г. в районе Аляски ( $M_w=8.2$ ). Выделенная в районе Северного Тянь-Шаня кольцевая структура дает основание предполагать, что здесь может готовиться событие с  $M_w\sim 7$ .

**Ключевые слова:** кольцевые структуры сейсмичности, сильное землетрясение, прогноз землетрясений

За последние 10-15 лет накоплен большой объем данных, свидетельствующих о формировании кольцевых структур сейсмичности перед сильными землетрясениями в различных районах земного шара [1-7]. При этом параметры таких структур существенно зависят от магнитуд главных событий. Это позволяет использовать такие данные для прогнозирования мест, в которых могут готовиться сильные землетрясения, а также оценки их энергии. В настоящей работе описываются некоторые результаты таких исследований.

Данные. Рассматривались характеристики сейсмичности начиная с 1973 г. (из каталогов NEIC Геологической службы США).

Методика подробно описана в ряде работ [2,5-7]. Здесь мы кратко остановимся на основных ее элементах.

1. Для континентальных районов рассматриваются данные о сейсмичности в диапазоне глубин 0-33 км, а для зон субдукции, как правило, в двух диапазонах: 0-33 и 34-70 км.

2. Для каждого диапазона проводится перебор пороговых значений магнитуд (соответственно  $M_{p1}$  и  $M_{p2}$  для указанных диапазонов глубин). При этом выбираются наибольшие величины  $M_{p1}$  и  $M_{p2}$ , для которых четко проявляются кольцевые структуры.

3. Определяются длины больших осей кольцевых структур (соответственно  $L$  и  $l$ ).

4. Предварительно находятся корреляционные зависимости величин  $M_{p1}$ ,  $M_{p2}$ ,  $L$  и  $l$  от магнитуд главных землетрясений  $M_w$  в рассматриваемом регионе. На основании указанных зависимостей находятся оценки среднего значения и стандартного отклонения величины  $M_w$  для прогнозируемого сильного землетрясения.

5. Необходимо не реже, чем раз в полгода контролировать сейсмичность, поскольку известны случаи резкого изменения параметров кольцевых структур за короткие отрезки времени.

Анализ данных и обсуждение. На рис.1а представлены элементы неглубокой сейсмичности в районе Восточного Тянь-Шаня (по данным до 01.10.2010 г. [1,4]). В данном случае выделяется субширотная кольцевая структура ( $M_{p1}=4.0$ ,  $L\sim 80$  км). Рядом со структурой находится эпицентр сильного землетрясения 08.12.2016 г. ( $M_w=6.0$ ). Рис.1б иллюстрирует, как изменились характеристики сейсмичности перед этим событием. Видно, что выделяется кольцо сейсмичности с несколько меньшими величинами  $M_{p1}$  (3.9) и  $L$  ( $\sim 75$  км). Эпицентр землетрясения 08.12.2016 г. снова находится на небольшом расстоянии от кольцевой структуры. Таким образом, оправдался прогноз места события с  $M_w=6.0$ , который был сделан за 4 года до него.

На рис.2а показаны элементы неглубокой сейсмичности в районе Юго-Западной Аляски. К 22.10.2020 г., после сильного Симеоновского землетрясения 22.07.2020 г. ( $M_w=7.8$ ,  $h=28$  км) здесь сформировалась крупная кольцевая структура ( $M_{p1}=5.0$ ,  $L\sim 210$  км), вытянутая вдоль глубоководного желоба. Кроме того, к северу от нее образовалась также глубокая структура ( $M_{p1}=4.9$ ,  $l\sim 110$  км, см. рис.2б).

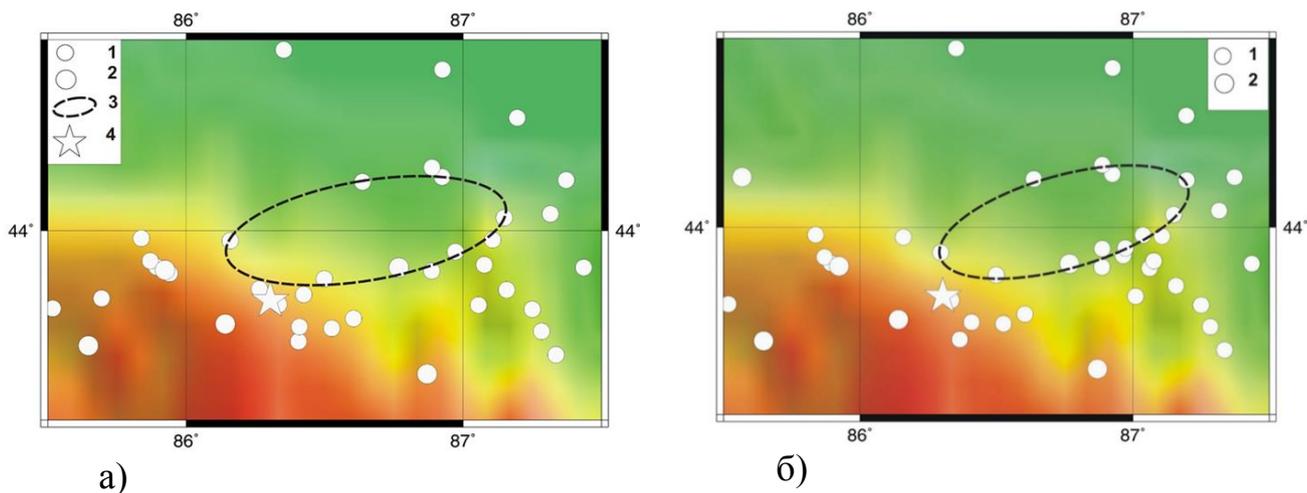


Рис.1. Кольцевые структуры сейсмичности в районе Восточного Тянь-Шаня: а) сформировавшаяся до 01.10.2010, 1 -  $5.0 > M \geq 4.0$ , 2 -  $M \geq 5.0$ . 3 – кольцевая структура, 4 – эпицентр землетрясения 08.12.2016 г. ( $M_w=6.0$ ); б) сформировавшаяся до 07.12.2016.

По характеристикам этих структур в работе [6] был сделан прогноз места и магнитуды сильного землетрясения, которое могло готовиться в данной области. Указанная работа была принята к публикации до 29.07.2021, когда произошло сильнейшее Чигникское землетрясение, эпицентр которого располагался вблизи кольцевых структур ( $M_w=8.2$ ,  $h=35$  км). В работе [7] показано, что мелкая кольцевая структура, представленная на рис.2а, практически не изменилась до 29.07.2021 г. Аналогичный вывод сделан и относительно глубокой структуры [7]. По параметрам кольцевых структур и корреляционным зависимостям величин  $M_{p1}$ ,  $M_{p2}$ ,  $L$  и  $l$  от магнитуд главных событий для востока Тихого океана [5] была получена оценка магнитуды сильного землетрясения, которое могло готовиться в районе Юго-Западной Аляски после 22.10.2020 г. ( $M_w=8.2 \pm 0.2$ ). Отсюда следует, что прогноз места и магнитуды Чигникского землетрясения, представленный в работе [6], также успешно оправдался.

Рис.3 иллюстрирует элементы неглубокой сейсмичности, проявившейся в районе Северного Тянь-Шаня до 01.01.2022 г. Здесь в 1973-2017 гг. проявилась довольно крупная кольцевая структура, вытянутая в запад-северо-западном направлении ( $M_{p1}=4.4$ ,  $L \sim 100$  км). Используя корреляционные зависимости параметров  $M_{p1}(M_w)$  и  $L(M_w)$ , полученные для сильных внутриконтинентальных землетрясений с механизмами типа взброса и взбрососдвига [2], преобладающими в районе Северного Тянь-Шаня, мы получили оценку магнитуды события, которое может готовиться в области кольцевой структуры:  $M_w=7.1 \pm 0.2$ . Отметим, что в области, расположенной между  $74.5$  и  $76.0^\circ$  Е не было зарегистрировано столь сильных землетрясений, вероятно, начиная с XV-го века [8]. Полученные ранее данные свидетельствуют о том, что формирование кольцевых структур связано с миграцией глубинных флюидов [2,5].

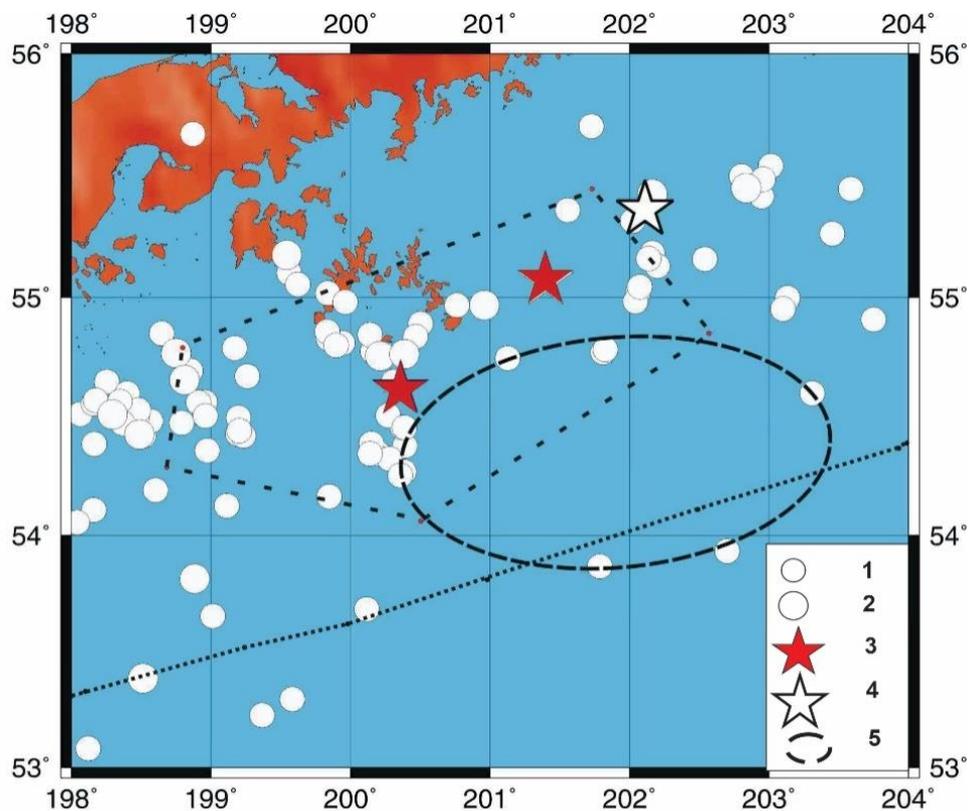


Рис.2а. Неглубокая кольцевая структура сейсмичности, сформировавшаяся перед Чигникским землетрясением 29.07.2021 г. 1 –  $M=5.0-5.9$ , 2 –  $M=6.0-6.9$ , 3 –  $M=7.6-7.8$ , 4 –  $M=8.2$ , 5 – мелкое кольцо.

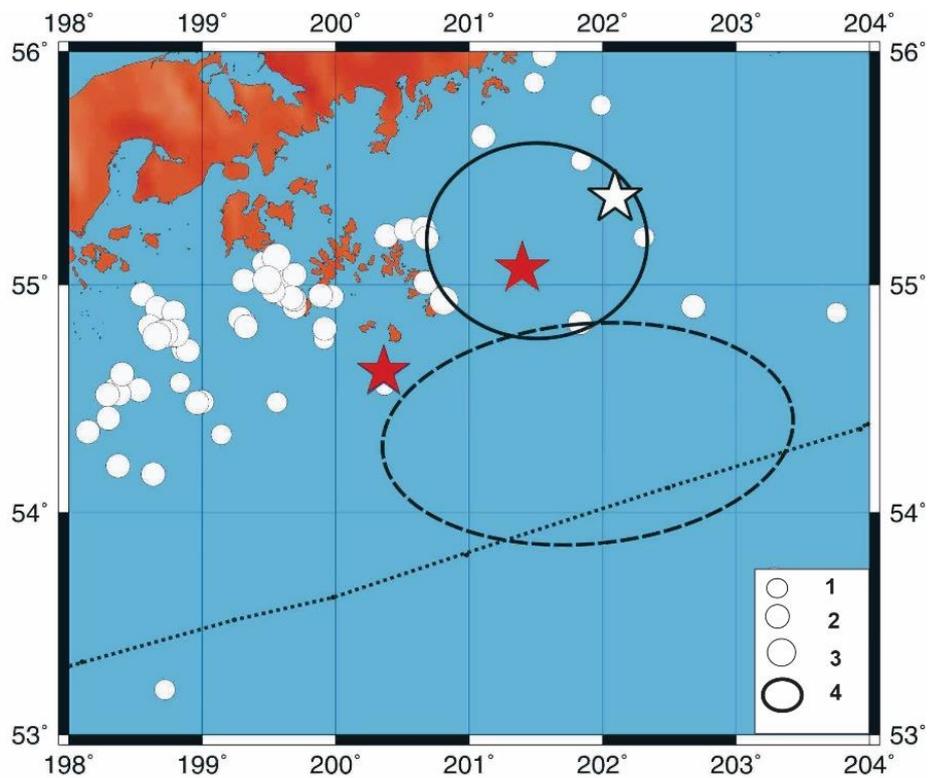


Рис.2б. Глубокая кольцевая структура сейсмичности, сформировавшаяся перед Чигникским землетрясением 29.07.2021 г. 1 –  $M=4.9$ , 2 –  $M=5.0-5.9$ , 3 –  $M=6.0-6.9$ , 4 – глубокое кольцо.

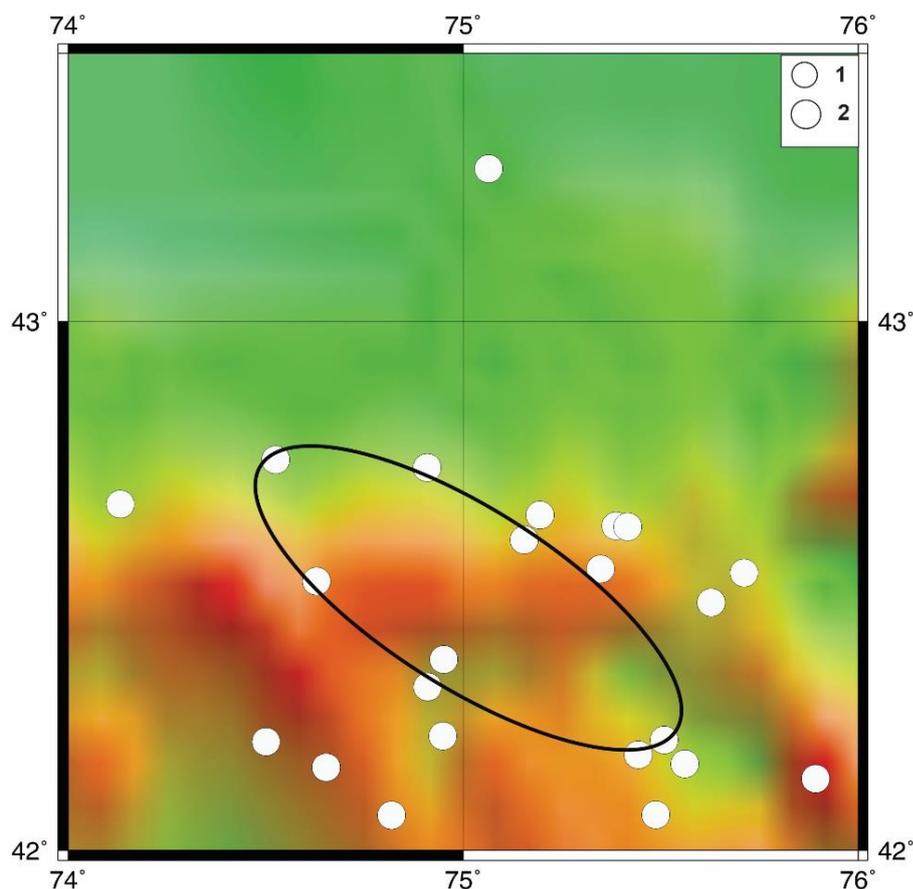


Рис.3. Кольцевая структура сейсмичности, сформировавшаяся в районе Северного Тянь-Шаня до 01.01.2022 г. 1 –  $M=4.4-4.9$ , 2 –  $M=5.0-5.9$ .

Заключение. Таким образом, приведены примеры, свидетельствующие о перспективности использования методик, связанных с анализом кольцевых структур сейсмичности, для прогнозирования мест и магнитуд сильных землетрясений в различных районах земного шара. Наибольший интерес представляет оправдавшийся прогноз места и магнитуды Чигникского землетрясения. Выделение кольцевой структуры в районе Северного Тянь-Шаня позволяет предполагать возможность подготовки здесь сильного землетрясения с  $M_w \sim 7$  [2].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Копничев Ю.Ф., Соколова И.Н. Неоднородности поля поглощения поперечных волн в литосфере Восточного Тянь-Шаня и их связь с сейсмичностью// Докл. РАН. 2012. Т. 442. № 6. С.821-824.
2. Копничев Ю.Ф., Соколова И.Н. Кольцевые структуры сейсмичности, формирующиеся в континентальных районах перед сильными землетрясениями с различными механизмами очагов // Геофизические исследования. 2013. Т. 14, № 1. С. 5–15.
3. Копничев Ю.Ф., Соколова И.Н. Кольцевые структуры сейсмичности в районе Северного Чили и успешный прогноз места и магнитуды землетрясения Икике 01.04.2014 г. //Вестник НЯЦ РК. 2015. Вып. 4. С. 153-159.
4. Копничев Ю.Ф., Соколова И.Н. Анализ кольцевых структур сейсмичности в литосфере Восточного Тянь-Шаня: возможная подготовка сильных землетрясений// Вестник КазНИИСА. 2017. № 1. С.16-31.

5. Копничев Ю.Ф., Соколова И.Н. Кольцевые структуры сейсмичности, формирующиеся перед сильными и сильнейшими землетрясениями на западе и востоке Тихого океана// Геофизические процессы и биосфера. 2018. Т. 17. № 1. С.109-124.

6. Копничев Ю.Ф., Соколова И.Н. Кольцевые структуры сейсмичности, сформировавшиеся в районе Аляски: оправдавшийся прогноз места и магнитуды Симеоновского землетрясения 22 июля 2020 г. ( $M_w=7.8$ )// Российский сейсмологический журнал. 2021. Т. 3. № 3. С. 50-60.

7. Копничев Ю.Ф., Соколова И.Н. Кольцевые структуры сейсмичности в районе Юго-Западной Аляски: оправдавшийся прогноз места и магнитуды Чигникского землетрясения 29.07.2021 г. ( $M_w=8.2$ )// Геофизические процессы и биосфера. 2022. Т.21.№ 1.

8. Кондорская Н.В., Шебалин Н.В. (ред.). Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. М.: Наука. 1977. 536 с.

**Копничев Ю.Ф.<sup>1</sup>, Соколова И.Н.<sup>2</sup>**

### **СЕЙСМИКАЛЫЛЫҚТЫҢ САҚИНАЛЫ ҚҰРЫЛЫМДАРЫ БОЙЫНША КҮШТІ ЖЕР СІЛКІНІСТЕРІНІҢ ОРЫНДАРЫН БОЛЖАУ ЖӘНЕ МАГНИТУДАСЫ**

**Андатпа:** Күшті жер сілкіністеріне дейін литосферада пайда болатын сақиналы сейсмикалық құрылымдарды оқшаулау әдісі қысқаша сипатталған. Шығыс Тянь-Шань аймағындағы мұндай құрылым 2012 жылы жарияланған мақалада көрсетілген, 4 жылдан кейін мұнда  $MW=6.0$  жер сілкінісі болды. 0-33 және 34-70 км тереңдіктегі екі сақина құрылымы Аляска аймағында 29.07.2021 жылғы ең күшті Чашник жер сілкінісінен бір жыл бұрын пайда болды ( $MW=8.2$ ). Солтүстік Тянь-Шань аймағында бөлінген сақиналық құрылым мұнда  $MW\sim 7$  оқиғасы дайындалуы мүмкін деп болжауға негіз береді.

**Түйін сөздер:** сейсмикалық сақиналық құрылымдар, күшті жер сілкінісі, жер сілкінісін болжау.

**Kopnichev Yu.F., Sokolova I.N.**

### **PREDICTION OF THE LOCATIONS AND MAGNITUDES OF STRONG EARTHQUAKES BY RING STRUCTURES OF SEISMICITY**

**Abstract:** A technique for identifying ring structures of seismicity that form in the lithosphere before strong earthquakes is briefly described. It is shown that such a structure in the Eastern Tien Shan region was identified in an article published in 2012. Four years later, an earthquake with  $M_w=6.0$  occurred there. Two ring structures at depths of 0-33 and 34-70 km appeared a year before the strongest Chignik earthquake on July 29, 2021 in the Alaska region ( $M_w=8.2$ ). The ring structure identified in the Northern Tien Shan gives grounds to assume that an event with  $M_w\sim 7$  can be prepared in this place.

**Key words:** ring structures of seismicity, strong earthquake, earthquake forecasting.

УДК: 550.341

**Шайторов В.Н.<sup>1</sup>, Жолдыбаев А.К.<sup>1</sup>, Кушербаева Н.Н.<sup>1</sup>, Шульга М.В.<sup>1</sup>,  
Ахметов Е.М.<sup>2</sup>, Асемов К.М.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>филиал «Институт геофизических исследований» РГП НЯЦ РК,

<sup>2</sup>РГП «Национальный центр по комплексной переработке  
минерального сырья РК»

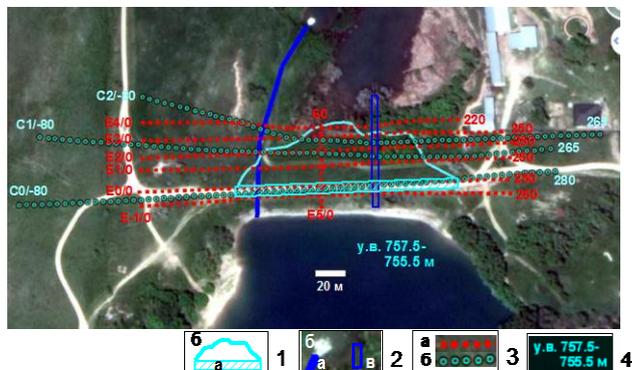
## ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ МЕСТ ФИЛЬТРАЦИИ ВОДЫ В ПЛОТИНАХ С ЦЕЛЬЮ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

**Аннотация:** Представлены результаты совершенствования технологии выявления и трассирования зон фильтрации воды в плотинах по геофизическим данным. На примере плотины К-25 в Алматинской области показана пространственная связь пониженных значений скорости упругих волн с зонами аномально повышенной дисперсии поля ЕП, в совокупности являющиеся диагностическим признаком зон фильтрации воды в плотине.

**Ключевые слова:** безопасность плотин, геофизические методы, зоны повышенной фильтрации.

Одним из важнейшим факторов, снижающим устойчивость, особенно грунтовых плотин, является наличие в них участков сосредоточенной фильтрации воды, в которых наиболее вероятны суффозийные процессы с выносом глинистого материала. В традиционно используемых технологиях обследования и мониторинга ГТС [1, 2, 3], фильтрационная обстановка контролируется, как правило, по данным наблюдений в пьезометрах, скважинах и визуально. Как свидетельствуют продолжающиеся разрушения плотин, получаемых таким образом данных недостаточно для объективной оценки состояния таких объектов, в том числе и фильтрационной обстановки в них. Получение более детальных сведений сопряжено с бурением дополнительных наблюдательных скважин, разрушающих целостность тела плотины, что в целом не решает проблемы. Перспективность применения геофизических методов при обследовании плотин, подтверждается многими исследованиями [4, 5, 6, 7]. При этом диагностическим признаком фильтрационных процессов выступает наличие зон с пониженным электрическим сопротивлением, сопровождаемых отрицательными аномалиями естественного поля (ЕП). Однако, зависимость электрического сопротивления не только от степени водонасыщения, но и от вещественного состава грунтов [7], а формирование в поле ЕП аномальных эффектов диффузионно-адсорбционных потенциалов, связанных с различиями в пористости грунтов и минерализации поровой жидкости [7, 8] обуславливают неоднозначность интерпретации получаемых электроразведочных данных. Актуальность задачи выявления фильтрационных процессов в плотинах и недостаточная эффективность применяемых с этой целью геофизических комплексов определили целесообразность постановки исследований по их совершенствованию на примере плотины К-25 в Алматинской области. Отличительной особенностью проведенных исследований являлось, что для повышения достоверности данных по зонам фильтрации использован параметр дисперсии поля ЕП, наблюдаемого при различных уровнях воды в водохранилище. По данным сейсморазведки осуществлялась увязка аномальных эффектов ЕП со структурно-вещественными неоднородностями разреза.

**Результаты.** Фактурной основой для решения поставленных задач послужили данные трёхкратных площадных наблюдений поля естественного электрического потенциала при различных уровнях воды в водохранилище и однократной сейсмической съёмки методом КМПВ-МРВ по линиям опорных профилей (рисунок 1).



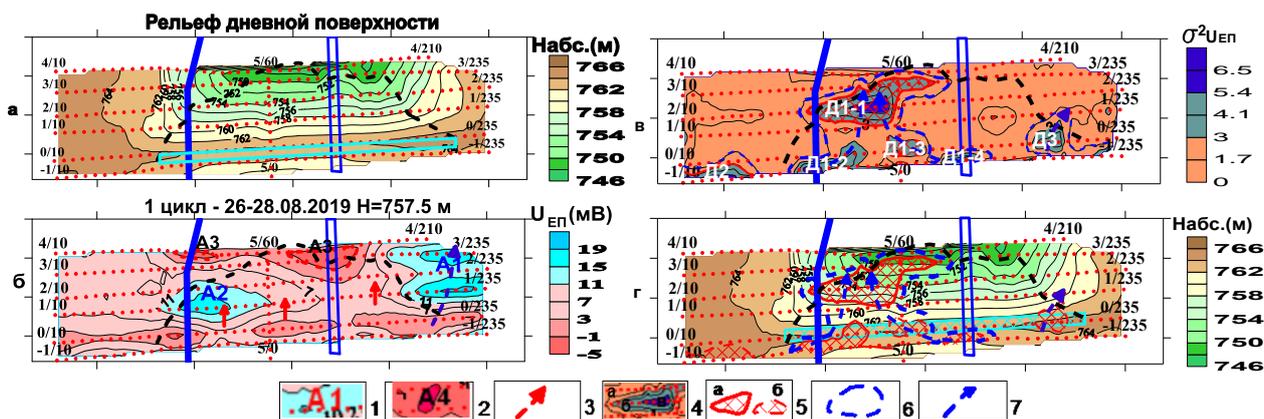
1 – гребень (а) и контур насыпного тела плотины (б) в нижнем бьефе; 2 – водовыпуски: рабочий (а) с местом сброса воды (б) и аварийный (в); 3 – профили электроразведочных съёмок методами естественного электрического поля ЕП (а) и сейсморазведки КМПВ-МРВ (б); 4 – изменение уровня воды в водохранилище в период проведения электроразведочных съёмок.

Рисунок 1 – Схема обработки плотины К-25 геофизическими методами в 2019 году при различных уровнях воды в водохранилище

Основной закономерностью распределения поля потенциала (рисунок 2 б) является наличие контрастных зон повышенных значений этого параметра А1 – в северо-восточной части исследованной площади области и А2 – прилегающей к рабочему трубопроводу, по которому осуществляется постоянный сброс воды А1. Предположена их связь с локальными потоками фильтрации. Ряд зон А3 с аномально пониженными значениями  $U_{EP}$  приурочен к створам действующего и аварийного водовыпусков, расположенных в этой части площади практически на дневной поверхности. Учитывая это обстоятельство, наиболее вероятна окислительно-восстановительная природа этих зон.

Данные по распределению дисперсии  $\sigma^2 U_{EP}$  по всему планшету приведены на рисунке 1-в. Как видно из этого рисунка, наиболее контрастные повышения дисперсии установлены в пространстве между водовыпусками. Среди них наиболее интенсивной представляется аномалия Д1-1, простирающаяся по северо-западной границе насыпного тела плотины вплоть до её основания. Эта зона проинтерпретирована как характеризующая область максимальных проявлений фильтрационных процессов в плотине. В пространстве между трубопроводами также имеют место аномальные зоны Д1-2, Д1-3 и Д1-4, с учётом конфигурации изолиний повышенных значений дисперсии, они объединены с зоной Д1-1 в одну область повышенной фильтрации. Локальная аномальная зона Д2 расположена западнее плотины на расстоянии от неё порядка 15-20 метров, где в рельефе дневной поверхности установлены провальные явления. Аномальная зона Д3 – выявлена на

восточном фланге плотины в области, прилегающей к её гребню. Схема зон фильтрации (рисунок 2-г), составленная по параметру дисперсии  $U_{EP}$ , характеризует фильтрационную обстановку в теле плотины следующим образом. Наиболее интенсивные фильтрационные процессы протекают в северо-западной прибортовой части плотины. Особенностью зоны фильтрации ДЗ в правобережной части плотины является её простираение в сторону понижения рельефа и практически вкост борта, может способствовать его разрушению.



1-2 – области повышенных (1) и пониженных (2) значений естественного электрического поля (EP); 3 – предполагаемые направления общего стока (а) и локальной фильтрации (б) воды через плотину; 4 – области значений дисперсии EP: а – фоновых (не превышающих стандартного отклонения  $\sigma$ ), б – повышенных (до  $2\sigma$ ), в – аномально повышенных ( $>2\sigma$ ); 5 – зоны протечек: а - наиболее проявленные, б – предполагаемые; 6 – предполагаемые области повышенной фильтрации (по контурам значений дисперсии выше средних); 7 – предполагаемые направления фильтрации воды в плотине.

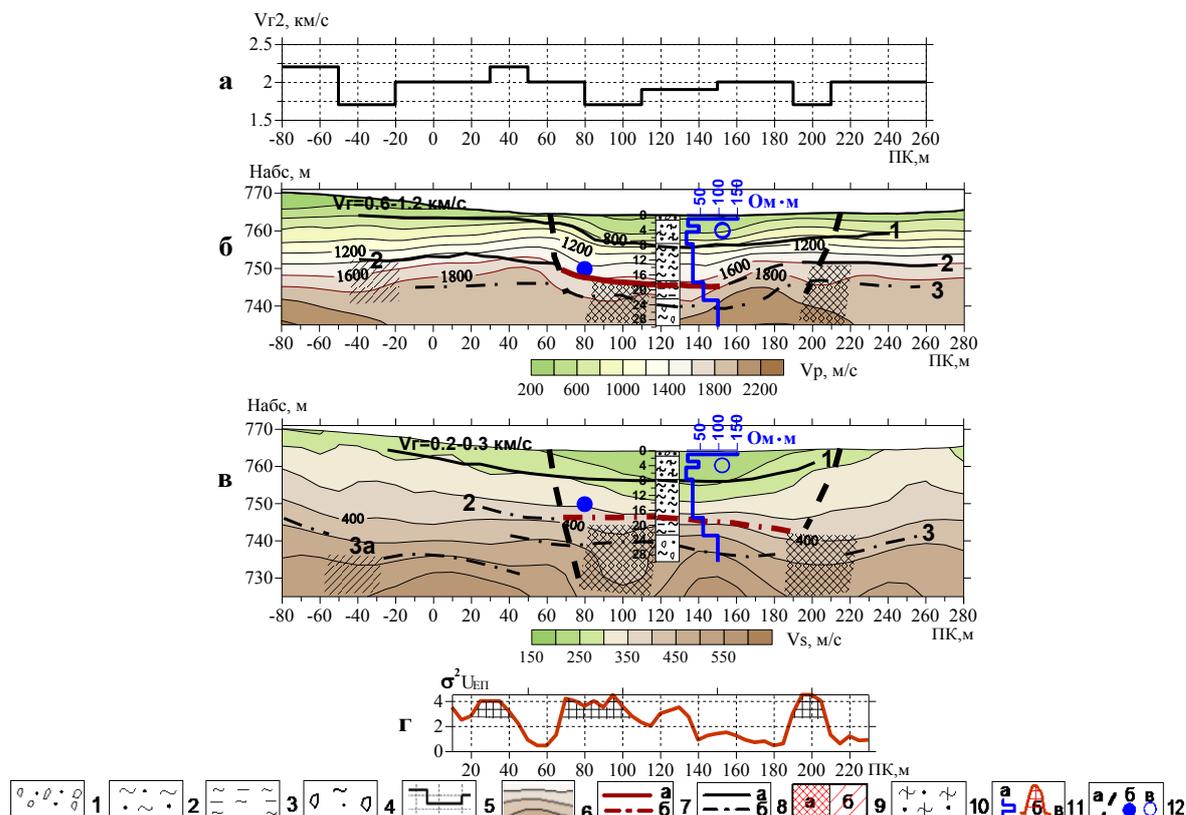
Рисунок 2 – Плотина К-25. Естественное электрическое поле 1 цикла наблюдений (б) с элементами интерпретации, карта дисперсии  $\sigma^2 U_{EP}$  (в) при изменении уровня воды в водохранилище с 757.5 до 755.0 метров и схема зон фильтрации в теле плотины (г) по этому параметру

На рисунке 3-б приведены результаты сейсморазведки по линии профиля 0, проложенному по гребню плотины. Скоростной разрез в пределах тела плотины, представляет собой структуру «проседания» с повышенной мощностью (до 5-6 метров) низкоскоростных грунтов.

Характерной особенностью изучаемого разреза является его существенная латеральная неоднородность, проявленная наличием зон с аномально пониженной скоростью упругих волн в интервалах ПК 80-110 и ПК190-210. Судя по глубине проявленности этих зон в скорости поперечных волн, существенно превышающей глубину основания плотины, они, вполне вероятно, связаны с проявлениями природных тектонически нарушенных зон, по которым происходят наибольшие деформации геологических сред с понижением их прочностных свойств и повышением водопроницаемости.

На рисунке 4 приведена схема расположения зон повышенной фильтрации воды в суглинистом теле плотины по комплексу геофизических

данных. При этом границы таких зон проводились по осредненным контурам обоих параметров, а направление основного стока – по максимумам дисперсии естественного электрического поля.

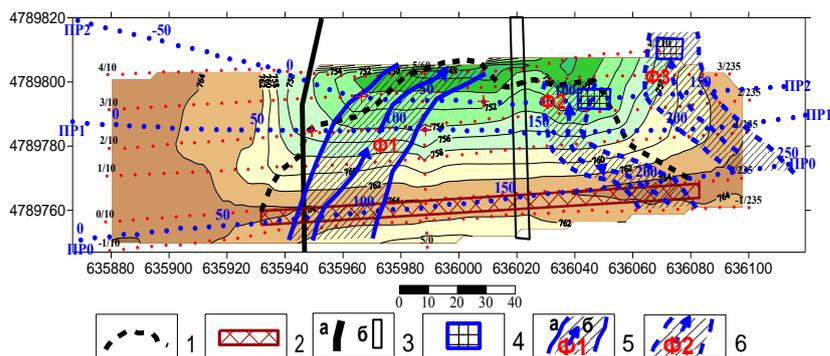


1- каменная наброска с песчаным заполнителем; 2 – разуплотненные суглинистые грунты; 3 – водопроницаемые суглинистые грунты; 4 – слабопроницаемые суглинистые грунты; 5 – русловые гравийно-валунно-суглинистые отложения; 6 - график граничной скорости; 7 – изолинии скорости; 8 – преломляющая (а) и скоростная (б) границы по кровле уплотненного основания плотины; 9 – преломляющие (а) и скоростные (б) границы, связанные с неоднородностью разреза по вертикали; 10 – зоны с пониженной скоростью упругих волн: а – уверенно выделенные, б – предполагаемые; 11 – кривая псевдоэлектрического каротажа по данным ВЭЗ (а) и зоны повышенных значений дисперсии потенциала по данным электроразведки ЕП (б); 12 – предполагаемое положение бортов плотины по геофизическим данным (а), действующий (б) и аварийный (в) водовыпуски.

Рисунок 3 – Плотина К-25. Особенности строения тела плотины по данным сейсморазведки в сечении профиля 0

Наиболее контрастной и уверенно диагностируемой зоной фильтрации представляется Ф1, выделенная в западной прибортовой части плотины. При этом, начиная с профиля 1 ПК77 и далее на северо-восток, она захватывает область за пределами насыпного тела плотины. Направление основного стока в этой зоне практически проходит по её середине. Факт наличия предполагаемых зон фильтрации подтверждается визуальными выходами на дневную поверхность фильтрующейся воды на профиле 2 ПК105-115 и профилю Е4 ПК210 на северо-восточном краю планшета. При этом дебит последней зоны гораздо выше, чем Ф2. В целом следует отметить, что если источник фильтрации по зоне Ф2 более или менее понятен и находится, предположительно, в прибортовой части плотины, то для наиболее обильной фильтрации Ф3, выявленной за пределами

плотины, источником могут быть как водохранилище, так и близлежащие дома жилого посёлка.



1 – проекция контура тела плотины на дневную поверхность; 2 – гребень плотины; 3 – водовыпуски: рабочий (а) и аварийный (б); 4 – визуально наблюдаемые локальные зоны фильтрации воды в теле плотины; 5 – наиболее вероятная зона фильтрации  $\Phi 1$  по комплексу данных электроразведки ЕП и сейсморазведки КМПВ-МРВ: а – контуры зоны, б – положение в плане направления основного стока; 6 – предполагаемые зоны фильтрации  $\Phi 2$  и  $\Phi 3$ .

Рисунок 4 – Плотина К-25. Схема расположения зон повышенной фильтрации воды в суглинистом теле плотины по геофизическим данным

**Заключение.** Выполнены исследования по повышению достоверности геофизических данных при выявлении фильтрационных процессов в суглинистых грунтах на основе комплексирования данных электроразведки ЕП в параметре дисперсии режимных наблюдений и сейсморазведки КМПВ-МРВ. Получены следующие основные результаты:

1) На основе данных электроразведки ЕП по параметру дисперсии потенциала построена схема распределения локальных зон, предположительно имеющих фильтрационную природу.

2) Оценена, по трём опорным профилям, глубинность аномальных зон, выделенных в естественном электрическом поле. При этом показана высокая информативность электроразведки методом естественного поля в режимном исполнении для выявления зон с повышенной фильтрацией, а сейсморазведки – для оценки структурных особенностей разреза и основания плотины.

3) Составлена схема фильтрационной обстановки по плотине с выделением локальных участков для заверки на предмет связи их с повышенной водопроницаемостью.

4) Обоснована необходимость продолжения исследований этого объекта и даны рекомендации по их направлению.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Правила организации и проведения натурных наблюдений и исследований на плотинах из грунтовых материалов. РД 153-34.2-21.546-2003. Санкт-Петербург 2004.
2. Кусаинов А.Б. Обследование гидротехнических сооружений с целью оценки их безопасности. Методические рекомендации. Кокшетау 2013.
3. Правила выполнения многофакторного обследования гидротехнических сооружений и основного оборудования. Приказ Министра экологии, геологии и природных

- ресурсов Республики Казахстан от 20 октября 2020 года № 260.
4. Агеенков Е.В., Ковальский Я.Ф., Мороз А.В., Зырянова А.В. Съёмка широкополосным георадаром и электрическая томография на инженерно-геологическом сооружении для изучения области фильтрации воды // Инженерная и рудная геофизика. – 2019.
  5. Гусаров Г., Емельянов Е.И., Костенко К.А., Хилько А.В. Эффективность комплексных геофизических исследований на примере обследования плотины водохранилища «ЗК «Майское» // Инженерная сейсморазведка-2018. - Москва 24–26 октября 2018 г.
  6. Колесников В.П., Коноплев А.В., Пригара А.М., Татаркин А.В. Технология комплексных инженерно-геофизических изысканий для диагностики состояния гидротехнических сооружений // Журнал: Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6.
  7. Огильви А.А. Основы инженерной геофизики: Учеб. Для вузов / Под редакцией В.А. Богословского. – М.: Недра, 1990. - 500 с.: ил.
  8. Семенов А.С. Электроразведка методом естественного электрического поля. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Недра, 1980. – 446 с.

**Шайгоров В.Н., Жолдыбаев А.К., Кушербаева Н.Н., Шульга М.В.,  
Ахметов Е.М., Асемов К.М.**

**ТӨТЕНШЕ ЖАҒДАЙЛАРДЫҢ ТУЫНДАУЫНЫҢ АЛДЫН АЛУ  
МАҚСАТЫНДА БӨГЕТТЕРДЕГІ СУДЫ СҮЗУ ОРЫНДАРЫН АНЫҚТАУ  
КЕЗІНДЕГІ ГЕОФИЗИКАЛЫҚ ӘДІСТЕР**

**Аңдатпа:** геофизикалық деректер бойынша бөгеттердегі суды сүзу аймақтарын анықтау және трассалау технологиясын жетілдіру нәтижелері ұсынылған. Алматы облысындағы К-25 бөгетінің мысалында жиынтықта бөгеттегі суды сүзу аймақтарының диагностикалық белгісі болып табылатын ЕП өрісінің аномальді жоғары дисперсия аймақтарымен серпімді толқындар жылдамдығының төмендетілген мәндерінің кеңістіктік байланысы көрсетілген.

**Түйін сөздер:** бөгеттердің қауіпсіздігі, геофизикалық әдістер, жоғары сүзгілеу аймақтары.

**Satorov V.N., Zholdybaev A.K., Kuserbayeva N.N., Shulga M.V.,  
Akhmetov E.M., Asemova Str.M.**

**GEOPHYSICAL METHODS FOR IDENTIFYING WATER FILTRATION SITES  
IN DAMS IN ORDER TO PREVENT THE OCCURRENCE OF EMERGENCY  
SITUATIONS**

**Abstract:** The results of improving the technology for identifying and tracing water filtration zones in dams according to geophysical data are presented. On the example of the K-25 dam in the Almaty region, is shown that the spatial relationship between the reduced values of the elastic wave velocity and the zones of abnormally increased dispersion of the SP field, which together are a diagnostic sign of the water filtration zones in the dam.

**Keywords:** dam safety, geophysical methods, increased filtration zones.

УДК 550.343.9

**Камчыбеков М.П., Мураталиев Н.М., Камчыбеков Ы.П.**  
Институт сейсмологии НАН КР,  
г. Бишкек, Кыргызстан

## СЕЙСМИЧЕСКИЙ РИСК ТЕРРИТОРИИ МАЛЫХ ГОРОДОВ, КЫРГЫЗСТАН

**Аннотация.** Оценка сейсмического риска используется при принятии решений в условиях угроз возникновения чрезвычайных ситуаций, при планировании устойчивого развития территорий городов. Для оперативного и эффективного реагирования в случае возникновения сильного землетрясения важны как оценки физических потерь по зданиям и сооружениям, так и ожидаемые социальные потери. При долговременном планировании развития урбанизированных территорий приоритетными являются оценки экономических потерь. В данной работе рассматриваются оценки сейсмического риска территории городов Токмок и Балыкчы.

**Ключевые слова:** сейсмическая уязвимость, типы зданий, сейсмическая шкала интенсивности, классификация зданий, сейсмический риск.

Проблема сейсмического риска связана с ключевым понятием уязвимости застройки. Под уязвимостью объекта риска понимается свойство здания терять свои качественные или количественные показатели надежности и безопасности вследствие какого-либо воздействия. Для большого количества объектов, как например, жилого фонда, уязвимость может быть определена в виде потенциала повреждений по классу типовых конструкций, подвергнутых данным сейсмическим воздействиям.

Уязвимость показывает повреждаемость здания при изменении интенсивности или магнитуды сейсмических колебаний. В данном случае рассматриваются различные состояния повреждений. Уязвимость конструкций в зависимости от колебаний грунта выражается в терминах кривых уязвимости или функцией уязвимости, которая учитывает неопределенность в спектральном смещении и несущей способности. Метод спектрального смещения (спектральной несущей способности) основан на кривых уязвимости. Пример кривых повреждений, показывающих вероятность тех или иных состояний повреждений для различных типов зданий, определяется по методике HAZUS [1]. Конструктивные повреждения делятся на 4 состояния повреждений: «легкие», «средние», «обширные», «полные». Для оценки уязвимости применяется аналитическое приближение. Уязвимость элемента обычно выражается как потеря в процентном выражении (или как значение между 0 и 1) для данного уровня опасности. По сравнению с эмпирическим приближением, основанным на основе макросейсмическим данным, в данном случае здания будут, рассматриваются по классам уязвимости.

В работе [11] составлена база данных всех существующих зданий и сооружений, информация о типах зданий, а именно, дома на одну или две семьи, многоквартирные дома, фермы, офисные здания и промышленные здания, а также информация о годе постройки и качестве здания. База данных обеспечивает как количество построек разного типа, возраста и качество и др. В нашей Республике классификация зданий существующей застройки по степени

сейсмостойкости предусмотрена в СНиП КР 22-01:2018 [12]. В зависимости от конструктивной схемы существующие здания подразделяются на 8 групп с учетом их степени сейсмостойкости: малоэтажные жилые дома из глинистых материалов; деревянные здания; каркасные здания из железобетонных конструкций; здания с несущими стенами из кирпичной (каменной) кладки; каркасные здания из металлических конструкций; здания со специальными системами сейсмозащиты; крупнопанельные здания с железобетонными стенами и перекрытиями; здания с несущими стенами из монолитного железобетона. Каждая группа подразделяется по степени сейсмостойкости.

Первым шагом любого исследования по оценке ущерба и потерь, является общее представление о размерах исследуемого района, т.е. определение границ области исследования. Для надежной оценки сейсмических потерь и оценки рисков в масштабах города, область исследования должны быть разделена на более мелкие географические единицы – геоячейки (geounits). Геоячейка является наименьшей географической единицей, для которой входная информация включает данные по инвентаризации зданий, демографические данные, грунтовые условия. Для этих геоячеек будут получены и представлены результаты оценки сейсмического риска. Точность входной информации, а также увеличение точности результатов оценки риска предполагает увеличение количества геоячеек. Тем не менее, увеличение числа географических единиц увеличивает время, затрачиваемое на сбор входных данных, а также расчетное время. Следовательно, количество геоячеек должно быть настолько много, насколько локальные вариации оценки ущерба и потерь могут быть идентифицированы и предусмотрен определенный уровень детальности и разрешения, и настолько мало, чтобы это количество данных можно было достаточно быстро обработать в ходе проводимых вычислений.

В рамках города геоячейки соответствуют целым жилым кварталам или небольшим районам. Для сельской местности геоячейка может включать целую деревню или несколько отдельно расположенных населенных пунктов. Геоячейка должна охватывать однородные площади по следующим условиям: сейсмичность; инженерно-геологическим условиям; рельеф местности; данные сейсмического микрорайонирования; типы зданий; год постройки зданий; социально-экономические условия; плотность населения.

Город Токмок расположен на севере Кыргызстана, в Чуйской долине, на левом берегу реки Чу, по которой вблизи города проходит граница между Кыргызстаном и Казахстаном. К северу и югу от Токмака простираются отроги Тянь-Шаня: к югу — Киргизского хребта, а к северу — Заилийского Алатау. В начале XIX века, (около 1825—1830 гг.) он был основан, как кокандская крепость. В 1867 году был уездным центром и в 1927 году стал городом.

Город Балыкчы расположен на северо-западном побережье озера Иссык-Куль, и является важнейшим хозяйственным центром Иссык-Кульской области. Основан в 1871 году, с 1907 года это маленькое рыбацкое селение Бачино, которое в 1909 году было переименовано в поселок Рыбачье. В 1954 году он

получил статус города и развивался как крупный транспортно-промышленный узел.

### **Выводы**

- Из анализа карты сейсмического риска для г. Токмок 80% разрушений ожидается в западной, более девятибалльной зоне по данным сейсмического микрорайонирования, где располагаются в основном многочисленные глинобитные дома частного сектора, построенные без учета норм и правил сейсмостойкого строительства. До 60% разрушений могут подвергнуться жилые постройки в центральной, 9 балльной части города, застроенной также глинобитными домами. В восьмибалльной, восточной и юго-восточной части города, застроенной более устойчивыми, в конструктивном отношении зданиями, самый малый процент ожидаемых повреждений (20%).

- На карте сейсмического риска территории г. Балыкчы, область наибольших разрушений до 80% соответствует северной, более 9 балльной зоне по данным сейсмического микрорайонирования, а также северная часть, где располагаются глинобитные дома частного сектора, неустойчивые к сильным сейсмическим воздействиям. Северо-западная 9 балльная часть городской территории с ожидаемыми разрушениями до 60%, также застроена несейсмостойкими строениями. Центральная и восточная части города, относящиеся к 8 балльной зоне, окажутся в области наименьших разрушений (20%-30%).

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. HAZUS (1999), Earthquake Loss Estimation Methodology, Technical Manual, RMS, NIBS and FEMA
2. Медведев С.В. Международная шкала сейсмической интенсивности // Сейсмическое районирование СССР. М.: Наука, 1968. С. 151-162.
3. Шебалин Н.В., Аптикаев Ф.Ф. Развитие шкал типа MSK // Вычислительная сейсмология. М.: ГЕОС, 2003. Вып.34. С. 210-253.
4. Grunthal, G. European Macroseismic Scale 1998. Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie 1998; Vol.15, pp.1-99.
5. Сейсмический риск и инженерные решения. Под ред. Ц. Ломнитца и Э. Розенблюта. – М.: Недра, 1981. -375с.
6. Камчыбеков М.П. Сейсмический риск крупных городов Кыргызстана // Вестник Института сейсмологии НАН КР №2(8), 2016.- С. 24-30.
7. Мавлянова Н.Г. Оценка сейсмического риска для городов Центральной Азии // Геоэкология М.: Наука, № 1, 2020.- С. 52-56.
8. Tyagunov, S., Grünthal, G., Wahlström, R., Stempniewski, L. & Zschau, J.: Seismic risk mapping for Germany, In Natural Hazards and Earth System Sciences. Special Issue: Methods for risk assessment and mapping in Germany, 6, 2006, 573—586.
9. Камчыбеков М.П. Количественная оценка сейсмического риска территории и жилых зданий г. Бишкек: автореф. дис. канд. тех. наук. – Бишкек, 2006. – 22с.
10. Егембердиева К.А. Вероятностный сейсмический риск жилых зданий и сооружений на территории, прилегающей к Токтогульскому водохранилищу: автореф. дис. канд. тех. наук. – Бишкек, 2011. – 22с.
11. INFAS Database: Das DataWherehouse, Bonn, INFAS GEOdaten GmbH, www.infas-geodaten.de, 2001.

12. СНиП КР 22-01:2018 Оценка сейсмостойкости зданий существующей застройки. Бишкек, 2019. -50с.
13. A. Ischuk, L. W. Bjerrum, M. Kamchybekov, K. Abdrakhmatov, and C. Lindholm. Probabilistic Seismic Hazard Assessment for the Area of Kyrgyzstan, Tajikistan, and Eastern Uzbekistan, Central Asia. // Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 108, No. 1, pp. 130–144, – 2018
14. Камчыбеков М.П., Мураталиев Н.М., Камчыбеков Ы.П., Егембердиева К.А. Сейсмичность территории городов Балыкчи и Токмок, Кыргызстан // Вестник Института сейсмологии НАН КР №2(18), 2021. – С. 62-66.

**Камчыбеков М.П., Мураталиев Н.М., Камчыбеков Ы.П.**

### **ҚЫРҒЫЗСТАННЫҢ ШАҒЫН ҚАЛАЛАРЫ АУМАҒЫНЫҢ СЕЙСМИКАЛЫҚ ҚАТЕРІ**

**Аңдатпа:** Сейсмикалық қатерді бағалау төтенше жағдайлардың туындау қатері жағдайларында шешімдер қабылдау кезінде, қалалар аумақтарының орнықты дамуын жоспарлау кезінде пайдаланылады. Күшті жер сілкінісі болған жағдайда жедел және тиімді әрекет ету үшін ғимараттар мен құрылыстардағы физикалық шығындарды бағалау да, күтілетін әлеуметтік шығындар да маңызды. Урбандалған аумақтарды дамытуды ұзақ мерзімді жоспарлау кезінде экономикалық шығындарды бағалау басым болып табылады. Бұл жұмыста Токмок және Балықчы қалалары аумағының сейсмикалық қатерін бағалау қарастырылады.

**Түйін сөздер:** сейсмикалық осалдық, ғимараттардың түрлері, сейсмикалық қарқындылық шкаласы, ғимараттардың жіктелуі, сейсмикалық қауіп.

**Kamchybekov M.P., Murataliev N.M., Kamchybekov Y.P.**

### **SEISMIC RISK OF THE TERRITORY OF SMALL TOWNS OF KYRGYZSTAN**

**Abstract:** Seismic risk assessment is used in decision-making under the threat of emergencies, in planning the sustainable development of town areas. For prompt and effective response in the event of a strong earthquake, both estimates of physical losses for buildings and structures and also expected social losses are important. In long-term planning of the development of urbanized territories, the priority is the assessment of economic losses. This paper considers the seismic risk of the territory of Tokmok and Balykchy cities.

**Keywords:** seismic vulnerability, building types, seismic intensity scale, building classification, seismic risk.

УДК 699.841

**Лапин В.А.<sup>1</sup>, Алдахов Е.С.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>к.т.н., директор Центра научных исследований, ученый секретарь;

<sup>2</sup>директор Центра сейсмостойкости и обследования,

АО «Казахский научно исследовательский и проектный институт  
строительства и архитектуры» РК

### **ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПАСПОРТИЗАЦИИ**

**Аннотация:** В 2017-2018 годы впервые выполнена тотальная паспортизация жилого фонда многоквартирных зданий. Внесено в базу данных всего 8171 зданий, из которых 1847 являются многоэтажными каркасными зданиями различной этажности и конструктивных решений. Установлено, что 1628 каркасных зданий являются сейсмостойкими, 59 – зданий с первым гибким этажом являются несейсмостойкими и 160 – находятся в зоне тектонических разломов на территории города. Принята гипотеза, здания расположенные в зоне тектонических разломов будут разрушены. В этих условиях впервые получены количественные оценки величин вероятности отказа и надежности для каркасных зданий различных типов. Предлагается тотальное усиление каркасных зданий с первым гибким этажом (59 зданий).

**Ключевые слова:** паспортизация, риск, каркасное здание, каркасно-кирпичное здание, надежность, усиление, повторяемость.

В городе Алматы имеется достаточно большое количество каркасных зданий, которые возводились в последние 30-35 лет. Это пятиэтажные каркасные жилые дома типовых серий 70с, ВТ, ВП-1, а также девятиэтажные каркасные жилые здания, возведённые по типовой серии СЖКУ-9.

Применение каркасных зданий в сейсмических районах обусловлено их хорошей сопротивляемостью сейсмическим воздействиям при землетрясениях. Было установлено, что если каркасные здания запроектированы с соблюдением принципов сейсмостойкого строительства, то сейсмостойкость таких зданий не вызывает сомнения [1,3,4].

В 2017-2018 годы в городе Алматы проведена значительная работа по тотальной паспортизации многоквартирного жилого фонда [5-10], по результатам которой была создана база данных с электронными паспортами обследованных зданий.

Ниже проводятся оценки надежности и риска таких зданий с использованием результатов паспортизации. Количественные данные по оценкам отказа и надежности каркасных зданий для города Алматы получены впервые.

Жилые дома серии 70с по конструктивной системе относятся к зданиям со сборно-монолитным железобетонным рамно-связевым каркасом.

Размеры поперечного сечения колонн – 50 x 30 см. Размеры поперечного сечения продольных ригелей – 40 x 50 (h) см. Размеры поперечного сечения поперечных ригелей – 50 x 22 (h) см. Класс бетона монолитных железобетонных колонн и ригелей В25.

Диафрагмы жесткости в уровне подвала – сборные железобетонные толщиной 160 мм. Класс бетона диафрагм жесткости В20. Диафрагмы жесткости в уровне 1-5-го этажей – сборные керамзитобетонные толщиной 160 мм. Класс бетона диафрагм жесткости В20.

В уровне технического этажа поперечные ригели и диафрагмы жесткости отсутствуют.

*Жилые дома серии ВП-1 и ВТ по конструктивной системе относятся к зданиям со сборно-монолитным железобетонным рамным каркасом (сетка колонн 3,5х5,4 м и 4,0х6,0 м соответственно). Колонны каркасов в этих сериях выполняются из монолитного железобетона, ригели из сборного железобетона. Все соединения элементов каркасов выполняются путем ванной сварки выпусков арматуры в узлах с последующим их бетонированием.*

Жилые дома серии СЖКУ-9 по конструктивной системе относятся к зданиям со сборным железобетонным рамным пространственным каркасом. Рамные конструкции каркаса расположены в продольном и поперечном направлениях здания. Несущими конструкциями служат поперечные рамы, выполненными из сборных железобетонных укрупненных Ж - образных полурам с поярусной разрезкой колонн на участках наименьших усилий от горизонтальных сейсмических сил, стыки ригелей в среднем пролете выполнены на сварке металлических накладок («рыбок») к металлическим оголовникам ригелей.

В продольном направлении поперечные рамы соединены ригелями продольных рам. Соединения колонн и ригелей продольных рам выполнены на сварке накладок («рыбок»), привариваемых к металлическим оголовникам консолей колонн и ригелей.

На основании всех имеющихся результатов изучения тектонического строения депрессии в г. Алматы и на прилегающих территориях общей площадью 420 км<sup>2</sup> выделены зоны возможного проявления разломов на дневной поверхности, которые показаны на Карте комплексного сейсмического микрорайонирования г. Алматы. Ширина зон разломов установлена с определенной долей условности и в среднем составляет 300 м. Таким образом, общая площадь зон разломов при их суммарной длине около 110 км составляет 3750 га, или 37,5 км<sup>2</sup>[2].

На рис.1 представлена архивная фотография по историческим землетрясениям, показывающие возможные деформации земной поверхности вблизи тектонических разломов [3].

В таблице 1 приведены результаты паспортизации по группе каркасных зданий. Не сейсмостойкими здесь являются каркасно-кирпичные здания с первым гибким этажем. Это 4% от всего количества каркасных зданий. Поэтому группа каркасных зданий в целом соответствует нормам сейсмостойкого строительства и представляется достаточно безопасной для проживания.

Однако, рассматриваем самый пессимистический случай, что здания, расположенные в зонах городских тектонических разломов неизбежно будут разрушены. Это последний столбец из таблицы 1. Всего таких каркасных зданий 160. С учетом заведомо не сейсмостойких зданий сейсмостойких зданий оказывается 1628.

Следовательно, общая надежность группы каркасных жилых зданий с учетом расположенных на тектонических разломах, но без разделения на серии составит:

$$W=1628/1847=0,881$$

Таблица 1 –Многоквартирные каркасные жилые дома по сериям

Серии каркасных зданий	Количество зданий	Сейсмостойкие здания	Не сейсмостойкие здания – здания с первым гибким этажом.	Здания в зоне тектонических разломах
ВП	575	515	13	47
ВТ	235	187	11	37
70С	18	17	-	1
ИПкар	1006	900	32	74
СЖКУ-9	13	9	3	1
Всего	1847	1628	59	160

Интересно отметить, что гипотеза разрушения зданий, расположенных на тектонических разломах, значительно влияет на оценки надежности и сейсмостойкости. Расположение здания в зоне разлома это дополнительный поражающий фактор. Конечно, априорно нельзя сказать с достоверностью о влиянии тектонического разлома на прочность и надежность здания. Однако запрещение строительства любых типов зданий вблизи разломов свидетельствует в пользу нашей гипотезы.

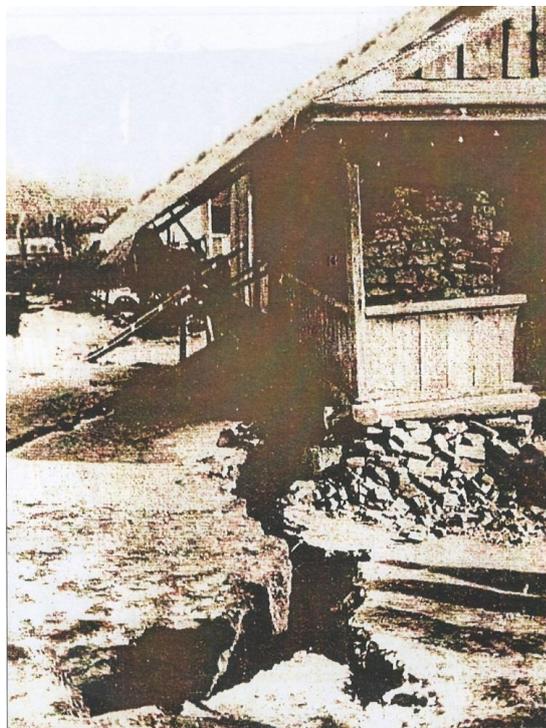


Рисунок 1 – Последствия Кеминского землетрясения на территории г. Верный (ныне Алматы). При землетрясении в грунте образовалась обширная трещина, вызвавшая разрушение фундамента здания

Отказ  $Q$  здесь событие, состоящее в том, что при землетрясении интенсивностью 9 баллов степень повреждения объекта будет такой, при которой будет исключено его дальнейшее функционирование. Отнесение здания к классу не сейсмостойких при паспортизации выполняется группой экспертов, которые на основе предыдущего опыта и объективной информации относят его к указанному классу.

Таким образом, также реализуем пессимистический сценарий - к не сейсмостойким относим все здания с первым гибким этажом и здания, расположенные в зоне тектонических разломов (таблица 1).

Далее учитывается вероятность отказа зданий с учетом разделения на серии и с учетом повторяемости землетрясений.

Учитываем результаты «Карты сейсмического зонирования территории Республики Казахстан». Реализуется схема или землетрясение с повторяемостью 1 раз в 475 лет, или 1 раз – в 2475 лет. Срок службы здания принят 50 лет.

Таблица 2 –Характеристики вероятности отказа  $Q$  для каркасных зданий

Конструктивное решение	Величина отказа по типам каркасным зданиям	Величины отказа при повторяемости 475лет	Величина отказа при повторяемости 2475 лет
ВП	0,1043	0,0109	0,0021
ВТ	0,2043	0,0215	0,0041
70С	0,0556	0,0059	0,0011
ИПкар	0,1054	0,0111	0,0021
СЖКУ-9	0,3077	0,0324	0,0062
Итого		0,0818	0,0156

Отметим, что здания серииСЖКУ-9 оказались наиболее ненадежными при разделении на серии (таблица 2).

В последней строке таблицы 2 приведены суммарные вероятности отказов по всем каркасным зданиям  $Q_{475}=0,0818$  и  $Q_{2475}=0,0156$ .

Тогда общая величина  $Q_{кар}=Q_9P_{475}+ Q_9P_{2475}$ .

Тогда величина общей надежности по группе каркасных жилых зданий с учетом разделения на серии

$$W_{кар}=1-0,0818-0,0156=0,9026 \quad (1)$$

Тогда общая величина  $Q_{кар}=Q_9P_{475}+ Q_9P_{2475}$ .

Тогда величина общей надежности по группе каркасных жилых зданий с учетом разделения на серии

Полученная величина общей надежности  $W_{кар}$  есть объективная количественная характеристика состояния группы каркасных многоэтажных жилых зданий в г.Алматы с учетом повторяемости сейсмического воздействия и возможности разрушения зданий, расположенных на тектонических разломах. Дальнейшие действия могут изменять указанную величину  $W_{кар}$ .

Напрашивается интересный вывод. Если усилить все здания с первым гибким этажом – 59 зданий, то в этом случае по всем типам каркасных зданий

вероятность отказа останется ненулевой за счет разрушения зданий, расположенных на тектонических разломах.

### **Выводы:**

Установлено, что 1628 каркасных жилых зданий являются сейсмостойкими, 59 – зданий с первым гибким этажом являются несейсмостойкими и 160 – находятся в зоне тектонических разломов на территории города.

1. Каркасные здания с «первыми гибкими этажами» не соответствуют требованиям действующих норм и являются сейсмоопасными. Здания с первыми гибкими этажами требуют детального обследования с расчетно-аналитической оценкой несущей способности конструкций и разработке рекомендаций по способу усиления;

2. Здания серии СЖКУ-9 являются наиболее ненадежными при разделении на серии.

3. Получены вероятностные оценки надежности каркасных зданий по результатам паспортизации как с учетом повторяемости землетрясений, так и без нее.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Жунусов Т.Ж. Основы сейсмостойкости сооружений.- Алматы: РАУАН,1990.272 с.
2. Белослюдцев В.М. Изучение зон разломов г. Алматы с целью их строительного освоения. «Исследование сейсмостойкости сооружений и конструкций», 2001г., вып.20(30). – С.35-37.
3. Таубаев А.С. Аналитическая записка о сейсмическом режиме города Алматы и сейсмостойкости его застройки. – Алматы: КазНИИСА, 2008. – 28 С.
4. Жунусов Т.Ж., Пак Э.Ф., Лапин В.А. Сейсмостойкость каркасных зданий. – Алматы: Гылым, 1990. –175 с.
5. Лапин В.А., Алдахов Е.С., Алдахов С.Д., Али А.Б. Вероятностная оценка величин надежности и риска по результатам паспортизации. – «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений», 2020, №3. –с.53-68. doi 10.37153/2618-9283-2020-3-53-68
6. Лапин В.А., Ержанов С.А. Проблемы определения сейсмического риска для населенных пунктов Республики Казахстан. – «Вестник АО КазНИИСА», 2016 г., вып.7. – С.20-24.
7. Лапин В.А., Ержанов С.А. Алгоритмы определения сейсмического риска для зданий и сооружений в Республике Казахстан. - «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений». 2017, №3. - С.31-39.
8. Алдахов Е.С. Способы оценки сейсмического риска применительно к мегаполису города Алматы. – «Вестник АО КазНИИСА», 2019 г., вып.7.(95) – С.35-46.
9. Тулеев Т.Д., Алдахов С.Д., Алдахов Е.С., Битимбаев А.Т., Али А.Б., Тажикенов А.Б., Лободрыга Т.Д. Паспортизация объектов недвижимости города Алматы. - «Вестник АО КазНИИСА», 2018 г., вып.2.(78) – С.6-10.
10. Шокбаров Е.М. Паспортизация зданий и сооружений города Алматы. – «Вестник АО КазНИИСА», 2020 г., вып.1(1-3).- С.93-96.

**Лапин В.А., Алдахов Е.С.**

**ПАСПОРТТАУ НӘТИЖЕЛЕРІ БОЙЫНША СЕЙСМИКАЛЫҚ ТӘУЕКЕЛДІ  
БАҒАЛАУ**

**Аңдатпа:** 2017-2018 жылдары алғаш рет көп пәтерлі ғимараттардың тұрғын үй қорын жаппай паспорттау орындалды. Деректер базасына барлығы 8171 ғимарат енгізілген, олардың 1847-і әртүрлі қабатты және құрылымдық шешімдердің көп қабатты қаңқалы ғимараттары болып табылады. 1628 қаңқалы ғимарат сейсмикаға төзімді, бірінші икемді қабаты бар 59 ғимарат сейсмикаға төзімді емес және 160 ғимарат қала аумағындағы тектоникалық жарықтар аймағында орналасқандығы анықталды. Гипотеза қабылданды, тектоникалық жарықтар аймағында орналасқан ғимараттар жойылады. Мұндай жағдайларда әр түрлі типтегі рамалық ғимараттар үшін сәтсіздік ықтималдығы мен сенімділігінің сандық бағалары алғаш рет алынды. Бірінші икемді қабаты бар (59 ғимарат) қаңқалы ғимараттарды жаппай күшейту ұсынылады.

**Түйін сөздер:** паспорттау, тәуекел, рамалық ғимарат, рамалық-кірпіш ғимарат, сенімділік, күшейту, қайталану.

**Lapin V.A., Aldakhov E.S.**

### **SEISMIC RISK ASSESSMENT BASED ON THE RESULTS OF CERTIFICATION**

**Abstract:** In 2017-2018, for the first time, a total certification of the housing stock of multi-apartment buildings was carried out. A total of 8171 buildings are included in the database, of which 1847 are multi-storey frame buildings of various heights and design solutions. It was established that 1628 frame buildings are seismic resistant, 59 buildings with the first flexible floor are non-seismic resistant and 160 are located in the zone of tectonic faults in the city. The hypothesis is accepted, buildings located in the zone of tectonic faults will be destroyed. Under these conditions, for the first time, quantitative estimates of the failure probability and reliability for frame buildings of various types were obtained. A total strengthening of frame buildings with first flexible floors (59 buildings) is proposed.

**Keywords:** certification, risk, frame building, frame-brick building, reliability, amplification, return period.

УДК 550.348.4

**А.У. Абдуллаев** - д.ғ.-м.н.,  
академик МАИН и МАНЭБ, ГНС;  
Институт сейсмологии МЧС РК

### **КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ ФЛЮИДНЫХ АНОМАЛИЙ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ИХ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ В КАЗАХСТАНЕ**

**Аннотация:** Представлена новая концепция в науках о Земле – «динамическая гидрогеохимия», которая базируется на феноменологической модели функционирования локально-равновесных открытых гидрогеохимических систем в непрерывном ходе флюидного режима в земной коре. Показано, что такая концепция создаёт научную основу возникновения предвестниковых аномалий землетрясений и возможность их прогнозирования.

**Ключевые слова:** флюидные аномалии, предвестник землетрясений, феноменологическая модель, гидрогеохимические предвестники сильных землетрясений.

Широкомасштабные исследования, проведённые за последние полвека в различных странах мира в связи с проблемой прогнозирования землетрясений в области сейсмологии, геофизики и гидрогеологии значительно расширили наше представление о быстропротекающих катастрофических процессах в земной коре. При этом формировался ряд новых направлений в науке о Земле. Стало ясно, что флюидный режим земной коры в сейсмоактивных областях вполне отражает эндогенные и экзогенные процессы, протекающие в гидросфере и в целом в земной коре, [1-4]. Достижения в исследованиях флюидного режима в сейсмоактивных районах привели нас к обоснованию новой научной дисциплины в науках о Земле – «динамической гидрогеохимии», [5]. Она базируется на предложенной нами феноменологической модели функционирования локально-равновесных открытых гидрогеохимических систем в непрерывном ходе флюидного режима в земной коре. Принципиально важной составляющей этой модели является то, что флюидный режим земной коры отражает не только временный ход развития геодинамической неустойчивости, в том числе подготовки землетрясений, но находится под прямым воздействием внешних атмосферных и космофизических факторов в режиме причинно-следственных связей. Такая концепция обуславливает необходимость разработки специальных методов учёта и удаления из наблюдаемых полей влияние внешних экзогенных факторов и на их фоне отслеживать развитие быстро протекающих геодинамических процессов, в том числе подготовку сильных землетрясений в реальном времени [6,7]. На наш взгляд, именно такая концепция создаёт научную основу возникновения предвестниковых аномалий землетрясений и на этой основе их прогнозирования в рамках теории катастроф.

### **1. Феноменологическая модель генерации гидрогеодинамических и гидрогеохимических предвестниковых аномалий сильных землетрясений.**

Для решения этой задачи в прежних работах, как теоретическая основа флюидных методов прогноза, нами была обоснована феноменологическая модель функционирования локально-равновесной гидрогеохимической системы в сейсмоактивных районах, которая в условиях геодинамической устойчивости работает в стационарном режиме, а в период наступления геодинамической неустойчивости и подготовки землетрясений она переходит в нестационарное состояние, [1, 2, 8].

Данная модель представляет собой по существу гидрогеохимическую динамическую систему, работающую во времени в виде некой машины в двух режимах: квазирегулярном – стационарном, и нестационарном – случайном. Её особенность заключается в том, что она, работая в системе «воздействие-

реакция», функционирует в трёх последовательно подключённых блоках при постоянном воздействии внешних факторов и медленных эндогенных процессов.

В результате работы такой модели формируется собственный квазистационарный режим системы со своей скрытой периодичностью, что обусловлено восприятием системы воздействия внешних факторов. В этом случае отсутствует приращение между входным параметром  $\Sigma X_i$  и выходным  $\Sigma Y_i$  т. е.:

$$\frac{ndx(t)}{d(t)} = \frac{ndy(t)}{d(t)} = Q$$

что означает отсутствие аномалий в системах, т.к. она находится в геодинамически устойчивом стационарном режиме.

При развитии геодинамической неустойчивости, когда развивается процесс подготовки сильных землетрясений, из-за аномальных напряжений происходит деформационное и волновое (акустическое и др.) воздействие на эту локально-равновесную динамическую систему. В результате модель переходит из состояния квазистационарного, в состояние нестационарного случайного режима. Вследствие этого в системе возрастает энтропия (S) как случайная составляющая временного хода флюидного режима, что приводит к образованию различных аномалий типа «горба», бухтообразных форм или пульсационных аномалий в геофизических (ГФ), геохимических (ГХ) и гидрогеодинамических (ГГД) полях, как реакция системы на тектонический стресс, [6-8].

Теперь, чтобы использовать эту систему как модель для практических целей прогноза событий нам необходимо рассматривать локально-равновесные динамические, гидрогеохимические системы в модели как генератор возбуждения ГФ, ГГХ и ГГД аномалий при геодинамической неустойчивости. Тогда легко объясняется, что пространственно-временные аномалии, проявляющиеся в различных геологических полях, возникают в результате действия в гидрогеологических системах законов Паскаля, Дарси, Генри и Ле-Шателье, [1,5,7]. После сброса аномальных напряжений ( $\sigma$ ) такие аномалии распадаются, а система переходит из состояния геодинамической неустойчивости и хаоса к изначальному состоянию, т.е. к стационарному режиму (рис. 1).

Исходя из этих постулатов, рассмотрим наиболее вероятную природу гидрогеодинамических (ГГД) и гидрогеохимических (ГГХ) аномалий, обусловленных подготовкой землетрясений, что принято называть гидрогеохимическими предвестниками землетрясений. По времени их формирования они могут быть краткосрочными, возникающими в течение часов, дней, недель, среднесрочными – от нескольких месяцев до года и долгосрочными – до нескольких лет. Площади развития этих аномалий могут быть эпицентрными и отдалёнными (десятки и сотни км).

Теперь, на основании многолетних наблюдений можно утверждать, что не существует универсального или единого для всех землетрясений

определённого набора аномалий-предвестников [8, 9]. Исследователи приходят к выводу, что в формировании гидрогеохимических предвестниковых аномалий главным и наиболее общим фактором инициирования является изменение напряжённо-деформационного состояния (НДС) горных массивов в области формирования очага землетрясения, как в ближних, так и дальних зонах подготовки землетрясений, [10-11].

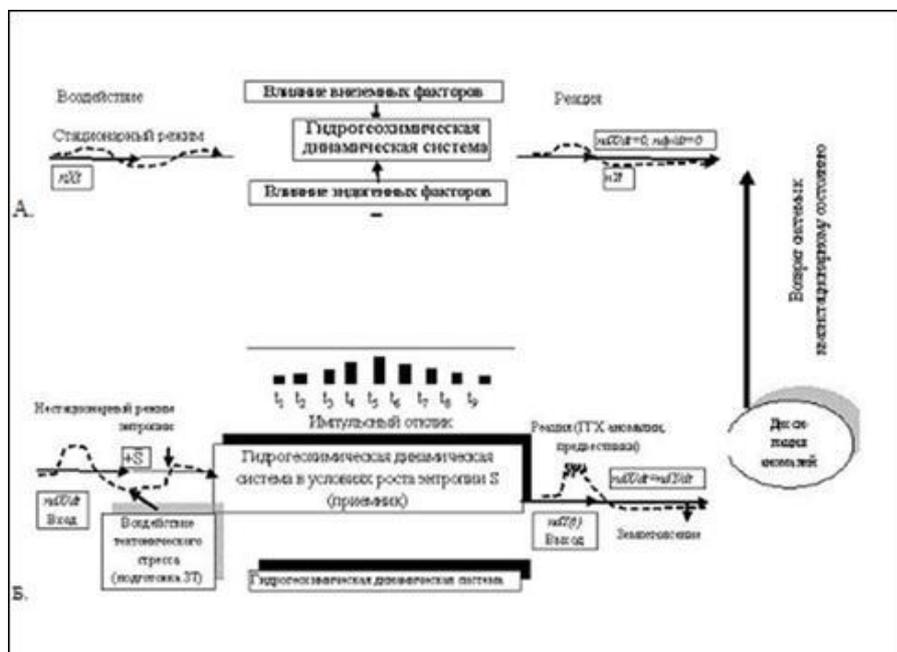


Рис. 1 Феноменологическая модель функционирования многопараметрической гидрогеохимической динамической системы в сейсмоактивных областях (А, Б – режимы работы системы).

Поэтому, для того чтобы оценить геогенную составляющую временных аномалий, отражающих ход протекания геодинамических, в частности сейсмических процессов, были разработаны специальные методы учёта и удаления влияния внешних гидро-метео-космических факторов из наблюдённых полей, [4]. На рисунке 2 представлена предложенная нами детерминированная модель исследования учёта влияния внешних факторов и алгоритм их удаления из наблюдённых полей, (рис. 2).

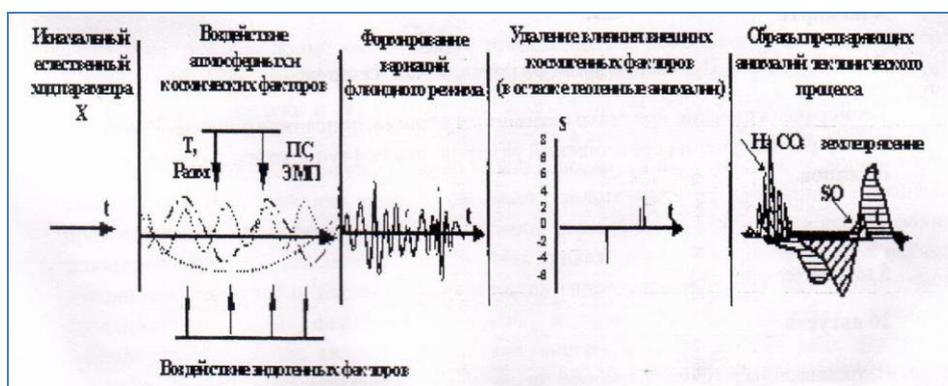


Рисунок 2 Детерминированная модель формирования флюидного режима земной коры и выявление аномальных составляющих из наблюдённых полей.

Уже было отмечено, что наблюдаемые гидрогеохимические и гидрогеодинамические временные ряды наблюдений имеют циклично-периодическую структуру, отражающую прямое воздействие внешних полей [8-10].

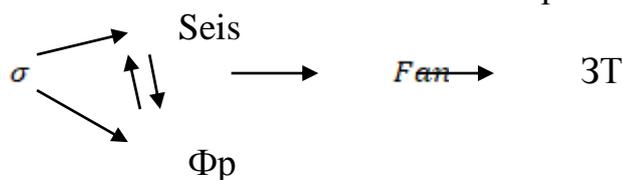
На примере Тянь-Шаня было установлено [11-12], что флюидный режим (Фр) и его отдельные составляющие: гидрогеодинамические показатели (D), анионы (А), катионы (К), физические параметры (F), газовый состав (G) – имеют тесную прямую корреляционную связь с динамикой временного хода сейсмичности [8-9], в частности, с количеством землетрясений (ЗТ) – N, и выделившейся при этом сейсмической энергии (E), а также с деформационными процессами, т.е. с напряжённо-деформационным состоянием среды (НДСС). Это соотношение позволяет нам рассматривать формирование флюидных аномалий ( $F_{an}$ ) как отклик – отражение геодинамической неустойчивости в непрерывном ходе саморазвивающейся локально-равновесной открытой динамической системы, [8-9], «порода – вода – газ». Достаточно убедительно показано что экстремальное НДСС развивает процесс трещинообразования и излучения упругих волн, предшествующих главному разрыву т.е. к землетрясению [11], что происходит в условиях объёмной деформации горных массивов, [8].

Для образования гидрогеохимических предвестников наибольший интерес →представляет неоднородность порово-трещинного пространства горных массивов, вовлечённых в зону подготовки землетрясений. В качестве модели такой неоднородности принимается гетерогенная среда с двойной пористостью, которая состоит из относительно слабопроницаемых блоков, рассечённых более проницаемыми каналами.

Объёмная деформация пород (E) приводит к изменению давления воды в порах и трещинах, что зависит от объёмной упругости каждой среды. Ясно, что при повышении давления из обеих сред начинается вытеснение воды и её удаление через скважину, а если напряжение стабилизируется, то через некоторое время вытеснение воды прекращается, т.е. уровень воды в водопунктах стабилизируется, [8, 9].

## 2. Физико-математические модели генерации гидрогеохимических аномалий

Из выше изложенного следует, что динамическая система «порода – вода – газ» в контексте причинно следственных связей во времени, имеет следующее соотношение в классическом варианте:



т.е. среда аномальное НДСС ( $\sigma$ ), в итоге приводит к сейсмическим процессам (Seis), отражается во флюидном режиме (Фр) и далее возникает землетрясение (ЗТ). Иными словами, мы убеждаемся, что флюидные

временные аномалии ( $F_{an}$ ) являются функцией от геодинамической неустойчивости среды, т.е. от НДСС.

$$F_{an} = f(\sigma) \quad (1)$$

В таком случае, исходя из уравнения состояния воды в водоносных пластах, можно принять следующую модель:

$$\frac{\Delta\rho}{\rho} + \frac{\Delta n}{n} = \beta\Delta P \quad (2)$$

где  $n$  – пористость водоносного пласта,  $\Delta n$  – её изменение,  $\rho$  – плотность воды,  $\Delta\rho$  – её изменение,  $\beta$  – коэффициент объёмного сжатия воды в пласте,  $\Delta P$  – изменение напора (пластового давления) под воздействием внешних сил. В данном уравнении из-за весьма ничтожного влияния коэффициента сжатия  $\beta$  им можно пренебречь. Тогда данная формула приобретает следующий вид:

$$\frac{\Delta\rho}{\rho} + \frac{\Delta n}{n} = \Delta P \quad (3)$$

Из (3) видно, что изменение физических параметров подземных вод напрямую зависит от воздействия внешнего давления ( $P + \Delta P$ ) на водоносную структуру.

При возникновении флюидных аномалий в УПВ,  $Q_{скв}$ , а также в газохимическом составе ( $\Delta C$ ) их связь с обуславливающими факторами можно выразить следующим образом [5]:

$$\Delta H(\Delta Q) = \frac{\Delta P}{\rho g} \quad (4)$$

или

$$\Delta H(\Delta Q) = \frac{\varepsilon E}{\rho g n} \quad (5)$$

а в случае концентрационных изменений в химическом составе подземных вод (ПВ):

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta C}{C}; \quad \Delta C = -\frac{\Delta P C}{P \varepsilon n} \gamma \quad (6)$$

В этих уравнениях:  $\varepsilon$  - деформация,  $E$  – модуль объёмной упругости воды,  $g$  – ускорение силы тяжести,  $\gamma$  – интенсивность акустической эмиссии, знак «-» - означает сжатие водоносного горизонта.

Отсюда из (4), (5) и (6) мы видим приливные вариации, а также приращение внешнего давления  $\Delta P$  и уровень высокочастотных колебаний в районе наблюдаемых скважин ( $\gamma$ ), оказывают прямое воздействие на формирование флюидных аномалий ( $F_{an}$ ). Они возникают в результате разрушения устоявшегося тонкого термодинамического равновесия в локально-равновесной гидрогеохимической системе подземных вод и, следовательно, противофазных концентрационных изменений отдельных химкомпонентов [1, 5, 14].

Можно утверждать, что между изменениями  $\sigma$  (НДСС) в водоносном массиве и изменениями динамических показателей (УПВ,  $Q_{скв}$ ,  $T^\circ$ ,  $C$ ,  $P_{скв}$ ) или концентрационными изменениями в газохимическом составе подземных вод ( $\Delta C$ ) существует достаточно сложная, но прямая взаимосвязь в следующих соотношениях:

$$\Delta H(Q_{скв}) = \frac{n\beta + (1-n)a}{\beta\rho g} * \Delta\sigma \quad (7)$$

$$\Delta\sigma = \frac{\beta\rho g}{n\rho} + \frac{(1-n)}{E} * \Delta H(Q_{скв}) \quad (8)$$

где  $\alpha$  - коэффициент вертикального сжатия, который можно заменить через модуль Юнга  $E$ . Если пренебречь ничтожным влиянием  $\beta$ , можно записать формулу (8) в следующем упрощённом виде:

$$\Delta\sigma = \frac{\rho g}{n\rho} + \frac{(1-n)}{E} * \Delta H(Q_{скв}) \quad (9)$$

Данная формула (9) напрямую связывает изменение НДСС с аномальными приращениями динамических показателей подземных вод в контролируемых геоструктурах [5].

Таким образом, предложенная физико-математическая модель является достаточно объективной научной основой развития динамической гидрогеохимии и её численных методов. Она позволяет создать методику и ГИС технологию исследований современных геодинамических процессов и разработать алгоритм распознавания прогностических признаков геодинамической неустойчивости.

### 3. Прогнозирование землетрясений (ПЗТ).

В настоящее время проблема прогноза сильных землетрясений стала одной из важнейших научно-технической задач в науке о Земле. Для решения этой задачи, связанной с безопасностью миллионов людей мобилизованы многие направления научных исследований, опубликовано огромное количество научных статей, сделано много открытий и изобретений, и самое главное, осуществлены практические мультипараметрические наблюдения за ходом подготовки и протекания крупных сейсмических событий на многочисленных геодинамических полигонах в различных странах, в том числе и в Казахстане. Накоплен огромный материал и новые знания, тем не менее эта проблема ещё далека от решения. Необходимо констатировать, что одни учёные пришли к неутешительным результатам, а другие усмотрели принципиальные возможности решения этой проблемы в рамках определённых действий. Так, международная оценка проектов в 1996 г. в Лондоне по существу вынесла решение о невозможности прогнозирования землетрясений (Geller et al. 1997). Однако спустя 14 лет международная конференция ассоциации сейсмологов и физиков (IASPEI) в Кейптауне приняла резолюцию о поддержке исследований по прогнозу землетрясений. Отсюда видим, что международное сообщество учёных считает необходимым продолжать исследования по прогнозу землетрясений. В этом плане учёные России, Китая, Казахстана и других Среднеазиатских государств, продолжают курс на прогнозные исследования землетрясений.

Прогноз землетрясений как научное предсказание времени, силы и места будущих ожидаемых сейсмических событий, имеющих разрушительные параметры, представляет собой весьма сложную многоаспектную не только научную, но и техническую задачу. Она стала одной из главных задач Института сейсмологии АН Каз. ССР со времени его создания.

На основе мировой тенденции развития сейсмопрогностических исследований можно констатировать, что основная парадигма прогноза сильных землетрясений заключалась на детерминированных моделях подготовки землетрясений, которые исходили из механики сплошных сред (модели ЛНТ, ДД, консолидация, неустойчивое скольжение, упругая отдача Рейда и т.д.). Считалось, что землетрясение, как акт разрыва в энергонасыщенных дислокационных зонах земной коры, является следствием критического накопления упругой энергии в очаговой зоне, которая приводит к геодинамической неустойчивости и, как результат критического состояния – к разрыву сплошности среды (землетрясению) с взрывным выделением сейсмических волн разрушительной энергии. Считалось, что этот процесс естественно изменяет физическое состояние среды с возникновением целого ряда предвестниковых эффектов в гидрогеохимическом, гидрогеодинамическом, газохимическом и сейсмическом режимах, геофизических, деформационных полях, в приземной атмосфере и в поведении отдельных биологических видов в очаговых областях подготовки землетрясений. При этом прогноз землетрясения рассматривался как решение обратной задачи: на основании выявления предвестников и образов произошедших землетрясений, создать образ будущих ожидаемых событий и на этой основе разработать алгоритмы их прогнозирования, считая при этом, что развитие предвестников на площади мониторинга определяет место возникновения ЗТ, а интенсивность или размах аномалий – их вероятную силу.

На этой идеологии возникло наше представление, что очаги ЗТ являются генератором предвестниковых аномалий, а районы наблюдения – их резонатором. Такая модель нами была предложена ещё в 1988г.[8] и легла в основу развития мультидисциплинарного мониторинга по принципу, чем шире площади и больше параметров наблюдения тем лучше, (рис. 3).

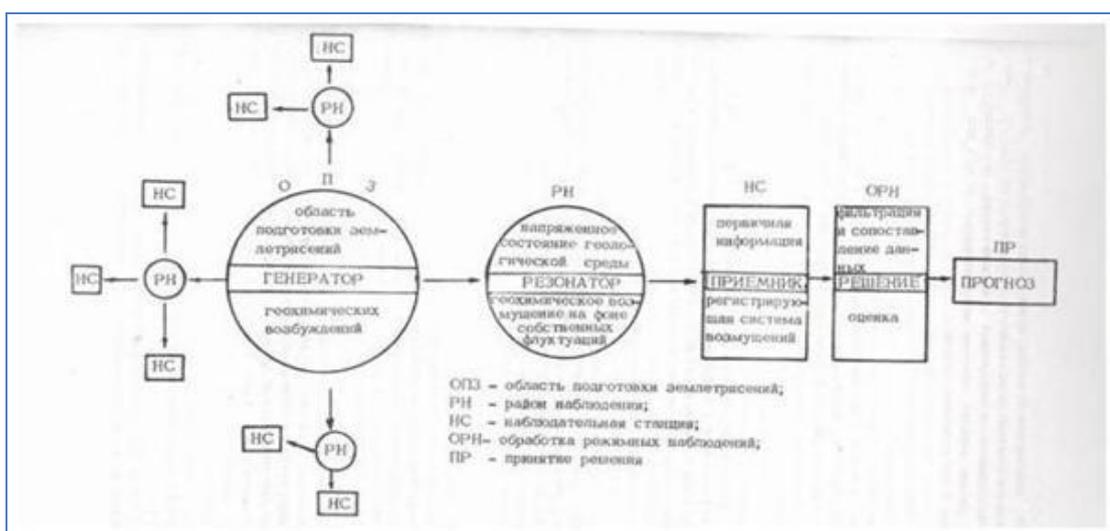


Рис. 3 Принципиальная модель мультидисциплинарного мониторинга и принципы их интерпретации на прогностических полигонах (по Абдуллаеву, 1988 г)

В этой концепции задача прогноза ЗТ будет заключаться в оконтуривании развивающихся очагов ожидаемых землетрясений. Такая модель могла быть реализована путём непрерывного мониторинга с помощью наблюдательных станций, как приёмников, на площади сейсмоактивной территории  $S$  за время  $t$ , очаговую зону  $S$ , как будущий ВОЗ для дальнейшего контроля во времени до реализации землетрясения.

Естественно, современное понимание очага ЗТ имеет первостепенное значение для развития эффективных методов прогноза времени возникновения ЗТ. До сих пор это представление базировалось на механических моделях ЗТ. В этом плане интересно вернуться к модели ЗТ известного японского сейсмолога К. Касахара [10], который утверждал, что процесс подготовки и реализации ЗТ представляет собой некую «машину землетрясения», которая работает в поле изменения множества факторов: энергии, параметров среды, структур геологического материала, где генерируется ЗТ. Всё это должно найти отражение на поверхности земли при пассивных и активных наблюдениях.

Анализируя существенные неудачи прошлого резонно отметить, что геологическая среда, где формируются очаги сильных ЗТ, рассматривалась как идеализированная постоянная среда.

Между тем, реальная геологическая среда имеет три основных свойства: изменчивость во времени, нелинейность и активность (энергонасыщенность). Ясно, что именно эти факторы в совокупности накладывают большую неопределённость и неустойчивость на протекающие в реальной среде процессы подготовки ЗТ, где среда отличается предельной энергонасыщенностью, собственной внутренней активностью и непрерывным изменением механических, физических и химических параметров. Понимание этого процесса – предпосылка для разработки более реальных алгоритмов распознавания процессов подготовки сильных ЗТ.

#### **4. Перспективы развития сейсмогидрогеохимических прогнозных исследований**

В широком комплексе методов используемых в настоящее время для прогноза ЗТ (сейсмологические, гидрогеодинамические, геофизические и другие методы) роль гидрогеохимических методов представляется наиболее эффективной и значимой, особенно на стадии краткосрочного прогноза. Именно эти методы, наряду с прогнозом мест и силы землетрясения могут оказаться более информативными при решении задачи прогноза времени реализации сильных ЗТ.

Наблюдательная сеть флюидного мониторинга ААП развивалась количественно и качественно и является одной из самых крупных в Центральной Азии, (рис. 4).

Говоря о прогнозе ЗТ прежде всего необходимо прояснить следующее. Прогноз землетрясения это предсказание сейсмического события, имеющего разрушительные последствия в сейсмоактивных районах. По существу, сейсмический процесс или сейсмический режим – это непрерывный процесс – совокупность отдельных сейсмических событий во времени. Отсюда ясно, что

мы можем прогнозировать только те события, которые имеют разрушительные последствия из цепочки непрерывного процесса в сейсмоактивном районе. Они должны отличаться от сейсмической цепочки в данном районе, как минимум, на несколько порядков энергетического условия, т.е. если фоновый уровень сейсмичности  $K = 7 - 10$ , то прогнозируемое событие должно находиться на уровне не менее  $K \geq 13$ . Оно должно выделяться существенно от уровня цепочки. Последний показатель для каждого района свой и отличается на значительную величину. Например, для Крымского полуострова событие  $K = 10 - 11$  это осязаемое, и может быть разрушительное событие, а для Алмаатинской сейсмоактивной зоны это фоновый уровень, где опасность события представляют только начиная  $K \geq 14$  ( $M \geq 5,5$ ).

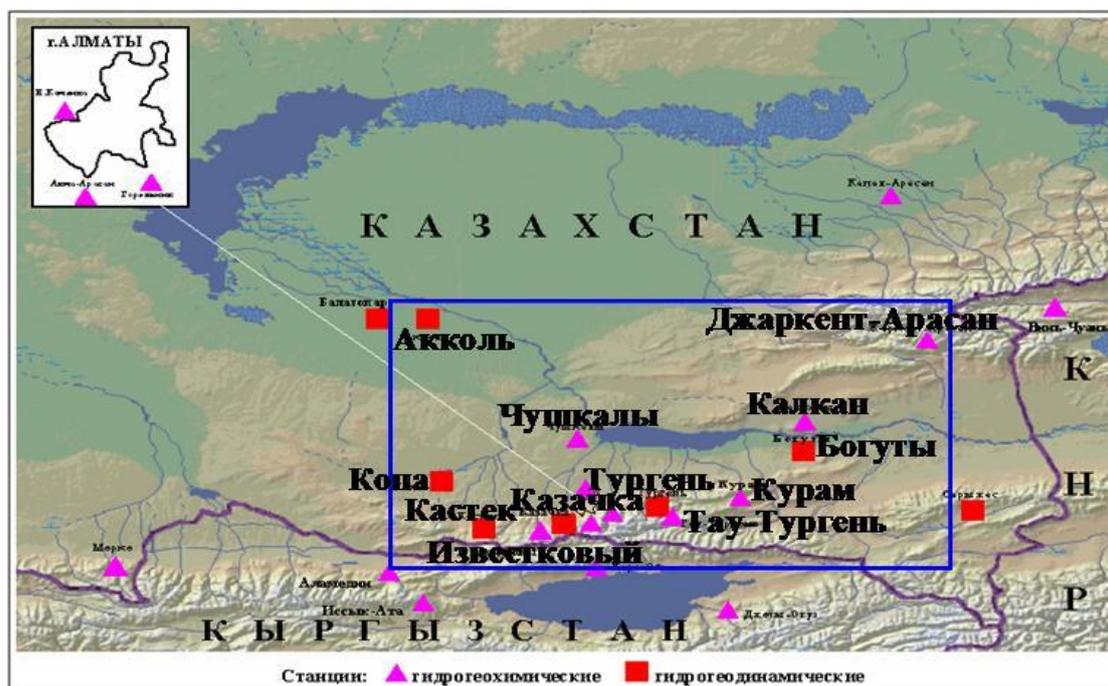


Рис. 4 Сеть стационарных наблюдений на Алмаатинском прогностическом полигоне

За последние 40 лет наблюдений ГГХ и ГГД сеть на АПП развивалась количественно и качественно, (рис. 4). Как видно из таблицы 2 перечня изучаемых компонентов ПВ составляет 30 наименований, что осуществлялось в непрерывной работе 12 ГГХ и 8 ГГД стационарных станций, расположенных в наиболее перспективных точках. Она хорошо скоординирована с сейсмо полигонами соседних государств.

Рассматриваемая сеть флюидного мониторинга АПП сейчас безусловно нуждается в реконструкции с удалением неинформативных и введением новых активных водопунктов наблюдения. Осуществлено резкое сокращение параметров до 8 – 10 индикативных показателей. Важно отметить, что наблюдения за множеством параметров не увеличивает информативность полигона. Важно наблюдать то, что является наиболее чувствительными

индикативными показателями геодинамической неустойчивости в непрерывном режиме с высокой частотой.

Следующим важным шагом является переход к информативности станций наблюдения, что реализуется путём поиска аномалий-сигналов подготовки ЗТ, по всей сети мониторинга, т.е., речь идёт о создании интегрированных обобщающих синтезированных показателей-критериев, которые без потери информации отдельных частных составляющих флюидного режима, могли бы «сфокусироваться» на одном интегрированном совокупном параметре « $\zeta$ », как это указано на рисунке 5, по которому можно было судить об уровне «сигналов» по всему полигону. Для решения данной задачи была разработана система программных средств (СПС) – «модель-фактор», учитывающая вопросы взаимовлияния различных факторов и очищения этих влияний. «Sum» - суммирование  $n$  количества ВР исследуемых параметров и «аном» - выделение аномальных составляющих в составе в составе одного или сумме  $n$  количества параметров [15].

Таблица 2. Параметры мониторинга

Динамические Показатели	1	$H_{вр}$	Физические параметры	15	Ph
	2	Q		16	Eh
	3	$P_{скв}$		17	$T_{воды}$
Основной ионно-солевой состав термальных вод	4	$F^{-}$	Газовые составляющие	18	$\rho$
	5	$Cl^{-}$		19	Rn
	6	$HCO_4$		20	He
	7	$SO_4^{2-}$		21	$He_{сп}$
	8	$CO_3^{2-}$		22	Hg
	9	$H_{вр}$		23	$H_2$
	10	$H_4 SiO_4$		24	$CH_4$
	11	$Na^{+}$		25	$CO_2$
	12	$K^{+}$		26	O
	13	$Ca^{2+}$		27	$N_2$
	14	$Mg^{2+}$		28	Gf
		Сопутствующие параметры	29	$P_{атм}$	
			30	$T_{воз}$	

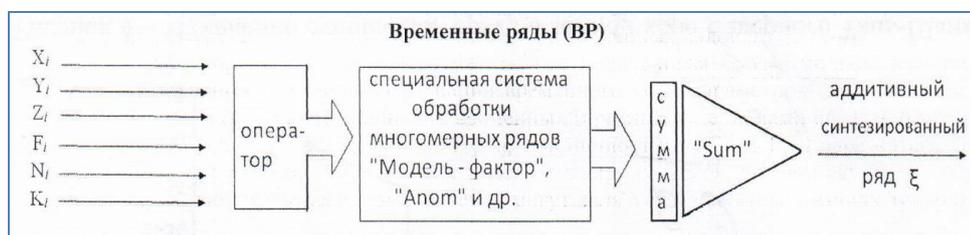


Рис. 5 Схема моделирования совокупного параметра  $\zeta$  для оценки аномальности гидрогеохимического поля (ГГХП) на контролируемой площади.

Таким образом, можно констатировать, что благодаря обоснованным физико-математическим моделям формирования временных рядов и способов выделения в их составе аномальных составляющих, удаётся создать практически гидрогеохимический многопараметрический осциллятор в

координатах: время (t) - флуктуации ( $\zeta$ ), который должен являться основным научным инструментом отслеживания подготовки сильных землетрясений. На этой основе создана методика отслеживания этого направления – пошагового картирования параметра  $\zeta$  во времени.

Многолетнее отслеживание гидрометеоро-гидрогеодинамических параметров подземных вод путём расчёта модульных коэффициентов УПВ или дебита скважины, выпавших метеорных осадков, температуры воды, а так же хода слабой сейсмичности ( $M_{Koc}$ ,  $M_{KH}$ ,  $M_{KQ}$ ,  $M_{KN}$ ) с учётом многолетнего хода газовых составляющих, ( $M_{KT}$ ). Эти материалы позволили разработать методику среднесрочного прогноза сильных землетрясений как составная часть в составлении ежегодной карты ССП сильных ЗТ для АПП.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Сейсмопрогнозные исследования, проводимые в Казахстане за последние полвека показывают, что они безусловно имеют перспективу для решения важнейшей задачи, прогнозирования разрушительных землетрясений во имя обеспечения безопасности людей и среды их обитания. Среди важнейших направлений прогнозных поисков – непрерывное отслеживание аномального хода флюидных параметров представляется наиболее перспективным направлением к достижению цели – прогнозу времени возникновения земных катастроф.

### **ЛИТЕРАТУРА**

- 1 Абдуллаев А.У. Флюидный режим земной коры как отражение современных геодинамических процессов (на примере Тянь-Шаня). Алматы: Эверо, 2001. С. 352
- 2 Абдуллаев А.У. теория отражения современных геодинамических процессов во флюидном режиме земной коры. //доклады НАН РК.2002. с. 29-41
- 3 Вартанян Г.С., Бреденхоефт Д.Д., Роуэллоффс Э. Гидрогеологические методы исследования тектонических напряжений // Советская геология, 1991. - № 9, с. 3-12.
- 4 Абдуллаев А.У. Исследование влияния атмосферных и космофизических факторов на флюидный режим земной коры // Тянь-Шанского сейсмогена. Unland earthquake. Urumchi. 2000. Vol. 14. - № 4.
- 5 Абдуллаев А.У. Динамическая гидрогеохимия как новое научное направление в науках земле// Проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии на рубеже веков: Материалы международной научно-практической конференции. Алматы. 2002. с. 71-74
- 6 Абдуллаев А.У., Остапенко В.Ф. Исследование динамики флюидного режима Юго-Восточного Казахстана методом численной характеристики // Геодинамика и геоэкология высокогорных регионов в XXI веке. – Бишкек, 2008. – Вып. 3. с. 13-19
- 7 Войтов Г.И. Геодинамические процессы и нестабильность подземных водно-газовых систем // Роль подземной гидросферы в истории земли. М. Наука.1990. с. 91-103
- 8 Абдуллаев А.У. Развитие геохимических и гидрогеодинамических прогностических исследований в Киргизии. Прогноз землетрясений № 9, 1988, Душанбе, с.115-153. М. Наука. 1993. С 310
- 9 Гидрогеохимические предвестники землетрясений. М. Наука. 1985. с. 216
- 10 Касахара К. Механика землетрясений. М. Мир.1988. с. 264
- 11 Основы гидрогеологии / Под редакцией Е.В. Пиннекер. Т. I-II. Новосибирск. Наука. 1980-1982г
- 12 Соболев Г.А. Основы прогноза землетрясений

13 Курскеев А.К. Проблемы прогнозирования землетрясений. Алматы. Наука. 1999. с. 284

14 Абдуллаев А.У. Развитие взглядов на проблему прогнозирования землетрясений и формирование новых парадигм прогноза. Геологическая наука и индустриальное развитие Казахстана. Алматы. 2010 с.316

15 Абдуллаев А.У., Есенжигитова Е.Ж. Мониторинг очаговых зон сильных землетрясений на основе непрерывного картирования интегрированного совокупного параметра флюидного режима в сейсмоактивных районах. Всемирный конгресс инженеров и учёных. Astana. 2017. Т.4. с. 244-249

**А.У. Абдуллаев**

### **ЖЕР СІЛКІНІСІНІҢ ФЛЮИДТІК АНОМАЛИЯЛАРЫН ҚАЛЫПТАСТЫРУДЫҢ ТҰЖЫРЫМДАМАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ҚАЗАҚСТАНДА БОЛЖАУ**

**Аңдатпа:** Жер туралы ғылымдарда жаңа тұжырымдама ұсынылған-" динамикалық гидрогеохимия", ол жер қыртысындағы сұйықтық режимінің үздіксіз барысында жергілікті тепе-тең ашық гидрогеохимиялық жүйелердің жұмыс істеуінің феноменологиялық моделіне негізделген. Мұндай тұжырымдама жер сілкінісінің алдын-ала ауытқуларының пайда болуының ғылыми негізін және оларды болжау мүмкіндігін құратындығы көрсетілген.

**Түйін сөздер:** флюидтік аномалиялар, жер сілкінісінің жаршысы, феноменологиялық модель, қатты жер сілкіністерінің гидрогеохимиялық жаршысы

**A.U. Abdullaev**

### **CONCEPTUAL MODELS FOR THE FORMATION OF FLUID ANOMALIES RELATED TO EARTHQUAKES AND THEIR FORECASTING IN KAZAKHSTAN**

**Abstract:** A new concept in the Earth sciences - "dynamic hydrogeochemistry" is presented, which is based on a phenomenological model of the functioning of locally equilibrium open hydrogeochemical systems in the continuous course of the fluid regime in the earth's crust. It is shown that such a concept creates a scientific basis for the occurrence of precursor anomalies of earthquakes and the possibility of predicting them.

**Keywords:** fluid anomalies, earthquake precursor, phenomenological model, hydrogeochemical precursors of strong earthquakes.

УДК551.11: 624.131: 621.3

**Усупаев Ш.Э.**

доктор геол.-мин. наук, профессор, ведущий научный сотрудник,  
Центрально-Азиатский институт прикладных исследований Земли

### **НООСФЕРНАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОНОМИЯ ТРАНСФОРМАЦИИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ ПОЛЯ ПАЛЕОПРОЧНОСТИ ПЛАНЕТОСФЕР ГЕОИДА**

**Аннотация:** Ноосферная инженерная геонимия новое научное направление позволяющая выявить закономерности трансформации

землетрясениями поля палеопрочности планетосфер Земли. На спутниковой гравиметрической карте имеются планетарные 5 повышений и 6 понижений в рельефе Геоида. Указанные палеоследы, это сохранившиеся через миллиарды лет эпицентральные и антиподальные центры 5 кратного ударного столкновения небесных тел объединившихся между собой и сформировавшие планету Земля. Планета Земля ударно сталкивалась с соразмерными подобными планетами: Бразильской—4 млрд. лет, Канадской—3,5 млрд. лет, Арктической (Северно-Ледовитой)—2,8 млрд. лет, Тетис—1,9 млрд. лет и Тихоокеанской—0,67 млрд. лет тому назад, проявляла всемирные потоки палеоокеанов, металлогенические импульсы рудогенеза, палеооледенения и палеомагнетизм.

**Ключевые слова:** ноосфера, инженерная геонимия, трансформация, землетрясения, поле палеопрочности, планетосферы, геоид, ударные столкновения, небесные тела, геориски, планетоблемы, ядра, астероидоблемы.

**Введение.** Академик Сергеев Е.М. и инженер Друянов В.А. верхние горизонты литосферы и/или тонкий слой в приземном пространстве, названный «ноосферой», изучаемый инженерной геологией (геологией окружающей среды), именовали геологией ноосферы – сферы разума. В науках о Земле в настоящее время предельно развиты историко-геологические, плит-тектонические и геодинамические воззрения и недостаточно полно исследованы концепции катастрофогенеза в формировании Геоида [1 - 13].

**Методика исследований.** Классические эволюционные методы и катастрофоведческие ударные космические столкновения небесных тел с палео-Земле, а также результаты электромагнитного мониторинга орбитального вращения твердого ядра Земли вокруг геометрического ее центра [1 - 13]. Геонимия, по Белоусову В.В., наука симбиоза «геологии-геодинамики-геохимии-геофизики» на высоком ранге обобщений наук о Земле [1]. По Круть И.В. геонимия - комплексная наука о Земле и ее компонентах, охватывающая все отрасли знания о нашей планете обобщающей естественной системы с компонентами от физических полей и частиц до биосферы и планеты в целом, что много шире представления В.В. Белоусова [1, 2]. Ноосферная инженерная геонимия, новое научное интегрирующее направление наук о Земле, изучающая закономерности формирования и особенности природы круговорота вещества в планетосферах, генезисе полезных ископаемых и георисков (катастроф, стихийных бедствий, опасных процессов и явлений, чрезвычайных ситуаций) изначально гидридной и гибридной сформированной в результате 5 ударных столкновений с подобными и соразмерными палео-планетами объединенные между собой в современный геоид [1-13]. Основы НИГ изложены в инженерно-геологическом, эколого-геологическом и геоэкологическом трудах академиков Сергеева Е.М., Осипова В.И., Трофимова В.Т. и радиологических исследованиях академика Лаверова Н.П. [3, 4, 6-8]. В развитие идеи академика Сергеева Е.М. на кафедре инженерной геологии МГУ профессор Трофимов

В.Т. создал новое научное направление экологическая геология, в «Теории и прикладных основ экологических функций литосферы» [3-5]. Лаверов Н.П. представил выдающийся доклад «Великий мыслитель и естествоиспытатель»: на конференции АН Республики Кыргызстан, посвященной 125-летию со дня рождения В.И. Вернадского, 25 .03. 1988 г. Бишкек: 1991, [7].

На рисунке 1 приведена ноосферная инженерно-геономическая карта многоядерной и гибридной изначально гидридной планеты Земля трансформирующая землетрясениями поле палеопрочности планетосфер, где 1-ареалы наибольшей концентрации оруденений и полезных ископаемых; 2-особые активные географо-геофизические центры икосаэдро-додекаэдрической квази-кристаллической фигуры Земли; 3. Контурсы сосредоточения месторождений углеводородного сырья; 4. эпицентр расположения центрального твердого ядра Земли; 5. антиподальный центр грави-инертной реакции центрального твердого ядра Земли; 6. ). синусоидальные зоны развития планетарных сколов с внутренними территориями полюсобежного сжатия и внешними экваторобежного растяжения планетосфер Геоида; 7. эпицентр расположения твердого ядра Тихоокеанской планетоблемы возрастом 0, 67 млрд. лет; 8. антиподальный центр грави-инертной природы от воздействия Тихоокеанского твердого ядра Земли; 9. эпицентры разрушительных землетрясений; 10. сейсмические кольцевые мегаструктуры центрального типа; 11-12 месторождения углей каменных и бурых залиты цветом 1; 13. месторождения урана; 14. границы расположения планетарных сколов; 15. границы бессточных бассейнов стока рек в океаны; 16. нулевые изолинии рельефа фигуры Геоида. Стрелками черного цвета показаны направления движения литосферных плит контролируемые центробежным движением твердого ядра, подталкиваемого ядром Тихоокеанской планетоблемы [9, 11-13].

При увеличении скорости вращения Земли, возрастают инертная масса и масса планеты, сжимая планету и вызывая землетрясения и вулканические извержения. Аномальное электромагнитное излучение является предвестником землетрясения. Изменяется максимально скорость вращения Земли в июле и планета расширяется, а в январе из-за минимальной скорости облета сжимается, Земля пульсирует, совершает колебательные движения и орбита планеты волнообразна. Прочностные свойства геосфер Земли устойчивость ее к разрушению возникла в пространстве в изначальном прошлом, которая поныне подвергается трансформации в поле палеопрочности Р 1-п [9, 12, 13].

На (Рис. 2) разработана и представлена составленная впервые «Ноосферная инженерно-геономическая модель разрез гибридного геоида Земли», где выделены: а). геометрический эпицентр Земли диаметром до 400-500 км серым кружочком, вокруг вращается твердое ядро Земли; б). ежемесячные круглогодичные орбитальные (красные стрелки направления) вращения твердого ядра вокруг геометрического центра планеты показаны красными кружочками; в). внутри светло-желтого круга римские цифры указывают месяцы, а круг на глубине в 4 тыс. км серого цвета максимальное значение силы тяжести в 1 тыс. Гал. На данной глубине с позиций НИГ

палеопрочности полигрантов планетосфер процессы миграции и круговорота вещества контролируются данным гравитационным барьером Земли; г). на глубине 3,5 тыс. км выделена красным по цвету кругом 3-ья ДОЗ Земли, где происходит круговорот сверхглубинных планетосферных трансформаций на основе термо-барических вымываний компонент полигрантов соединением  $HgH$ , приводящим к дегазации водорода и гидрид металлическим конвекциям [11]; д). гипоцентры расположений твердых ядер ударно столкнувшихся с палео-Землей подобных небесных тел сформировавший современную гибридную Геоид выделены желтыми по цвету кругом.

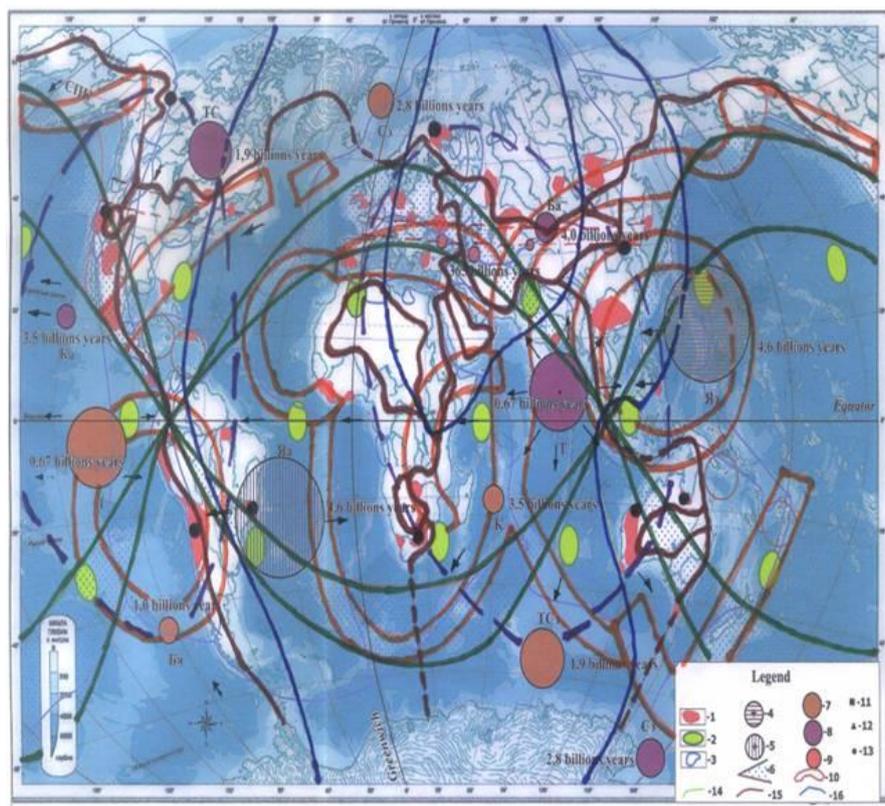


Рисунок 1. Ноосферная инженерно-геономическая карта многоядерной и гибридной изначально гидридной планеты Земля трансформирующая землетрясениями поле палеопрочности планетосфер

Выделенное фиолетовой пунктирной с точками круг очевивает границу гравитационного равновесия Земли и Луны на глубине 1593 км; е). границы нижней мантии Земли выделены косой широкой штриховкой розового цвета; и). границы верхней мантии Земли выделены косой широкой штриховкой оранжевого цвета; к). на глубинах от 250 до 300 км в недрах планеты выделена кругом закрасенным оранжевым цветом с стрелками черного цвета вторая дренажная оболочка (ДО2) представленная соединениями  $SH$  приводящими дегазации серы, водорода и к круговороту компонент полигрантов, трансформирующими георисками от глубокофокусных землетрясений в зонах субдукции [11]; л). на глубинах от 60 км до 250 км закрасена в красный цвет астеносфера, которая окружена снизу дренажной оболочкой ДО2 оранжевый

цвет с циркуляцией SH, а сверху дренажной оболочкой ДО1 из H<sub>2</sub>O которая между границами Конрада и Голицина формирует граниты и базальты Земли [11]; н). выделены светло-коричневым цветом по разломам, где как правило в горных областях происходит (стрелки черного цвета) проникновение воды в дренажную оболочку ДО1 вымывание тяжелых химических элементов и образование гранитов, а вынесенные тяжелые химические элементы под ложем океанов формируют базальты; о). темно-зеленым цветом закрашены поверхности Земли на континентах и дне океанов, где гравитационно представлены антиподальные центры твердых ядер ударно столкнувшихся с геоидом подобных небесных тел сформировавших современную гибридную Землю; п). светло-зеленым цветом выделены Мегаструктуры Центрального типа, пробитые ядрами ударно столкнувшихся с Землей подобных планет, масса которых составляла Бразильской 4,0 млрд. лет тому назад–0,4; Канадской 3,5 млрд. лет – 0,8; Северно- Ледовитой (Арктической) 2,8 млрд. лет – 0,1; Тетиса 1,9 млрд. лет – 0,30 и Тихоокеанской 0,67 млрд. лет – 0,59 [9 - 13].

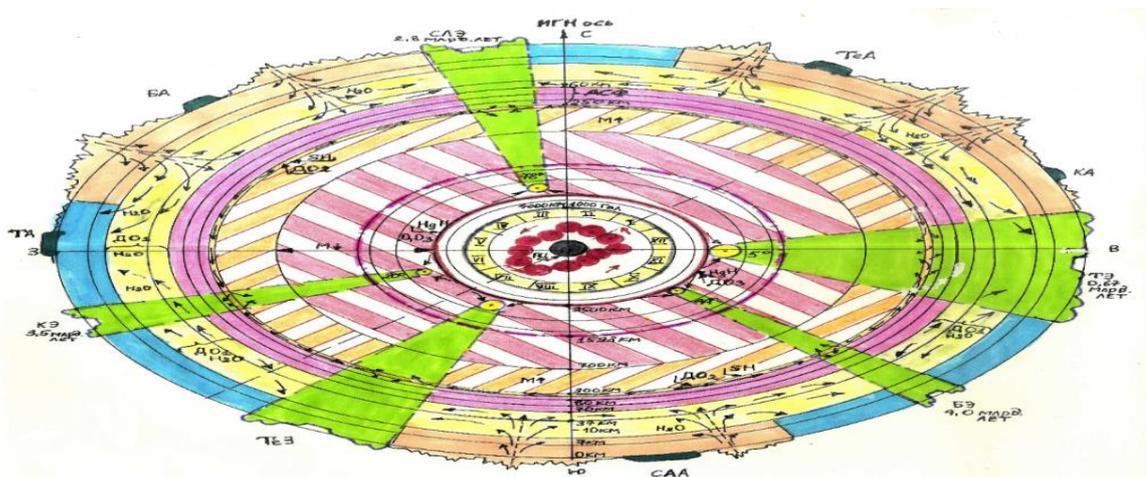


Рисунок 2. Ноосферная инженерно-геономическая модель разрез гибридного геоида сформировавшего планетосферы Земли

На рисунке 3 представлены инструментально установленные впервые с помощью сети МГР -02-С собственное орбитальное движение и вращение твердого ядра внутри жидкой планетосферы Земли под углом 45 град к Солнцу. Орбитальный облет твердого ядра Земли вокруг его геометрического центра трансформирует геориски, активизирует современные движения, приводит к круговоротам полигрунтов, воды и флюидов, формирует полезные ископаемые по механизму дренажной оболочки (ДО) и требует создания мировой сети их мониторинга [10 - 13]. На Рис. 4 представлена «Ноосферная инженерно-геономическая модель латеральной по-долготной закономерности распределения, типизации и прогноза землетрясений Геоида», где выделены разными цветами закономерности распределения сейсмичности (закрашены в оранжевый и красный цвета) в зависимости от распределения горных сооружений на Суше (закрашены в светло-коричневый северополушарный-3 и коричневый южнополушарный-4 цвета), а горы акваторий (закрашены в

голубой северное полушарие -5 и синий южнополушарные -6 цвета) Земли. Показанные по широтные закономерности распределения землетрясений на НИГ модели.

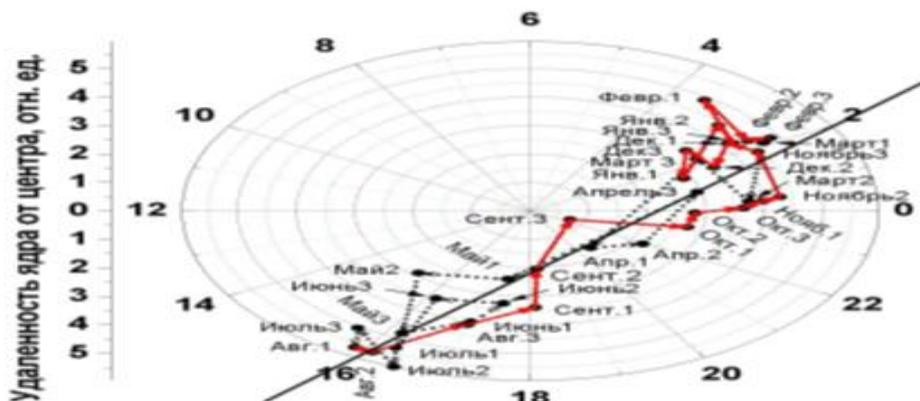


Рисунок 3. Орбитальное годовое вращение и облет твердого ядра Земли внутри жидкой планетосферы инструментально зафиксированное МГР -02-С [10]

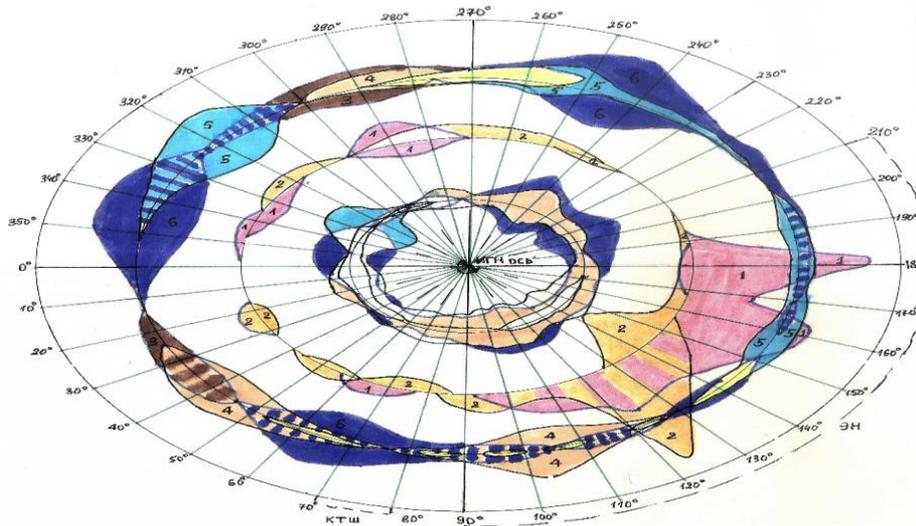
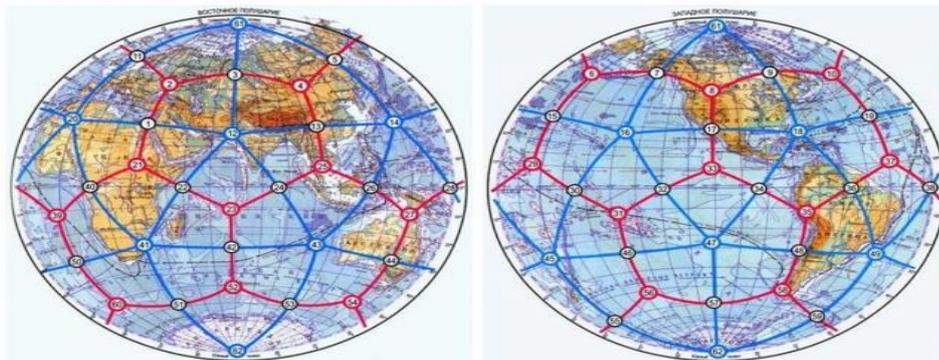


Рисунок 4. НИГ модель латеральной по-долготной закономерности распределения и типизации сейсмоопасных территорий для прогноза землетрясений

В сейсмопланетосфере наибольшим трансформациям землетрясения подвергают южное полушарие Земли в долготах от 115 град, до 185 град. в.д. с экваторобежными пиками (1) 180 град и 160 град. в.д. Одновременно интенсивно трансформируются (2) долготы от 90 град до 160 град в.д, с экваторобежным пиком 124 град в.д. и полюсобежным пиком 144 град в.д. Именно на вышеуказанных координатах получило развитие климатическое глобальное планетарное явление Эль-Нинью. Вследствие трансформации землетрясениями тектоносфера концентрирует максимальные площади развития срединно-океанических хребтов (СОХ) северо-полушарных (5) и южно-полушарных (6) на экваторобежных и полюсобежных долготах от 10 град до 35 град. з.д. с пиком на 35 град. в южном полушарии и 25 град северном полушарии, которые расположены антиподально максимальным проявлениям

землетрясений планеты. Количество полюсо- и экваторо-бежных землетрясений развито на широтах от 10 град до 130 град з.д., они связаны с гасящим эффектом сформированных горных сооружений на Суше и дне океанов. Землетрясения на территории Кыргызстана являются полюсобежно-северополушарными [11-13].

Предлагается для инструментального мониторинга орбитального вращения твердого ядра внутри жидкой планетосферы (Рис. 5) использовать карту-модель каркаса икосаэдро-додекаэдрической структуры Земли Гончарова Н.Ф., Макарова В.А. и Морозова В.С. (1970- гг.) представляющего Землю как гигантский геокристалл. Установка многоканальных регистраторов МГР 02С по указанной сети позволит повысить потенциал прогнозирования георисков от георисков, стихийных бедствий и катастроф, цунами и разрушительных землетрясений активизирующиеся на гранях – противоположностях, ребрах – переходах и вершинах – отрицаниях геокристалла. Создание мировой сети мониторинга рекомендуется проводить на основе 74 единиц регистраторов МГР 02 С для их размещения в Мировом масштабе необходимо изыскать 400 тыс. долл. США [14].



а. восточное,

б. западное

Рисунок 5. НИГ карты пунктов установки МГР 01 С для создания геоинтеллект-системы он-лайн мониторинга за орбитальным круглогодичным движением твердого ядра внутри жидкой планетосферы Земли, для прогноза современных движений кровли литосферы и разрушительных землетрясений в Мире.

### **Выводы.**

1. Приведены основы ноосферной инженерной геонии (НИГ) синтезирующего науки о Земле с построением НИГ карт и моделей.
2. В сравнительно-планетологическом отношении Геоид сформирован ударными столкновениями небесных тел и является гибридным образованием.
3. Орбитальные вращения твердого ядра вокруг геометрического центра Земли трансформируют гравитационно-инертно по месяцам и ежегодно попеременно поле палеопрочности планетосфер Земли, формируя условия благоприятные для высвобождения остаточных напряжений в виде сейсмичности.
4. Составленные серии карт ноосферной инженерной геонии и модели позволяют выявить закономерности распространения полезных ископаемых,

типизировать и прогнозировать геориски для снижения уязвимости населения от ЧС в Мире и его субчастях.

5. Приведена схема Мировой сети мониторинга орбитального вращения твердого ядра вокруг геометрического центра планеты, для прогноза современных геодинамических движений и разрушительных землетрясений.

6. Ноосферная инженерная геонимия позволяет создать Единую Теорию Земли.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусов В.В., Вихерт А.В. (под. ред.) Вопросы геонимии (Кора и верхняя мантия). Изд. МГУ, 1972, 240 с.
2. Круть И.В. Введение в общую теорию Земли. М.: Мысль, 1978. 368 с.
3. Сергеев Е.М. и др. Теоретические основы инженерной геологии. В 4-ех томах. Том. Геологические основы М.: Недра, 1985, 332 с.
4. Сергеев Е.М., Друян В.А. Человек и геологическая среда. М.:Сов.Россия, 1986. 80 с.
5. Трофимов В.Т. “Экологические функции литосферы” М.:1997, 432 с.
6. Осипов В.И., Шойгу С.К., Владимиров В.А., Воробьев Ю.Л. Природные опасности и общество. М.: Издательская фирма «КРУК», 2002. - 248 с.
7. Лаверов Н.П. [Ред.] Великий мыслитель и естествоиспытатель: Докл. науч. конф. АН Респ. Кыргызстан, посвящ. 125-летию со дня рождения В.И. Вернадского, 25 марта 1988 г. Бишкек: Илим, 1991. 41.
8. Ларин В. Н. Гипотеза изначально гидридной Земли. М.: Изд-во “Недра”, 1980. 216 с.
9. Ежов Б. В. Морфоструктуры центрального типа Азии. М.: Изд-во “Наука”, 1986. 134 с.
10. Ачкасов П. В., Усупаев Ш. Э. Гипотеза ударного преобразования планет солнечной системы на примере Земли. //Материалы международной конференции: Подготовка к чрезвычайным ситуациям и реагирование на риски экологической безопасности в Центрально-Азиатском регионе. Бишкек: Изд-во МЧС КР, 2004. С. 138 – 145.
11. Малышков Ю.П., Малышков С.Ю. Периодические вариации геофизических полей и сейсмичности, их возможная связь с движением ядра Земли. // Геология и геофизика, 2009, т. 50, №2, с.152-172
12. Григорьев С.М., Емцев Е.Т. Скульптор лика Земли. Изд-во«Мысль» М.,1977,192 с.
13. Усупаев Ш. Э. Инженерная геонимия – новый путь развития геологии и инженерной геологии. //Материалы 8-ой межреспубликанской научной конференции молодых ученых. Фрунзе: Изд-во “Илим”, 1986. С. 143 – 147.
14. Усупаев Ш.Э. Инженерно-геонимическаягидридно-полиядерная модель геоида. Теоретический и прикладной научно-технический журнал. ИЗВЕСТИЯ Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова №33. МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «Современное состояние и перспективы развития горнодобывающей отрасли» посвященная к 80-летию академика У. Асаналиева. Издательский центр “Техник.” Бишкек 2014 С. 65-71.
15. Усупаев Ш.Э. Единая ноосферно-инженерно-геонимическая теория Земли. Научно-теоретический Журнал: Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана №11, 2015. С. 24-38.

Усупаев Ш.Э.

**ЖЕР СІЛКІНІСІНІҢ НООСФЕРАЛЫҚ ИНЖЕНЕРЛІК ГЕОНИМИЯСЫ  
ГЕОИД ПЛАНЕТОСФЕРАСЫНЫҢ ПАЛЕОБЕРІКТІГІ ӨРІСТЕРІ**

**Аңдатпа:** ноосфералық инженерлік геонмия жер планетосфераларының палеопрочность өрісіндегі жер сілкіністерінің өзгеру заңдылықтарын анықтайтын жаңа ғылыми бағыт. Спутниктік гравиметриялық картада Геоид рельефінде планетарлық 5 көтерілу және 6 төмендеу бар. Бұл палеоорталар миллиардтаған жылдар бойы сақталған эпицентральды және антиподальдық орталықтар өзара біріккен және Жер планетасын құрған аспан денелерінің 5 есе соқтығысуының орталықтары. Жер планетасы пропорционалды ұқсас планеталармен соқтығысқан: Бразилия-4 миллиард жыл, Канада-3,5 миллиард жыл, Арктикалық (Солтүстік Мұзды)-2,8 млрд. жыл, Тетис-1,9 млрд.жыл және Тынық мұхиттық-0,67 млрд. жыл бұрын палеокиаттардың Дүниежүзілік су тасқынын, рудогенездің металлогендік импульстарын, палеооледанияны және палеомагнетизмді көрсетті.

**Түйін сөздер:** ноосфера, инженерлік геонмия, трансформация, жер сілкінісі, палеопрочность өрісі, планетосфера, геоид, соққы соқтығысуы, аспан денелері, геориски, планетарлық блоктар, ядролар, астероидоблемалар.

**Usupaev Sh.E.**

### **NOOSPHERIC ENGINEERING GEONOMY OF EARTHQUAKE TRANSFORMATION OF THE PALEOSTRENGTH FIELD OF GEOID PLANETOSPHERES**

**Abstract:** Noospheric engineering geonomy is a new scientific direction that allows to reveal the patterns of transformation of the paleo-strength field of the Earth's planetospheres by earthquakes. On the satellite gravimetric map there are 5 planetary elevations and 6 depressions in the Geoid relief. These paleotraces are the epicentral and antipodal centers of the 5-fold impact collision of celestial bodies that have united with each other and formed the planet Earth, preserved after billions of years. The planet Earth impacted with comparable similar planets: Brazil - 4 billion years, Canadian - 3.5 billion years, Arctic (Arctic) - 2.8 billion years, Tethys - 1.9 billion years and Pacific - 0.67 billion years ago, manifested global floods of paleoceans, metallogenic impulses of ore genesis, paleooglaciation and paleomagnetism. The paleostrength of the hybrid Earth formed by impact collisions of similar planets and asteroids is affected by gravitational inert deformations in the planetospheres, which are controlled around the clock and annually and are created by independent orbital movements of the solid main core around the geometric Earth.

**Keywords:** noosphere, engineering geonomy, transformation, earthquakes, paleo-strength field, planetospheres, geoid, impact collisions, celestial bodies, georisks, planetary problems, cores, asteroid problems.

**Horiuchi S.<sup>1</sup> Sasaki K<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Doctor, COE, HormSeismo Corp.Japan., <sup>2</sup>COE Challenge Corp. Japan

### **DEVELOPMENT of EEW SYSTEM EXCHANGING REAL-TIME SEISMIC INTENSITY and SEISMIC WAVEFORM**

**Abstract:** We developed an earthquake early warning system, having the following functions, 1) Noise signal discrimination, 2) Onsite warning not only at observation points but also their neighbor areas by exchanging observed waveform and shaking intensity data, 3) Location of hypocenter parameters and 4) Estimation of

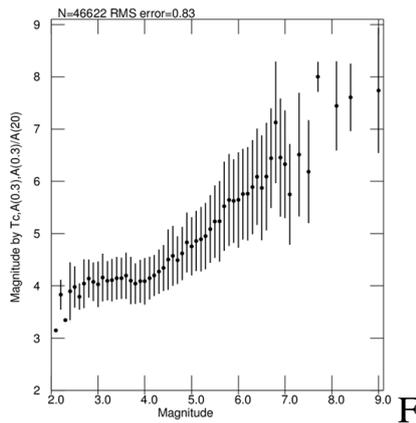


Fig.2 The relationship between Observed and estimated magnitude.

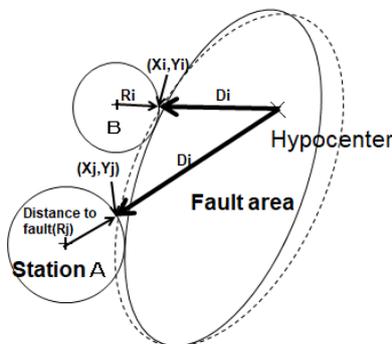


Fig.3 The method of real-time estimation of fault area. We determine the distance from station to the fault area( $R_j$ ) from a value of shaking intensity and project the value on a line connecting from the station to the hypocenter.

the spread of the fault area at a time of a catastrophic event occurrence, if there are many observation stations. **Key words:** EEW, Hypocenter location, Onsite warning

## Introduction

Earthquake early warning (EEW) systems are operational in several countries around the world [Allen et al., 2003, 2009]. JMA (Japan Meteorological Agency) started to operate nationwide EEW system since 2007 [Odaka et al., 2003, Kodera et al., 2020]. The EEW by JMA uses about 1,200 seismic stations covering whole Japan islands. This network makes possible to issue reliable and quick alert information at a time of felt earthquake occurrence.

There are many countries not having enough seismic stations but want to introduce EEW system. Horiuchi et al. [2007] developed inexpensive seismic alert instrument which can be installed indoors, where large amplitude noise associated with human life is generated, cause false alarms. They demonstrated that almost 100% of noise events can be discriminated by software using high sample waveform data. In this report, we present about an EEW system using inexpensive seismic sensor.

## 2. System overview

The present system consists of center server and two kind of users, as shown in Fig.1. One has Raspberry Pi with MEMS sensor (EQ-Guard) and the other using except for his own PC. The roles of center server are (1) Accept user registration, (2) Acquire continuous waveforms, P wave arrival times and shaking intensity from Raspberry Pi users and other seismic stations, if there are, (3) Determine hypocenter location and magnitude automatically by using arrival times and amplitude data, (4) Send the followings to both kinds of users, 1) Hypocenter parameters, 2) Real-time seismic intensities from all observation stations, 3) Transfer waveform data from the nearest Raspberry Pi

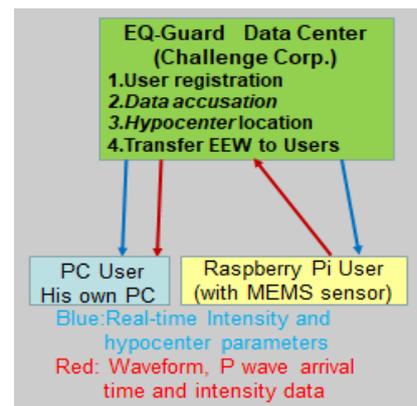


Fig.1 Block diagram of the present EEW system.

userto PC userat a time of earthquake occurrence. It is remarked that the tuning of some parameters are required for the automatic determination of hypocenter parametersowing to the difference inseismic networks.

The EQ-Guard, Raspberry Pi version, have the following functions, 1) Send continuous waveform data of 100 Hz sampling in every one sec interval to the center server, 2) Discriminate between noise and seismic events by measuring predominant frequencies and shaking duration using 500Hz sampling data, 3) Pick P wave arrival times and measure shaking intensityat a time of earthquake occurrence, 4)Output voice alarm. 5) Etc. The merit to be Raspberry Pi usersare that, they can1) Get more accurateand quickalertinformation from their own seismograph data, 2) Control instruments before strong shaking, 3) Output voice alarm by a special speaker. It is important to notice that the increase in the number of Raspberry Pi user also increasesthe number of seismic stations, and makes it possible to determine more accurate andquick EEW information.

The PC users receive waveform data from the closest Raspberry Pi user and shaking intensity from all stations. They are displayed on their own PC and voice alarm is output. In a case when several stations detect shaking and the center server determines hypocenter and magnitude, they are used to estimatemore accurate shaking intensity. It is required for the user to register user information such as the coordinates of the user location from the Web page. There is a function for the training of EEW. If a user generates a testing earthquake in the web site of the center server, the server sends back hypocenter parameters and shaking intensity data to him. If the testing earthquake is a catastrophic event, his PC computes and displays the spread of the fault area for the testing event by using the method shown below.

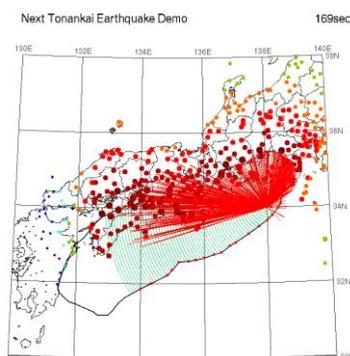


Fig. 4 The result of numerical simulation to determine the spread of rapture area using real-time intensity data. Red line:estimated fault area, Green:Faulting area

### 3. Magnitude determination using P wave data from a single station

It is difficult to locate hypocenter up to the time when several stations detect P wave arrivals. We determine an empirical equation to estimate magnitude from three second P wave data from a single station. Assuming that magnitude can be put by the logarithm of 1) Predominant period ( $T_c$ ), 2) Amplitude ratio( $A_r$ ) of Fourier spectrum between high (20Hz) and low (0.3Hz) frequencies, and, 3)Amplitude( $A_0$ )at low frequency(0.3Hz), we determinedthe coefficient of the equation by the least square method. We used 46,622 P wave data recorded by K-net. The obtained empirical equation is

$$M=2.137\log(T_c)+0.374\log(A_r)+0.307\log(A_0)+7.122$$

As shown in Fig.2, the empirical equation can estimate approximate magnitude. The RMS value of estimation error is 0.83. We will send this magnitude up to when the center server locates hypocenter and magnitude.

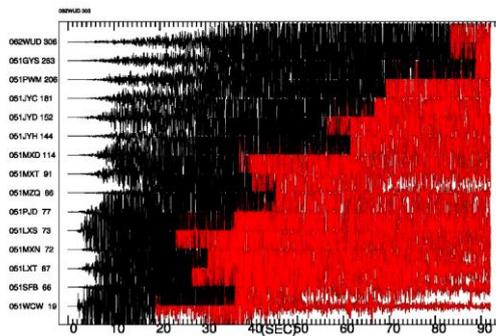


Fig.5 Observed seismograms of China Sichuan Earthquake with magnitude 7.9. Red color shows when shaking intensity becomes larger than 10 gal.

up to when the center server locates hypocenter and magnitude.

#### 4. Hypocenter location

Horiuchi et al. [2005] developed a method of hypocenter location using P wave arrival times for only a few stations and the lack of P wave arrivals at other stations at a given time. This method is used in the hypocenter location for EEW in many seismic networks. We will modify it so as to use P wave arrival times, observed amplitudes and values of magnitude in 3.

#### 5. Real time fault area determination

All kinds of magnitude except moment magnitude have a problem of magnitude saturation. The calculated magnitude cannot be

greater than about 8 even for a magnitude 9 event. The calculated magnitude of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake or the Off the Sumatra Earthquake (2004) was 8, but was later changed to 9. Since values of shaking intensity or Tsunami height are estimated from underestimated magnitude, estimated values are match smaller than the actual values. Horiuchi et al. [2011] developed a method to determine the spread of the fault area by the use of real-time shaking intensity data so as to solve the problem of magnitude saturation, as shown in Fig.3. The shaking intensity is calculated with taking into account the located fault area. They demonstrated that it estimates approximated fault area and nearly correct shaking intensity distribution in a case of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. We installed this software into the software of PC user, since PC user receives shaking intensity from all stations. We conducted a numerical testing by generating a catastrophic event along Nankai trough with fault area having 800km long for the testing. It is found that our system can locate nearly correct fault area within 15 sec after the termination of the rupture propagation, as shown in Fig.4

#### 6. Discussion

China Sichuan Earthquake with magnitude 7.9 occurred in 2008. Dead and disappearance person are 68,000 and 18,000, respectively. The fault length is 280km. It is known that the rupture speed of the faulting is less than 2.8 km/s. Therefore, it takes several ten seconds for the rupturing in a case of a catastrophic event occurrence. Figure 5 shows observed seismograms of this earthquake. The seismograms with red color shows the period when shaking intensity in JMA definition becomes larger than 3. Amplitude ranges of intensity 3 are from 10 to 30 gals. It is possible for people to do something for taking action to protect himself during the period when shaking intensity is less than 3. It is clear from Fig. 5 that there are 20 to 80 seconds of leading time until shaking starts and reaches 10 gal.

The same plot of seismograms for the Tohoku earthquake, Japan also show the same tendency. Since the damage by a catastrophic earthquake is huge, it is very important to develop an EEW system, which tell people about its occurrence.

#### REFERENCE

1. Allen RM, Gasparini P, Kamigaichi O, Böse M, 2009, The status of earthquake early warning around the world: an introductory overview. *Seism. Res. Lett.* 80:682– 693. <https://doi.org/10.1785/gssrl.80.5.682>.
2. Allen, R., and Kanamori, H. ,2003, The Potential for earthquake earlywarning in southern California, *Science*, 300, 786-789.
3. Horiuchi, S., H. Negishi, K. Abe, A. Kamimura and Y. Fujinawa ,2005, An automatic processing system for broadcasting earthquake alarms, *Bull. Seism. Soc. Am.*,95, 708-718.
4. Horiuchi, S., Y., Horiuchi, S., Yamamoto, H., Nakamura, C., Wu, P. A. Rydelek, and M. Kachi ,2009, Home seismometer for earthquake early warning, *Geophys. Res. Lett.*, 36, L00B04, doi:10.1029/2008GL036572.
5. Horiuchi, S., and Y. Horiuchi, 2011, Real-time location of fault areadistribution for the tsunami warning and shaking intensity estimation of a massive scale earthquake, Programme and abstracts, The Seismological Society of Japan, 2011, fall meeting.
6. Kodera, Y., Hayashimoto, N., Moriwaki, K., Noguchi, K., Saito, J., Akutagawa, J., et al. ,2020, First-year Performance of a Nationwide Earthquake Early Warning System Using a Wavefield-Based Ground-Motion Prediction Algorithm in Japan. *Seismological Res. Lett.* 91 (2A), 826–834. doi:10.1785/0220190263
7. Odaka, T., K. Ashiya, S. Tsukada, S. Sato, K. Ohtake, and D. Nozaka,2003, A new method of quickly estimating epicentral distance and magnitude from a single seismic record, *Bull. Seism. Soc. Am.*,93, 526-532.

E-mail of authors: Horiuchi; [horiuchi@homeseismo.com](mailto:horiuchi@homeseismo.com), Sasaki; [ksasaki@challengego.co.jp](mailto:ksasaki@challengego.co.jp)

**Horiuchi S. Sasaki K**

### **НАҚТЫ УАҚЫТ РЕЖИМІНДЕ ДЕРЕКТЕР АЛМАСАТЫН ЕЕВ ЖҮЙЕСІН ҚҰРУ СЕЙСМИКАЛЫҚ ҚАРҚЫНДЫЛЫҚ ЖӘНЕ СЕЙСМИКАЛЫҚ ТОЛҚЫН ТҮРІ**

**Аңдатпа:** Біз мынадай функциялары бар жер сілкінісі туралы ерте хабарлау жүйесін әзірледік: 1) Шу сигналдарын тану; 2) бақылау нүктелерінде ғана емес, сондай-ақ олармен көршілес аудандарда да толқын нысаны мен сілкіну қарқындылығы туралы бақыланатын деректермен алмасу жолымен ескерту; 3) гипоцентр параметрлерін айқындау. 4) Егер бақылау станциялары көп болса, апатты жағдай туындаған кезде ақаулық аймағының таралуын бағалау.

**Түйін сөздер:** ОБК, гипоорталықтың орналасуы, орнында ескерту.

**Horiuchi S., Sasaki K**

### **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РАННЕГО ОПОВЕЩЕНИЯ О ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ, С ФУНЦИЕЙ ОБМЕНА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ И ФОРМАМИ ВОЛН В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ**

**Аннотация:** Мы разработали систему раннего оповещения (СРО) о землетрясениях, имеющую следующие функции: 1) распознавание шумовых сигналов, 2) предупреждение на месте не только в точках наблюдения, но и в соседних с ними районах путем обмена наблюдаемыми данными о форме волны и интенсивности сотрясений, 3) определение параметров гипоцентра. и 4) оценка распространения зоны разлома во время возникновения катастрофического события, если имеется много станций наблюдения.

**Ключевые слова:** СРО, Расположение гипоцентра, Предупреждение на месте.

УДК:550

**Сагимбай А.С**  
преподаватель кафедры Защита в  
чрезвычайных ситуациях Академии  
гражданской защиты имени  
М.Габдуллина МЧС РК

## **РАННЕЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ О ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Аннотация.** В данной статье рассматривается подверженность территории Республики Казахстан сейсмоопасным проявлениям, а также сейсмологическая сеть мониторинга. Установлено, что порядка 30% территории республики находится в сейсмоактивной зоне, а сейсмический мониторинг проводится на 46 сейсмостанциях расположенных на юге и юго-востоке страны. Существующая сеть сейсмического мониторинга не охватывает всю территорию страны и не позволяет проводить качественный мониторинг и оповещения населения об угрозах возникновения землетрясений. На основании чего, авторами предлагается создание сети сейсмомониторинга с задействованием современных смартфонов.

**Ключевые слова:** землетрясение, сейсмический мониторинг, ранее предупреждение, смартфон, акселерометр

Землетрясение — одно из самых грозных явлений природы. Ежегодно сейсмические проявления приводят к разрушению зданий и сооружений, и уносят множество человеческих жизней. Около 30% территории Республики Казахстан находится в зоне сейсмической активности, где возможны землетрясения силой 9 и более баллов. В сейсмической истории Казахстана зафиксировано множество землетрясений различной интенсивности, в том числе и катастрофические, от которых пострадали жители и строения на территории современного города Алматы в 1887, 1889 и 1911 гг. [1]. Указанные факты определяют актуальность необходимости проведения работ по защите населения от землетрясений. Одним из основных таких подходов является мониторинг и оповещение населения.

В настоящее время сейсмологическая сеть республики состоит из 46 сейсмостанций расположенных в основном на юге и юго-востоке, что не позволяет охватить всю территорию страны и затрудняет проводить качественный мониторинг и оповещение населения о возможных землетрясениях [2]. В связи с этим, назрела острая необходимость создания широкой сети сейсмологического мониторинга и оповещения, охватывающую всю территорию республики. Создание стационарных сейсмостанций, оснащенных современным оборудованием, требует больших финансовых вложений. В условиях мирового финансового кризиса, государство не в силах находить необходимые финансовые ресурсы для развития сети сейсмомониторинга. На основании чего, предлагается для создания сети сейсмомониторинга и раннего предупреждения населения привлечь население страны, имеющие современные смартфоны. В смартфонах установлены датчики (акселерометр), которые определяют угол наклона электронного устройства по отношению к земной поверхности. Акселерометр представляет собой вид датчика движения, измеряющего ускорение, одновременно сопоставив три пространственные координаты [3]. Другими словами, это особый прибор измеряющий разницу между проекциями абсолютного и гравитационного ускорения. Точность измерений достигается за счет использования особых тензоусилителей, которые отличаются высоким уровнем линейности [4].

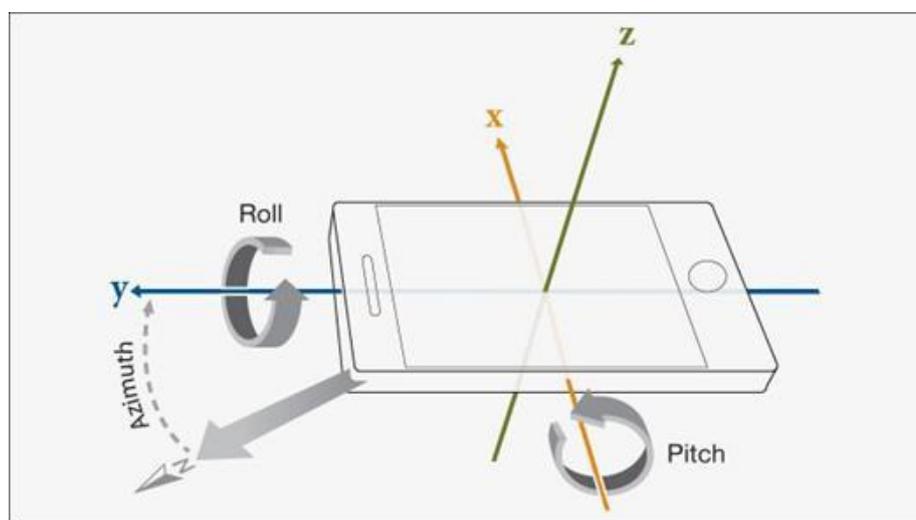


Рисунок 1 - Ориентация смартфона в пространстве [5]

Установленное на смартфонах соответствующее программное обеспечение (ПО), может фиксировать сейсмические волны с помощью акселерометров и передавать информацию в специальные центры обработки и оповещения (ЦОО). При возникновении сейсмических волн, находящиеся вблизи эпицентра землетрясения смартфоны фиксируют их, и через базовые станции передают на сервер сигнал, где ПО принимает, обрабатывает полученную информацию и в случае угрозы, автоматически передает ее на

мобильные приложения населения и системы оповещения гражданской защиты. Также автоматически оповещаются диспетчерские службы экстренных служб, потенциально-опасных объектов и местных исполнительных органов с указанием времени возникновения, координат очага и расчетной магнитуды землетрясения (рисунок 2). Процесс оповещения происходит автоматически (без участия человека) за 2-3 секунды с момента поступления информации с гаджетов, что позволяет оперативно оповестить население и все заинтересованные службы до прихода основной разрушительной (поверхностной) волны. Данное обстоятельство связано с тем, что скорость продольных Р-волн имеет большую скорость распространения (6 км/с), но меньшую разрушающую силу, а скорость поверхностных волн L-волн (3,2-4,4 км/с), значительно ниже, но имеют большую разрушающую силу[6].

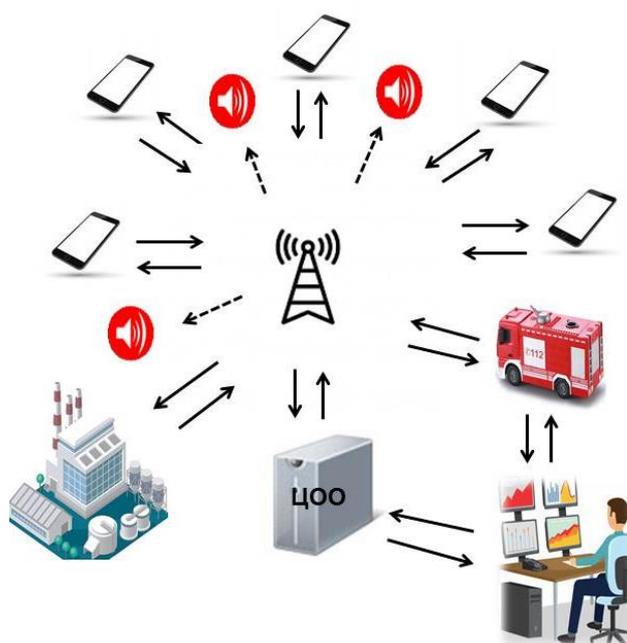


Рисунок 2 – Схема раннего предупреждения о землетрясении с помощью смартфонов

Для создания эффективной системы оповещения (предупреждения ложных срабатываний) о надвигающемся землетрясении, необходимо задействовать множество сотен или даже тысяч гаджетов. Стационарные системы раннего предупреждения в настоящее время разработаны и установлены в Мексике, США и Японии. Однако их установка стоит больших денег. Использование же смартфонов не потребует закупки большого количества дорогостоящего оборудования, а по эффективности раннего предупреждения способно потягаться с профессиональным сейсмологическим оборудованием.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция[Электронный ресурс]-Режим доступа: <https://www.some.kz//index.php?outlang=1>

2. Mikhailova, N.N. Kazakhstan National Data Center in Global and Regional Monitoring / N.N. Mikhailova, I.I. Komarov, Z.I. Sinyova, I.N. Sokolova, A.A. Smirnov / Book of Abstracts ESC 33rd General Assembly // M : 19-24 August 2012 – с. 249.

3. Lane N. D. et al. A survey of mobile phone sensing //IEEE Communications magazine. – 2010. – Т. 48. – №. 9.

4. Пестов Е. Распознавание движения мобильного устройства //International Journal of Open Information Technologies. – 2013. – Т. 1. – №. 3.

5. Принцип работы гироскопа <https://trashbox.ru/topics/41482/kak-eto-rabotaet-giroskop>. Retrieved: Jan, 2018

6. Баринов А.В., Седнев В.А., Шевчук А.Б., Харисов Г.Х., Кошечкина Е.И. Опасные природные процессы Учебник. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. - С. 145-162.

**Сагимбай А.С**

## **ЗАМАНАУИ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНУМЕН ЖЕР СІЛКІНІСІ ТУРАЛЫ АЛДЫН АЛА ЕСКЕРТУ**

**Аңдатпа.** Бұл мақалада Қазақстан Республикасы аумағының сейсмикалық қауіпке ұшырағыштығы, сондай-ақ сейсмологиялық бақылау желісі қарастырылған. Республика аумағының шамамен 30%-ы сейсмикалық белсенді аймақта орналасқандығы және республиканың оңтүстігі мен оңтүстік-шығысында орналасқан 46 сейсмикалық станциясында сейсмикалық бақылау жүргізілетіндігі анықталды. Қолданыстағы сейсмикалық бақылау желісі елдің бүкіл аумағын қамтымайды және жер сілкінісі қауіпі туралы тұрғындарды сапалы бақылау мен хабарлауға мүмкіндік бермейді. Осыған сүйене отырып, авторлар заманауи смартфондардың көмегімен сейсмикалық бақылау желісін құруды ұсынады.

**Түйін сөздер:** жерсілкінісі, сейсмикалық бақылау, алдын ала ескерту, смартфон, акселерометр

**Sagimbay A.S.**

## **EARLY EARTHQUAKE WARNING USING ADVANCED TECHNOLOGIES**

**Abstract:** This article examines the susceptibility of the territory of the Republic of Kazakhstan to seismic manifestations, as well as the seismological monitoring network. It has been established that about 30% of the territory of the republic is located in a seismically active zone, and seismic monitoring is carried out at 46 seismic stations located in the south and southeast of the country. The existing network of seismic monitoring does not cover the entire territory of the country and does not allow high-quality monitoring and notification of the population about the threats of earthquakes. Based on this, the authors propose the creation of a seismic monitoring network using modern smartphones.

**Keywords:** earthquake, seismic monitoring, early warning, smartphone, accelerometer

УДК 550.34

**Муралиев А.М<sup>1</sup>., Сабирова Г.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>д.ф.-м.н., профессор, зав. лаборатории прогноза землетрясений,

<sup>2</sup>м.н.с. лаборатории ПЗ Институт сейсмологии

НАН Кыргызской Республики

## ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ДИНАМИКА ПАРАМЕТРОВ СЕЙСМИЧЕСКОГО РЕЖИМА БИШКЕКСКОГО ПРОГНОСТИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА КЫРГЫЗСТАНА

**Аннотация.** В статье анализируется пространственно-временное распределение сильных исторических землетрясений в пределах Бишкекского прогностического (БП) полигона, расположенного в Северо-Тянь-Шанской сейсмоактивной зоне. Основное внимание уделяется пространственно-временным характеристикам землетрясений за инструментальный период наблюдений, особенно за последние 30 лет (1991-2020 гг.). Этот период был временем перехода от аналоговой системы регистрации землетрясений к цифровой. К анализу привлечены количество землетрясений, плотность сейсмического фона, наклон графика повторяемости и другие. Динамика сейсмических параметров была основным фактором, использованным для оценки текущих сейсмических условий полигона. Значение наклона графика повторяемости землетрясений вычислены двумя методами: методом наименьших квадратов и методом максимального правдоподобия. Выявлен нисходящий тренд, свидетельствующий о снижении количества землетрясений за последние 30 лет (1991-2020 гг.). Результаты данного исследования могут быть использованы в разработке метода прогноза сильных землетрясений и оценки сейсмической опасности Тянь-Шаня.

**Ключевые слова:** землетрясение, очаг, эпицентр, магнитуда, сейсмическая энергия, сейсмичность, сейсмический режим, прогноз землетрясений.

**Введение.** Исследование сейсмического режима Фрунзенского (Бишкекского) прогностического полигона было начато с 1975г. [1,2 и др.]. Параметры очагов землетрясений определялись тогда по данным временной экспедиционной сети сейсмических наблюдений, расположенных в окрестности полигона, и региональной сети аналоговых сейсмических станций. В последние годы полностью переоснащена цифровыми сейсмографами региональная сеть сейсмических станций. Начиная с 1991г., согласно концепции развития сейсмологических наблюдений в Кыргызстане [3], на территории БП полигона функционирует локальная сеть KNET цифровых сейсмических станций американского производства [4]. Телеметрическая сеть KNET не имеет аналогов в Центрально-Азиатском регионе. В течение последних тридцати лет собраны уникальные цифровые записи землетрясений, локализация и определение основных параметров местных землетрясений проведены на много точнее по сравнению с предыдущими годами. Улучшено качество составления каталога землетрясений полигона. В связи с этим возникла необходимость детального изучения сейсмического режима полигона на базе цифровых сейсмических данных, собранных за последние 30 лет (1991-2020гг.). Целью настоящей работы является пространственно-временной анализ

распределения сильных землетрясений и изучение динамики параметров сейсмического режима Бишкекского прогностического полигона. В этой связи проведены выборки различных каталогов землетрясений; построены карты эпицентров сильных землетрясений, выполнены расчеты численных значений основных параметров сейсмического режима: количества землетрясений,  $N$ ; величины сейсмической активности,  $A_{10}$ ; наклона графика повторяемости землетрясений,  $\gamma$  и другие; построены временные ряды указанных параметров за период 1991-2020гг.

**Методы и исходные данные.** Для расчета параметров сейсмического режима полигона использованы количественные методы детального изучения сейсмичности [5]. Оценка наклона графика повторяемости землетрясений полигона произведена двумя методами: методом наименьших квадратов (графическим) и методом максимального правдоподобия (по формуле). В качестве исходных данных использованы каталоги землетрясений Кыргызстана и Центрально-Азиатского региона [6], которые систематизированы и обобщены в Институте сейсмологии НАН Кыргызской Республики.

**Сейсмичность.** Территория БП полигона ограничена следующими координатами:  $41,8^0 - 43,5^0$  с. ш.,  $74^0 - 79^0$  в.д., расширена в сторону восточного направления по сравнению с прежними годами [1]. БП полигон включает в себя Чуйскую и Иссык-Кульскую впадины и их горного обрамления (рис. 1). Геолого-геофизическое описание полигона приведено в работах [7,8, и др.]. Для анализа сейсмичности полигона нами построена карта эпицентров 94 сильных ( $K_R \geq 12$ ) землетрясений (рис.1) за период с древнейших времен по 2020 год. Выборка сильных землетрясений произведена из каталога [6] с дополнением землетрясений ( $K_R \geq 12$ ), произошедших в последние годы. Из рис. 1 видно, что значительная часть эпицентров сильных землетрясений полигона группируется в районах Киргизского хребта, хребта Кюнгёй Алатао и Заилийский Ала-Тау. Главной особенностью сейсмичности БП полигона является подверженность исследуемой территории сильным 10-11 балльным Кеминским (1911г.), 10-балльным Чиликским (1889г.), 8-9 балльным Кемино-Чуйским (1938г.), 8-балльным Сарыкамьшским (1970г.) и другим 6-7- балльным землетрясениям (рис.1), очаги которых расположены в земной коре от 5 до 30км [6] и составляют основные элементы Северо-Тянь-Шаньской сейсмоактивной зоны. Из рис. 1 видно, что эпицентры сильных землетрясений приурочены к северному склону Киргизского хребта, простирающегося с запада на восток. Мы условно называли Бишкекским сейсмоактивным районом (БСР). Эпицентры сильных землетрясений здесь группируются в субширотном направлении, начиная с местонахождения эпицентра Беловодского землетрясения 1885г. ( $M=6,9$ ) в до эпицентра Кемино-Чуйского землетрясения 1938г. ( $M=6,8$ ). Расстояние между эпицентрами этих землетрясений составляет порядка 200км.

Вторая группа эпицентров сильных землетрясений наблюдаются в приграничном сейсмоактивном районе между Кыргызстаном и Казахстаном. Эпицентры здесь расположены близки к линии государственной границы,

вдоль хребтов Заилийского и Кунгейского Ала-Тоо. На рисунке 2 представлен временной ход возникновения сильных ( $K_R \geq 12$ ) землетрясений БП полигона за период с 1770 по 2014г. Отметим, что, начиная с 2015г. по 2020г. землетрясения с  $K_R \geq 12$  не зафиксированы.

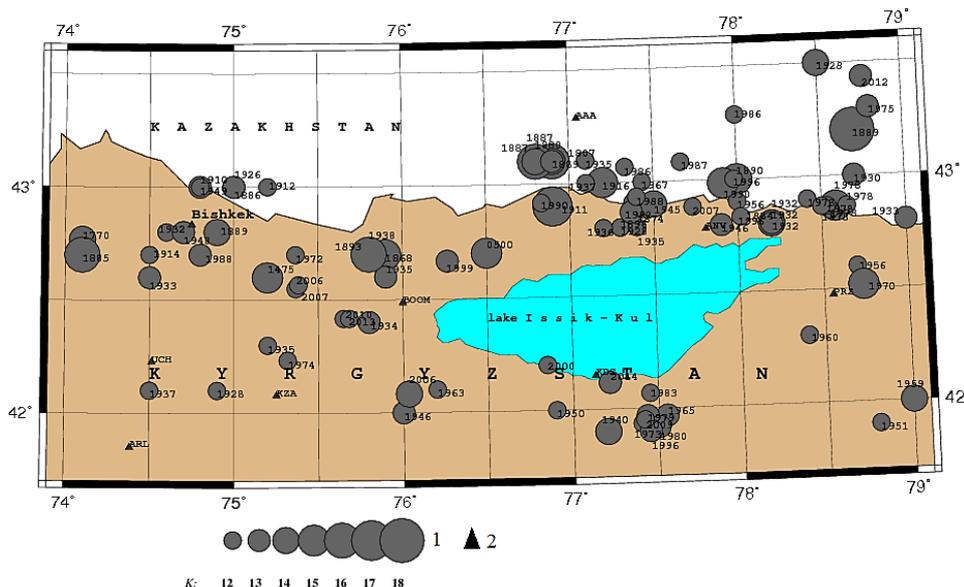


Рисунок 1- Эпицентры сильных землетрясений по территории Бишкекского прогностического полигона (круги); треугольники - сейсмические станции

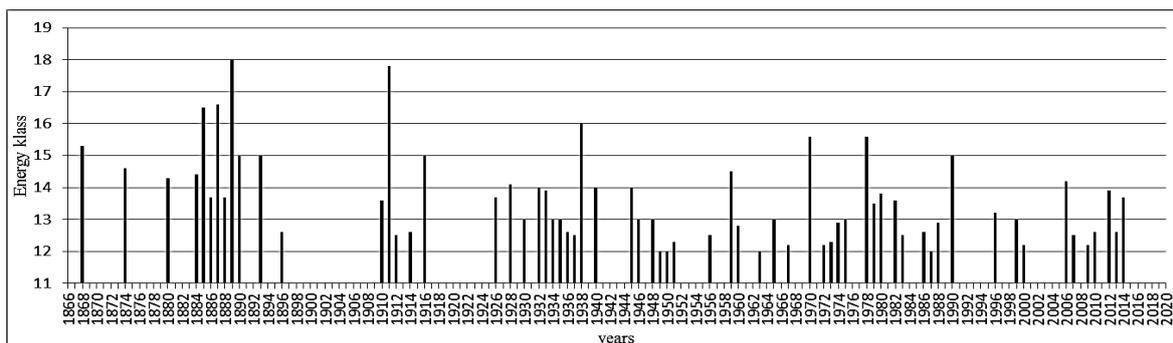


Рисунок 2 распределение сильных ( $K_R \geq 12$ ) землетрясений во времени

Начиная с 1868 года, можно увидеть проявления временного хода сейсмической активности полигона. Чиликское землетрясение ( $K_R=18$ ) 1889 года попадает в период повышенной сейсмической активности, который продолжается 29 лет (с 1868 по 1896г.). С 1897 по 1909г наступает 13 летнее сейсмическое затишье. Известное Кеминское землетрясение ( $K_R=17,8$ ) 1911г. попадает в 7 летний период сейсмической активности (1910-1916гг.). Затем снова 9 летнее затишье (1917-1925гг.). Кемино-Чуйское землетрясение ( $K_R=16$ ) 1938г. попадает в 26 летний период повышенной сейсмической активности (1926-1951гг.) и т.д. Основным моментом проявления сильных землетрясений является периодичность: наступает сейсмическое затишье, затем сейсмическая активизация, снова сейсмическое затишье и так далее. Однако длительность периодичности разная. Вопросы периодичности проявления сильных

землетрясений на большой территории Тянь-Шаня были также рассмотрены в работе [9]. Чтобы уточнить диапазоны периодов сейсмической активизации и затишья, необходимо провести специальное исследование.

На рис. 3 представлена карта-схема распределения плотности землетрясений ( $K_p=7-14$ ) БП полигона за период 1991-2020гг. Для построения ее использована GIS технологии. На карте выявлены районы, где наибольшая концентрация эпицентров землетрясений ( $K_p=7-14$ ).

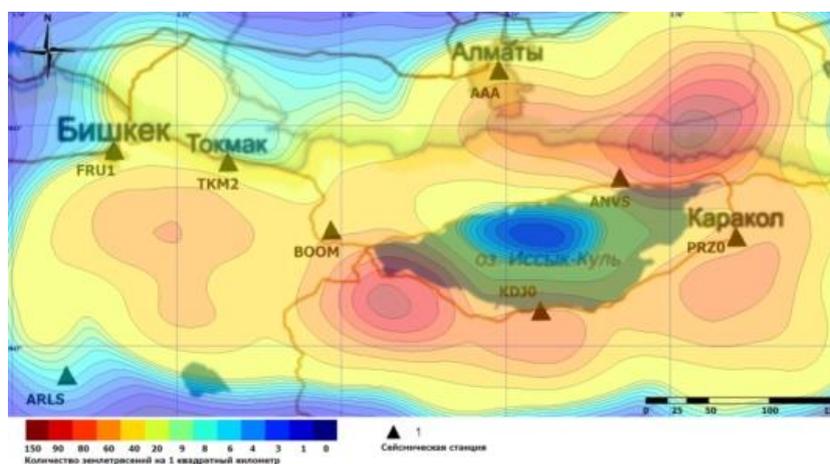


Рисунок 3- Распределение плотности сейсмического фона в 1991-2020гг.

На рисунке 3. красным цветом выделены области с высокой плотностью эпицентров слабых землетрясений ( $K_R=7-14$ ): на 1 км<sup>2</sup> происходит 80 -90 землетрясений. Желтым цветом показана меньшая плотность (20-40 событий на 1 км<sup>2</sup>) и синим цветом - низкая плотность концентрации (1-9 событий на 1км<sup>2</sup>). Наибольшая концентрация рассматриваемых землетрясений группируется в Чуйской, Южно-Иссык-Кульской и Кунгейской сейсмоактивных районах. Области наибольших концентраций в первом приближении можно принимать, как наиболее опасные районы, вероятные места возникновения будущих землетрясений [10]. Выявлено уменьшение общего количества землетрясений за последние тридцать лет (рисунок 4). Количество землетрясений уменьшается от 260 сейсмических событий до 31. Такое трендовое уменьшение количества сравнительно слабых землетрясений на полигоне может предшествовать подготовке сильного землетрясения. Это является предметом дальнейшего развития исследований в этом направлении.

Распределение количества представительных землетрясений для БП полигона по величине энергетических классов представлено на рисунке 5. График показывает, что 7-й энергетический класс землетрясений для полигона является представительным. Корреляция между количеством ( $N$ ) и энергетическим классом ( $K_R$ ) подчиняется линейному закону:

$$\lg N = 6,79 - 0,48 K_p \quad (1)$$

Наклон графика повторяемости землетрясений получился,  $\gamma = -0,48$ . Для построения графика повторяемости землетрясений привлечены 3935 сейсмических событий в диапазоне энергетических классов от 7 до 14.

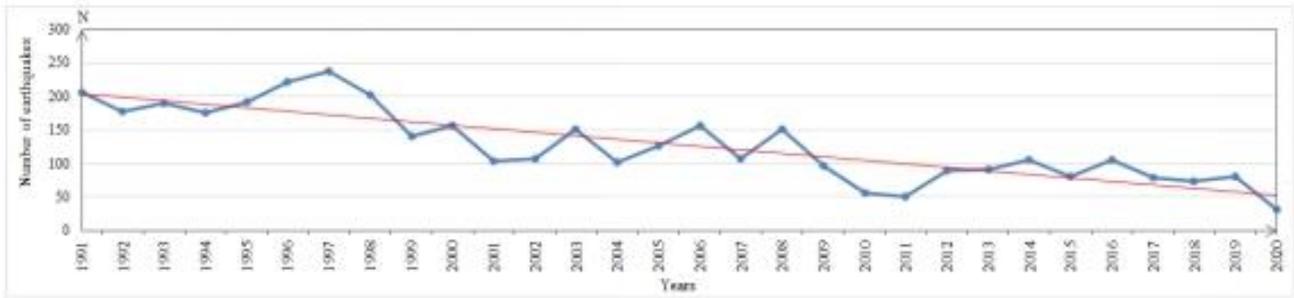


Рисунок 4- Изменение количество землетрясений полигона во времени

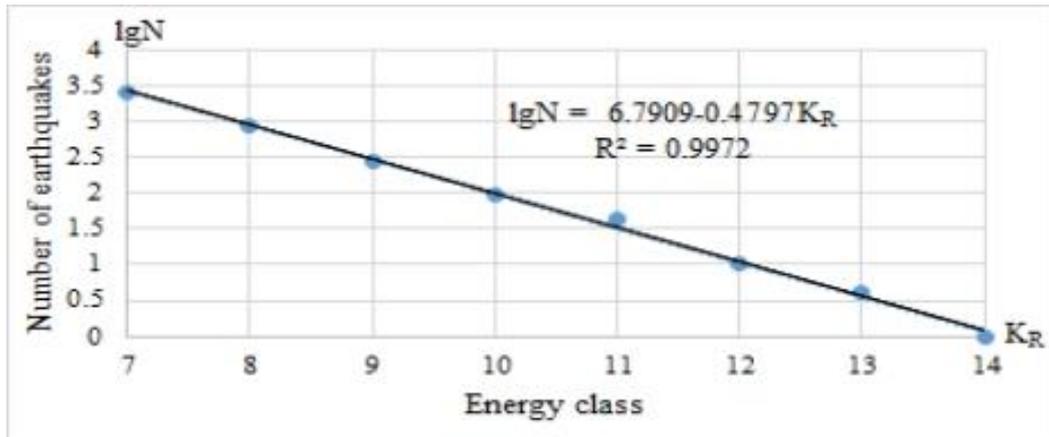


Рисунок 5 график повторяемости землетрясений для полигона

Кроме этого, величина параметра  $\gamma$  рассчитывался методом максимального правдоподобия, используя уравнения из [11]:

$$\gamma = \log \left[ 1 + \frac{N_{\Sigma}}{\sum_0^{\infty} j \cdot n_{K_0+j}} \right] \quad (2)$$

с оценкой дисперсии  $\sigma = \frac{\gamma}{\sqrt{N_{\Sigma}}}$ , где  $N_{\Sigma}$  - общее число событий,  $n_{K_0+j}$  - число событий  $K_0+j$  класса,  $K_0$ - нижний представительный класс, нами использован  $K_0=7$ . Ежегодные значения  $\gamma$  по результатам расчетов, полученных по формуле (4) представлен на рис. 7. На графике нанесены значения величины  $\gamma$  с определением дисперсии ( $\pm\sigma$ ).

Из рисунка 6 видно, что величина параметра  $\gamma$  варьирует от 0,59 до 0,29. Долговременное среднее значение наклона графика повторяемости землетрясений полигона находится на уровне 0,48. В последние годы наблюдается некоторое уменьшение величины  $\gamma$  до 0.35 (рисунок 6). Результаты сравнения показали, что оба метода дают близкие значения  $\gamma$ .

**Основные выводы.** Эпицентры сильных ( $K \geq 12-18$ ) землетрясений по-прежнему группируются в пределах Киргизского хребта, хребта Кунгейского и Заилийского Ала-Тоо, которые образуют высокосейсмичные районы Северо-Тянь-Шаньской зоны. Перед возникновением сильных землетрясений наблюдаются как сейсмическое затишье, так и сейсмическая активизация

(рис.2). Длительность периодичности разная. Наблюдается также дефицит землетрясения с  $K \geq 12$  за последние пять лет (2015-2020гг.) (рис.2).



Рисунок 6- Ход наклона  $\gamma$  графиков повторяемости землетрясений БП полигона

Изучение динамики развития слабых землетрясений показало, что высокая плотность эпицентров землетрясений с  $K=7-14$  наблюдается на юге оз.Иссык-Куль, начиная с местонахождения сейсмостанции «Боом» до станции «Каракол» а также в приграничном районе между Казахстаном и Кыргызстаном (рис. 3). Еще один момент: количество слабых сейсмических событий уменьшается от 260 до 31 события. Основной показатель сейсмического режима - величина наклона графика повторяемости землетрясений также уменьшается до 0,35 (рис. 6). Это может быть связано с подготовкой сильного землетрясения на полигоне.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Грин В.П., Ильясов Б.И., Меджитова З.А. и др. Основные результаты сейсмических исследований на Фрунзенском прогностическом полигоне. – Известия АН СССР, Физика Земли, 1978, № 11, с.42-53.
2. Грин В.П., Ильясов Б.И., Ким Н.И., Лопатина Т.А., Меджитова З.А., Серебрянская Т.Я. Некоторые результаты исследований по поискам предвестников землетрясений в Чуйской впадине и ее горного обрамления//Поиски предвестников землетрясений. Международный симпозиум 27 мая - 3 июня 1974г. Изд-во "ФАН" Узбекской ССР. Ташкент. 1976. с.146-150.
3. Муралиев А.М. К вопросу развития сейсмологических наблюдений в Кыргызстане // Сейсмологические наблюдения в Кыргызстане. –Бишкек, Илим. 1993. –с.4-17.
4. Vernon F. Kyrgyzstan seismic telemetry network. IRIS Newsletter, 1992.Vol. 11, № 1,p.7-9.
5. Методы детального изучения сейсмичности/Отв. ред. Ю.В.Ризниченко. М.: Изд-во, АН СССР, 1960. 114с. (Тр. ИФЗ АН СССР; № 9(176).
6. Seismological data by Middle Asia and Kazakhstan, 250 B.C.-1977;  $M \geq 5.0$ ; ( $m'pv \geq 5.6$ ;  $m'pv \geq 5.3$ );  $I_0 \geq 6.0$ // WORLD DATA CENTER A for Solid Earth Geophysics. U.S. Department of Commerce, National oceanic and information service. Boulder, Colorado 80303, USA. July 1982, pp.203-305.
7. Джанузаков К.Д., Ильясов Б.И., Кнауф В.И. и др. Сейсмическое районирование Киргизской ССР (Объяснительная записка к новой карте сейсмического районирования Киргизии масштаба 1:2 500 000). Издательство «Илим» Фрунзе, 1977. -53с.
8. Юдахин Ф.Н. Геофизические поля, глубинное строение и сейсмичность Тянь-Шаня. Изд-во «Илим» Фрунзе. 1983. –с.248.

9. Мамыров Э. Землетрясения Тянь-Шаня: магнитуда, сейсмический момент и энергетический класс. Бишкек, "Инсанат", 2012. -233с.
10. Сабирова Г.А., Муралиев А.М. Построение числовой модели карты плотности сейсмических событий для Бишкекского прогностического полигона //Вестник КГУСТА. 2017. № 3 (57). С. 38-43.
11. Куллдорф Г. Введение в теории оценивания. Москва, «Наука», Пресс, 1996. 176с.

**Муралиев А.М., Сабирова Г.А.**

### **ҚАТТЫ ЖЕР СІЛКІНІСТЕРІНІҢ КЕҢІСТІК-УАҚЫТША ТАРАЛУЫ ЖӘНЕ ҚЫРҒЫЗСТАННЫҢ БІШКЕК БОЛЖАМ ПОЛИГОНЫНЫҢ СЕЙСМИКАЛЫҚ РЕЖИМІ ПАРАМЕТРЛЕРІНІҢ ДИНАМИКАСЫ**

**Аңдатпа:** Мақалада солтүстік Тянь-Шань сейсмикалық белсенді аймағында орналасқан Бішкек болжамдық полигонының (БП) шегінде күшті тарихи жер сілкіністерінің кеңістік-уақытша таралуы талданады. Аспаптық бақылау кезеңіндегі жер сілкіністерінің кеңістіктік-уақыттық сипаттамаларына, әсіресе соңғы 30 жылдағы (1991-2020 жж.) назар аударылады. Бұл кезең жер сілкінісін тіркеудің аналогтық жүйесінен сандық жүйеге көшу уақыты болды. Талдауға жер сілкіністерінің саны, сейсмикалық фонның тығыздығы, қайталану графигінің көлбеуі және басқалары тартылды. Сейсмикалық параметрлердің динамикасы полигонның қазіргі сейсмикалық жағдайларын бағалау үшін қолданылатын негізгі фактор болды. Жер сілкінісінің қайталану графигінің көлбеу мәні екі әдіспен есептеледі: ең кіші квадраттар әдісі және максималды ықтималдылық әдісі. Соңғы 30 жылдағы (1991-2020 жж.) жер сілкінісі санының төмендегенін айғақтайтын төмендеу тренді анықталды. Осы зерттеудің нәтижелері қатты жер сілкіністерін болжау және Тянь-Шаньның сейсмикалық қауіптілігін бағалау әдісін әзірлеуде пайдаланылуы мүмкін.

**Түйін сөздер:** жер сілкінісі, ошақ, эпицентр, магнитуда, сейсмикалық энергия, сейсмикалық, сейсмикалық режим, жер сілкінісін болжау.

**Muraliev A.M., Sabirova G.A.**

### **SPATIO-TEMPORAL DISTRIBUTION OF STRONG EARTHQUAKES AND DYNAMICS OF PARAMETERS OF THE SEISMIC REGIME OF THE BISHKEK PROGNOSTIC POLYGON OF KYRGYZSTAN**

**Abstract.** The article analyzes the spatial and temporal distribution of strong historical earthquakes within the Bishkek prognostic (BP) test site located in the North Tien Shan seismically active zone. The main attention is paid to the spatio-temporal characteristics of earthquakes for the instrumental period of observations, especially for the last 30 years (1991-2020). This period was the time of transition from analog to digital earthquake registration system. The analysis involved the number of earthquakes, the density of the seismic background, the slope of the recurrence graph, and others. The dynamics of seismic parameters was the main factor used to assess the current seismic conditions of the polygon. The slope of the earthquake recurrence graph was calculated by two methods: the least squares method and the maximum likelihood method. A downward trend has been identified, indicating a decrease in the number of earthquakes over the past 30 years (1991-2020). The results of this study can be used in the development of a method for predicting strong earthquakes and assessing the seismic hazard of the Tien Shan.

**Key words:** earthquake, source, epicenter, magnitude, seismic energy, seismicity, seismic regime, earthquake forecast.

<sup>1</sup>Хамидов Л.А., <sup>2</sup>Ганиева Б.Р., <sup>3</sup>Анварова С.Г.  
<sup>1</sup>д.ф-м.н, зав.лаб, <sup>2,3</sup>мнс, <sup>1,2,3</sup>Институт Сейсмологии АН РУз

## СОСТОЯНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЧАРВАКСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА УЗБЕКИСТАНА

**Аннотация.** В работе рассмотрено состояние геологической среды в зоне влияния Чарвакского водохранилища в Узбекистане. Для условий геологической среды рассчитаны напряжения, снимаемые при землетрясениях, связанных с близкими сейсмоактивными разломами. Показано, что дополнительные нагрузки в этом случае изменяют уровень равновесия напряженного состояния активного разлома, к которому наиболее близок резервуар. В результате разгрузка усилий в одной части активного разлома может привести к нагружению другой его части, где явно проявляется сопротивление движению.

**Ключевые слова:** разломы, геологическая среда, состояние, сброс напряжений, нагрузка, разгрузка.

В развитых странах мира определение геологических и геофизических полей в зонах влияния эксплуатируемых крупных водохранилищ, их анализ и оценка начальных и последующих состояний границ деформирования их основания служит одним из важных факторов оценки влияния объекта на окружающую среду. В связи с этим определение влияния гидрологического режима водохранилищ на сейсмическое состояние окружающей среды, выявление природных и техногенных факторов, угрожающих деятельности, жизни и здоровью населения, играют важную роль в социально-экономическом развитии стран.

В зоне влияния Чарвакского водохранилища наиболее сейсмоактивными тектоническими структурами являются Каржантауская флексурно-разрывная зона (ФРЗ), Кажантауский разлом и Кумбель-Угамский разлом [1,2,3,4].

Каржантауская флексурно-разрывная зона (ФРЗ) одно из наиболее протяженных разрывных нарушений северо-восточного направления. Поверхность его смесителя наклонена на северо-запад под углом от  $40^{\circ}$  до  $70^{\circ}$ . Максимальная вертикальная амплитуда перемещения по разлому за определенный период превышала 3000м. Подвижки по нему продолжались и в четвертичное время, что фиксируется перемещением отложений Каржантауской террасы до 100м [5,6]. Это соответствует относительным деформациям до  $2,2 \times 10^{-7} 1/год$ .

Кажантауский разлом простирается далее на юго-запад под покровом соответствующих геологических отложений Приташкентской депрессии и назван Ташкентской ФРЗ. Сейсмоактивность этой зоны отмечена еще до Ташкентского землетрясения 26 апреля 1966 года, эпицентр которого был приурочен к ней. Наличие ФРЗ подтверждено геологическими и

геоморфологическими данными. Ее северо-западное крыло приподнято. Амплитуда перемещений за новейший этап достигает 3500м. Общая суммарная величина вертикальных неотектонических движений Каржантауского сводово-блокового поднятия подчеркивается значениями средних градиентов скоростей 0,2-0,4мм/год.

До настоящего времени считается, что зона Кумбельских разломов не является местом возникновения сильных землетрясений и при сейсмическом районировании относится к зоне восьми балльных транзитных сотрясений. Анализ истории развития Кумбельских разломов показал, что они активны в кайнозойское время. Детальные сейсмогеологические исследования свидетельствуют о современных тектонических движениях этой зоны. К ней приурочены палеосейсмоструктуры “Алмашах”, “Кальтакол” и “Карабузук”-остаточные деформации Земной поверхности, генетически связанные с сильнейшими землетрясениями интенсивностью 9 баллов, возможно и более. Когда в локальных участках разлома появляются избыточные напряжения (при медленном росте деформации сжатия в пределах  $2-3 \times 10^{-12}$  1/год) вероятность достижения предельных значений, особенно при больших масштабах и в интрузивных породах, достаточно высока.

В зоне разломов, расположенных субпараллельно к Угамскому и Пскемскому хребтам, наблюдаются большие изменения ориентации главных напряжений (таблица 1).

Может быть так, что в пределах малых деформаций в предварительно нагруженной среде в состоянии геологической среды в зоне влияния Чарвакского водохранилища Узбекистана напряжения возникающие от его эксплуатации могут достигнут значимых величин. При этом среда не разрушается, хотя при подобных нагрузках в лабораторных испытаниях эти дополнительные напряжения могли бы быть и запредельными.

Когда ориентация главных напряжений северо-западная, то средние значения напряжения сдвига в данном районе и вблизи различных зон слияния разломов, как правило, получаются несколько завышенными. В частности, это особенно отчетливо проявляется к юго-западу от Угамского разлома и вблизи его пересечения с Каржантауской флексурой.

Таблица 1 - Сравнение расчетных значений напряжений и их направлений с инструментальными и эмпирическими данными

№ пп	Разлом	Расчетные значения, МПа	Осреднение по эмпирическим формулам, МПа	Направление главных напряжений
1	Кумбельский	68	53	Северо-запад
2	Угамский	76	59	Северо-запад
3	Чаткальский	106	87	Юго-запад
4	Каржантауский	61	52	Северо-запад
5	Пскемский	95	77	Северо-запад
6	Ташкентская ФРЗ	63	42	Северо-запад

Можно сказать, что каждый сейсмический процесс и максимальное изменение вариации объема воды в водохранилищах соответствующим образом изменяет силовое поле и состояние геологической среды в зоне влияния Чарвакского водохранилища. Нами для условий геологической среды рассчитаны сброшенные напряжения от землетрясений в зоне влияния Чарвакского водохранилища приуроченных близким сейсмоактивным разломам. На таблице 2 показаны значения этих деформаций.

Таблица 2 - Избыточные напряжения и деформации для сильных землетрясений в области влияния Каржантауской флексуры Чаткал-Кураминской горной зоны

Формулы, по которым проведены расчеты	До начало эксплуатации Чарвакского водохранилища (до 1974 года)		В период эксплуатации Чарвакского водохранилища (с 1975 по 2021 годы)		
	Буручмулла 1959 г. M= 5,8; H= 15 км;	Ташкент 1966 г. M= 5,3; H= 8 км;	Таваксай 1977 г. M= 5; H= 15 км;	Назарбек 1980 г. M=5,2; H= 10 км;	Ташкент 2008 г. M= 4,8; H= 8 км;
Aki : $\Delta\sigma = c \left( \frac{M_0}{R^{3/2}} \right)$	$\varepsilon_0 = 4,6 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 31$ бар	$\varepsilon_0 = 1,9 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 28$ бар	$\varepsilon_0 = 1,1 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 26$ бар	$\varepsilon_0 = 1,9 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 27$ бар	$\varepsilon_0 = 0,6 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 22$ бар
Randal: $\Delta\sigma = \frac{7}{54} \left( \frac{M_0}{R^3} \right)$	$\varepsilon_0 = 4,6 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 38$ бар	$\varepsilon_0 = 1,9 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 35$ бар	$\varepsilon_0 = 1,1 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 32$ бар	$\varepsilon_0 = 1,9 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 34$ бар	$\varepsilon_0 = 0,6 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 26$ бар
Костров: $\Delta\sigma = \frac{2\mu E_p}{M_0}$	$\varepsilon_0 = 4,6 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 6,6$ бар	$\varepsilon_0 = 1,9 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 6,1$ бар	$\varepsilon_0 = 1,1 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 5,7$ бар	$\varepsilon_0 = 1,9 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 5,9$ бар	$\varepsilon_0 = 0,6 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 4,5$ бар
Ризниченко: $\Delta\sigma = \frac{\mu D}{S}$	$\varepsilon_0 = 4,6 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 23,2$ бар	$\varepsilon_0 = 1,9 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 21,2$ бар	$\varepsilon_0 = 1,1 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 20,0$ бар	$\varepsilon_0 = 1,9 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 20,8$ бар	$\varepsilon_0 = 0,6 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 16,5$ бар
Уломов: $\lg\Delta\sigma = 0,198M + 0,360$	$\varepsilon_0 = 4,6 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 29,0$ бар	$\varepsilon_0 = 1,9 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 25$ бар	$\varepsilon_0 = 1,1 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 20,4$ бар	$\varepsilon_0 = 1,9 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 22,3$ бар	$\varepsilon_0 = 0,6 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 18$ бар
Yamashita: $\Delta\sigma = \frac{2\mu\Delta W}{3\tau V}$	$\varepsilon_0 = 4,6 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 68,0$ МПа	$\varepsilon_0 = 1,9 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 44$ МПа	$\varepsilon_0 = 1,1 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 31,3$ МПа	$\varepsilon_0 = 1,9 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 37,0$ МПа	$\varepsilon_0 = 0,6 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 26,5$ МПа
Хамидов $\lg\Delta\sigma = 0,649M - 7,4 - 1,539 \lg\varepsilon_0$	$\varepsilon_0 = 4,6 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 87,1$ МПа	$\varepsilon_0 = 1,9 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 50,5$ МПа	$\varepsilon_0 = 1,1 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 38,5$ МПа	$\varepsilon_0 = 1,9 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 45,95$ МПа	$\varepsilon_0 = 0,6 \times 10^{-4}$ $\Delta\sigma = 31,3$ МПа

Дополнительные нагрузки при этом изменяет уровень равновесия напряженного состояния активного разлома, к которому водохранилища наиболее близок. Вследствие этого, виртуальная разгрузка усилий в одной части того или иного активного разлома, как правило, в силу микроскопически континуальности среды и консервативности формы его изменения приводит к виртуальной нагрузке другой его части, где очевидно появляется сопротивление к движению. Основной из характерных величин этих изменений

силового поля активного разлома является падение напряжений или сброс напряжений в очаге землетрясения, т.е. в зоне разгрузки оно является статически избытком напряжений, а в зоне нагрузки стоком дополнительных внутренних усилий. В таблице 3 показаны значения  $\Delta\sigma_i$  при трех предельных и средних значениях магнитуды, при этом  $\Delta\sigma_i$  имеет размерность  $кг/см^2$ . Как видим значения падающих по каждому значению магнитуды по порядку не имеет серьезного расхождения.

В пределах  $3 \leq M \leq 6$  оценка падения напряжений по сейсмологическим данным варьирует в пределах  $0,1 \div 110 кг/см^2$ . С другой стороны, оценка максимальных касательных напряжений на глубинах 15-30 км. в пределах  $828 \div 1320 кг/см^2$ , это совпадает с данными [6] и [7], в которых оно составляет вариации  $1100 \div 2200 кг/см^2$ . Если учесть, что напряжения на подошве земной коры, вблизи границы Мохоровича оцениваются величинами  $2200 \div 4400 кг/см^2$  [8], то предельные значения избыточных напряжений приблизительно составляют  $8 \div 11\%$  от действующих [9]. Поэтому высокие оценки падающих напряжений при землетрясении, когда  $M=7$  физически объяснимы, если учесть, что расход накопленной упругой потенциальной энергии отражает суммарное значение всех снимаемых напряжений.

Таблица 3 - Сброс напряжений по разным формулам и средние их значения

M	$\Delta\sigma_1$ Кинг-Кнопф	$\Delta\sigma_2$ Бруно-Эшельби- Хаскель	$\Delta\sigma_3$ Костров Б.В.	$\Delta\sigma_4$ Ризниченко Ю.В.	$\Delta\sigma_5$ Уломов В.И.	$\Delta\sigma_6$ Ямашита Т.	$\Delta\sigma_7$ Чиннери	$\Delta\sigma_8$ Модельные расчеты понижения
1	0,030	18,31	4,560	0,359	3,610	2,570	2,290	4,490
5	40,22	66,48	60,00	18,90	22,38	58,97	21,92	41,27
8	996,4	174,9	415,0	127,9	87,90	617,5	123,3	527,7

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ташкентское землетрясение 1966 года. - Ташкент: Фан.- 1970.- 370с.
2. Ярмухамедов А.Р. Морфоструктура Срединного Тянь-Шаня и ее связь с сейсмичностью. – Ташкент. Фан, 1988. – 164 с.
3. Уломов В.И. Глобальная упорядоченность сейсмогеодинамических структур и некоторые аспекты сейсмического районирования и долгосрочного прогноза землетрясений // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. – М.: ИФЗ РАН, 1993. – №.1. – С. 26-45.
4. Абдуллабеков К.Н., Бакиев М.Х., Ярмухамедов А.Р, Рейгбер Х. Постановка и некоторые результаты космогеодезических исследований по изучению современных тектонических движений земной коры Республики Узбекистан // Теория и практика прогноза землетрясений на территории Тянь-Шаня: Тез. докл. Казахстанско- Китайского симпозиума. – Алматы, 1996. – С. 122-124.
5. Хамидов Л.А. Внутренние усилия тектонических структур от вариации техногенной нагрузки. // Доклады АН РУз - Ташкент. - 2017. - N3. - С.56-59.

6. Lutfulla Hamidov, Local Seismicity of Reservoir Areas Based on Digital Seismometric Observations//J.Problems of Cybernetics and Informatics,2012.-vol. III.- Baku, Azerbaijan.P.85-88.

7. Хамидов Л.А. Оценка НДС зон разрывообразования вблизи водохранилищ при докритических деформациях //Проблемы сейсмологии в Узбекистане - Ташкент: ИС АН РУз, 2016. -№13. - С.100-107.

8. Lutfulla Khamidov, Mahmud Turapov, Soqijon Mahkamov, Farkhod Artikov and Shavkat Suyunov Tracking the local seismicity level in the active influence zone of the southern Uzbekistan.// J.E3S Web of Conferences 264, 02043 (2021) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126402043>

9. Хамидов Х. Л., Ганиева Б. Р., Анварова С. Г., Жураев Ф. У Квazистатическая количественная модель для расчета напряжений и деформаций земной коры основания крупных резервуаров.// XXII Уральская молодёжная научная школа по геофизике. г. Перми 15-19 марта 2021 года С.27-33. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45783453&pff=1>

**Хамидов Л.А., Ганиева Б.Р., Анварова С.Г.**

### **ЎЗБЕКСТАННИҢ ЧАРВАК СУ ҚОЙМАСЫНЫҢ ӘСЕР ЕТУ АЙМАҒЫНДАҒЫ ГЕОЛОГИЯЛЫҚ ОРТАНЫҢ ЖАҒДАЙЫ**

**Андатпа:** Жұмыста Өзбекстандағы Чарвак су қоймасының әсер ету аймағындағы геологиялық ортаның жағдайы қарастырылған. Геологиялық орта жағдайлары үшін жақын сейсмикалық белсенді ақаулармен байланысты жер сілкінісі кезінде алынатын кернеулер есептелген. Бұл жағдайда қосымша жүктемелер резервуар ең жақын орналасқан Белсенді ақаулық күйінің тепе-теңдік деңгейін өзгертетіні көрсетілген. Нәтижесінде белсенді ақаулықтың бір бөлігіндегі күштерді түсіру оның басқа бөлігін жүктеуге әкелуі мүмкін, мұнда қозғалысқа қарсылық айқын көрінеді.

**Түйін сөздер:** ақаулар, геологиялық орта, күй, кернеуді қалпына келтіру, жүктеме, түсіру.

**Khamidov L.A., Ganieva B.R., Anvarova S.G.**

### **THE STATE OF THE GEOLOGICAL ENVIRONMENT IN THE ZONE OF INFLUENCE OF THE CHARVAK RESERVOIR OF UZBEKISTAN**

**Abstract:** The paper considers the state of the geological environment in the zone of influence of the Charvak reservoir in Uzbekistan. For the conditions of the geological environment, the stresses released from earthquakes associated with close seismically active faults were calculated. It is shown that additional loads in this case change the level of equilibrium of the stress state of the active fault, to which the reservoir is closest. As a result, the unloading of forces in one part of an active fault can lead to loading of another part of it, where resistance to movement obviously appears.

**Keywords.** faults, geological environment, state, relief, loading, unloading.

УДК 550.34

**Ибрагимов Р.С<sup>1,4</sup>., Ибрагимова Т.Л<sup>2,4</sup>., Мирзаев М.А<sup>3,4</sup>., Ашуров С.Х<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>д.ф.-м.н., в.н.с., <sup>2</sup>д.ф.-м.н., в.н.с., <sup>3</sup>док. фил. (PhD) по ф.-м., зав. лаб.,

<sup>4</sup>стажер исследователь, Институт сейсмологии АН РУз

## ВЕРОЯТНОСТНЫЙ АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ УЗБЕКИСТАНА

**Аннотация:** Приводится сопоставление оценок сейсмической опасности в рамках вероятностно-детерминистического подхода, основанного на теории макросейсмической и спектральной сотрясаемости Ю.В.Ризниченко, и вероятностного подхода Cornell. Для территории Узбекистана проведена оценка сейсмической опасности в рамках вероятностного подхода с использованием программного комплекса CRISIS. Для различных вероятностей не превышения уровня сейсмических воздействий в течение 50 лет построены карты сейсмического районирования в баллах макросейсмической шкалы и в инженерных характеристиках сейсмических воздействий.

**Ключевые слова:** сейсмическая опасность, сейсмические источники, законы затухания, сейсмический потенциал, ускорения колебаний грунта

Территория Узбекистана характеризуется сложным тектоническим строением и высоким уровнем сейсмической активности. Восточная часть относится к орогенным сооружениям Западного Тянь-Шаня, а западная к Туранской платформе. На территории Узбекистана и в сопредельных с ним регионах, как за исторический период времени, так и на современном этапе неоднократно происходили землетрясения с магнитудой  $M \geq 7.0$  и интенсивностью сотрясений в эпицентре  $I_0 = 9-10$  баллов по шкале MSK-64. Поэтому проблема обеспечения сейсмической безопасности республики весьма актуальна. За последние 30 лет сейсмическое районирование территории Узбекистана проводилось как в рамках национальных программ по уменьшению последствий сильных землетрясений [1-3], так и в рамках крупных международных проектов по оценке сейсмической опасности Центральной Азии [4,5, и др.]. При реализации национальных программ по оценке сейсмической опасности территории Узбекистана, как и в ряде других стран постсоветского пространства, длительное время использовался так называемый вероятностно-детерминистический подход к оценке сейсмической опасности, основанный на теории макросейсмической и спектральной сотрясаемости, предложенной в работах Ю.В.Ризниченко[6]. При реализации международных проектов оценка сейсмической опасности проводилась в рамках классического вероятностного анализа сейсмической опасности Cornell [7], McGuire[8] и др.

В качестве нормативной карты сейсмического районирования на территории Узбекистана в настоящее время действует карта ОСР-2017, утвержденная Министерством Строительства РУз в 2019 году. Эта карта построена в рамках вероятностно-детерминистического подхода [6], для вероятности  $P=0.98$  не превышения уровня сейсмического воздействия в течение 50 лет (период повторяемости сотрясений 1 раз в 2500 лет). Выбор данного периода повторения сотрясений во многом определялся пожеланиями строителей сохранить преемственность с картой ОСР-78, на которой

базируются строительные нормы республики и при построении которой за основу линий, разграничивающих зоны различной макросейсмической балльности на территории Узбекистана, принимались изолинии сотрясаемости с периодом повторения  $T=2000$  лет.

Опыт реализации различных подходов позволил сравнить получаемые на их основе оценки сейсмической опасности при одних и тех же входных параметрах [9]. Мы также сопоставили оценки опасности в рамках этих подходов для нескольких населенных пунктов территории Узбекистана. Следует отметить, что оба подхода в равной степени позволяют учитывать эпистемическую неопределенность в параметрах моделей сейсмических источников и сейсмических воздействий. В обоих случаях это делается путем построения логического дерева. Вместе с тем, расчетная схема Ю.В.Ризниченко не учитывает алеаторные неопределенности в характере сейсмических воздействий. В рамках этой схемы расчет сейсмической опасности проводится для медианных значений в уравнениях движения грунта, в то время как в рамках классического вероятностного анализа сейсмической опасности, расчет сейсмических воздействий проводится с учетом дисперсии в распределении экспериментальных значений величин максимальных ускорений и их спектральных амплитуд. Поэтому расчетная схема Ю.В.Ризниченко недооценивает сейсмическую опасность.

Для примера, на рисунке 1 приведены кривые опасности для города Ташкента, полученные в результате применения двух названных подходов. Для вероятностей  $P=0.9$  и  $P=0.95$  не превышения уровня сейсмических воздействий в течение 50 лет разница в значениях максимальных ускорений не является критичной и, по-видимому, не должна приводить к дефициту сейсмостойкости объектов обычного промышленного и гражданского строительства. Но для больших вероятностей не превышения  $P=0.98$ ,  $P=0.99$  и более, которые требуются для особо ответственных объектов, эта разница очень большая и здесь, очевидно, что предпочтение следует отдавать классическому вероятностному подходу к оценке сейсмической опасности.

Иногда при оценке сейсмической опасности объектов с высокой категорией ответственности по в схеме Ю.В.Ризниченко в качестве паллиативной процедуры учета алеаторных неопределенностей в проявлении сейсмических воздействий предлагается использование не медианных значений в уравнениях движений грунта  $g(M,R)$ , а значений, получаемых добавлением к медиане одного среднеквадратического отклонения (т.е.  $g(M,R)+\sigma$ ). В этом случае, действительно, для больших вероятностей не превышения сейсмических воздействий в течение 50 лет, например,  $P=0.995$  (период повторяемости  $T=10000$  лет, что для некоторых строительных норм соответствует уровню сейсмических воздействий от максимального возможного землетрясения МРЗ), оценки опасности в рамках подхода Cornell и Ризниченко дают сопоставимые результаты. Но, как это видно из рисунка 1, для меньших вероятностей не превышения уровня сейсмических воздействий (например, для воздействий, отвечающих периоду повторяемости проектного

землетрясения  $T=1000$  лет), эта процедура существенно завышает оценки сейсмической опасности, по сравнению с оценками, получаемыми при подходе Cornell.

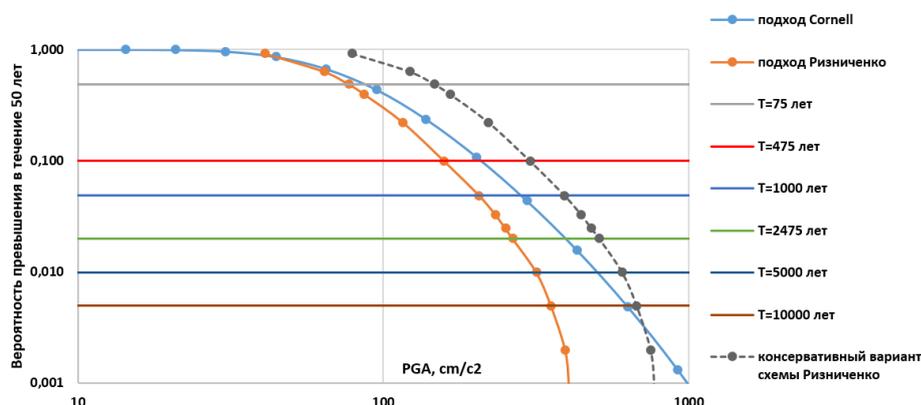


Рисунок 1. Сопоставление кривых опасности для города Ташкента, построенных в результате реализации подходов Ризниченко Ю.В. и CornellС.

В 2021 году для территории Узбекистана проведена вероятностная оценка сейсмической опасности с использованием программного комплекса CRISIS.

Рассматривались сейсмические источники двух типов, отражающие рассеянную и сосредоточенную часть сейсмического процесса: линейно протяженные источники - сейсмогенерирующие зоны и площадные источники – квазиоднородные сейсмологические провинции.

На основе сейсмологических и сеймотектонических данных на территории Узбекистана выделено порядка 30 сейсмогенерирующих зон с сейсмическим потенциалом  $M_{max} \geq 5.5$  [10] и девять крупных сейсмологических провинций (мегазон), которые, в свою очередь, исходя из плотности распределения эпицентров, были поделены на подзоны - участки с различной сейсмической активностью.

Оценка параметров повторяемости землетрясений каждого сейсмического источника проводилась различными способами. Для выделенных квазиоднородных сейсмологических провинций, где статистика сейсмических событий достаточно велика, параметры **a** и **b** в зависимости Гутенберга–Рихтера находились непосредственно из графиков повторяемости землетрясений. Для сейсмогенерирующих зон, где число сейсмических событий не столь большое, принималось региональное значение угла наклона графика повторяемости (параметр **b**), а сейсмическая активность (параметр **a**) при заданном значении угла наклона графика повторяемости, рассчитывалась по выборке землетрясений, попадающих непосредственно в пределы сейсмического источника. При этом использовались традиционные методы распределения и суммирования [6] определения сейсмической активности. Расчет параметров повторяемости землетрясений проводился отдельно по сильным ( $M \geq 5.0$ ) и умеренным ( $3.0 \leq M \leq 5.0$ ) землетрясениям. Комбинирование

таких оценок осуществлялось впоследствии путем построения логического дерева.

Сейсмический потенциал сейсмогенных зон оценивался комплексом сейсмологических и сеймотектонических методов [3, 10]. Расчет сейсмической опасности проводился по наибольшему значению при сейсмологическом и сеймотектоническом определении величины  $M_{max}$ .

В качестве оценки сейсмического потенциала площадных источников использовалось значение, полученное добавлением половины магнитуды к магнитуде максимального наблюденного землетрясения в этом источнике.

Преобладающим кинематическим типом подвижки в очагах землетрясений территории Узбекистана является взброс [11].

#### **Используемые уравнения движения грунта.**

При оценке сейсмической опасности территории Узбекистана в баллах макросейсмической шкалы, наряду с зависимостью Н.В.Шебалина  $I=1.5M-3.5 \lg R+3$  [12], полученной по мировым данным, использовались следующие зависимости затухания интенсивности сейсмических воздействий с расстоянием, установленные на основе анализа схем изосейст порядка 200 землетрясений, произошедших на территории Центральной Азии [13]:

- зависимость типа Блейка-Шебалина  $I=1.32M-3.01 \lg R+3.55$  ( $\sigma=0.7$ );
- зависимость типа Ковеслигети  $I=1.33M-2.37 \lg R-0.00205R+2.24$  ( $\sigma=0.73$ ).

Вместе с тем, на экспериментальных данных было показано, что коэффициент затухания макросейсмической интенсивности с расстоянием существенно зависит от глубин происходящих землетрясений, что зависимости типа Блейка-Шебалина и Ковеслигети учитывают лишь для ближней зоны. Зависимость затухания макросейсмической балльности, учитывающая данный эффект во всем диапазоне эпицентральных расстояний для территории Центральной Азии, построена в [13]:

$$I=1.475M-2.646 \lg H+1.905-0.498M \lg(R/H)+1.159 \lg H \lg(R/H)-1.401 \lg(R/H) \quad (\sigma=0.565).$$

Четыре приведенные выше зависимости при оценке сейсмической опасности вошли в логическое дерево с равными весами. Следует подчеркнуть, что все зависимости затухания интенсивности сейсмических воздействий с расстоянием относятся к средним грунтовым условиям (для территории Узбекистана это грунты второй категории по сейсмическим свойствам).

Цифровая сеть сильных движений грунта при землетрясениях, включающая 21 станцию, оснащенную акселерометрами, функционирует на территории Узбекистана, начиная с 2018 года. Вместе с тем, накопленных к настоящему времени данных далеко недостаточно ни для построения региональной зависимости затухания, ни для проведения процедуры ранжирования существующих мировых зависимостей по степени применимости к исследуемой территории. Поэтому при оценке сейсмической опасности территории Узбекистана в качестве законов затухания максимальных ускорений колебаний грунта и их спектральных амплитуд использовались пять различных уравнения движения грунта (GMPE) для

неглубокой активной коры, разработанные за последние 10-12 лет для других сейсмоактивных регионов земного шара и встроенные в программный комплекс CRISIS. Для учета эпистемических неопределенностей в характере сейсмических воздействий, из этих зависимостей строились гибридные законы затухания, в которые каждая из них входила со своим весом.

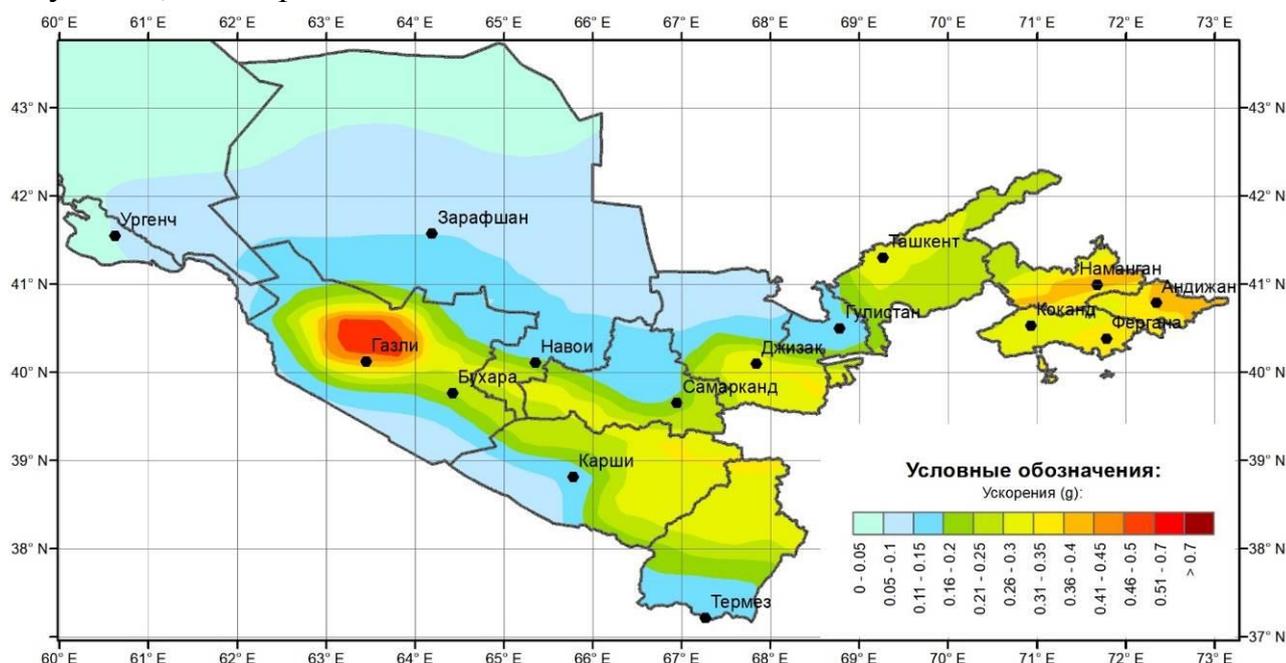


Рисунок 2. Районирование территории Узбекистана в значениях величин максимальных ускорений колебаний грунта (g) для вероятности  $P=0.95$  не превышения уровня сейсмических воздействий в течение 50 лет ( $V_{s30}=800\text{ м/с}$ )

С использованием описанных выше моделей сейсмических источников и уравнений движений грунта построена серия карт сейсмического районирования территории Узбекистана в баллах макросейсмической шкалы и в значениях максимальных ускорений колебаний грунта для различных вероятностей не превышения уровня сейсмических воздействий в течение 50 лет ( $P=0.9$ ,  $P=0.95$ ,  $P=0.98$  и  $P=0.99$ ). Важно отметить, что карты сейсмической опасности в инженерных показателях сейсмических воздействий разработаны для различных грунтовых условий, отвечающих различным значениям параметра  $V_{s30}$  ( $V_{s30}=270, 450, 800$  м/с). Практически для всех крупных населенных пунктов Республики получены кривые опасности и спектры реакции грунтов различной категории.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуллабеков К.Н., Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., 2002. Сейсмическая опасность и технология сейсмического районирования Узбекистана. Геология и минеральные ресурсы, №6, с. 32-37.
2. Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Зияудинов Ф.Ф., 2012. Комплекс карт общего сейсмического районирования территории республики Узбекистан ОСР-2011. Пояснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах. ГП «Институт ГИДРОИНГЕО», Ташкент.

3. Artikov T.U., Ibragimov R.S., Ibragimova T.L., Mirzaev M.A. Complex of general seismic zoning maps OSR-2017 of Uzbekistan // *Geodesy and Geodynamics*, 2020. doi.org/10.1016/j.jeog.2020.03.004
4. Ullah Sh., Bindi D., Pilz M., Danciu L., Weatherill G., Zuccolo E., Ischuk A., Mikhailova N., Abdrakhmatov K., Parolai S., 2015. Probabilistic seismic hazard assessment for Central Asia. *Annals of geophysics. Special Issue*, 58, 1, S0103. DOI:10.4401/ag-6687.
5. Earthquake hazard and risk assessment in Kyrgyzstan and Tajikistan with cooperation to Afghanistan and Uzbekistan 2011-2014, 2015. Norwegian Ministry of Foreign Affairs.
6. Ризниченко Ю.В., Сейдузова С.С. Спектрально-временная характеристика сейсмической опасности. Москва: Наука, 1984. 182 с.
7. Cornell CA Engineering seismic risk analysis // *Bull. Seismol. Soc. Am.* 1968. V. 58. P 1583-1606.
8. McGuire, R. K. *Seismic Hazard and Risk Analysis*, EERI Publications, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, California, 2004. 240 pp.
9. Bindi, D., and S. Parolai (2015) идр. Total probability theorem versus shakeability: A comparison between two seismic-hazard approaches used in central Asia, *Seismol. Res. Lett.* 86, no. 4, 1178–1184
10. Ибрагимов Р.Н., Нурматов У.О., Ибрагимов О.Р. Сейсмотектонический метод оценки сейсмической опасности и вопросы сейсмического районирования // *Сейсмическое районирование и прогноз землетрясений в Узбекистане*. Ташкент, Изд-во Гидроингео, 2002, с. 59–74.
11. Rebetsky, Yu.L., Ibragimova, T.L., Ibragimov, R.S., Mirzaev M.A., 2020. Stress State of Uzbekistan's Seismically Active Areas. *Seismic Instruments* 56, 679–700, <https://doi.org/10.3103/S0747923920060079>.
12. Шебалин Н.В. Методы использования инженерно-сейсмологических данных при сейсмическом районировании // *Сейсмическое районирование СССР*. М.: Наука, 1968. С. 95–111.
13. Artikov T.U., Ibragimov R.S., Ibragimova T.L., Mirzaev M.A. Models of the macroseismic field earthquakes and their influence on seismic hazard assessment values for Central Asia. *Geodynamics & Tectonophysics*. 2020;11(3):606-623. (In Russ.) <https://doi.org/10.5800/GT-2020-11-3-0494>

**Ибрагимов Р.С., Ибрагимова Т.Л., Мирзаев М.А., Ашуров С.Х.**

## **ЎЗБЕКСТАН АУМАҒЫНИҢ СЕЙСМИКАЛЫҚ ҚАУІПТІЛІГІН ЫҚТИМАЛДЫ ТАЛДАУ**

**Андатпа:** Ю. В. Ризниченконың макросейсмикалық және спектрлік сілкіну теориясына негізделген ықтималдық-детерминистік тәсіл және Корнеллдің ықтималдық тәсілі шеңберіндегі сейсмикалық қауіпті бағалауды салыстыру келтірілген. Өзбекстан аумағы үшін crisis бағдарламалық кешенін пайдалана отырып, ықтималды тәсіл шеңберінде сейсмикалық қауіптілікке бағалау жүргізілді. 50 жыл ішінде сейсмикалық әсер ету деңгейінен асып кетпеу ықтималдығы үшін сейсмикалық аудандастыру карталары макросейсмикалық шкалада және сейсмикалық әсердің инженерлік сипаттамаларында жасалды.

**Түйін сөздер:** сейсмикалық қауіптілік, сейсмикалық көздер, сөну заңдары, сейсмикалық әлеует, топырақ тербелістерінің үдеуі

**Ibragimov R.S., Ibragimova T.L., Mirzaev M.A., Ashurov S.H.**

## **PROBABILISTIC ANALYSIS OF THE SEISMIC HAZARD OF THE TERRITORY OF UZBEKISTAN**

**Abstract:** A comparison is made of seismic hazard assessments within the framework of a probabilistic-deterministic approach based on the theory of macroseismic and spectral shaking by Yu.V. Riznichenko and Cornell's probabilistic approach. For the territory of Uzbekistan, a seismic hazard assessment was carried out within the framework of a probabilistic approach using the CRISIS software package. For various probabilities of not exceeding the level of seismic impacts for 50 years, maps of seismic zoning were constructed in points of the macroseismic scale and in engineering characteristics of seismic impacts.

**Keywords:** seismic hazard, seismic sources, attenuation laws, seismic potential, ground vibration acceleration

УДК 551.3:550.3 (575.1)

<sup>1</sup>Артиков Ф.Р., <sup>2</sup>Хамидов Л.А.

<sup>1</sup>МНС, <sup>2</sup>д. ф-м. н, зав. лаб., <sup>1,2</sup>Институт Сейсмологии АН РУз

## ВАРИАЦИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ТУПОЛАНГСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И ВОЗМОЖНОЕ ЕГО ВЛИЯНИЕ НА СОСТОЯНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ

**Аннотация.** Анализом гидрологического режима и его возможной связи с сейсмичностью в ближней зоне Туполангского водохранилища показано, что при ее эксплуатации основание может находиться в постоянно действующих нагрузках. Эти деформации основания могут близко соответствовать тектоническим очаговым деформациям непосредственно влияющих на регулярность фоновых геодинамических движений близлежащего сейсмогенного слоя земной коры.

**Ключевые слова.** Гидрологический режим, водохранилище, сейсмичность, смещение, деформация.

В мировой практике научных исследований в области поиска влияния эксплуатации водохранилищ на окружающую их геологическую среду актуальным является интерпретация гидрологического режима и сейсмического состояния зоны влияния гидротехнического сооружения. Количественный анализ возможного изменения состояния чаши водохранилища при максимальных и минимальных вариациях гидрологического режима играет важную роль при анализе влияния эксплуатируемых крупных резервуаров на местное сейсмическое состояние.

За последние два года нами произведена компоновка пакета каталогов местных землетрясений по крупным водохранилищам в радиусе до 100 км. Сведено под единую форму землетрясений с энергетическим классом  $K \geq 7$  с определением расстояния до эпицентра от створа водохранилища. Упорядочиванием результатов полученными многолетними наблюдениями впервые составлены картины распределения землетрясений за последние десять лет вблизи Туполангского водохранилища. Произведено обобщение результатов многолетних сейсмических наблюдений в зонах активного влияния

крупных водохранилищ по фондовым материалам. Представлены результаты определения уровней сейсмической активности тектонических разломов в ближней зоне водохранилища Туполанг. Исследованы результаты по определению исходных корреляций между изменением гидрологического режима выбранного водоема и построены распределение землетрясений в зонах близких тектонических структур с 2011 по 2021 годы.

Территория Туполангского водохранилища расположена в южной части Гиссарского горного хребта и ограничена хребтами с запада Сурхантау и с востока Мачетли. В этом районе происходили сильные и разрушительные землетрясения как Каратагское силой 9-10 баллов (эпицентр расположен очень близко к водохранилищу), Байсунское 8-9 баллов (в 80-90км к юго-западу от водохранилища) и Чуянчинское (в 70-80 км к северо-востоку от водохранилища) [1].

Учитывая повторяемость землетрясений и непосредственную близость плейстосейстовой области Каратакского землетрясения к водохранилищу, исходная сейсмичность для территории принята 9 баллов [1].

Таблица 1 - Уравнения линейной и логарифмической зависимости вариации объема воды в водохранилище Туполанг за 2011-2018 годы

годы	Уравнение линейной зависимости $f=f(V,t)$	Достоверность аппроксимации	Уравнение нелинейной зависимости $f=f(V,t)$	Достоверность аппроксимации
2011	$Q = 20,77t + 58106$	$R^2 = 0,0052$	$Q = -92,53t + 77280$	$R^2 = 0,126$
2012	$Q = -92,53t + 77280$	$R^2 = 0,1050$	$Q = -2237\ln(t) + 71329$	$R^2 = 0,005$
2013	$Q = -48,17t + 72702$	$R^2 = 0,0100$	$Q = 6403\ln(t) + 32440$	$R^2 = 0,026$
2014	$Q = -22,62t + 73846$	$R^2 = 0,0020$	$Q = 11411\ln(t) + 13671$	$R^2 = 0,055$
2015	$Q = -81,30t + 96103$	$R^2 = 0,0170$	$Q = 12054\ln(t) + 22031$	$R^2 = 0,032$
2016	$Q = -45,64t + 10305$	$R^2 = 0,0030$	$Q = 20430\ln(t) - 5693$	$R^2 = 0,055$
2017	$Q = 11,04t + 10522$	$R^2 = 0,0010$	$Q = 27927\ln(t) - 29892$	$R^2 = 0,070$
2018	$Q = 82,09t + 11605$	$R^2 = 0,0040$	$Q = 39355\ln(t) - 62178$	$R^2 = 0,089$

Туполангское водохранилище — искусственный водоём, образованный в долине одноименной реки Туполанг водоподпорным сооружением для накопления и хранения воды в целях её использования в народном хозяйстве.

Туполангское водохранилище в зависимости от его морфологии и гидрологической особенности входит в группу предгорных, с напором до 180 м. Тип водохранилища Туполанг русловое. Основными параметрами

водохранилища являются объём 500 млн.куб.м., площадь зеркала 8,85 км<sup>2</sup> и амплитуда колебания уровней воды в условиях его эксплуатации.

Наиболее интенсивные изменения гидрологического режима Туполангского водохранилища наблюдалось с 2011 по 2020 годы. В этот период проводилась модернизация Туполангского водохранилища в связи с строительством малых ГЭС. Увеличение высоты плотины сначала от 80 метров в 2011 году до 120 метров, далее 160 метров в 2014 году и до 180 метров в 2018 году привело к существенному изменению количества объема воды и годовому циклу гидрологического режима Туполангского водохранилища.

Гидрологический режим Туполангского водохранилища связан с уровнем годового питания реки Туполанг даря (р.Туполанг). Средняя взвешенная высота водосбора р.Туполанг 2546м. Объем питания из высот более 4000 м занимают в нем всего 3,1% общей площади, а высоты, превышающие 3500м-15,4%. Незначительное распространение больших высот и расположение водосбора на южном склоне Гиссарского хребта обуславливают характер питания р. Туполанг [2]. Основная масса стока реки формируется за счет таяния сезонных снегов и снежников.

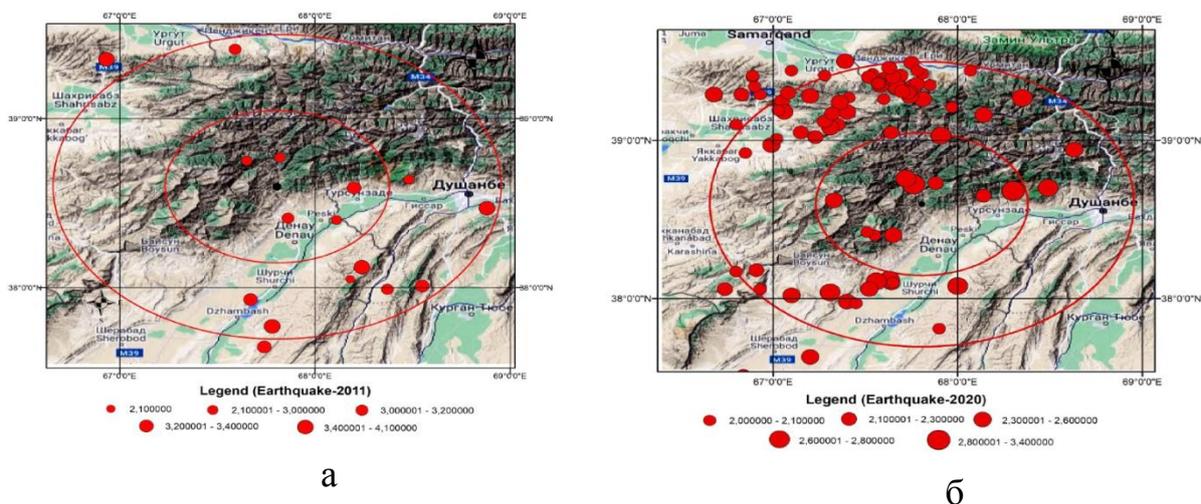


Рисунок 1 - Распределение очагов землетрясений в радиусе 100 км от створа Туполангского водохранилища а- 2011год; б- -2020 год, построенные в среде Arc.Gis-10.8-2010

На таблице 1 вариации гидрологического режима выражены уравнениями линейной и логарифмической зависимости вариации объема воды на водохранилище Туполанг по суточным изменениям с 2011 по 2018 годы. Как видно, сток и гидрологический режим реки Туполанг и эксплуатируемого в нем одноименного водохранилища всецело определялся процессами водообразования в горной части бассейна.

По данным Н.М.Джураева и Э.Х.Тимбекова сейсмические исследования, проведенные в период 1973-1981гг, и в последующие годы показывают, что территория характеризуется высокой сейсмичностью, где могут происходить землетрясения силой 9 баллов. Специальными исследованиями Н.М.Джураева и др. на территории водохранилища установлено, что землетрясения силой 7, 8

и 9 баллов имеют тенденцию повторения один раз в 300лет, 1000лет и 4000лет [1,3]. Ниже на рисунках 16 (а,бг) приведена карты распределение очагов землетрясений в радиусе 100 км от створа Туполангского водохранилища за 2011, 2014, 2016 и 2020 годы построенные на базе составленного местного каталога в среде Arc.Gis-10.8-2010 (рисунок 1).

Анализ изменения количества землетрясений рассчитанное в пределах составленного местного каталога для зоны Туполангского водохранилища показало следующее (рисунок 2).

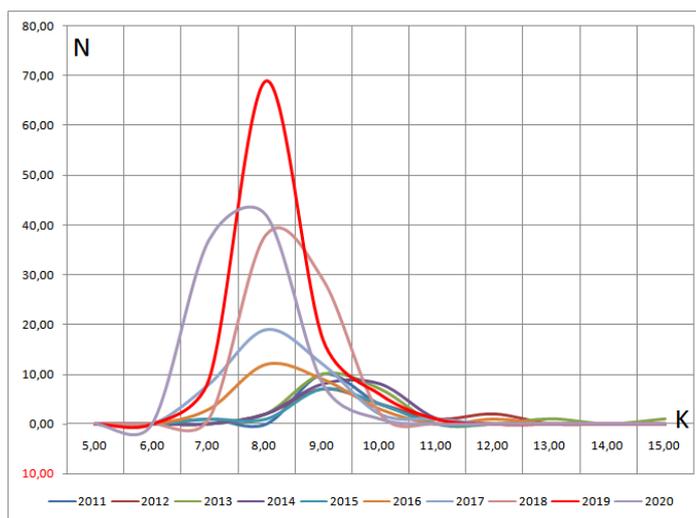
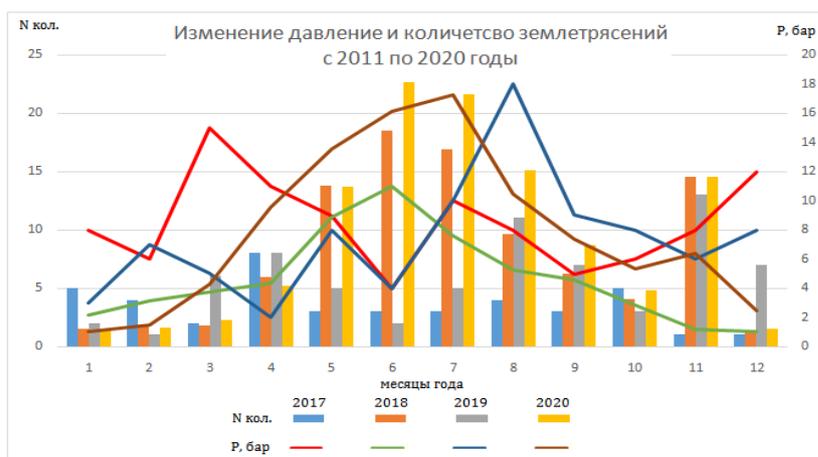


Рисунок 2 - Количество землетрясений за 2011 по 2021 годы в зависимости от роста энергетического класса

На рисунке 3 показано вариация давления при разных гидрологических режимах на основания Туполангского водохранилища и количество землетрясений в его ближней зоне (радиусе  $R \leq 100$  км) по месяцам каждого года с 2011 по 2020 годы.



б

Рисунок 3 - Вариация давления при разных гидрологических режимах на основания Туполангского водохранилища и количество землетрясений в его ближней зоне (радиусе  $R \leq 100$  км) по месяцам 2011 - 2020 гг.

Изменение системы региональных наблюдений, переходя в 2017 году из КОМЭ при ИС в РСЦ при МЧС с обеспечением новых аппаратур к 2020 году регистрации землетрясений привело к тому что в данном районе количество зарегистрированных землетрясений увеличилось 2,3 раза в то время как по составленному нами местному каталогу по шести источникам это же количество увеличилось до 3,5 раза [4,5].

Общее количество землетрясений за 2011 по 2020 годы введенных в составленный местный каталог 415. Из них 85 землетрясений происходили с 2011 по 2015 год, и составляет 20% от общего количества. 330 землетрясений происходили с 2016 по 2020 годы, что составляет 80% от общего числа (практически в четыре раза выше) [6].

Это деформации основания могут близко соответствовать тектоническим очаговым деформациям непосредственно влияющих на регулярность напряжено-деформированного состояние и фоновых геодинамических движений близлежащего сейсмогенного слоя земной коры (в пределах зоны активного влияния Туполангского водохранилища).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Тимбеков И.Х., Джураев Н.М., Туйчиева М.А. О достижениях комплексных инженерно-сейсмологических исследований, проведенных в районе предстоящего строительства гидротехнических сооружений в сейсмоактивных зонах Узбекистана. // Проблемы сейсмологии в Узбекистане, -Ташкент: «Янги авлод» - №3, 2006- С.54-63.

2. Чемборисов Э.И., Нарулин А.Б., Лесник Т.Ю., Хожамуратова Р.Т. Генезис и режим поверхностных вод бассейна реки Амударьи и их влияние на засоление агроландшафтов (на примере бассейна реки Амударьи).- Нукус: «QARAQALPAKSTAN» 2016.- 162 с.

3. Джураев Н.М., Зияудинов Ф.Ф., Тимбеков И.Х., Туйчиева М.А., Фахриддинов Ж.Ф. Характер синхронности колебаний бортов каньона по отношению к основанию Туполангского водохранилища. //Проблемы сейсмологии в Узбекистане, №3, 2006.С.92-97.

4. Khamidov Kh.L., Artikov F.R., Khamidov L.A. Calibration of seismic station channels in Gissarak and Tupolang reservoirs and monitoring of seismic events in their near zones // International Journal of Geology, Earth & Environmental Sciences.- 2021 Vol. 11, pp. 164-173. (ISSN: 2277-2081 An Open Access, Online International Journal Available at <http://www.cibtech.org/jgee.htm>).

5. Артиков Ф.Р. Возможности оценки гидрологического режима и сейсмического состояния зоны Туполангского водохранилища // Seysmologiya muammolari №2, т.3, 2021, С.97-105.

6. Артиков Ф.Р. Эксплуатационный режим Туполангского водохранилища и возможные упругие пригибание его основания при максимальном заполнении // Наука и инновации. - Международная научная конференция молодых ученых 25 ноября 2021 года.- Ташкент.- ЦПТ при Министерстве инновационного развития РУз.-2021.-С.81-83.

**Артиков Ф.Р., Хамидов Л.А**

#### **ТУПОЛАНГ СУ ҚОЙМАСЫНЫҢ ГИДРОЛОГИЯЛЫҚ РЕЖИМІНІҢ ВАРИАЦИЯСЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ ЖЕРГІЛІКТІ СЕЙСМИКАЛЫЛЫҚ ЖАҒДАЙЫНА ЫҚТИМАЛ ӘСЕРІ**

**Андатпа:** Туполанг су қоймасының жақын аймағындағы гидрологиялық режимді және оның сейсмикалықпен ықтимал байланысын талдау оны пайдалану кезінде негіз

тұрақты жұмыс істейтін жүктемелерде болуы мүмкін екенін көрсетті. Бұл базалық деформациялар жер қыртысының жақын орналасқан сейсмогендік қабатының фондық геодинамикалық қозғалыстарының заңдылығына тікелей әсер ететін тектоникалық фокустық деформацияларға сәйкес келуі мүмкін.

**Түйін сөздер.** Гидрологиялық режим, су қоймалары, сейсмикалық, ығысу, деформация.

**Artikov F.R., Khamidov L.A.**

### **VARIATION OF THE HYDROLOGICAL REGIME OF THE TUPOLANG RESERVOIR AND ITS POSSIBLE INFLUENCE ON THE STATE OF LOCAL SEISMICITY**

**Abstract:** An analysis of the hydrological regime and its possible connection with seismicity in the near zone of the Tupalanga reservoir shows that during its operation, the base can be in permanent loads. These deformations of the base may closely correspond to tectonic focal deformations directly affecting the regularity of the background geodynamic movements of the nearby seismogenic layer of the earth's crust.

**Keywords.** Hydrological regime, reservoir, seismicity, displacement, deformation.

УДК 551.3:550.3 (575.1)

<sup>1</sup> Хамидов Х.Л., <sup>2</sup>Иброгимов Ф.И.

<sup>1</sup> PhD по техн. наукам, снс, <sup>2</sup>мнс, <sup>1,2</sup>Институт Сейсмологии АН РУз

### **СОСТОЯНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОЛЕБАНИЯ ПЛОТИН И БЕРЕГОВЫХ СКЛОНОВ ЧАРВАКСКОГО И АХАНГАРАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ УЗБЕКИСТАНА**

**Аннотация.** На основе контроля структурного состояния плотин Чарвакского и Ахангаронского водохранилища определены кинематические показатели основанных на результаты реальных сейсмометрических измерений в объектах. Интерпретация изменения различных кинематических параметров волнового поля, в первую очередь естественных частот, произведено оценкой изменения волнового поля, которые могут дать возможность выявить дефекты конструкции плотины. Данные амплитудно-частотные характеристики плотин Чарвакского и Ахангаронского водохранилищ произведено определением частоты колебаний в каждой измерительной точке.

**Ключевые слова.** Наблюдение, плотина, колебание, частота, амплитуда, состояние, сейсмометр, скорость, микросейсмы.

В настоящем наибольшие требования предъявляются к изучению кинематических показателей колебания плотин и береговых склонов крупных водохранилищ Узбекистана. Поэтому исследование состояния кинематических показателей основанных на результаты реальных сейсмометрических

измерений в объектах Чарвакского и Ахангаранского водохранилищ Узбекистана стало востребованным.

Исторически исследованием сейсмических колебаний в объектах водохранилищ Узбекистана в разные годы занимались Л.М.Плотникова [1], С.М.Касымов, Н.М.Джураев, И.Х.Тимбеков [2], И.Б.Яковлева [3], Б.С.Нуртаева, А.В.Сувилова [4] и др.

Анализ выше указанных исследований показало, что целенаправленные исследования по совершенствованию системы мониторинга сейсмичности в ближних зонах водохранилищ Узбекистана до 1972 года проводилось для обеспечения сейсмической устойчивости плотин. Инженерно-сейсмометрические исследования проводились аналоговыми сейсмическими станциями в пределах СНиП 11-А.12-69 для целей сейсмического микрорайонирования при выборе участка и строительстве, а также в ведении контроля колебания плотин при сильных землетрясениях.

За последний период в объектах Чарвакской ГЭС и плотины Ахангаранского водохранилища была начата работа по полному обновлению системы сейсмометрического слежения колебаний плотин и береговых склонов сейсмичности в зонах указанных выше водохранилищ [5,6,7]. За это период система аналоговых сейсмических станций были переведены в цифровые.

Из зарегистрированных более чем 130 землетрясений в указанных выше объектах на расстояниях до 100 км и 27 землетрясений с магнитудой большей от 5 на расстояниях до 350 км анализу включены записи 36 землетрясений, наиболее характерно отражающих кинематические показатели смещения, как низкочастотных, так и высокочастотных колебаний. Профили сейсмометрических измерений, на плотине Чарвак и Ахангаран проведены, с использованием цифровой сейсмической станции CMG-6TD (рис.1). Частотная характеристика сейсмометров – равномерная в диапазоне 0,03 - 50,0 Гц. Регистрация сигналов со станций производилась при помощи ноутбуков. Определение сейсмических свойств мелкообломочных и крупнообломочных массивов в исследуемой зоне плотины, как экспериментальный материал при разных нагрузках и объемах воды, выполнялось несколькими методами: записью слабых транзитных землетрясений; изучением спектральных характеристик грунтов анализируя микросейсмы.



Чарвак



Ахангаран

Рисунок 1 – Измерительные точки на объектах Чарвак и Ахангаран

С помощью обработки записей микросейсм рассчитаны спектральные амплитуды двух горизонтальных компонент (*N-S* и *E-W*) и вертикальной компоненты. Результаты представляются в виде отношения горизонтальной компоненты (*H*) к вертикальной (*V*) в зависимости от частоты (*f*):

$$[H/V](f) = \left[ \frac{S_{NS}^2(f) + S_{EW}^2(f)}{2S_V^2(f)} \right]^{1/2}.$$

Далее по кривой *H/V(f)* определяются доминантные частоты (или периоды) и относительные амплитудные уровни колебаний. Эти экспериментальные данные по микросейсмам сравниваются с теоретическими расчетами АЧХ толщи грунтов и пород по компьютерным программам.

Для расчетов использован скрипт пакета MATLAB 6.1, написанный Stephane Hans, ENTPE, Франция. Несколько отрезков записей микросейсм длительностью по одному часу нарезаются на интервалы по 8 минут, вычисляется для них спектр и производится фильтрация для устранения случайных импульсных помех. Далее методом взвешивания строится отношение спектров *H/V* компонент

На основе контроля структурного состояния плотин Чарвакского и Ахангаронского водохранилища назначено выявить и интерпретировать изменения различных кинематических параметров волнового поля (в первую очередь естественных частот). Изменения волнового поля, как правило, помогают выявить дефекты конструкции плотины.

Таблица 1 – Чарвакская плотина: частота собственных колебаний по оси *Y*, Гц (длинная сторона)

<i>F</i> <sub>0</sub>	Пункты регистрации				
	№1	№2	№3	№4	№5
Вдоль тела плотины	0,25	0,95	0,52	1,76	1,11
Поперек тела плотины	3,67	2,86	0,54	1,43	1,11
Вертикальная компонента	3,22	4,55	4,11	4,12	5,20

Данные амплитудно-частотные характеристики обеих плотин позволили определить частоты собственных колебаний в каждой исследуемой точке (как резонансные частоты). Значения по каждой из трех ортогональных компонент (*x*, *y* и *z*) приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 2 – Ахангаранская плотина Максимальная частота естественных колебаний и амплитуда колебаний плотины

Измерительные пункты	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9
Частота	0.45	0.84	0.25	1.99	1.86	1.63	1.63	1.96	2.08
Амплитуда	5.48	4.34	5.15	5.75	6.62	10.0	8.92	5.35	4.19

По профилю измерено колебания и в сейсмограммах режимную определяется максимальные амплитуды скорости колебаний - *A*<sub>max</sub>(мм/с) и соответствующие им периоды колебаний, длительность колебаний. Расчет относительного изменения интенсивности колебаний произведено по формуле

$\delta_i = A_{max(i)}/A_{ma}$ , где  $i$ -номер по порядку измерительных точек (рисунок 1). Расчеты мощности слоя от крупнообломочных массивов до мелкообломочных пород производились с использованием следующих уравнений:  $h = 156 f_0^{-1,08}$  где  $h$ - мощность слоя насыпных горных пород,  $f_0$  – резонансная частота каждой части обломочность массивов (согласно таблиц 1 и 2). Скорости поперечных волн  $V_s$ , определены с использованием выражения:  $T = 4h/V_s$ ; где  $T$  – резонансный период для каждого типа массива пород,  $h$  - мощность каждой части пород,  $V_s$ - скорость поперечных волн. Анализ сейсмограмм с трехкомпонентных сейсмометров, расположенных в разных местах в теле плотин Чарвак и Ахангаран при одновременной записи показали, что диапазон изменений  $V_s$  в пределах 523-727 м/с.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Плотникова Л.М., Уломов В.И. Разработать техническое задание и создать инженерно-сейсмометрическую службу на Чарвакской плотине на основе изучения локальной сейсмичности. – Т: ИС АН УзССР.-1980.-С.68-84.
2. Касымов С.М., Джураев Н.М., Тимбеков И.Х., Мирзаев В.М. Сейсмическое микрорайонирование площадей строительства гидротехнических сооружений Узбекистана. - Ташкент: Фан.- 1974.- 155с.
3. Яковлева И.Б. , Меденцева Г.П. Сейсмичность района Гиссаракского водохранилища// Новые данные по сейсмологии и сейсмогеологии Узбекистана.- Т: Фан, - 1974.- С.77-90.
4. Плотникова Л.М., Нуртаев Б.С., Сувилова А.В. Изучить сейсмические свойства и составить схему сейсмического микрорайонирования грунтов основания Чарвакской плотины. По инструментальным данным АСС НИ провести моделирование велесограмм./ Отчет – Ташкент, 1976.- Фонды АО Гидропроект.- 126с.
5. Хамидов Л.А., Ибрагимов А.Х., Алимухамедов И.М., Хамидов Х.Л. Результаты обработки записей колебаний плотин и береговых склонов Чарвакского и Андижанского водохранилищ Узбекистана при слабых землетрясениях// Российский сейсмологический журнал.–2020.– Т. 2, № 4.– С.122-134.
6. Хамидов Х.Л., Ганиева Б.Р., Хамидов Л.А., Иброгимов Ф.И., Анварова С.Г. Кинематика колебания плотины Гиссаракской ГЭС// Доклады АН РУз.- №5.-2021-С. 86-91.
7. Хамидов Х.Л., Артиков Ф.Р., Хамидов Л.А., Анварова С.Г. Тестирование стационарных сейсмических станций и сейсмоприемников, используемых в Гиссаракском и Тупалангском водохранилищах // J. Seysmologiya muammolari №2, т.3, 2021, С.106-116.

**Хамидов Х.Л., Иброгимов Ф.И.**

## ӨЗБЕКСТАННЫҢ ЧАРВАК ЖӘНЕ АХАНГАРАН СУ ҚОЙМАЛАРЫНЫҢ БӨГЕТТЕРІ МЕН ЖАҒАЛАУ БЕТКЕЙЛЕРІНІҢ АУЫТҚУЫНЫҢ КИНЕМАТИКАЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІНІҢ ЖАЙ-КҮЙІ

**Аңдатпа:** Чарвак және Ахангаран су қоймасы бөгетінің құрылымдық жағдайын бақылау негізінде объектілердегі нақты сейсмометриялық өлшеулердің нәтижелеріне негізделген кинематикалық көрсеткіштер анықталды. Интерпретация өзгерістер әр түрлі кинематикалық параметрлерін толқындық өріс, ең алдымен, табиғи жиіліктер өндірілді бағалаумен өзгерту толқындық өріс бере алатын мүмкіндігін анықтау ақаулар құрылымдары бөгеттер. Чарвак және Ахангаран су қоймасы бөгетінің осы амплитудалық-жиіліктік сипаттамалары әр өлшеу нүктесінде тербеліс жиілігін анықтау арқылы жүзеге асырылады.

**Түйін сөздер:** Бақылау, бөгет, тербеліс, жиілік, амплитуда, күй, сейсмометр, жылдамдық, микросейсмалар.

**Khamidov H.L., Ibrogimov F.I.**

**THE STATE OF KINEMATIC INDICATORS OF DAM FLUCTUATIONS AND COASTAL SLOPES OF CHARVAK AND AKHANGARAN RESERVOIRS OF UZBEKISTAN**

**Abstract:** Based on the control of the structural state of the dams of the Charvak and Akhangaron reservoirs, kinematic indicators are determined based on the results of real seismometric measurements in objects. Interpretation of the change in various kinematic parameters of the wave field, primarily natural frequencies, is made by evaluating the change in the wave field, which can make it possible to identify defects in the dam structure. These amplitude-frequency characteristics of the dams of the Charvak and Akhangaran reservoirs were produced by determining the oscillation frequency at each measuring point.

**Keywords:** Observation, dam, oscillation, frequency, amplitude, state, seismometer, velocity, microseisms.

УДК 550.42:550.34 (575)

**Юсупов Ш.С., Шин Л.Ю., Расулов А.В.  
Институт сейсмологии АН РУз.**

**ЮЖНО-ФЕРГАНСКАЯ СЕЙСМОГЕННАЯ ЗОНА –  
СЕЙСМИЧНОСТЬ И ГИДРОГЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ  
ПРЕДВЕСТНИКИ (2020 г.)**

**Аннотация.** Представлены результаты временных рядов данных наблюдений за химическим и газовым составом подземных вод ст. Чимион (четырёх скважин) на территории Южно-ферганской сейсмогенной зоны, Ферганского артезианского бассейна (ФАБ) за 2019-2020 гг. Зафиксирован ряд прогностических признаков, которые проявились во время подготовки и свершения нескольких землетрясений в июле-августе 2020 года. Данные получены из Республиканского сейсмопрогностического мониторингового Центра МЧС РУз. В период 2019-2020 гг. на Южно-Ферганской сейсмогенной зоне произошло несколько землетрясений с  $M_w = 4.7 - 5.5$ ,  $d_e = 80-100$  км. Для сравнения с аномальными проявлениями были выбраны землетрясения с  $M/LgR \geq 2,5$ .

**Ключевые слова:** землетрясение, предвестники, аномалия, геодинамический полигон, сейсмогенная зона, скважина, газо-химический состав, изотопный состав.

Рассматриваются гидрогеосейсмологические предвестники землетрясений (ГГСП) в изменениях ионно-солевого, газового состава и геофизических параметров подземных вод из самоизливающихся скважин на территории прогностической станции Чимион, Ферганского геодинамического

полигона. Проанализирована связь между ГГС параметрами последующих землетрясений, в районе чувствительности зоны наблюдений ст. Чимион [1].

Характерное время проявления ГГС предвестников позволяет использовать их как среднесрочные для прогноза времени землетрясений [2].

Выделение ГГСП в изменениях временных рядов ГГС параметров представляет не простую задачу из-за воздействия комплекса сейсмически необусловленные на режим наблюдательных водопунктов. Набор таких факторов-помех является индивидуальным для каждого водопункта [3].

В работе в качестве ГГСП рассматриваются визуально выделяемые перед землетрясениями аномалии в изменениях временных рядов гидрогеосейсмологических данных на режим наблюдательных скважин. Аномалии в изменениях временных рядов, выделяемые статистическими методами, привлекаются лишь как дополнительное, но не определяющее подтверждение наличия ГГСП. Такой подход обусловлен тем, что рассмотрение ГГСП, как природного явления, предполагает, в первую очередь, использование методов, принятых в гидрогеологии и гидрогеохимии с привлечением актуальной информации о последующих землетрясениях, процессах их подготовки и реализации. Обобщение надежных данных о ГГСП при уточнении и расширении перечня параметров землетрясений, которым предшествовали ГГСП, позволяет оценивать общие закономерности связи ГГСП с будущими землетрясениями и характерные времена и заблаговременности их проявления. Получение таких оценок является первоочередной задачей в обеспечении научного базиса использования ГГСП для прогнозирования землетрясений [4].

#### **В работе использовались следующие материалы:**

Временные ряды данных наблюдений за химическим и газовым составом подземных вод ст. Чимион (четырёх скважин) (таблица 1) на территории Ферганского артезианского бассейна (ФАБ).

Приведенные примеры ГГСП (рис. 1) имеют ярко выраженный аномальный характер в изменениях временных рядов гидрогеосейсмологических параметров. Для всех приведенных случаев ГГСП их амплитуды превышали диапазоны фоновых вариаций соответствующих временных рядов, которые определялись как  $X_{cp} \pm 3\delta$  (в некоторых случаях  $X_{cp}$  превышалось более чем 4-5 раз), где  $X_{cp}$  – среднее значение,  $\delta$  – среднеквадратичное отклонение.

**О связи проявлений ГГСП с параметрами последующих землетрясений.** Изучение ГГСП в изменениях химического состава подземных вод и газов в Узбекистане проводится более 50-ти лет, и такие работы являлись пионерскими в мире [4, 5, 6].

Данные о землетрясениях, произошедших за период наблюдений, представлены в таблице 2.

Периодичность наблюдений составляла 3–4 раза в неделю.

В период 2019-2020 гг. на Южно-Ферганской сейсмогенной зоне произошли несколько землетрясений с  $M_w = 4.7 - 5.5$ ,  $d_e = 80-100$  км (табл. 2).

Перед этими землетрясениями ГГСП проявились, в основном, в изменениях концентраций углекислого газа превышающих диапазон фоновой изменчивости за весь период наблюдений. ГГСП проявились скважинах ст. Чимион, дренирующих подземные воды N-Pz (неоген-палеозойских) осадочных отложений Ферганского артезианского бассейна. Это может служить показателем того, что в процессе подготовки землетрясений, в период наблюдений, происходили изменения состава растворенных газов в пределах всей водоносной толщи.

Таблица 1.

Название скважины	Глубина, м. Открытый интервал, м	Водовмещающие породы: возраст, состав	Формула Курлова	Минерализация	Температура воды, °С
ОП-1	600	N Песчаник, гипс	Нет самоизлива	-	-
П-1	180 137-176	N-Q Конгломерат, песчаник	SO <sub>4</sub> 48HCO <sub>3</sub> 31Cl21 M <sub>0,69</sub> ----- 16 <sup>0</sup> С Mg39Ca28Na25	0,69	16
НП-1	400 220-295	N-Q Конгломерат, песчаник	SO <sub>4</sub> 48HCO <sub>3</sub> 40Cl12 M <sub>0,63</sub> -----19 <sup>0</sup> С Mg44Na29 Ca27	0,63	19
1-Ю	1934 1552-1875	K(Pz) Песчаник, конгломерат, известняк	-	-	17,8

Таблица 2.

№	дата	Время ч.м.с.	координаты		Н, км	М	R, км	M/LgR	Примечание
			φ	λ					
1	09.01.2020	00-20-26	40,15	71,98	16	3,0	48	1,78	Таджикистан
2	26.02.2020	01-43-09	40,26	71,40	14	3,2	32	2,12	границ.Узб.-Тадж.
3	13.03.2020	15-28-54	40,47	71,40	30	3,0	32	1,99	границ.Узб.-Тадж.
4	17.04.2020	04-34-15	40,94	71,72	7	4,1	80	2,15	Наманган(Узб.)
5	05.06.2020	22-04-55	41,25	71,95	13	3,1	120	1,49	границ.Китай-Кирг.
<b>6</b>	<b>04.07.2020</b>	<b>14-52-00</b>	<b>38,92</b>	<b>70,99</b>	<b>10</b>	<b>5,5</b>	<b>152</b>	<b>2.52</b>	<b>Таджикистан</b>
7	09.07.2020	11-39-00	39,96	69,31	10	4,7	200	2.04	Афганистан
8	13.07.2020	11-45-28	40,46	70,76	18	3,0	80	1,57	Таджикистан
<b>9</b>	<b>21.07.2020</b>	<b>05-08-10</b>	<b>40,14</b>	<b>71,42</b>	<b>19</b>	<b>3,5</b>	<b>20</b>	<b>2,69</b>	<b>Киргизстан</b>
10	21,07,2020	05-47-44	40,17	71,41	19	3,1	20	2,12	Киргизстан
<b>11</b>	<b>05,08,2020</b>	<b>13-18-00</b>	<b>40,20</b>	<b>70,84</b>	<b>10</b>	<b>5,0</b>	<b>60</b>	<b>2.81</b>	<b>Таджикистан</b>

Длительности аномалий по различным параметрам ( $T_1$ ) изменялись от 7 до 10 мес. при величинах экстремальных амплитуд до 150 – 800 % по

отношению к фоновым вариациям. Заблаговременность проявления ( $T_2$ ) перед землетрясением составляла около семи-десяти месяцев. Кроме того, связь между параметрами землетрясений с ГГСП проявлениями соответствует со временем возникновения землетрясений (в 3 случаях  $M/LgR \geq 2.5$ , см. таблицу 2) [7].

### ***Особенности проявления ГГСП перед землетрясениями во времени.***

Принятый нами способ идентификации ГГСП позволяет оценить время и заблаговременность их возникновения перед последующими землетрясениями от примерно семи до десяти месяцев (табл. 2). Такие оценки времени проявления ГГСП перед землетрясениями основываются на данных по аномальному поведению **отдельных** показателей минерального состава воды и газа.

Это указывает на необходимость постановки специальных исследований по созданию моделей формирования ГГСП для отдельных скважин на основе экспериментальных данных, с учетом совокупности гидрогеологических и гидрогеохимических условий формирования химического состава подземной воды.

Перед землетрясением 2020 г. на стадии его подготовки в трех скважинах на территории ст. Чимион проявилось удивительное согласование в изменениях газового состава (рис. 1) при значительных изменениях концентраций хлорид- и гидрокарбонат-ионов.

Кроме газо-химических показателей можно ещё отметить геодинамический параметр подземных вод скважины ОП-1, который перед землетрясениями показал себя аномальной стороны. Резкое падение уровня подземной воды этой скважины доказывает о динамической неравномерности состояния этой скважины.

Приведенные данные наблюдений ГГСП показывают, что на стадиях подготовки ряда землетрясений 2020 года, может происходить перераспределение компонентного состава воды и газа. Это дает основание полагать, что ведущими процессами формирования ГГСП является изменение условий смешивания различных по химсоставу и минерализации вод в зонах повышенной водопроницаемости, которыми могут быть различные геологические объекты – разломные зоны, неоднородности литологического состава водовмещающих пород («гидрогеологические окна»), а также возможные изменения в физико-химическом взаимодействии в системе «газ-вода–горная порода» при деформации водовмещающей породы и развитии в ней трещинной дилатансии [8, 9].

Проявление рассмотренных ГГСП приурочено, главным образом, к промежуточным зонам очагов землетрясений, величинами других параметров воздействия землетрясений в районах наблюдательных водопунктов. Такой подход позволяет при возникновении ГГСП более определенно оценивать параметры и влияние последующих сильных землетрясений в районах гидрогеосейсмологических наблюдений.

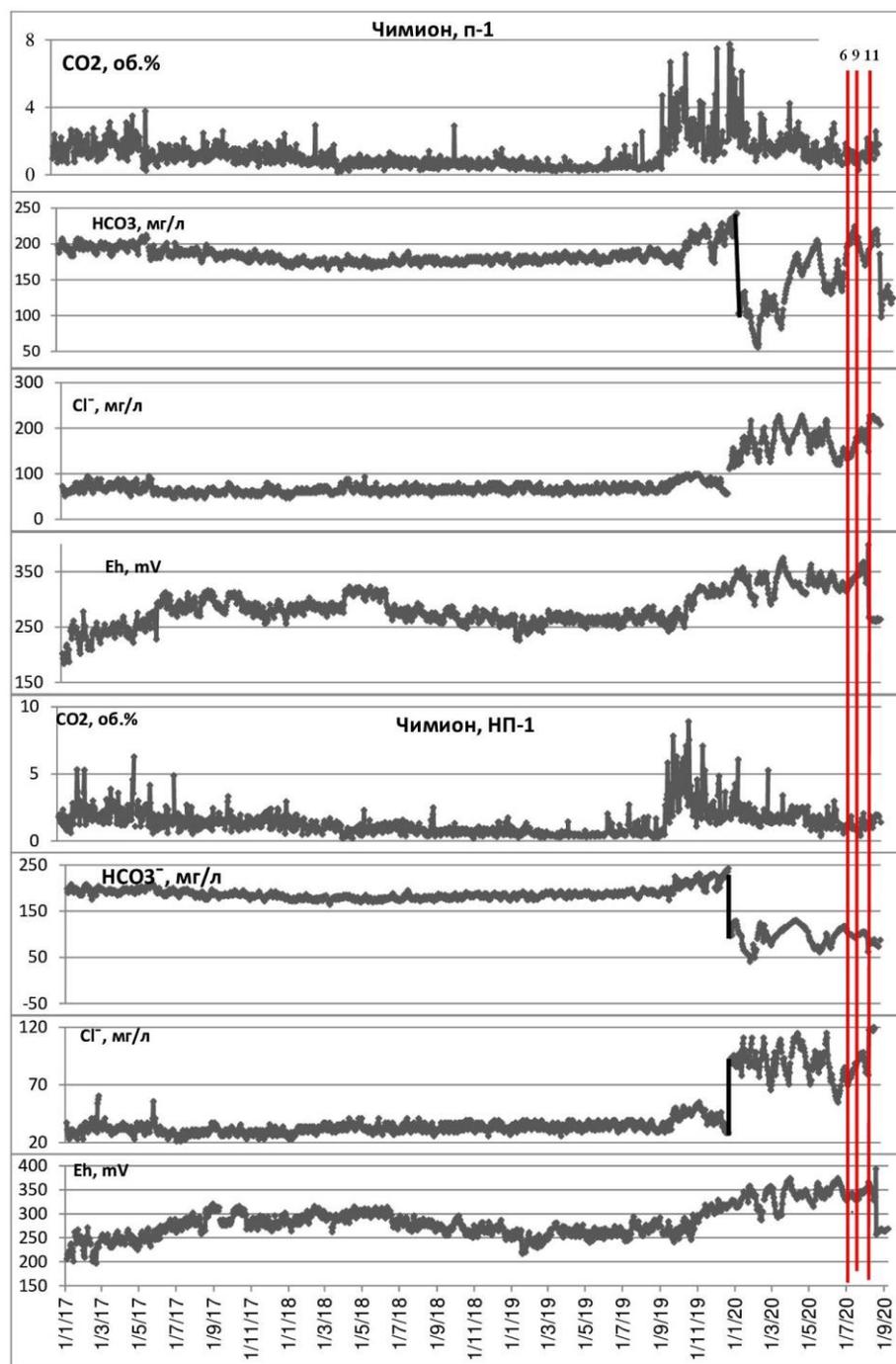


Рис. 1 Аномальные проявления некоторых ГГС предвестников во время землетрясений (июль-август 2020 г.) в зоне чувствительности прогностической станции Чимион.

Вместе с тем, необходимо отметить недостатки применяемых методов диагностики ГГСП для углубленного изучения процессов и механизмов их формирования в условиях разнообразия природных обстановок формирования химического состава подземных вод, сложности учета технических факторов-помех, в первую очередь, эксплуатации подземных вод, и значительной роли человеческого фактора в производстве режимных наблюдений. Очевидна необходимость развития метода гидрогеохимических наблюдений с целью изучения феномена ГГСП путем совмещения автоматизированных систем

регистрации отдельных компонентов и интегральных показателей химического состава воды, таких как уровень подземных вод, *pH*, *Eh*, особенно изотопного состава подземных вод с целенаправленными наблюдениями по изучению вариаций газо-химического состава подземных вод на современном уровне.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Юсупов Ш.С., Шин Л.Ю. Зона влияния гидрогеосейсмологического предвестника землетрясений ( $\text{CO}_2$ ) – Современные проблемы механики – №33(3), Бишкек, ИГМ ОН НАКР, 2018. С. 225-232.

2. Юсупов Ш.С. Изотопная геохимия углерода подземных вод Центральной Азии, Ташкент: Сиваш, 2017. 219 с.

3. Копылова Г.Н., Юсупов Ш.С., Серафимова Ю.К., Шин Л.Ю., Болдина С.В. Гидрогеохимические предвестники землетрясений (на примере полуострова Камчатка (Россия) и Приташкентского артезианского бассейна (Республика Узбекистан)) – Вестник КРАУНЦ. Науки о земле – №4, выпуск №48. С. 5-20, 2020

4. Поиски предвестников землетрясений. Ташкент: «ФАН», 1976. 262 с.

5. Султанходжаев А.Н., Латипов С.У., Хасанова Л.А., Зиган Ф.Г., Чернов И.Г., Закиров Т. и др. Гидрогеосейсмологические предвестники землетрясений. Ташкент: Фан. 1983. 134 с.

6. Уломов В.И., Мавашев Б.З. О предвестнике сильного тектонического землетрясения – Докл. АН СССР – № 2. Т. 176. С. 319–321. 1967.

7. Копылова Г.Н. О связи режима подземных вод с сейсмичностью и деформациями земной коры на стадиях подготовки сильных землетрясений – Разведка и охрана недр – №7. С. 37-45. 2008.

8. Копылова Г.Н., Гусева Н.В., Копылова Ю.Г., Болдина С.В. Химический состав подземных вод режимных водопроявлений Петропавловского геодинамического полигона Камчатка: типизация и эффекты сильных землетрясений - Вулканология и сейсмология – №4. С. 43-62, 2018. DOI: 10.1134/S0203030618040041.

9. Skelton, A., Liljedahl-Claesson, L., Wästeby, N., Andrén, M., Stockmann, G., Sturkell, E., et al. (2019). Hydrochemical changes before and after earthquakes based on long-term measurements of multiple parameters at two sites in northern Iceland—A review. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 124. <https://doi.org/10.1029/2018JB016757>

**Юсупов Ш.С., Шин Л.Ю., Расулов А.В.**

#### **ОҢТҮСТІК ФЕРҒАНА СЕЙСМОГЕНДІК АЙМАҚ – СЕЙСМИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ГИДРОГЕОСЕЙСМОЛОГИЯЛЫҚ БОЛЖАУЛАР (2020 ж.)**

**Андатпа.** Жер асты суларының химиялық және газдық құрамы бойынша бақылау деректерінің уақыттық қатарларының нәтижелері ст. Оңтүстік Ферғана сейсмогендік аймағы, Ферғана артезиан бассейні (ФАБ) аумағындағы Чимион (төрт ұңғыма) 2019-2020 ж.ж. 2020 жылдың шілде-тамыз айларында бірнеше жер сілкінісін дайындау және өткізу кезінде пайда болған бірқатар болжамдық белгілер тіркелді. Мәліметтер Өзбекстан Республикасы Төтенше жағдайлар министрлігінің Республикалық сейсмикалық болжамдық мониторинг орталығынан алынды. 2019-2020 жылдар аралығында Оңтүстік Ферғана сейсмогендік аймағында  $M_b = 4,7 - 5,5$ ,  $d = 80-100$  км бірнеше жер сілкінісі болды. Аномальды көріністермен салыстыру үшін  $M/LgR \geq 2,5$  жер сілкіністері таңдалды.

**Түйін сөздер:** жер сілкінісі, прекурсорлар, аномалия, геодинамикалық көпбұрыш, сейсмогендік аймақ, ұңғыма, газ-химиялық құрам, изотоптық құрам.

## SOUTH FERGANA SEISMOGENIC ZONE - SEISMICITY AND HYDROGEOSEISMOLOGICAL PRECURSORS (2020)

**Abstract.** The results of time series of observation data on the chemical and gas composition of groundwater at st. Chimion (four wells) on the territory of the South Fergana seismogenic zone, the Fergana artesian basin (FAB) for 2019-2020. A number of prognostic signs were recorded, which appeared during the preparation and execution of several earthquakes in July-August 2020. The data were obtained from the Republican Seismic Prognostic Monitoring Center of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Uzbekistan. In the period 2019-2020. Several earthquakes with  $MW = 4.7 - 5.5$ ,  $de = 80-100$  km occurred in the South Fergana seismogenic zone. For comparison with anomalous manifestations, earthquakes with  $M / LgR \geq 2.5$  were selected.

**Keywords:** earthquake, precursors, anomaly, geodynamic test site, seismogenic zone, well, gas-chemical composition, isotopic composition.

УДК 551.2.01

Курскеев А.К.<sup>1</sup>, Колумбетова К.К., Литовченко И.Н.,  
Амиров Н.Б., Лютикова В.С.,  
<sup>1</sup>академик НАН РК, ГНС;  
ТОО «Институт сейсмологии» МЧС РК

## О ФИЗИЧЕСКОЙ ПРИРОДЕ МАГНИТУДЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

**Аннотация.** На основе современных геодинамических особенностей формирования магнитуд очаговых зон сильных и разрушительных землетрясений рассматривается вопрос о физической природе магнитуды.

**Ключевые слова:** магнитуда, очаговая зона, сейсмическая энергия.

**Состояние проблемы.** Впервые физический механизм землетрясения описан Ч.Ф.Рихтером, рассмотревшим крупное землетрясение Сан-Франциско, произошедшего в 1906 г.[1]. Связь между сейсмической энергией  $E$ , выделяющейся землетрясением, и магнитудой  $M$  землетрясения представлена в виде:  $E=2.4+2.14M-0.05M^2$ . Магнитуда – условная величина, характеризующая общую энергию сейсмических волн, излучаемых источником. Она определяется как логарифм отношения максимальных амплитуд сейсмических волн данного землетрясения к амплитудам таких же волн некоторого стандартного землетрясения. Возникают вопросы: каковы современные геодинамические особенности формирования магнитуд очаговых зон сильных и разрушительных землетрясений? С целью ответа на этот вопрос выполнены фундаментальные исследования по установлению закономерностей формирования очаговых зон землетрясений в литосфере современных геодинамических и, как следствие, сейсмически активных структурных неоднородностей, литосфера которых в новейшем этапе тектогенеза расколота

(разрушена) и обогащена высокотемпературными массами (плюмы) в связи с изменением ротационно-инерционного режима Земли в новейшем этапе тектогенеза [2].

**Механизмы формирования магнитуд очаговых зон.** Сравнительное исследование механизмов сейсмичности планет земной группы (Меркурий, Марс, Венера, Земля, Луна) показывает, что главными источниками создания избыточной потенциальной энергии в очаговых зонах землетрясений служат продукты трансформации внутриземных ( $E_3$ ) и космогенных ( $E_K$ ) источников энергии  $E_{\Pi} = E_3 + E_K$  [2]. Энергии  $E_3$  и  $E_K$  изменяются во времени и их вклады в формировании и динамике потенциальной энергии  $E_{\Pi}$  дифференцированы. Суммарная потенциальная энергия в очаговой зоне землетрясения, накопленная в промежутке между периодами разрядки избыточного напряжения, может быть выражена в виде:  $\Delta E_{\Pi} = \Delta E_3 + \Delta E_K$ .

Магнитуда  $M$ , как энергетическая характеристика очаговой зоны, будет определяться как отношение сейсмической энергии  $E_{Ci}$ , выделенной землетрясением, к накопленной в очаговой зоне потенциальной энергии  $E_{\Pi}$ :  $M_i = E_{Ci} / E_{\Pi}$  и она, как энергетическая характеристика очаговой зоны, является коэффициентом полезного действия (КПД). Амплитуды сейсмических волн зависят, главным образом, от скоростей распространения сейсмических волн, которые, в свою очередь, связаны с упругими характеристиками геологической

среды: продольная волна (P) распространяется со скоростью  $V_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\sigma}}$ , а поперечная волна (S) – со скоростью  $V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\sigma}}$ , где  $\lambda$  – константа Ламе,  $\mu$  – модуль сдвига,  $\sigma$  – коэффициент Пуассона [3].

Результаты исследования физических свойств горных пород в глубинных термодинамических условиях показывают, что «упругие константы», с которыми связаны сейсмические скорости, подвержены пространственным и временным изменениям. Следовательно, магнитуда, вычисленная по магнитудам сейсмических колебаний, будет изменяться в зависимости от отношения амплитуд типов используемых волн (P, S и др.), во-первых, и из-за неоднородности строения земной коры, в которой они распространяются, во-вторых.

Как известно, информацию о физическом состоянии и вещественном составе очаговых зон землетрясений извлекают из экспериментальных геофизических материалов (ГСЗ, МЗ и др.), получаемых при исследовании глубинного строения литосферы (тектоносферы). Результаты исследования геодинамических условий формирования очаговой зоны землетрясения (ОЗЗ) свидетельствуют, что ОЗЗ сильных землетрясений формируются в земной коре глубинных структурных неоднородностей, литосфера которых разрушена тектоническими движениями и насыщена высокотемпературными массами (плюмы) [2]. В формировании и развитии ОЗЗ и разрядки накопленной в ней избыточной энергии главную роль играют продукты трансформации энергии внутриземного и внеземного происхождения. Роли источников энергии в

процессах, связанных со структурно-вещественными преобразованиями в ОЗЗ, дифференцированы: внутривоздушная энергия - основа преобразования геологической среды; внеземная – основа динамики сейсмических процессов. Возникают вопросы: 1) каковы механизмы проявления взаимодействия структурных неоднородностей литосферы с изменяющимися во времени источниками энергии; 2) изменяются ли коэффициенты вязкости, упругости, напряжения и другие физические характеристики в ОЗЗ?

**Результаты исследования.** В таблицах 1-5 приведены для ряда сейсмоактивных регионов средние значения сейсмотермодинамических параметров: объем, напряжение, температура, модуль сдвига и вязкость геологической среды в ОЗЗ, рассчитанные по формулам Л.И. Тулиани [4]. Разрядка напряжений в ОЗЗ, где магнитуды были наименьшие (2.5-3.0), происходила при самой высокой температуре ( $1980 \pm 20^\circ\text{C}$ ). Объемы ОЗЗ колебались в пределах от  $8.6 \cdot 10^{12}$  до  $3 \cdot 10^{13}$  см<sup>3</sup>. По мере увеличения магнитуды, значения «сейсмотемпературы» уменьшаются, а величины «сейсмообъема» увеличиваются. Сильные землетрясения ( $6.0 < M < 7.0$ ) происходили при сейсмотемпературе  $745 \pm 30^\circ\text{C}$ .

Таблица 1 – Значения сейсмотермодинамических параметров (магнитуды  $M=2.5-3.0$ )

Район	V (см <sup>3</sup> )	T°С	G*10 <sup>11</sup> (дин/см <sup>2</sup> )	$\tau_{кр}$ *10 <sup>8</sup> (дин/см <sup>2</sup> )	$\sigma$ *10 <sup>9</sup> (дин/см <sup>2</sup> )	$\epsilon$	$\eta$ (П)
Северная Америка	$8.6 \cdot 10^{12}$	2006.75	1.207	1.75	0.1048	0.087	$2.6 \cdot 10^{16}$
Евразия (континент)	$3.09 \cdot 10^{13}$	1983.23	1.22	1.77	0.10379	0.0852	$4.48 \cdot 10^{16}$
Йеллоустоунский мантийный плюм	$9.015 \cdot 10^{12}$	2002.58	1.21	1.75	0.10468	0.08668	$2.735 \cdot 10^{16}$
Северо-Тяньшанский плюм	$2.844 \cdot 10^{13}$	1898.29	1.266	1.84	0.0998	0.0788	$9.268 \cdot 10^{16}$

Таблица 2 – Значения сейсмотермодинамических параметров (магнитуды  $M=3.0-4.0$ )

Район	V (см <sup>3</sup> )	T°С	G*10 <sup>11</sup> (дин/см <sup>2</sup> )	$\tau_{кр}$ *10 <sup>8</sup> (дин/см <sup>2</sup> )	$\sigma$ *10 <sup>9</sup> (дин/см <sup>2</sup> )	$\epsilon$	$\eta$ (П)
Северная Америка	$1.737 \cdot 10^{14}$	1718.75	1.369	1.99	9.242	0.0675	$6.18 \cdot 10^{17}$
Евразия (континент)	$2.754 \cdot 10^{14}$	1682.64	1.396	2.03	7.65	0.06418	$1.1534 \cdot 10^{18}$
Йеллоустоунский мантийный плюм	$1.949 \cdot 10^{14}$	1732.9	1.375	1.99	9.227	0.0674	$6.412 \cdot 10^{17}$
Северо-Тяньшанский плюм	$9.794 \cdot 10^{14}$	1581.28	1.485	2.15	7.542	0.0853	$3.784 \cdot 10^{18}$

Таблица 3 – Значения сейсмотермодинамических параметров (магнитуды  $M=4.0-5.0$ )

Район	V (см <sup>3</sup> )	T°С	G*10 <sup>11</sup> (дин/см <sup>2</sup> )	$\tau_{кр}$ *10 <sup>8</sup> (дин/см <sup>2</sup> )	$\sigma$ *10 <sup>9</sup> (дин/см <sup>2</sup> )	$\epsilon$	$\eta$ (П)
Северная Америка	$6.622 \cdot 10^{15}$	1408.84	1.64	2.377	7.737	0.0474	$2.844 \cdot 10^{19}$
Евразия (континент)	$8.128 \cdot 10^{15}$	1390.12	1.659	2.405	7.65	0.0464	$3.539 \cdot 10^{19}$
Йеллоустоунский мантийный плюм	$6.266 \cdot 10^{15}$	1413.64	1.636	2.371	7.758	0.0477	$2.685 \cdot 10^{19}$
Северо-Тяньшанский плюм	$1.958 \cdot 10^{15}$	1366.57	1.6831	2.4401	7.542	0.045	$4.57 \cdot 10^{19}$

Таблица 4 – Значения сейсмодинамических параметров (магнитуды M=5.0-6.0)

Район	V (см <sup>3</sup> )	T°С	G*10 <sup>11</sup> (дин/см <sup>2</sup> )	$\tau_{кр}$ *10 <sup>8</sup> (дин/см <sup>2</sup> )	$\sigma$ *10 <sup>9</sup> (дин/см <sup>2</sup> )	$\epsilon$	$\eta$ (П)
Северная Америка	3.341*10 <sup>17</sup>	1053.126	2.083	3.021	6.1	0.02953	1.823*10 <sup>21</sup>
Евразия (континент)	2.747*10 <sup>17</sup>	1070.87	2.054	2.978	6.1818	0.0303	1.482*10 <sup>21</sup>
Йеллоустоунский мантийный плюм	3.89*10 <sup>17</sup>	1039.4	2.104	3.051	6.037	0.0289	2.142*10 <sup>21</sup>
Северо-Тяньшанский плюм	2.648*10 <sup>17</sup>	1074.388	2.049	2.971	6.198	0.03	1.412*10 <sup>21</sup>

Таблица 5 – Значения сейсмодинамических параметров (магнитуды M=6.1-7.0)

Район	V (см <sup>3</sup> )	T°С	G*10 <sup>11</sup> (дин/см <sup>2</sup> )	$\tau_{кр}$ *10 <sup>8</sup> (дин/см <sup>2</sup> )	$\sigma$ *10 <sup>9</sup> (дин/см <sup>2</sup> )	$\epsilon$	$\eta$ (П)
Северная Америка	1.348*10 <sup>19</sup>	715.53	2.798	4.057	4.545	0.0164	9.484*10 <sup>22</sup>
Евразия (континент)	9.12*10 <sup>18</sup>	750.0	2.702	3.919	4.705	0.0175	6.324*10 <sup>22</sup>
Йеллоустоунский мантийный плюм	-	-	-	-	-	-	-
Северо-Тяньшанский плюм	7.413*10 <sup>18</sup>	769.62	2.674	3.878	4.76	0.018	5.5*10 <sup>22</sup>

*Примечание:* В Таблицах 1-5: V – объем очага, T – температура, G – объемный модуль упругости,  $\tau_{кр}$  – сбрасываемые объемом напряжения,  $\sigma$  – нормальные напряжения,  $\epsilon$  – деформация,  $\eta$  – вязкость

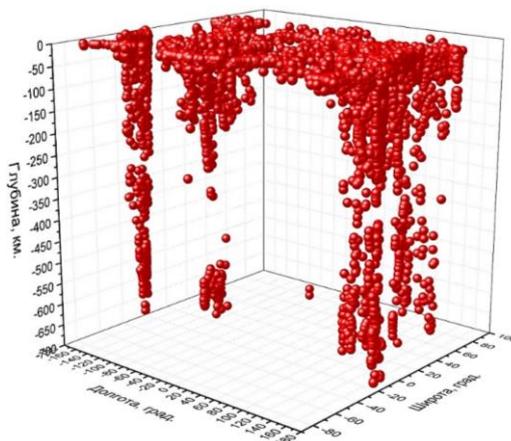


Рисунок 1 – Гипоцентры сильных землетрясений (M>6.0) за 1973-2022 гг.

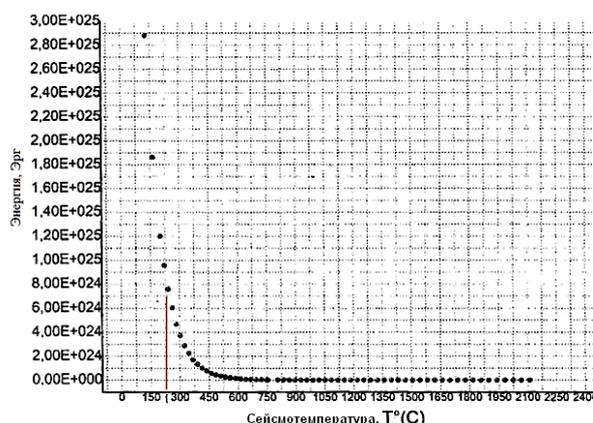


Рисунок 2 – График зависимости энергии (E) от температуры (T°С) в очагах землетрясений за 1973-2022 гг.

Рисунок 1 по данным <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/> показывает, что очаги сильных землетрясений в основном формировались в литосфере. В таблицах 4-5 приведены данные о термодинамических характеристиках ОЗЗ, произошедших в 1973-2022 г.г. в литосфере континентальных плит (Евразия, Северная Америка) и в литосфере глубинных энергонасыщенных структурных неоднородностей, где в новейшем этапе тектогенеза литосфера разрушена в связи с изменением ротационного режима Земли и обогащением высокотемпературными массами. В виду того, что

термодинамические характеристики определены по магнитудам, они условно названы «сейсмодинамические параметры». Видно, что размеры ОЗЗ и значения температуры в них не зависят от палеогеодинамических условий формирования глубинных геодинамически активных структурных неоднородностей литосферы Земли, а в качестве главного показателя изменения сейсмотермодинамических параметров (СТП) «очаговых зон» служит «сейсмотемпература». Как показано на рисунке 2 «сейсмическая энергия» в области примесной проводимости убывает.

Гипоцентры землетрясений распределены «послойно». Максимальное их количество сосредоточено в литосфере (рисунок 3). Вязкость пород связана со скоростями распространения скоростей упругих волн  $V_p$  и  $V_s$ :  $V_p^2 = \frac{K+4\mu/3}{\rho}$ ,  $V_s^2 = \frac{\mu}{\rho}$ ,  $\frac{V_p}{V_s} = K = \frac{1}{\eta}$ , где  $\rho$ —плотность. Отношение скоростей ( $V_p/V_s$ ), связано с так называемыми «константами»  $K$  и  $\mu$  [3]:  $\frac{V_p}{V_s} = \sqrt{\frac{\rho(K+1.33)}{\mu}}$ . Как установлено, они изменяются также во времени, как

$V_p/V_s$ . Согласно упруго-вязкому закону время разрядки напряжения определяется  $\tau = \eta/\mu$ ; ( $\eta = \tau * \mu$ ) [5].

Значения  $V_p/V_s$  (рисунок 4) в верхней части коры (5-10 км) достигают 1.80-1.90, а с увеличением глубины - уменьшаются до 1.67-1.74. Относительно высокие  $V_p/V_s$  (1.90-2.00) наблюдаются в верхней части коры, которая разрушена в новейшем этапе тектогенеза. На глубинах 10-20 км выделен волновод, где  $V_p/V_s \approx 1.70$ . Гипоцентры сильных землетрясений (Верненское, 1887г.; Чиликское, 1889; Кеминское, 1911 г.) находились выше волновода, где  $V_p/V_s \approx 1.75$ , а плотность пород  $\rho \approx 2.85$  г/см<sup>3</sup>. При таких значениях  $V_p/V_s$  и  $\rho$ , вязкость  $\eta$  будет порядка  $n*10^{17}$ П. Приведенные данные о вязкости пород, определенной по магнитудам землетрясений, очаги которых формировались в «гранитном слое», и отношениям  $V_p/V_s$ , определенным в естественных (геодинамических) условиях различаются. В процессе разрушения очаговой зоны механическая энергия переходит в тепловую (эффект горения). Выделяемая тепловая энергия ( $dg=KFdx$ , где  $K$  – коэффициент трения,  $dx$ —смещение) достаточна, чтобы повысить температуру слоя толщиной 1 см, имеющего удельную теплоемкость 0.3 кал/град и плотность 2.5 г/см<sup>3</sup> на 6.4°C [7]: зона разрушения - это пластичная среда (широкая область) с низкими скоростями распространения сейсмических волн ( $V_p, V_s$ ) и плотности пород ( $\rho$ ).

Так, например, период повторения сильных землетрясений 4 года. Если известна эффективная вязкость ( $\eta$ ) и напряжение ( $\sigma$ ) в области пластической деформации, то скорость деформации ( $\epsilon$ ) может быть определена из соотношения:  $\epsilon = \sigma / \eta$ . Так, для среды с  $\eta=10^{10}$ П при  $\sigma=5*10^3$  дин/см<sup>2</sup> скорость  $\epsilon=5*10^{-14}$ с<sup>-1</sup>. Очаговые зоны сильных землетрясений представляют объемные тела («индивидуальные зоны»). Так, на территории Китая в 1700-1995гг. в «индивидуальных зонах» происходили сильные землетрясения с магнитудами

от 6.5 до 7.7 [8]. Периоды возникновения землетрясений с магнитудами 6.7-7.0 составляли около 60 лет (56-61 г.), а землетрясений с магнитудой более 7.0 - равен 100 лет. Разгрузка напряжений происходила через 43 года (зона Ganzi) и 61 год (зона Kanding). При землетрясениях с  $M=6.5-7.5$  «сбрасываются» напряжения порядка  $5 \cdot 10^8$  дин/см<sup>2</sup>. Период разрядки напряжений в очагах при значениях вязкости  $10^{19}-10^{21}$  П 100-150 бар будет колебаться в пределах от одного до 100 лет. Если вязкость, определяемая как произведение модуля сдвига на сброшенное напряжение  $\tau$  ( $\eta = \tau \cdot \mu$ ), то она (при  $\mu = 1 \cdot 10^{11}$  дин/см<sup>2</sup> и  $\tau = 60$  лет) будет порядка  $8 \cdot 10^{18}$  П. Вязкость, определенная по магнитудам землетрясений в «индивидуальных зонах» по формулам [4], колеблется от  $4.2 \cdot 10^{23}$  до  $1.7 \cdot 10^{24}$  П.



Рисунок 3 – Распределение количества землетрясений по интервалам глубин и магнитуд в 1973-2022гг. для Тихоокеанской зоны растяжения (0-55°N, 110-130°E)

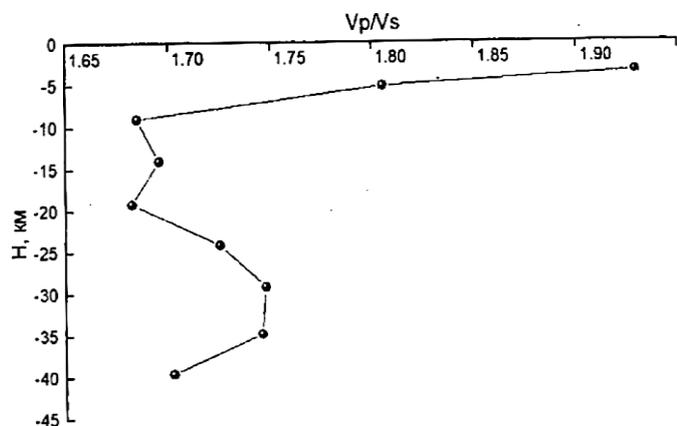


Рисунок 4 – Изменение отношения  $V_p/V_s$  в земной коре Северного Тянь-Шаня по данным ГСЗ [6]

Таким образом, условная магнитуда, определяемая по амплитудам упругих колебаний, вызванных землетрясением, на несколько порядков отличается от сейсмической энергии, выделяемой из очаговой зоны.

*Работа выполнена в лаборатории физики геодинамических и сейсмических процессов в рамках ПЦФ «Оценка сейсмической опасности территорий областей и городов Казахстана на современной научно-методической основе», шифр программы Ф.0980. Источник финансирования - Министерство образования и науки Республики Казахстан*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Рихтер Ч.Ф. Элементарная сейсмология. Москва, 1963. 671с.
2. Курскеев А.К. Землетрясения и сейсмическая опасность Казахстана. Алматы: «Эверо», 2004.-504с.
3. Справочник физических констант горных пород. Мир.Москва, 1969. 543 с.
4. Тулиани Л.И. Сейсмичность и сейсмоопасность на основе термодинамических и реологических параметров тектоносферы. Научный мир. 1999. 216с.
5. Джеффрис Г. Земля, ее происхождение, история и строение. Москва, ИЛ.1960, 485 с.
6. Щацилов В.И., Горбунов П.Н., Тимуш А.В. Новые данные о тектоносфере Тянь-Шаня // Докл. НАН РК, №2, 2020, с.50-55.
7. Йодер Х. Образование базальтовой магмы. М.:Мир, 1970. 238с.
8. Yin Xiangchu, Chen Xuezhong. Load/Unload Response Ratio Theory (LURR): A New Approach to Prediction of Earthquakes and Other Geological Disasters // Contemporary Lithospheric Motion Seismic Geology. July 2020.pp.183-192.
9. Курскеев А.К. Гравитационное взаимодействие планет Солнечной системы и сейсмичность Земли.-Алматы, «Эверо», 2021.-547с.

**Курскеев А.К., Колумбетова К.К., Литовченко И.Н.,  
Амиров Н.Б., Лютикова В.С.,**

## ЖЕР СІЛКІНІСІ МАГНИТУДАСЫНЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ ТАБИҒАТЫ ТУРАЛЫ

**Аңдатпа:** Күшті және жойқын жер сілкіністерінің ошақтық аймақтары магниттерінің қалыптасуының қазіргі геодинамикалық ерекшеліктеріне сүйене отырып, магнитуданың физикалық табиғаты туралы мәселе қарастырылады.

**Түйін сөздер:** магнитуда, ошақтық аймақ, сейсмикалық энергия.

**Kurskeyev A.K., Kolumbetova K.K. Litovchenko I.N.,  
Amirov N.B., Lyutikova V.S.**

## ON THE PHYSICAL NATURE OF EARTHQUAKE MAGNITUDE

**Abstract.** In this paper the physical nature of magnitude was studied in terms of modern geodynamic features of focal zones magnitude formation of large and destructive earthquakes.

**Keywords:** magnitude, focal zone, seismic energy

УДК: 550.341

**Б.Ж. Абишев – ҚР ТЖМ «Қазселденқорғау»  
ММ төтенше жағдайлардың алдын-алу және  
қорғаныш құрылыстарын пайдалану бөлімінің басшысы.**

**I. Серікқызы – ҚР ТЖМ «Қазселденқорғау»**  
ММ төтенше жағдайлардың алдын-алу және  
қорғаныш құрылыстарын пайдалану бөлімінің гидротехнигі

## **МОРЕНАЛЫҚ-МҰЗДЫҚ КӨЛДЕРДІҢ АҚТАРЫЛУ ҚАУПІНІҢ КРИТЕРИЙЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ АҚТАРЫЛУЫНАН БОЛАТЫН ЫҚТИМАЛ ТӘУЕКЕЛ ДӘРЕЖЕСІН БАҒАЛАУ**

**Андатпа:** Апатты гляциалды селдердің пайда болуының негізгі себептерінің бірі-морено-мұздық көлдердің ақтарылуы. Морено-мұздық көлдер тау-мұздық жүйелерінің ажырамас бөлігі болып табылады. Олар қазіргі мұздануға ие барлық таулы аудандарда бар. Қазақстанда Алтай, Жетісу Алатауы, Іле Алатауы, Күнгей Алатауы, Теріскей Алатауы, Өгем, Талас, Майдантал жоталары бар. Осы таулы аудандардың барлығы өте тығыз қоныстанған және индустриалды дамыған аудандар. Сондықтан мұндағы халық пен экономиканы гляциалдық селден қорғау өте маңызды міндет болып табылады.

**Түйін сөздер:** мореналық көл, сел бассейні, сел қаупі, ақтарылу қаупі.

Мұздық мореналық көлдердің гидрологиялық сипаттамаларын зерттеу нәтижелері, сондай-ақ ақтарылу қаупі критерийлерінің әзірленген жүйесі неғұрлым қауіпті объектілерді анықтау және олардың мониторингі жүйелерін құру кезінде пайдаланылуы мүмкін. Таулы аудандарды қауіпті аймақтарға бөлу бойынша алынған нәтижелер су шаруашылығы қызметін жоспарлау және су тасқыны мен селден болатын ықтимал залалды бағалау, сондай-ақ халықты хабардар ету және тәуекелдерді есептеу үшін негіз бола алады.

Мореналық-мұздық көлдер өте қарқынды дамып келе жатқан табиғи объектілер болып табылады. Олардың дамуы мұздықтардың азаюымен және климаттың жаһандық жылынуымен тығыз байланысты. Қазіргі жағдайда жаңа көлдің пайда болуынан бастап оның ақтарылуына дейінгі кезең бар болғаны 15-20 жыл болуы мүмкін. Әдетте, морено-мұздық көлдерінің бөгеттері күрделі құрылымға ие, оның ішінде тас материалынан басқа мореналар және жер астындағы мұздар бар. Көл бөгеттерінің жай-күйі көлдердің ақтарылуы мен селдің пайда болу қаупін қалыптастыруда өте маңызды. Соңғы 40-50 жылда мореналық- мұздық көлдердің аудандары орта есеппен 4,5 есеге артты. Жаңа мореналардың ең жоғары өсімі Шарын және Текес өзендерінің бассейндерінде (5,2 есе), ал ең азы Жетісу Алатауының оңтүстік беткейіндегі өзендерде (3,8 есе) байқалды. ХХІ ғасырдың ортасына қарай жаңа мореналар жақын маңдағы мұздықтардың ауданынан едәуір асып түседі деп болжануда. Бұл жағдай селдің пайда болу мүмкіндігін арттырады [1].

Климаттың өзгеруінің теріс әсері мұздықтардың қарқынды еруіне, олардың аудандарының айтарлықтай азаюына және мұз көлемінің төмендеуіне әкелді. Барлық жерде мұздықтарда терең жарықтар, айтарлықтай көлемді мұз көшкіндері байқалады. Ал қазіргі мореналарда термокарсттық шөгүлер,

шұңқырлар, моренаішілік ағын арналарының саны артады. Сел көріністерінің белсенділігі мен қуаты бойынша Қазақстан ТМД – да бірінші орындардың бірін алады-республика аумағының шамамен 13% - ы (360 мың км<sup>2</sup>) экзогендік процестердің осы қауіпті түрінің қалыптасу және қиратушы әсерінің аймақтары болып табылады. Сел қаупі бар өзендерге негізінен республиканың шығыс, оңтүстік-шығыс және Оңтүстік тауларында орналасқан 300-ден астам сел бассейндері жатады [2].

Соңғы онжылдықтарда жаһандық жылынудың жеделдетілген процестері мәңгі аяз шекарасының жоғарылауына және абсолютті белгілерден жоғары жана көлдердің пайда болуына әкеледі. 3200-3300 абс.м төмен биіктікте орналасқан көлдердің біртіндеп деградациясы байқалады. Көптеген көлдер стационарлық түрден стационарлық емес түрге көшті.

Биік таулы көлдер ақтарылуының негізгі себептері мыналар болып саналады: қуатты су ағынының қалыптасуымен мореналық бөгеттердің бұзылуы (ағын каналы топырақтарының еруі, борттардың құлауы және т. б. нәтижесінде); су ағындарының шұңқырлар, гроттар арқылы су ағындарының жер бетіне шығуымен, қазіргі моренаның денесінен төмен немесе көлден едәуір қашықтықта мореналық бөгеттердің бұзылуы.

Көл қазаншұңқырларының жай-күйіне байланысты ақтарылу қаупі жоғары көлдер: стационарлық, стационарлық емес, дамушы, деградация сатысында, уақытша бос қазаншұңқырларға бөлінеді.

Зерттеушілердің көпшілігі көлдердің ақтарылу қаупінің үш дәрежесін анықтайды: ақтарылу қаупі жоқ; ақтарылу қаупі ықтимал; ақтарылу қаупі бар.

Ақтарылу қаупі жоқ көлдерге көлемі кішкентай немесе өте тұрақты дамбасы бар көлдер жатады. Көлемі 10 000 м<sup>3</sup> асатын және тұрақсыз дамбасы бар көлдер ақтарылу қаупі ықтимал болып табылады. Судың деңгейі тез өзгертін, көлемі жазғы уақытта 100 000 м<sup>3</sup> асатын, тұрақсыз дамбаға ие стационарлық емес көлдер ақтарылу қаупі бар болып табылады [3].

Көлдің ықтимал ақтарылу қаупін анықтау мұздық-мореналық кешенде бақыланбайтын табиғи процестердің пайда болуының алдын алу бойынша нақты көмек көрсетеді.

Көлдің ақтарылуының қауіптілік критерийлерін анықтаудың бұрын әзірленген әдістері бойынша мұздық көлдердің ақтарылу қауіптілігінің үш санаты болды. Біздің зерттеу нәтижелеріміз бойынша морена-мұздық көлдердің ақтарылу қауіптілігінің критерийлері бойынша бес категориясы әзірленді. Осылайша, біз бұл критерийлерді морена-мұздық көлдердің ақтарылу қаупін анықтау үшін ең қолайлы және оңтайлы деп санаймыз және оларды одан әрі бақылаулар, сондай-ақ барлау және профилактикалық жұмыстар үшін қолдануды ұсынамыз.

«Өте қауіпті көл» санаттары сел қаупі аймағында 50-ден астам адам тұратын немесе селден қорғайтын инженерлік құрылыстар болмаған кездегі стратегиялық маңызды объекті болған кездегі ақтарылу қаупі бар морена көлдері үшін әзірленген. Соңғы жылдары қазіргі мореналардағы термокарст процестерінің күшеюіне және морена-мұздық көлдер санының айтарлықтай

артуына байланысты «Дамып келе жатқан көлдер» категориясы әзірленді. Бұл көлдің дамуының ерте кезеңіндегі көлдің өсу динамикасын бақылауға және одан әрі бағалауды жүргізуге мүмкіндік береді. Бұл көлдің қауіпті белгілерге дейін өсуіне жол бермеу бойынша алдын алу шараларын жүргізу бойынша жедел шаралар қабылдауға мүмкіндік береді. Мұндай жұмыстар Аксай, Қарғалы, Талғар, Қорғас өзендерінің бассейндеріндегі көлдерде бұрыннан жүргізіліп келеді.

Мореналық көлдердің ақтарылу қаупін бағалау үшін олар «мұздық-морена-көл» кешенінде қолда бар ғылыми әдебиеттерге, соңғы жылдардағы сел ағындарының сипаттамаларына сүйене отырып қарастырылды.

Зерттеу нәтижелері бойынша осы кезеңде көлдерді бағалау критерийлері ретінде келесі көрсеткіштер пайдаланылды:

- түрі бойынша көлдің күйі (стационарлық, стационарлық емес), көл көлемі, толтыру режимі, көл алабы, ағынды су, ағынды арна.

- көл кернеуінің жағдайы (борпылдақ сынғыш материалдардың, еріген және қатқан топырақтардың, мұз линзаларының және т.б. құрамы), тіреуіштің параметрлері (биіктігі, ені, ұзындығы), жалпы жағдайы);

- моренаның күйі (шөгу, жарықтар, термокарст шұңқырлары, микро ағындардың іздері және т.б.);

- морена кемерінің жай-күйі (параметрлері, жалпы жағдайы, көлдің мореналық кемерге қатысты орналасуы және т.б.).

- мұздықтың күйі (түрі, көлемі, мұздыққа қатысты көлдің орналасуы):

Ақтарылу қаупінің қосымша критерийлері:

- көлдің орналасуы (биіктігі, экспозициясы, өзен бассейнінің ауданы, мұздықтар саны және т.б.);

- мұздық тілінің шеткі бөлігінің опырылуы немесе көл суының шашырауымен мұздықтан айтарлықтай мұз массаларының опырылуы мүмкіндігі;

- көлден судың кейіннен шашырауымен жақын маңдағы беткейлерден көл бассейніне топырақ массаларының құлау мүмкіндігі;

- көлдің арнасының күрт қайта толтырылуы немесе бұрын бос жатқан бассейндердің күрт толуы;

- мұздықтардың қарқынды еруі кезеңінде су асты ағынының пульсациялық режимімен байланысты көлдегі су деңгейінің күрт өзгеруі (секіру тәрізді);

- сел түзетін шығындармен көл суының ағынының ұлғаюы;

- ағынды арнада микроселдер мен «кері» эрозия іздерінің болуы;

- ағын арнасының тіктігі;

- ағын каналы ернеулерінің тіктігі;

- көлдің кернеуінің денесінде және мұздықтың қазіргі моренасында термокарст процестерін белсендіру (шөгу, ығысу, термокарст шұңқырлары, топырақ көшкіні және т.б.);

- көл бөгетінің денесі арқылы сығымдалған судың жаңа ошақтарының пайда болуы немесе бөлшектердің шығарылуымен сүзілудің жоғарылауы;

- сонымен қатар факторлардың бірі көрсетілген аймақтағы сейсмикалық және сел белсенділігі және басқа да көптеген факторлар болуы мүмкін.

Мореналық көлдердің ақтарылу қауіптілігін дәл бағалау үшін морфометриялық сипаттамаларын анықтау мақсатында барлау жұмыстарын жүргізу қажет:

- көлдер (ұзындығы, ені, орташа және максималды тереңдігі, бассейн түбінің рельефі, ауданы, су массасының көлемі).

- көл бөгеті (ұзындығы, қимасы бойынша ені, негізі бойынша ені, енісі, ағын каналының ұзындығы, ағын каналы борттарының биіктігі)

- тікелей көлде, қолда бар материалдарды зерттеу, оның ішінде көл бассейнінің өсу динамикасын анықтау үшін алдыңғы жылдардағы ғарыштық суреттерді пайдалану [4].

Мұздықтардың азаюына байланысты шегініп жатқан мұздық тілдерінде орналасқан көлдердің өсуі байқалуда, бұл таулы аудандарда сел қаупі жоғары екенін алдын ала айқындайды.

Мореналық көлді бақылаусыз босату ағынның беткі арнасы бұзылған жағдайда, көл кернеуінің жотасы арқылы және ағынды ішкі арналар арқылы ағып кетуі мүмкін. Сел ағындарының қалыптасуы термокарст процестерінің жандануымен, жоғары ұзақ температуралық фонмен, сұйық жауын-шашынның айтарлықтай мөлшерде түсуімен, қардың қарқынды еруімен байланысты гидрометеорологиялық жағдайдың күрделенуімен байланысты .

Морена көлдері апатты сел тасқынының пайда болуымен көлдің ақтарылуына нақты және ықтимал қауіп төндіруі мүмкін. Осыған байланысты, көлді қауіпсіз белгілерге дейін босату, ағызу арнасын ұйымдастыру көлдің апатты бұзылуы мен сел тасқынының пайда болу қаупін толығымен жоюға мүмкіндік беретін жалғыз шешім болып табылады.

#### **ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР**

1 Баймолдаев Т.А., Виноходов В.Н. Казселезащита – оперативные меры до и после стихии. – Алматы: Бастау, 2007. – 284 с.

2 В. Капица , М. Шахгеданова , З. Усманова , И. Северский , В. Благовещенский , Н. Касаткин , В. Мишенин , Ю. Ребров , А. Голенко. Ледниковые озера Иле (Заилийского) Алатау: состояние, современные изменения, вероятные риски//Труды 5-й Международной конференции/Отв. за вып. С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили Издательство Универсал Тбилиси 2018 .- С.357-365

3 Р.Р. Амиржанов. Превентивные опорожнение озер моренно-ледниковых комплексов// Гидрометеорология и экология. Алматы.- №3.- 2016г.-С.70-75.

4 Zapparov M.R., Kassenov M.K., Raimbekova Zh., Auelkhan Y., Abishev B. Main criteria defining gloc risk on the territory of Almaty region, Kazakhstan// News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of geology and technical sciences ISSN 2224-5278 Volume 6, Number 450 (2021), 77-84, DOI: 10.32014/2021.2518-170X.122

**Б.Ж. Абишев., І. Серікқызы**

**КРИТЕРИИ ПРОРЫВОПАСНОСТИ МОРЕНО-ЛЕДНИКОВЫХ ОЗЕР И  
ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО РИСКА ОТ ИХ ПРОРЫВОВ**

**Аннотация.** Одной из основных причин образования катастрофических гляциальных селей является прорыв морено-ледниковых озер. Морено - ледниковые озера являются неотъемлемой частью горно-ледниковых систем. Они существуют во всех горных районах, имеющих современное оледенение. В Казахстане – это Алтай, Жетысу Алатау, Иле Алатау, Кунгей Алатау, Терискей Алатау, хребты Угамский, Таласский, Майдантальский. Все эти горные районы очень густо заселены и промышленно развитые районы. Поэтому защита от гляциальных селей населения и экономики здесь является очень важной задачей.

**Ключевые слова:** мореналық көл, сел бассейні, сел қаупі, ақтарылу қаупі.

**B. Zh. Aбыshev., I. Serikqyzy**

### **CRITERIA FOR MORaine-GLACIAL LAKES OUTBURST AND ASSESSMENT OF THEIR POTENTIAL RISK LEVEL**

**Abstract:** One of the main reasons for the formation of catastrophic glacial mudflows is the outburst of moraine-glacial lakes. Moraine-glacial lakes are part of mountain-glacial systems. They are mixed in all mountainous areas, they are distinguished by a unique glaciation. In Kazakhstan, these are Altai, Zhetysu Alatau, Ile Alatau, Kungei Alatau, Teriskei Alatau, Ugamsky, Talassky, Maidantalsky ridges. All these mountainous areas are very densely populated and industrialized areas. Therefore, protection of the population and economy from glacial mudflows is a very important task.

**Keywords:** Moraine Lake, mudflow Basin, mudflow hazard, outburst.

**С.Ж. Бейсенбаева**

руководитель отдела дежурной службы мониторинга и оповещения  
ГУ «Казселезащита» г. Алматы

### **СЕЙСМОГЕННЫЕ СЕЛИ НА ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА**

**Аннотация.** В докладе рассматриваются экзогенные процессы в горной местности (сели, оползни и др.). Формирование селей, оползней и обвалов в результате прошедших катастрофических землетрясений.

**Ключевые слова:** сейсмогенные сели, оползни, землетрясение

Эндогенные процессы (землетрясения) могут привести к активизации опасных природных процессов в горной местности (сели, оползни, обвалы и др.). Формирование таких процессов, как сели, оползни и др. вызываемые землетрясениями предоставляет большую угрозу для населения и в целом, для экономики территории расположенной в зоне сейсмоактивности.

Так, одно из катастрофических землетрясений в Центральной Азии произошло 4 января 1911 года с магнитудой 8.2 и максимальной силой в эпицентре 10-11 баллов. Эпицентральная область землетрясения, где произошли наибольшие изменения поверхности земли, представляет собой узкую полосу, вытянутую вдоль долины Большого Кемени и верховий р. Шелек. [1]. В поперечном направлении охватывает южные склоны Иле Алатау (Заилийский Алатау) и северные склоны Кунгей Алатау. Общее число погибших при Кеминском землетрясении составляет 390 человек [2].

Территория юго-востока Казахстана расположена в зоне высокой сейсмической и селевой опасности. По своим масштабам сейсмогенные сели превышали в несколько раз прошедшие катастрофические сели ливневого и гляциального генезиса, наблюдавшиеся на территории Казахстана. Для населения города Алматы и Алматинской области очаги опасных разрушительных землетрясений могут располагаться в пределах двух энергетически мощных зон: Северотяньшанской (Алматинской) и Джунгарской (Талдыкорганской). Обе зоны подвержены частым и сильным землетрясениям. За последние 100 лет здесь произошло свыше 50 землетрясений с интенсивностью 6 и более баллов.

Сильнейшие Северотяньшанские землетрясения: Верненское случилось в 4 часа 30 минут утра 9 июня 1887 г., 12 июля 1889 г. (Чиликское) вошедшие в число мировых катастроф, остаются самыми значительными событиями в сейсмической истории этого региона. Сейсмогенные сели 1841 и 1887 годов сформировались в результате крупных оползней и обвалов и прорыва временных завальных водоемов, образовавшихся при выпадении ливней в горных долинах рек Малой и Большой Алматинок, Талгара и Аксая. Сель 1841 года обрушился по долинам рек Малой и Большой Алматинок и уничтожил на своем пути значительную часть поселения, ранее называемого Алматы. Небывалое землетрясение 9 июня 1887 года вызвало крупнейшие в истории грязекаменные потоки в горах Зайлийского Алатау. По историческим данным объемы селевых выносов составили в бассейнах рек Малой и Большой Алматинок до 10-12 млн м<sup>3</sup>, а в долине Аксая – до 26 млн м<sup>3</sup>. Эти грозные стихийные явления, известные как Верненская катастрофа, сильно разрушили город.

Плотинные завалы, образующие озера в горных долинах, опасны во многих отношениях. Во-первых, прорыв их может быть осуществлен в результате интенсивного наполнения озера селевой массой (прорыв Иссыкского завала Жарсайским селом). Во-вторых, при землетрясениях высокой интенсивности возможны деформации самих плотин, а также сброс в озерную чашу больших объемов пород со склонов. Особую значительную опасность сеймотектоника представляет также для моренных и ледниковых водоемов, которые служат истоками водотоков, зарождающихся в высокогорной зоне. Деформация межозерных перемычек, фронтальных частей морен, языков висячих ледников под воздействием сейсмогенных факторов может вызвать в гляциально-нивальном зоне гигантские обвалы, лавины и дать начало селевым потокам, как, например, в Тянь-Шане, на Алтае, в Альпах и Кордильерах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Медеу А.Р., Благовещенский В.П., Гуляева Т.С., Жданов В.В., Ранова С.У. Опасность сейсмообусловленных экзогенных процессов в горных районах Казахстана. Алматы, 2017. – 84 с.
2. Нурмагамбетов А. Сейсмическая история Алматы. – Алматы: Наука, 1999 г. с.

С.Ж. Бейсенбаева

## ҚАЗАҚСТАН АУМАҒЫНДАҒЫ СЕЙСМОГЕНДІ СЕЛДЕР

**Аңдатпа:** Баяндамада таулы жерлердегі экзогендік процестер (селдер, көшкіндер және т.б.) қарастырылады. Өткен апатты жер сілкіністері нәтижесінде селдердің, көшкіндердің және опырылымдардың қалыптасуы.

**Түйін сөздер:** сейсмогенді селдер, көшкіндер, жерсілкінісі

S.Zh. Beisenbayeva

## SEISMOGENIC MUDFLOWS ON THE TERRITORY OF KAZAKHSTAN

**Abstract:** The report examines exogenous processes in mountainous areas (mudflows, landslides, etc.). The formation of mudflows, landslides and rockslides as a result of past catastrophic earthquakes.

**Key words:** seismogenic mudflows, landslides, earthquake

УДК550.348.436;551.24:550.34

Абрахматов К.Е.<sup>1</sup>, А.С. Мукамбаев А.С.<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>д. г-м.н., профессор, директор Института сейсмологий НАН КР,  
<sup>2</sup>заместитель директора ЦСОССИ, Филиал ИГИ РГП НЯЦ РК, <sup>3</sup>докторант  
КазНИТУ им. К. И. Сатпаева [mukambayev@kndc.kz](mailto:mukambayev@kndc.kz)

## ПАЛЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ О СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА И ДЖУНГАРИИ

**Аннотация.** Приведены результаты палеосейсмологических исследований проведенных в составе международных групп на территории Северного Тянь-Шаня и Джунгарии, где выявлены следы исторические землетрясения магнитудой Mw 7.2, 7.6 в виде поверхностных нарушений и протяженных уступов и трещин в районе Бартогайского водохранилища, также на Алматинском разломе, трасса которого совпадает с Большим Алматинским Каналом. И результаты исследований Лепсинского и Главного Джунгарского разломов, где в историческом прошлом происходили землетрясения с магнитудой Mw 7.6, 8.0.

**Ключевые слова:** Активный разлом, землетрясение, магнитуда, палеосейсмология.

За последние 20–30 лет в мировой сейсмологии укрепились представления о важнейшей роли палеосейсмологических данных при оценке долговременной сейсмической опасности, обуславливаемой событиями редкой (раз в 1000–10000 лет) повторяемости [1]. В большинстве районов мира, особенно там, где исторические сведения имеются за небольшой промежуток времени, именно палеосейсмологические данные позволяют наиболее

объективно оценивать величину (магнитуду) сильных землетрясений и их период повторяемости. Основной метод оценки магнитуд палеоземлетрясений (и, соответственно, сейсмического потенциала выделенных сейсмогенерирующих зон) базируется на известных соотношениях между магнитудой ( $M_s$  или  $M_w$ ) и протяженностью сейсмогенных разрывов и величиной максимальной подвижки по ним [2, 3, 4]. Подчеркнем, что в качестве сейсмогенерирующих структур, с которыми могут быть связаны очаги сильных (потенциально опасных) землетрясений, мы рассматриваем не отдельные частные разрывы, выявляемые в обнажениях и прослеживаемые в условиях горного рельефа иногда лишь на несколько километров, а крупные зоны разломов протяженностью в десятки и сотни километров, способные вместить очаг землетрясения с большой магнитудой.

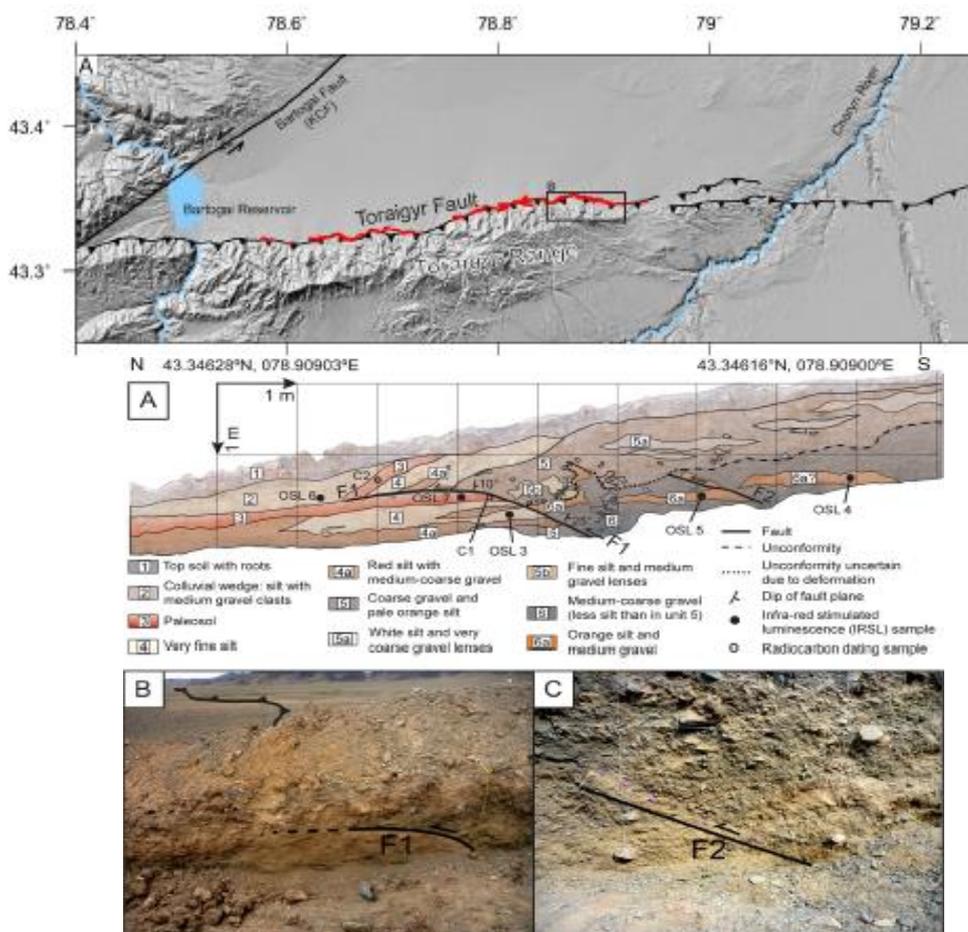


Рисунок 1- Вверху - активные разломы в пределах Бартогайской впадины. Прямоугольником выделено место, где была пройдена палеосейсмологическая траншея. Снизу – основные стратиграфические единицы, описанные в стенке траншеи и положение сместителей разломов, обнаруженных в траншее

Конкретные частные разрывы, картируемые в поле, концентрируются в пределах таких зон. Дополнительным аргументом в пользу такой трактовки этих зон является повышенная концентрация в зонах активных разломов многочисленных крупных скальных оползней и обвалов, особенно если имеются данные, указывающие на одновозрастность тектонических и

гравитационных дислокаций [5] или если связь крупных скальных оползней с землетрясениями подтверждается набором косвенных признаков [6]. Ниже приводятся результаты палеосейсмологических исследований, полученные нами в составе международных групп на территории Северного Тянь-Шаня и Джунгарии. Исследования, проведенные на Торайгырском разломе в пределах Бартогайской впадины (рис.1.), где находится одноименное водохранилище, показали [7], что наиболее близкое к нам сейсмическое событие, приведшее к возникновению поверхностных нарушений в виде протяженных уступом и трещин в грунте, произошло примерно 3200 лет назад. Наиболее древнее землетрясение, которое нам удалось продатировать, имело возраст между  $17.7 \pm 1.1$  и  $39.9 \pm 2.7$  тыс. лет назад. Моментная магнитуда указанных землетрясений составляла  $M_w 7.2-7.6$ .

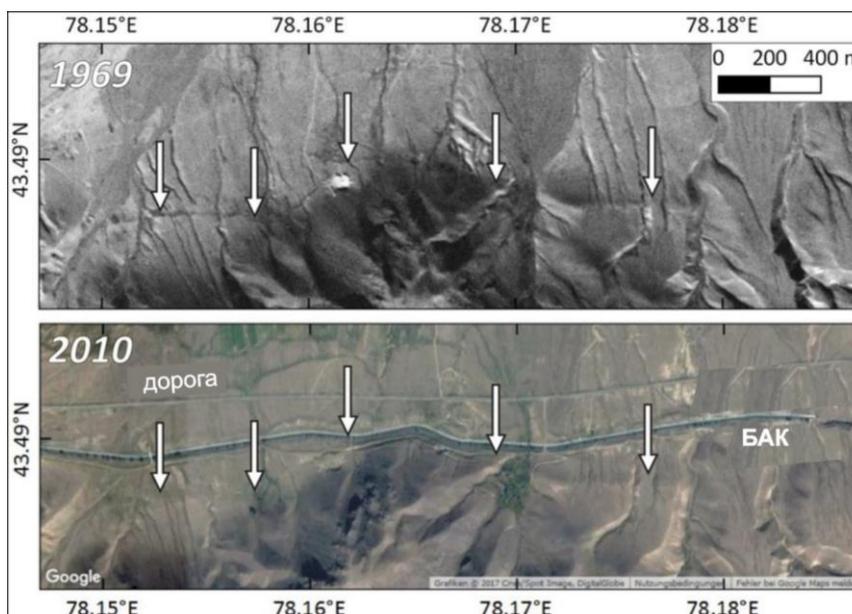


Рисунок 2 - Трасса активного разлома на космоснимке Corona (сверху) до строительства БАК (1969 г.) и на космоснимке Google Earth 2010 г (снизу), видно, что канал был построен вдоль и частично прямо по трассе разлома [8]

В непосредственной близости от г. Алматы нами была изучена трасса Большого Алматинского канала (БАК). Было установлено [8], что на определенных участках БАК находится на линии или в непосредственной близости к Алматинскому разлому (рис.2), скорость смещений крыльев которого достигает 1.2–2.2 мм/год. При этом движение по данному разлому носит импульсный характер и связан с эпизодическим вспарыванием во время сильных землетрясений. Магнитуда таких землетрясений достигала 6.8–7.0 и более.

В пределах Восточного Казахстана нами была изучена зона активного Лепсинского разлома [9]. Протяженность активного сегмента Лепсинского разлома составляет около 120 км (рис.3). Величина единовременного вертикального смещения (по всей видимости, при сильном землетрясении) составляет около 7 м. Подставляя данное значение в известное соотношение [2]

получаем моментную магнитуду  $M_w$  рассматриваемого древнего землетрясения равную 8. Таким образом, указанные параметры, при предварительном рассмотрении, могут быть сравнимы с поверхностными параметрами Кеминского землетрясения 1911 года, магнитуда которого составляла около 8,3. Наиболее близкое к нам разрушительное землетрясение произошло около 400 лет назад, наиболее древнее землетрясение произошло более 5000 лет назад.



Рисунок 3 - Лепсинский разлом. Вверху – трасса Лепсинского разлома. Внизу – зона разлома, вскрытая в карьере. Видны песчаные слои, деформированные в результате мгновенных смещений крыльев разлома по сместителю.

Главный Джунгарский разлом является правым сдвигом. На это указывают структурные элементы в различных его частях. Кроме того, на наличие сдвиговой составляющей указывают грабены растяжения, валы выпирания и многие другие признаки. Величина правостороннего смещения уступов временных потоков, стекающих со склонов Джунгарского хребта, составляет около  $\sim 54 \pm 4$  м (рис.4) Оценка скорости правосдвиговых смещений в позднечетвертичное время в зоне Джунгарского разлома [10], показывает, что она составляет около 2, 2 мм/год.

Если рассматривать длину разрыва 100 км, например, при землетрясении, которое может вспороть несегментированные юго-восточные и северо-западные отрезки Джунгарского разлома, и предполагая значение мощности сейсмогенного слоя равной 20 км, моментная магнитуда может достигать  $M_w$  7,6.

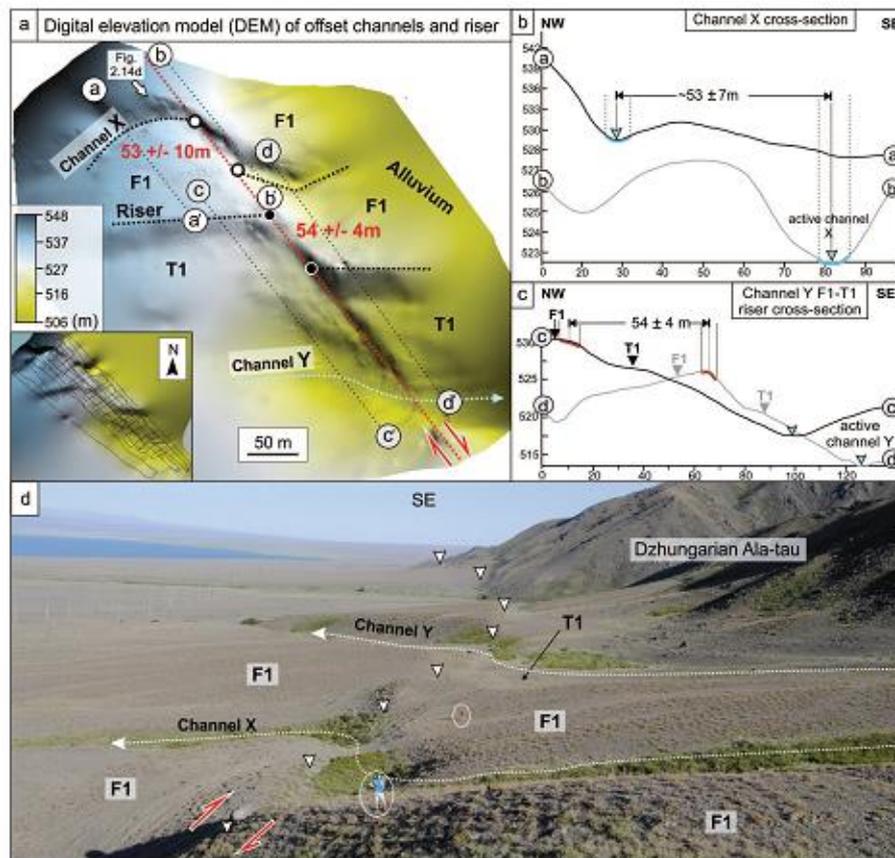


Рисунок 4 - Главный Джунгарский разлом [10]. (А) Цифровая модель смещения русел временных потоков в районе оз. Алаколь. Правостороннее смещение уступов временного потока Y к юго-западу и северо-востоку на  $\sim 54 \pm 4$  м (маркеры, использованные для этого восстановления показаны в виде черных кругов, окруженных белым). Правостороннее смещение тальвегов русла временного потока X к юго-востоку и северо-востоку на  $\sim 53 \pm 7$  м (маркеры, использованные для этого восстановления показаны в виде черные круги, обрисованные белым); на рисунке (б) и (с) показаны топографические профили через русло временного потока X и уступа между поверхностями F1-T1, соответственно; секция профили обозначенная желтым ограничивает минимальные и максимальные отклонения от «лучшей» маркера и используются для оценки величины ошибок; (D) вид на юго-восток по простиранию разлома, показывающий правосторонне смещенные русла временных потоков X (на первом плане) и Y (на дальнем фоне)

Таким образом, приведенные нами данные свидетельствуют о том, что палеосейсмологические исследования могут существенным образом изменить наши представления о максимальной силе землетрясений, возникновение которых возможно в Южном Казахстане и Джунгарии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. McCalpin, J.P. (Ed.), 1996. Paleoseismology. Academic Press, San Diego, 588 pp. 2nd edition – 2009. Русский перевод под ред. А.Л. Строма, М., Научный мир, 2011, в 2-х томах.

2. Wells, D.L., Coppersmith, K.J., 1994. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 84 (4), 974–1002.
3. Стром А.Л., Никонов А.А. Соотношения между параметрами сейсмогенных разрывов и магнитудой землетрясений. *Физика Земли*, 1997б, № 12, 55-67.
4. Стром А.Л. 1998. Количественные характеристики сейсмогенных разрывов и их использование в палеосейсмогеологии и инженерной геологии. Диссертация на соискание степени кандидата наук. Москва, 185 с.
5. Belousov T.P., Skobelev S.F., and Strom A.L. 1994. On estimation of the recurrence period of strong earthquakes of the central Tien Shan (according to the data of absolute geochronology). *Journal of Earthquake Prediction Research*, 3, 226-236.
6. Strom, A.L., Stepanchikova P. 2008. Seismic triggering of large prehistoric rockslides: Pro and Concase studies. *Proceedings of the International Conference on Management of Landslide Hazard in the Asia-Pacific Region (Satellite symposium of the First World Landslide Forum, Tokyo)*, Sendai, 11th – 12th November 2008, 202-211.
7. C. Grützner, E. Carson, R.T. Walker, E.J. Rhodes, A. Mukambayev, D. Mackenzie, J.R. Elliott, G. Campbell, K. Abdrakhmatov. Assessing the activity of faults in continental interiors: Palaeoseismic insights from SE Kazakhstan *Earth and Planetary Science Letters*, 459, (2017), 93–104.
8. Grützner, C., Walker, R. T., Abdrakhmatov, K. E., Mukambaev, A., Elliott, A. J., & Elliott, J. R. (2017a). Active tectonics around Almaty and along the Zailisky Alatau range front. *Tectonics*, 36. <https://doi.org/10.1002/2017TC004657>
9. Campbell, G. E., R. T. Walker, K. Abdrakhmatov, J. Jackson, J. R. Elliott, D. Mackenzie, T. Middleton, and J.-L. Schwenninger (2015), Great earthquakes in low strain rate continental interiors: An example from SE Kazakhstan, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 120 (8), 5507–5534, doi:10.1002/2015JB011925.
10. Campbell, G. E., R. T. Walker, K. Abdrakhmatov, J. Schwenninger, J. Jackson, J. R. Elliott, and A. Copley (2013), The Dzhungarian fault: Late Quaternary tectonics and slip rate of a major right-lateral strike-slip fault in the northern Tien Shan region, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 118, 5681–5698, doi:10.1002/jgrb.50367.

**Абдрахматов К.Е.<sup>1</sup>, А.С. Мукамбаева.С.<sup>2,3</sup>**

## **ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН МЕН ЖОҢҒАРИЯНЫҢ КҮШТІ ЖЕР СІЛКІНІСТЕРІ ТУРАЛЫ ПАЛЕОСЕЙСМОЛОГИЯЛЫҚ ДЕРЕКТЕР**

**Аңдатпа:** Солтүстік Тянь-Шань мен Жоңғария аумағында халықаралық топтар құрамында жүргізілген палеосейсмологиялық зерттеулердің нәтижелері келтірілген, онда Бартоғай су қоймасы ауданындағы 7.2, 7.6 магнитудпен тарихи жер сілкіністері, сондай-ақ трассасы Үлкен Алматы каналымен сәйкес келетін Алматы ойысы анықталған. Тарихи өткенде MW 7.6, 8.0 магнитудасы бар жер сілкінісі болған Лепсі және басты Жоңғар жарылыстарын зерттеу нәтижелері.

**Түйін сөздер:** Белсенді жарылыс, жер сілкінісі, магнитуда, палеосейсмология.

**Abdrakhmatov K.E., Mukambayev A.S.**

## **PALEOSEISMOLOGICAL DATA ON STRONG EARTHQUAKES IN SOUTHERN KAZAKHSTAN AND DZUNGARIA**

**Abstract:** The results of paleoseismological studies carried out as part of international groups on the territory of the Northern Tien Shan and Dzungaria are presented, where traces of historical earthquakes with a magnitude of Mw 7.2, 7.6 were found in the form of surface

disturbances and extended ledges and cracks in the area of the Bartogai reservoir, also on the Almaty fault, the route of which coincides with the Big Almaty Canal. And the results of studies of the Lepsinsky and Main Dzungarian faults, where earthquakes with a magnitude of Mw 7.6, 8.0 occurred in the historical past.

**Key words:** Active fault, earthquake, magnitude, paleoseismology.

УДК 624.131: 621.3

<sup>1</sup>Усупаев Ш.Э., <sup>2</sup>Молдобеков Б.Д., <sup>3</sup>Орунбаев С.Ж.,  
<sup>4</sup>Алтынбек уулу Талант, <sup>5</sup>Шаршебаев А.

<sup>1</sup>д. г.м.н., профессор, ведущий научный сотрудник,  
<sup>2</sup>к.г.м.н., доцент, содиректор

<sup>3</sup>к. ф.-м.н., старший научный сотрудник,

<sup>4</sup>Аспирант, научный сотрудник, <sup>5</sup>Аспирант, научный сотрудник,  
Центрально-Азиатский институт прикладных исследований Земли.

## **ИНЖЕНЕРНАЯ СЕЙСМОГЕОНОМИЯ НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В СТРАНАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ВЫСОКОЙ АЗИИ**

**Аннотация:** В работе приведены основы нового направления инженерной сейсмогеономии и составлены карты. Пункты регистрации сильных движений установлены в специально оборудованных скважинах глубиной до 150 м, и на разных этажах жилых и административных репрезентативных зданий. Осуществляется автоматический созыв работников: аварийных и кризисных штабов, спасательных подразделений, пожарных команд, отрядов быстрого реагирования, медицины катастроф на рабочее место и информирование соответствующих учреждений в соответствии с кризисными планами. В течение первых секунд система активирует группу сирен в зависимости от прав доступа, а за несколько минут предоставляет обратную информацию об успешном активировании системы. Современные технологии онлайн раннего оповещения населения городов от сейсмо-катастроф, наряду с получением сигнала бедствия для городов Бишкек и Ош, также апробированы для мониторинга сейсмической уязвимости на примере плотины Купсайской ГЭС.

**Ключевые слова:** инженерная сейсмогеономия, моделирование, прогноз, землетрясение, сильные движения, мониторинг, акселерометры, раннее оповещение, скважины, онлайн, система, быстрое реагирование, ГЭС, модель, карта.

**Введение.** Установка сети постоянных станций сильных движений в режиме реального времени на территории Кыргызстана и странах Центральной Азии крайне необходима, т.к. в случае сильных землетрясений будет использована как основа региональной системы раннего оповещения и

быстрого реагирования. Компоненты раннего оповещения землетрясений нацелены на получение информации об ожидаемых перед или сразу после воздействия разрушительных сейсмических волн, что необходимо для быстрого реагирования спасательных групп. Системы раннего оповещения также необходимо создавать для предупреждения населения от прорывов плотин высокогорных озер, водохранилищ и ГЭС. В совокупности, выше указанное, есть актуальные задачи.

**Результаты исследований.** На рисунке 1 приведена составленная впервые «Карта инженерной сейсмогеономии стран Центральной и Высокой Азии», где цветами кругами показаны эпицентры и антиподальные центры, а также планетарные сдвиги и кольцевые и линейные мегаструктуры тектонического характера. Красная тонкая линия показывает размеры жидкого ядра (большой круг), малый круг радиус от центра Земли 500 км, где твердое ядро никогда не бывает, а вращается по собственной орбите с ежемесячно и круглогодично гравиинертными возмущениями, деформирует вышерасположенные планетосферы, формируя геориски и землетрясения. Синей линией в виде восьмерки показана трасса орбитального движения внутри жидкого ядра, твердого ядра Земли.

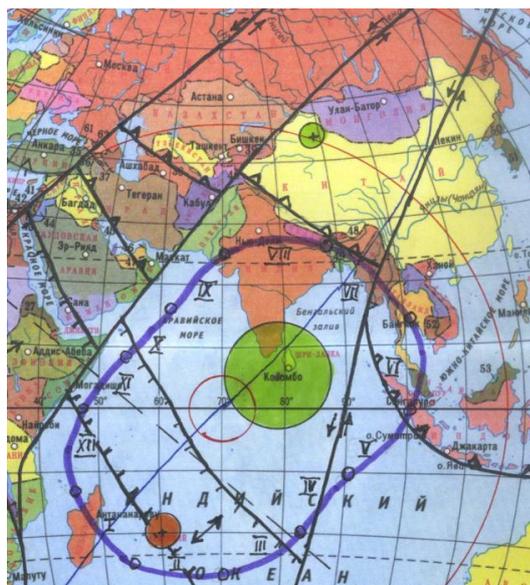


Рисунок 1. Карта инженерной сейсмогеономии стран Центральной и Высокой Азии (Усупаев Ш.Э. 2021 г)

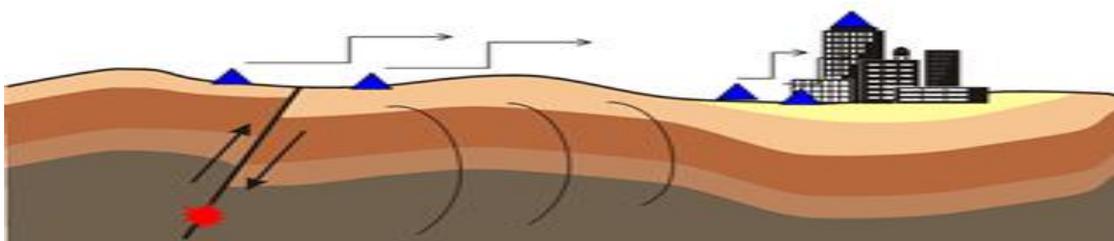


Рисунок 2. Схема - модель разреза земной коры и воздействия сейсмических волн от разрушительных землетрясений на здания и инфраструктуру населенных пунктов

На (Рис.3) приведена «Карта эпицентров сильных землетрясений за исторический период времени по 2010г. на территории Кыргызстана и трансграничных районах со странами Центральной Азии по каталогу ИС НАН КР.

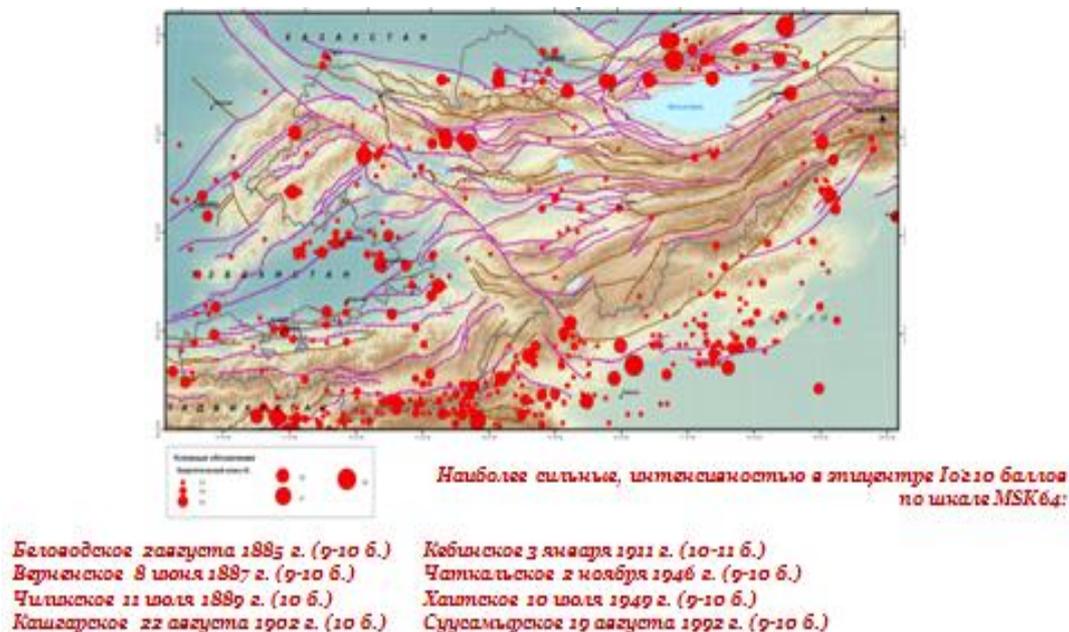


Рисунок 3. Карта эпицентров сильных землетрясений за исторический период времени по 2010 годы на территории Кыргызстана и трансграничных районах со странами Центральной Азии (по каталогу ИС НАН КР)

На рисунке 4 представлена «Карта инженерной геологии и сейсмогеологии трансформирующая георисками от землетрясений, вергентных новейших и современных движений литосферы Кыргызского Тянь-Шаня и трансграничных районов со странами Центральной Азии».

Карта на рисунке 4 составлена на основе интегрирования: карт сейсмической опасности; региональных глубинных и соподчиненных разломов; районов ожидаемых землетрясений; вергентных неотектонических движений; меридиональных секущих сейсмоактивных зон; энергии рельефа водоразделов горных сооружений; расположения месторождений углей, нефти и газа в Кыргызстане [6, 10, 11]. Условные знаки обозначают: 1- границы Тянь-Шаньского орогена; 2- региональные глубинные разломы; 3 – соподчиненные региональным, крупные разломы; 4 – границы смены вергентных (геоволновых) неотектонических движений горных масс; 5 – границы смены интенсивности современных движений; 6 – нумерация меридиональных секущих структур; 7 – вергентные направления неотектонических движений (К-конвергентная, Д-дивергентная, Ю – южно-моновергентная, С- северо-моновергентная); эпицентры РОЗ – районов ожидаемых землетрясений с различной интенсивностью: с классом энергетическим  $K$  больше 15, 8 – первой категории опасности с вероятностью ожидания от 0, 65 по 0,75 для городов Бишкек и Ош; 9 - первой категории опасности с вероятностью ожидания от 0, 65 по 0,75; 10 - второй категории опасности с вероятностью ожидания от 0, 55

по 0,65; с классом энергетическим К меньше 15 и больше 12, 11 - первой категории опасности с вероятностью ожидания от 0,60 по 0,70; 12 - второй категории опасности с вероятностью ожидания от 0,50 по 0,60; 13 – крупные сейсмо-индуцирующие крупные озера и водохранилища; 14 – направления движения вергентных неотектонических структур; 15 – участки расположения месторождений каменных и бурых углей; 16 – границы распространения угольных бассейнов; 17 – участки добычи газа (светло-зеленый цвет) и нефти (темно-зеленый); 18 – районы размещения месторождений нефти и газа; 19 – бассейны расположения месторождений нефти и газа(темно-зеленый цвет), выявленных признаков газа и нефти после бурения скважин (светло-зеленый); 20 – площади высоко-перспективные на поиск и разведку углеводородного сырья; 21 – площади перспективные на поиски и разведку углеводородного сырья; 22 – участки выявления по данным бурения следов газа; 23 – участки обнаружения при бурении скважин следов нефти; 24 – водоемы (вх-водохранилище Т - Токтогульское, оз.-озера Ч-Т Чатыр-Кель, С-К Сон-Кель, И – Иссык-Куль); 25 – границы Тянь-Шаньского орогена. [6, 10, 11].

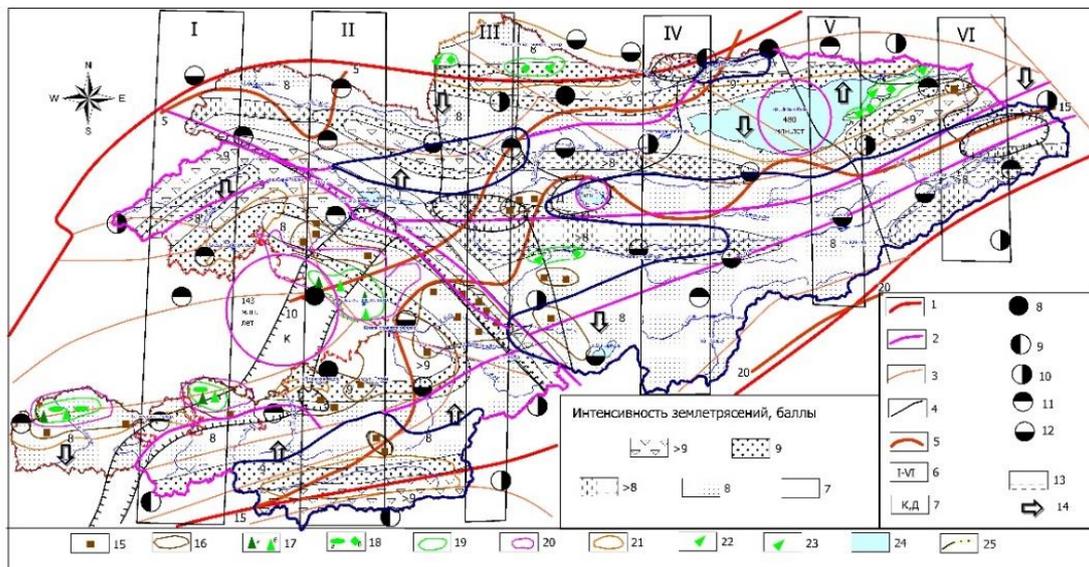


Рисунок 4. Карта инженерной геологии и сейсмогеологии трансформирующая геориски от землетрясений, вергентных новейших и современных движений в литосферу Кыргызского Тянь-Шаня и трансграничных районов со странами Центральной Азии

На НИГ карту Кыргызстана нанесены граница кон-, ди-, северо- и южно-моновергентных геоволновых структур трансграничных с районами Узбекистана, Таджикистана, Казахстана, Китайской Народной Республики. В результате добычи газа и нефти, а также извлечения урановых руд с 60-ых годов в районе г. Майлуу-Суу начали интенсивно активизироваться геориски от оползней, число которых в настоящее время увеличилось до 262. Из карты районов ожидаемых землетрясений на карту инженерной сейсмогеологии вынесены 51 эпицентров вероятных землетрясений [6, 11].

Создание системы раннего оповещения для предупреждения жителей городов Бишкек и Ош от сильных разрушительных землетрясений, базируется на модели разгрузки сейсмической энергии в гипоцентре вследствие формирования вертикальной подвижки по разлому и воздействию сейсмических волн на фундаменты зданий и сооружений (Рис.1) [6, 11].



Рисунок 5. Карта космического снимка с размещением пунктов сети сильных движений для действующей системы раннего оповещения населения от разрушительных землетрясений на территориях городов Бишкек и Ош

На территории г. Бишкек и его агломераций проведены измерения сейсмичности с составлением карты микрозонирования по методу сайт-эффектов. Для системы предупреждения сильных землетрясений и оценки уязвимости зданий, были пробурены скважины глубиной 150 метров и установлены на различных глубинах 6 акселерометров, а также 4 акселерометра установлены на 3 этажах здания ЦАИИЗ (Рис.2-5) [6, 11]. На территории жилого массива МЧС Кыргызской Республики, расположенном по: ул. Чолпон-Атинская 1 А , пробурены 4 скв. (ВН-1, ВН-2, ВН-3, ВН-4). Разрез площади работ представлен аллювиально-пролювиальными четвертичными отложениями: 0-140 м (140 м) – Q III-IV; 140-240 м (100 м) – Q III; 240-370 м (130 м) – Q II. Валунно-галечные отложения с гравийно-песчаным заполнителем имеют высокие фильтрационные и емкостные параметры: коэффициент фильтрации 50-70 м/сут; - водопроницаемость 5000-12000 м<sup>2</sup>/сут. Амплитуда колебания уровня достигает 5-7 м. Скважины глубиной 52-55 м., оснащены каждая 4-мя акселерометрами размещенными на глубинах 10, 20, 30 и 50 метров. Сети мониторинга сильных движений по системе «Грунты-Здание» позволяют решать задачи оценки уязвимости зданий и одновременно создать основы системы раннего оповещения населения от сильных разрушительных землетрясений [6, 11].

Сейсмической сетью ЦАИИЗ получены записи сильного Карамыкского землетрясения, произошедшего 3 мая 2017 г. в 10 часов 47 минут по местному времени (в 04 часа 47 минут по Гринвичу) (рис.6) интенсивностью в эпицентре 6-7 баллов по MSK-64 на трансграничной территории между Кыргызстаном и Таджикистаном [10, 11]. На территории Кыргызстана установлено 18 станций

из акселерометров. Сеть служит для получения данных о сильных движениях грунта в реальном времени для систем раннего оповещения и быстрого реагирования (рисунок 5).

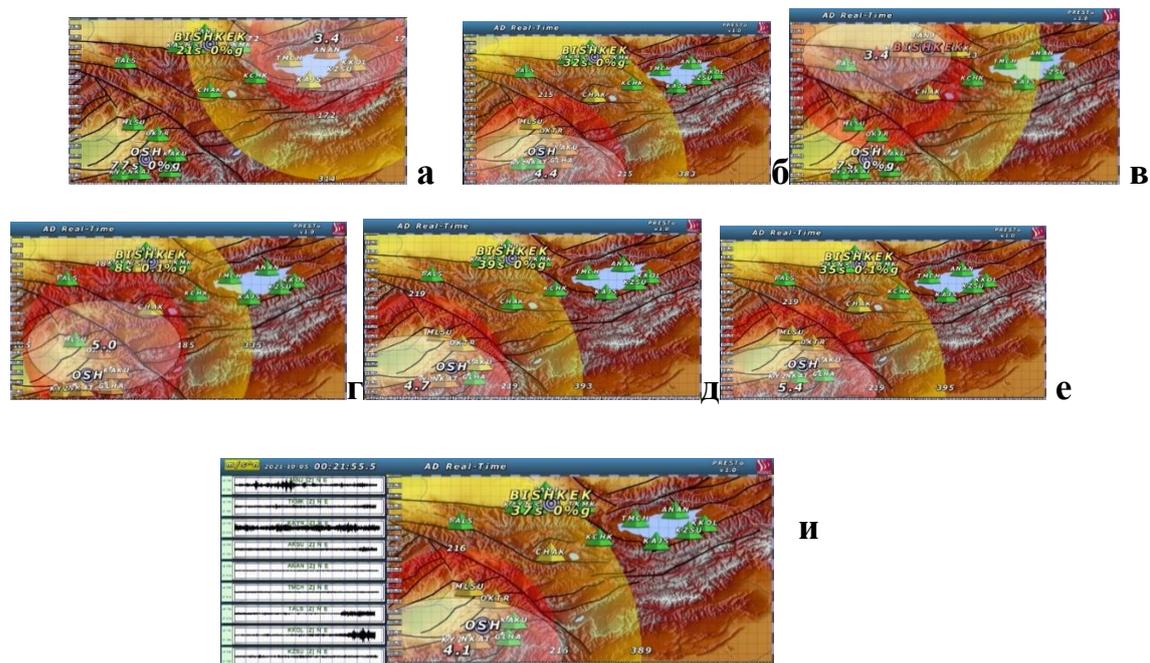


Рисунок 6. Карты эпицентров и изосейст землетрясений автоматически зарегистрированных геоинтеллект-технологией в качестве раннего оповещения населения от разрушительных сейсмокастроф в Кыргызстане и трансграничных районах стран Центральной Азии; а).  $M=3.4$  с. Ананьево 7 июля, 00 час 04 мин, полночь 2021; б).  $M=4.4$  г.Ош 29 июля, 23.час 10 мин, ночь 2021; в).  $M=3.4$  г. Бишкек 28 сентября, 19 час 41 мин вечер 2021; г).  $M=5.0$  г. Майлуу-Суу 29 сентября, 7 час. 47 мин утро 2021; д).  $M=4.7$  с. Наукат 29 сентября, 12.час 42 мин., полдень 2021; е).  $M=5.4$  г. Ош , 30 сентября, 13.час 05 мин., полдень 2021; и).  $M=4.1$  с Гульча, 5 октября, 00час 21 мин. полночь 2021.

На 4 скважинах, на разных глубинах (0-15-30-50) были установлены 16 акселерометров Sosoewind для регистрации колебания грунтов и в 3-ех зданиях на разных этажах, инсталлированы 15 акселерометров Sosoewin, для фиксирования колебания зданий. На (рисунке 6) приведены “Карты эпицентров и изосейст землетрясений автоматически зарегистрированных геоинтеллект-технологией в качестве раннего оповещения населения от сейсмокастроф в Кыргызстане и трансграничных районах стран Центральной Азии”.

### Выводы.

1. Геоид характеризуется взаимосвязью тектоносферы, сеймосферы, астеносферы, ионосферы, гидросферы трансформирующие георисками и землетрясениями планетосферы в поле палеопрочности Земли.
2. Пульсационные ежегодные обращения твердого ядра вокруг геометрического центра Земли трансформируют поле палеопрочности выше расположенных

планетосфер Земли с формированием землетрясений, цунами и вулканизмом в сейсмопланетосфере Геоида.

3. Представлены первые результаты основ искусственного технологического геоинтеллекта в прогнозировании землетрясений на территории Кыргызстана.

4. Сеть геоинтеллект-технологии раннего оповещения населения от сейсмокатастроф передана в соответствующие структуры МЧС Кыргызстана.6. Предлагаем создать единые подобные для стран Центральной Азии сети геоинтеллект-технологий он-лайн раннего оповещения населения от сильных землетрясений, для сокращения ожидаемых потерь и ущербов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусов В.В., Вихерт А.В. (под ред.) Вопросы геонии. Изд. МГУ, 1972, 240 с.
2. Круть И.В. Введение в общую теорию Земли. М.: Мысль, 1978. 368 с.
3. Вернадский В. И. Научная мысль как планетное явление. М.: Наука, 1991. 271 с.
4. Сергеев Е.М., Друянов В.А. Человек и геологическая среда. М.: сов. Россия, 1986. 80 с.
5. Яншина Ф. Т.О появлении и первоначальном толковании термина «ноосфера» // Вестник РАН. 1994. № 11. С. 1016—1022.
6. Ачкасов А.П., Усупаев Ш.Э. Гипотеза ударного преобразования планет Солнечной системы на примере Земли. Материалы Международной Конференции «Подготовка к чрезвычайным ситуациям иреагирование на риски экологической безопасности в Центрально-Азиатском регионе. (18-19 декабря, 2003г)». Бишкек, 2004, С.138-145
7. Малышков Ю.П., Малышков С.Ю. Ритмы Земли. Томск. 2007, 21 с.
8. Григорьев С.М., Емцев Е.Т. Скульптор лика Земли. Изд-во «Мысль» М., 1977. 192 с.
9. Трофимов В.Т., Молдобеков Б.Д., Усупаев Ш.Э. Опыт дистанционного и наземного исследования геосферной среды в Центральной Азии. В кн: Мониторинг и прогноз возможной активизации чрезвычайных ситуаций на территории Кыргызской Республики (издание 13-ое с изменениями и дополнениями). Б.: МЧС КР, 2016. С. 671-673.
10. Усупаев Ш.Э. Интегрированные карты и модели типизации и прогноза георисков от сейсмокатастроф в Мире и Кыргызстане. Министерство чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики. Материалы научно-практической конференции «Новые подходы в сфере снижения рисков бедствий» посвященной Дню снижения рисков бедствий в Кыргызской Республике». Бишкек, 2018. С. 153 -158.
11. Усупаев Ш.Э., Молдобеков Б.Д., Орунбаев С.Ж. Инженерные системы интегрированного мониторинга георисков и раннего оповещения от сейсмокатастроф и  $V_s$  картирование в Кыргызстане и Центральной Азии. Министерство чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики. Материалы научно-практической конференции «Новые подходы в сфере снижения рисков бедствий» посвященной Дню снижения рисков бедствий в Кыргызской Республике». Бишкек, 2018. С. 158 -163.

**Усупаев Ш.Э., Молдобеков Б.Д., Орунбаев С.Ж.,  
Алтынбек уулу Талант, Шаршебаев А.**

#### **ИНЖЕНЕРЛІК СЕЙСМОГЕОНОМИЯ ОРТАЛЫҚ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ АЗИЯ ЕЛДЕРІНДЕГІ ЖЕР СІЛКІНІСТЕРІН МОДЕЛЬДЕУ МЕН БОЛЖАУДЫҢ ЖАҢА БАҒЫТЫ**

**Аңдатпа:** жұмыста инженерлік сейсмогеономияның жаңа бағытының негіздері келтірілген және карталар жасалған. Күшті қозғалыстарды тіркеу пункттері тереңдігі 150 м дейінгі арнайы жабдықталған ұңғымаларда және тұрғын және әкімшілік өкілдік ғимараттардың әртүрлі қабаттарында орнатылған. Қызметкерлерді: авариялық және

дағдарыстық штабтарды, құтқару бөлімшелерін, өрт сөндіру командаларын, жылдам ден қою жасақтарын, апаттар медицинасын жұмыс орнына автоматты түрде шақыру және дағдарыс жоспарларына сәйкес тиісті мекемелерді хабардар ету жүзеге асырылады. Алғашқы секундтарда жүйе кіру құқығына байланысты сирена тобын іске қосады, ал бірнеше минут ішінде жүйенің сәтті іске қосылуы туралы кері ақпарат береді. Бішкек және Ош қалалары үшін апат сигналын алумен қатар, қалалар халқын сейсмокатастрофалардан онлайн ерте хабардар етудің заманауи технологиялары Купсай ГЭС бөгеті мысалында сейсмикалық осалдықты мониторингтеу үшін апробацияланды.

**Түйін сөздер:** инженерлік сейсмогеономия, модельдеу, болжау, жер сілкінісі, күшті қозғалыстар, мониторинг, акселерометрлер, бұрын хабарлау, ұңғымалар, онлайн, жүйе, жылдам әрекет ету, ГЭС, модель, карта.

**Usupaev Sh..E., Moldobekov B.D., Orunbayev S.J.,  
Altynbek uulu Talent, Sharshebaev A.**

### **ENGINEERING SEISMOGEOLOGY AS NEW DIRECTION OF MODELING AND FORECASTING OF EARTHQUAKES IN THE COUNTRIES OF CENTRAL AND MOUNTAINOUS ASIA**

**Abstract:** The paper presents the basics of a new direction of engineering seismogenomy and maps. Points of registration of strong movements are installed in specially equipped wells up to 150 m deep, and on different floors of representative residential and administrative buildings. Employees are automatically convened: emergency and crisis headquarters, rescue units, fire brigades, rapid response teams, disaster medicine to the workplace and informing the relevant institutions in accordance with crisis plans. During the first seconds, the system activates a group of sirens depending on the access rights, and in a few minutes it provides feedback on the successful activation of the system. Modern technologies for on-line early warning of the population of cities from seismic disasters, along with receiving a distress signal for the cities of Bishkek and Osh, have also been tested for monitoring seismic vulnerability on the example of the Kupsai hydroelectric dam.

**Key words:** engineering seismogenomy, modeling, forecast, earthquake, strong movements, monitoring, accelerometers, early warning, wells, on-line system, rapid response, HPP, model, map.

УДК: 523.9; 550.34; 550.348

**Садыкова А.Б., Полешко Н.Н., Хачикян Г.Я.**

<sup>1</sup>доктор физ.-мат. наук, зав. лабораторией

<sup>2</sup>кандидат геол.- минерал. наук, зав. лабораторией

<sup>3</sup>доктор физ.-мат. наук, главный научный сотрудник

ИС МЧСРК

### **ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ВАРИАЦИИ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ, ПАРАМЕТРОВ СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ И ЧАСТОТЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ ТЯНЬ-ШАНЕ**

**Аннотация.** Представлены результаты, указывающие на связь сейсмической активности на территории Северного Тянь-Шаня с вариациями солнечной активности. Показано, что на этой территории сильнейшие землетрясения недалекого прошлого произошли во время низкоамплитудных 11-летних солнечных циклов (солнечных гранд-минимумов). Приведены данные о сейсмотектонической деформации земной коры по механизмам очагов землетрясений и показано, что во время аномальных низкоамплитудных солнечных циклов режим сейсмотектонической деформации изменяется относительно такового при нормальных солнечных циклах.

**Ключевые слова:** 11-ти летние солнечные циклы, гранд-минимумы в солнечной активности, сейсмотектоническая деформация земной коры, землетрясения на Северном Тянь-Шане.

В настоящее время нет сомнений по поводу влияния солнечной активности на погоду и климат Земли, на развитие наземных геологических процессов - оползней, селей и др. [обзорные доклады 1, 2]. Что же касается влияния на внутриземные процессы, порождающие землетрясения [3-6 и ссылки внутри], то физический механизм воздействия довольно слабых полей космического происхождения на мощные тектонические процессы пока не разработан [7] и это вызывает негативное отношение даже к самой идее. Мы приводим некоторые новые результаты, поддерживающие идею возможного влияния вариаций солнечной активности на сейсмотектонические процессы.

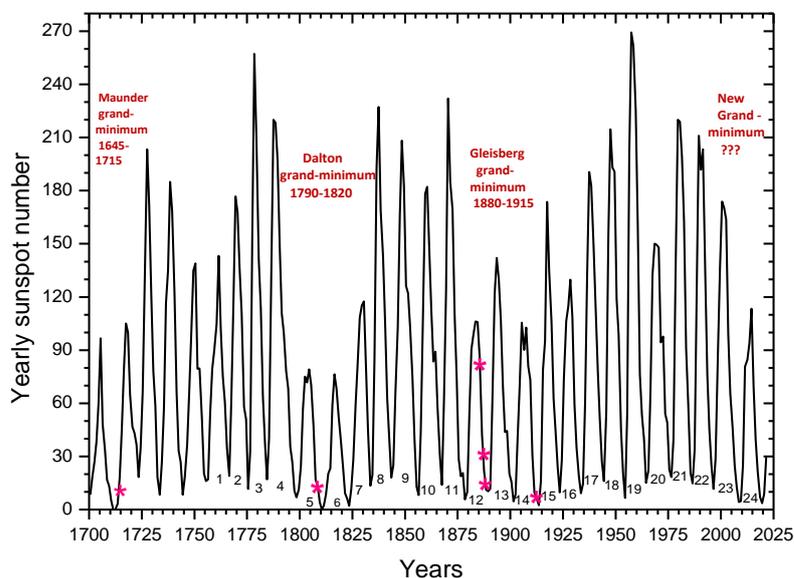


Рисунок 1 - Среднегодовые числа солнечных пятен и даты сильнейших землетрясений на Северном Тянь-Шане (звездочки слева направо): палеоземлетрясение 1715 г., в окрестности озера Балхаш на Лепнинском разломе по данным [11], Алматинское 1807, Беловодское 1885, Верненское 1887, Чиликское 1889, Кеминское 1911 по данным [12]

На рисунке 1 черной кривой показаны вариации среднегодового числа солнечных пятен (числа Вольфа – W) за период инструментальных наблюдений с 1750 г. <https://wwwbis.sidc.be/silso/datafiles#total>. К настоящему времени идентифицировано 24 солнечных цикла (цифры внизу рисунка), а с 2020 г. начал развиваться 25 цикл. Амплитуда 11-летних циклов не остается постоянной, периодически случаются низкоамплитудные циклы, обуславливающие появление солнечных гранд-минимумов [8], последними из которых были гранд-минимумы Маундера (~1645-1715), Дальтона (1790-1820), Гляйсберга (1880-1915), а по прогнозам [9, 10] в наше время на Солнце может начать развиваться новый очередной гранд-минимум.

Красные звездочки на рисунке 1 маркируют даты сильнейших землетрясений на северном Тянь-Шане, произошедшие в недалеком прошлом. Как видим, сильное палеоземлетрясение 1715 г. в окрестности озера Балхаш на Лепнинском разломе [11] было приурочено к солнечному гранд-минимуму Маундера. Во время гранд-минимума Дальтона произошли Алматинское землетрясение 1807 г., а Беловодское 1885 г., Верненское 1887 г., Чиликское 1889 г., и Кеминское 1911 г. землетрясения произошли в период солнечного гранд-минимума Гляйсберга (1880-1915 гг.). Таким образом, рисунок 1 позволяет предположить, что сильнейшие землетрясения на Северном Тянь-Шане тяготеют к периодам солнечных гранд-минимумов.

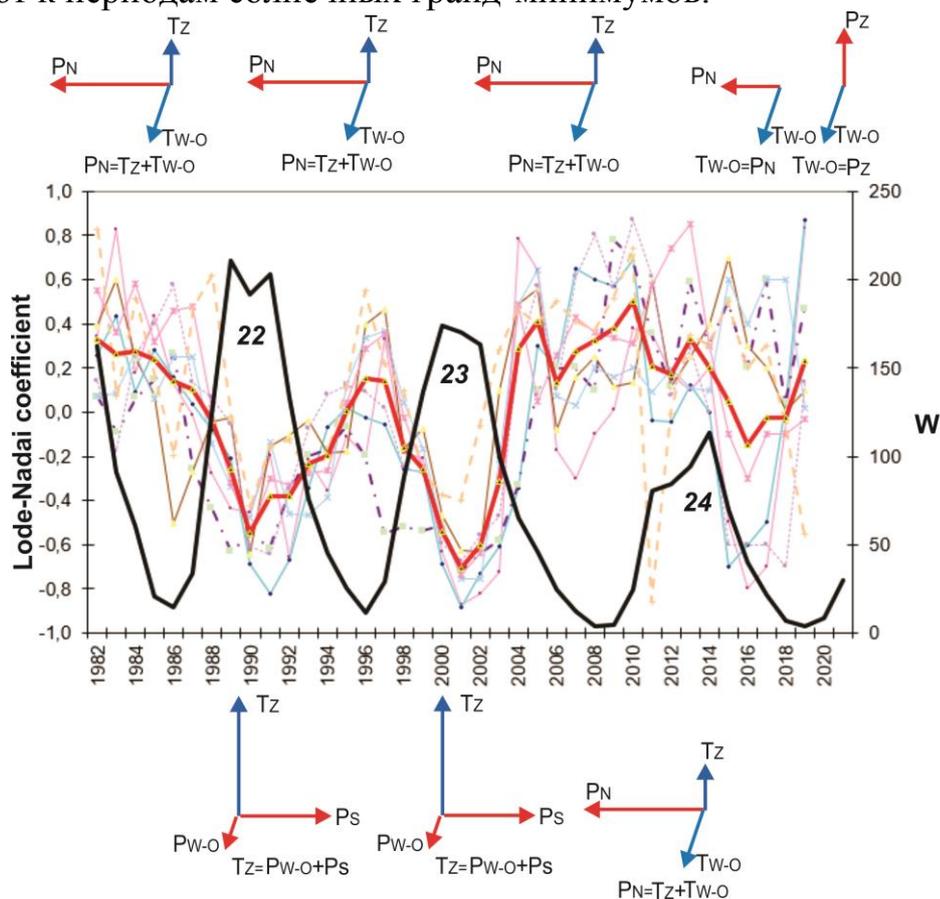


Рисунок 2 – Вариации среднегодовых значений коэффициента Лодэ-Надаи по данным 1980-2019 гг. в восьми элементарных ячейках размером  $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ , принадлежащих локальной территории  $42.75^{\circ}N - 43.5^{\circ}N$ ,  $76.5^{\circ}E - 78^{\circ}E$  (тонкие цветные кривые) и их усреднение (красная жирная кривая); черная кривая -

среднегодовые числа солнечных пятен ( $W$ ); вверху и внизу - вектора деформаций в годы солнечных минимумов и максимумов, соответственно, где красные вектора относятся к деформации укорочения ( $P$ ), а синие – к деформации удлинения ( $T$ )

По современным представлениям, землетрясение есть результат внезапного высвобождения упругой энергии, накопившейся в геологической среде в период ее деформаций. Приуроченность сильнейших землетрясений к солнечным гранд-минимумам (рисунок 1) позволяет предположить, что в эти периоды происходит некое специфическое развитие деформационных процессов, которые заканчиваются высвобождением громадного количества упругой энергии (сильным землетрясением). Некоторые указания на такую возможность существуют. Так, результаты [13, 14 и ссылки внутри] показывают, что на локальной территории Северного Тянь-Шаня, ограниченной координатами  $42.75^{\circ}N-43.5^{\circ}N$ ,  $76.5^{\circ}E-78^{\circ}E$ , где находились эпицентры разрушительных землетрясений: Верненского 1887г.,  $M=7.3$  и Кеминского 1911г.,  $M=8.2$ , параметры сеймотектонической деформации земной коры изменяются с изменением солнечной активности.

На рисунке 2 показаны вариации среднегодовых значений коэффициента Лоде-Надаи в 1980-2021 гг. в 8 элементарных ячейках размером  $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ , принадлежащих указанной локальной территории (тонкие цветные кривые) и их усреднение (жирная красная кривая). Черная кривая показывает вариации среднегодовых чисел солнечных пятен ( $W$ ). Вверху и внизу приведены вектора деформаций для низкой и высокой солнечной активности, соответственно, где красные вектора относятся к деформации укорочения ( $P$ ), а синие – к деформации удлинения ( $T$ ).

Из рисунка 2 видно, что в годы низкой солнечной активности: 1986, 1996, 2008 и 2019гг., на изучаемой территории доминировали сжимающие напряжения (положительные значения коэффициента Лоде-Надаи). В эти годы, тип тензора деформации соответствовал одноосному укорочению, либо сдвигу. Вектор максимального укорочения ориентирован в северном направлении, а векторы удлинения – в направлении восток-запад и в вертикальном направлении, такая картина деформирования свидетельствует о превалировании на данной территории режима взбросового геодинамического типа, который типичен для всей территории Северного Тянь-Шаня из-за движения Индостанской литосферной плиты к плите Евразийской.

В годы максимальной солнечной активности (вокруг 1990 и 2001 гг. - 22 и 23 солнечных циклы), значения коэффициента Лоде-Надаи на изучаемой территории были отрицательными. В это время в режиме сеймотектонической деформации доминировали растягивающие напряжения, тип деформирования соответствовал либо сдвигу, либо одноосному удлинению. Вектор максимального удлинения ориентирован вертикально, вектор максимального укорочения ориентирован горизонтально. То есть, в периоды высокой солнечной активности на изучаемой территории уменьшается влияние сжимающих горизонтальных напряжений, характерных для всей территории Северного Тянь-Шаня, и режим сеймотектонической деформации переходит

от одноосного сжатия к сдвигу и вертикальному растяжению. Поразительно, но такого перехода не случилось в годы последнего солнечного максимума (2012-2014 гг), принадлежащего 24 солнечному циклу, который, как видим, был низкоамплитудным и по прогнозам [9, 10] может стать началом нового солнечного гранд-минимума. В эти годы на изучаемой территории продолжали доминировать сжимающие напряжения (положительные значения коэффициента Лоде-Надаи), Представляется целесообразным продолжение и развитие данного направления исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Трошичев О.А., С.В. Веретененко, И.П. Габис, И.А. Миронова, А.А. Кривошукский. Влияние космической погоды на атмосферу Земли. Тезисы докладов 17 ежегодной конференции «Физика плазмы в солнечной системе» ИКИ РАН г. Москва 7-11 февраля 2022г. – С. 206. [https://plasma2022.cosmos.ru/docs/2022/Plasma-2022-AbstractBook\\_v4.pdf](https://plasma2022.cosmos.ru/docs/2022/Plasma-2022-AbstractBook_v4.pdf)
- [2] Мальнева И.В., Черкесов А.А. Исследование влияния космической погоды на развитие экзогенных геологических процессов в Приэльбрусье в 2017-2021 годах. Тезисы докладов 17 ежегодной конференции «Физика плазмы в солнечной системе» ИКИ РАН г. Москва 7-11 февраля 2022г. – С. 214. [https://plasma2022.cosmos.ru/docs/2022/Plasma-2022-AbstractBook\\_v4.pdf](https://plasma2022.cosmos.ru/docs/2022/Plasma-2022-AbstractBook_v4.pdf)
- [3] Сытинский А.Д. О влиянии солнечной активности на сейсмичность Земли // ДАН СССР. 1973. Т.208. № 5. С. 1078-1081.
- [4] Соболев Г.А., Шестопалов И.П., Харин Е.П. Геоэффективные солнечные вспышки и сейсмическая активность Земли // Физика Земли. 1998. №.7. С. 85–90.
- [5] Ruzhin Yu., Novikov V. The response of global seismicity to solar flares of September, 2017 // International Journal of Electronics and Applied Research. 2018. V. 5. №2. P. 1-10. [http://eses.net.in/online\\_journal.html](http://eses.net.in/online_journal.html)
- [6] Хачикян Г.Я. К вопросу о лито-космической погоде. Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле. Материалы докладов всероссийской конференции с международным участием, 5-9 октября 2020 г., Институт физики Земли РАН, г. Москва. С. 124-129. <https://ifz.ru/institut/struktura/nauchnyie-podrazdeleniya/ii-otdelenie/laboratoriya-204/pyataya-tektonofizicheskaya-konferenciya-2020>
- [7] Гульельми А.В, Клайн Б.И. О воздействии Солнца на сейсмичность Земли // Солнечно-земная физика. 2020. Т. 6. № 1. С. 111-115. DOI: 10.12737/szf-61202010
- [8] Usoskin I.G., Solanki S.K., Kovaltsov G.A. (2007) [Grand minima and maxima of solar activity: new observational constraints](#). Astronomy Astrophysics. Vol. 471. N 1 (2007). P. 301-309.
- [9] Feynman J., Ruzmaikin A. (2011) The Sun's Strange Behavior: Maunder Minimum or Gleissberg Cycle. Solar Physics. Vol. 272. P. 351–363. Doi:10.1007/s11207-011-9828-0
- [10] Mörner, N.-A. The Approaching New Grand Solar Minimum and Little Ice Age Climate Conditions // Natural Science. 2015. V.7. С. 510-518. <http://dx.doi.org/10.4236/ns.2015.711052>
- [11] Campbell G.E., Walker R.T., Abdrakhmatov K., Jackson J., Elliott J.R., Mackenzie D., Middleton T., and Schwenninger J.L. (2015). Great earthquakes in low strain rate continental interiors: An example from SE Kazakhstan. Journal of Geophysical Research. Solid Earth. Vol. 120. Doi:10.1002/2015JB011925
- [12] Mushketov I.V., Orlov A.P. (1893) Catalog of Earthquakes of the Russian Empire. Zapiski RGO. Imperial Academy of Sciences St. Petersburg. Russian Empire.
- [13] Полешко Н.Н., Садыкова А.Б., Сыдыков А., Тимуш А.В. Хачикян Г.Я., Шацков В.И. Вариации солнечной активности и сеймотектонические деформации на Северном Тянь-Шане: Часть 1. Коэффициент Лоде-Надаи // Вестник НЯЦ РК. 2009. Вып.1. С. 86-92.

[14] Полешко Н.Н., Садыкова А.Б., Сыдыков А., Тимуш А.В. Хачикян Г.Я., Шацков В.И. Вариации солнечной активности и сейсмотектонические деформации на Северном Тянь-Шане: Часть 2. Азимут оси напряжения сжатия // Вестник НЯЦ РК. 2009. Вып.1. С. 93-97.

**А.Б. Садыкова , Н.Н. Полешко, Я.Г. Хачикян**

### **КҮН БЕЛСЕНДІЛІГІНІҢ ҰЗАҚ МЕРЗІМДІ ВАРИАЦИЯЛАРЫ, ЖЕР ҚЫРТЫСЫНЫҢ СЕЙСМОТЕКТОНИКАЛЫҚ ДЕФОРМАЦИЯСЫНЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІ ЖӘНЕ СОЛТҮСТІК ТЯНЬ-ШАНЬДАҒЫ КҮШТІ ЖЕР СІЛКІНІСТЕРІНІҢ ПАЙДА БОЛУ ЖИІЛІГІ**

**Аңдатпа.** Солтүстік Тянь-Шань аймағындағы сейсмикалық белсенділік пен күн белсенділігінің өзгеруімен байланысын көрсететін нәтижелер ұсынылған. Бұл аймақта өткен уақытта ең күшті жер сілкіністері төмен амплитудалық 11 жылдық күн циклдері (күн гранд-минимумдары) кезінде болғандығы көрсетілген. Жер сілкіну ошақтарының тетіктері бойынша жер қыртысының сейсмотектоникалық деформациясы туралы деректер келтірілген және аномальді төмен амплитудалы күн циклдер сейсмотектоникалық деформация режимі қалыпты күн циклдері кезіндегі жағдайға қатысты өзгеретіні көрсетілген.

**Түйін сөздер:** 11 жылдық күн циклдері, гранд-күн белсенділігіндегі минимумдар, жер қыртысының сейсмотектоникалық деформациясы, Солтүстік Тянь-Шаньдағы ең күшті жер сілкіністері.

**Sadykova A.B., Poleshko N.N., Khachikyan G.Ya**

### **LONG-TERM VARIATIONS IN SOLAR ACTIVITY, PARAMETERS OF SEISMO-TECTONIC DEFORMATION OF THE EARTH'S CRUST, AND THE FREQUENCY OF STRONG EARTHQUAKES IN THE NORTHERN TIEN-SHAN**

**Abstract.** Presented results indicate on connection of seismic activity in the territory of the Northern Tien Shan with variations in solar activity. It is shown that the strongest earthquakes of the recent past in this area occurred during low-amplitude 11-year solar cycles (solar grand minima). Data on the seismotectonic deformation of the Earth's crust according to the mechanisms of earthquake sources are presented and it is shown that during anomalous (low-amplitude) solar cycles, the regime of seismotectonic deformation changes relative to that during normal solar cycles.

**Keywords:** 11-year solar cycles, grand minima in solar activity, seismotectonic deformation of the Earth's crust, strongest earthquakes in the Northern Tien Shan.

УДК: 621.396.44

**Данько Е.Т.,** Казахский национальный университет им. аль-Фараби, [amoskl@mail.ru](mailto:amoskl@mail.ru)

**Ползик Е.В.** Алматинский университет энергетики и связи им.Г. Даукеева, [lenap167@mail.ru](mailto:lenap167@mail.ru)

### **ОРГАНИЗАЦИЯ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

**Аннотация.** Рассмотрены основные направления создания высотных аэростатных платформ (ВАП), которые, наряду со спутниками, являются полностью изолированными от последствий природных катастроф. Рассчитывается зона обслуживания, влияние различных факторов на затухание сигналов различной частоты. Результаты расчетов могут использоваться при построении телекоммуникационных систем на базе ВАП в горной местности.

**Ключевые слова:** дистанционное зондирование, станции на высотных платформах, ВАП, стратосферная платформа, глобальное позиционирование.

Впервые высотная аэростатная платформа (ВАП) для передачи сигналов была применена в 1960 году в США лабораторий Bell (Кроуфорд-Хилл, Нью-Джерси). Этот аэростат можно считать родоначальником станций на высотных платформах. Представляет интерес рассмотреть ВАП для организации связи в чрезвычайных условиях: разрушении наземной телекоммуникационной инфраструктуры. В зависимости от своей конфигурации ВАП позволяют с высокой эффективностью решать следующие задачи:

- картографирование и 3D-моделирование местности;
- точная съемка топографии обширных территорий;
- мониторинг и контроль большой площади и протяженности в малонаселенных и труднодоступных районах;
- мониторинг и диагностика линий электропередач, газопроводов, автомобильных и железных дорог, водных путей и акваторий; а также разведка полезных ископаемых;
- охрана крупных массовых и спортивных мероприятий;
- и может использоваться для организации сети станций [1, 2, 3, 4].

Экономическая целесообразность использования стратосферных дирижаблей видна из сравнения затрат на эксплуатацию различных типов летательных аппаратов. Согласно [2], почасовая стоимость эксплуатации: для спутников - 1000-4000 долларов, для беспилотных летательных аппаратов (типа НАУК) - 300-1000 долларов, для стратосферных дирижаблей (высотные аэростатные платформы) - 2-5 долларов.

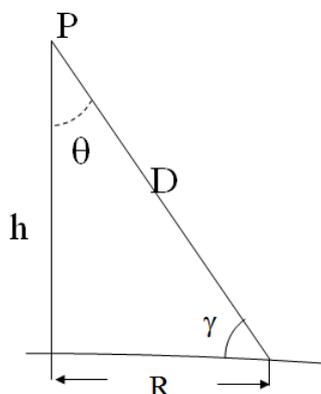


Рисунок 1 – К расчету технических характеристик телекоммуникационной системы на базе стратосферной платформы

В настоящее время проектированием гибридных высотных стратосферных платформ занимаются следующие компании: AugurAeronauticalCenter (Россия), WorldwideEros (США), LockheedMartin (США), Luftschifftechnik ZeppelinGmbh (Германия). Обычно эти работы выполняются для военных нужд. Одним из основных требований для удовлетворительной работы ВАП, получения надежных геостационарных данных является возможность нахождения длительного времени над одной точкой земной поверхности. Это есть серьезная проблема для широкого использования такой технологии [5]. Схема телекоммуникационной системы на базе стратосферной платформы показана на рисунке 1, где:  $R$  – радиус зоны обслуживания ВАП;  $h$  – высота ВАП;  $D$  - расстояние от ВАП до границы зоны обслуживания;  $\Theta$  - ширина диаграммы направленности;  $\gamma$  - угол места на границе системы. Зона действия подобных платформ зависит от высоты расположения, радиус действия от 50 до 600 км. Использование на таких платформах многолучевых антенных систем позволяет получить на поверхности Земли зоны наблюдения разного размера [2] с высоким уровнем сигнала. Все это увеличит зону обслуживания, которая зависит от антенны, используемой системами ВАП. Управление работой телекоммуникационных систем на аэростатных платформах, их позиционирование предполагается осуществлять центру управления, преимущественно в автоматизированном режиме. Ссылаясь на рисунок 1, диапазон зон можно рассчитать как:  $R = h/tg(\gamma), km$ . Нами проведен расчет радиуса и площади зоны охвата ВАП для двух высот:  $h_1= 3$  км и  $h_2= 21$  км (над уровнем моря). Для сравнительного анализа размеров зоны покрытия на различных высотах рассматривалась зависимость площади покрытия ( $r$ ) от угла места ( $\alpha$ ) на граничной зоне (рисунок 2). Далее был проведен расчет затухания сигнала (рисунок 3). Результаты расчета затухания в дожде по рекомендациям МСЭ в зависимости от угла места приведены на рисунке 4. Интенсивность дождя  $R_{0,01} = 22$  мм/ч для Казахстана. Также, проведен расчет затухания сигнала при распространении из-за атмосферных газов. В соответствии с рекомендациями ИТУ-R, P.676-6 составляют для частоты 2,0 ГГц - 0,07 дБ/км, для частоты 29,0 ГГц - 0,5 дБ/км, для частоты 48,0 ГГц - 3 дБ/км. Принимая во внимание затухание в атмосфере, было рассчитано затухание в радиолинии между ВАП и наземными терминалами для различных частот на основе наклонной дальности (рис. 6).

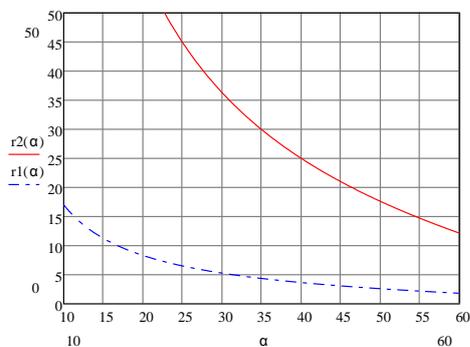


Рисунок 2 – Зависимость зоны покрытия от угла места в пограничной зоне

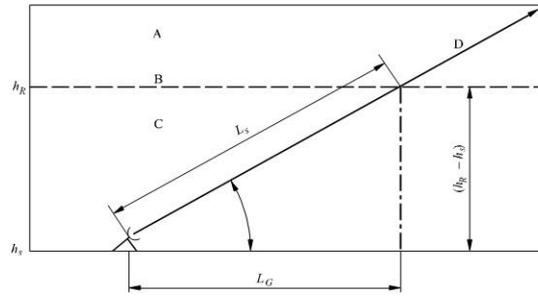


Рисунок 3 – Схематическое изображение трассы ВАП с указанием параметров для расчета затухания

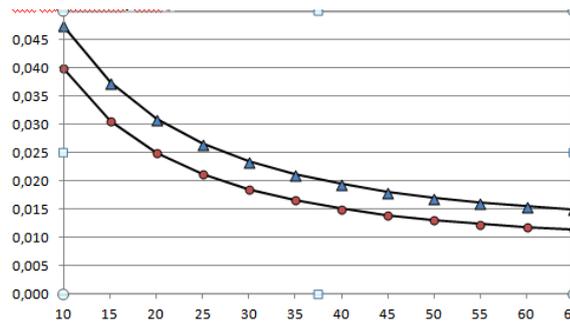


Рисунок 4 – Ослабление сигнала в дожде на разных высотах ВАП: для  $h_2=21$  км,  $f=2$  ГГц; для  $h_1=3$  км,  $f=2$  ГГц.

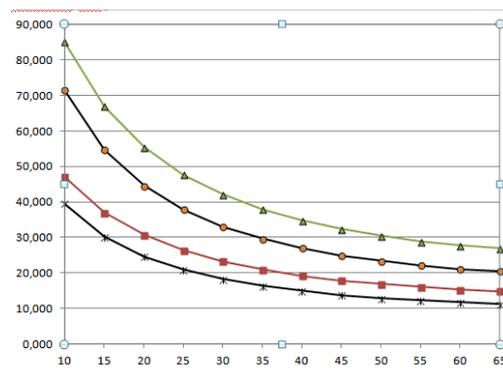


Рисунок 5 – Затухание сигнала на разных высотах ВАП:  $h_2=21$  км,  $f=48$  ГГц;  $h_2=21$  км,  $f=29$  ГГц;  $h_1=3$  км,  $f=48$  ГГц;  $h_1=3$  км,  $f=29$  ГГц.

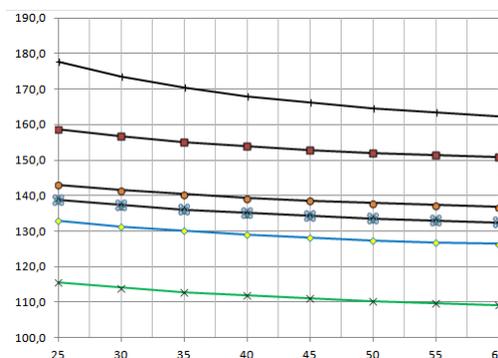


Рисунок 6 – Затухание между ВАП и наземными терминалами на разных высотах и частотах: для  $h_2=21$  км,  $f=48$  ГГц;  $h_2=21$  км,  $f=2$  ГГц;  $h_2=21$  км,  $f=29$  ГГц;  $h_1=3$  км,  $f=48$  ГГц;  $h_1=3$  км,  $f=29$  ГГц;  $h_1=3$  км,  $f=2$  ГГц

**Обсуждение и выводы.** Наиболее предпочтительные высоты размещения ВАП в предгорьях Тянь-Шаня – от 20 до 22 км. Нежелательно использовать углы места менее 25 градусов, так как это может ухудшить линию свободного пространства из-за горных вершин. В этой ситуации радиус зоны покрытия для высоты 3000 м составляет 6 км, что недостаточно для решения поставленных задач. Высота 21 км позволит наблюдать за площадью примерно 6,5 км<sup>2</sup>, радиус составит 45 км, этого достаточно для наблюдения за местными явлениями. Высота 23 км позволит наблюдать за площадью примерно 7 648 км<sup>2</sup>, радиус составит 49 км. Наземная зона характеризуется наличием большого количества водяного пара и испарениями от осадков, также, много облаков, которые располагаются на высоте не более 2 км. Это оказывает сильное влияние на распространение радиоволн миллиметрового диапазона. Второй участок, расположенный выше наземного, характеризуется малым количеством водяного пара и затухание сигнала в этом слое незначительно. Верхняя граница этого раздела – стратосфера. Поскольку Казахстан расположен между 40° и 53° параллелями северной широты, высота нижней границы стратосферы составляет около 12 км. Согласно ITU-R F.1500 и F.1501 полосы частот для ВАП следующие: 47,2...47,5 ГГц и 47,9...48,2 ГГц. В 2002 г. Рекомендация F.1569 определила для ВАП еще два диапазона частот: 27,5...28,35 и 31...31,3 ГГц. В Рекомендации МСЭ-R М.1456 для станций на высотных платформах предусмотрена технология IMT-2000 в полосах 1885–1980 МГц, 2010–2025 МГц и 2110–2170 МГц, 1885–1885 МГц. 1980 МГц и 2 110 - 2 160 МГц. Основными рабочими диапазонами частот для ВАП являются миллиметровый и сантиметровый диапазоны. Угол места на границе зоны – 25 градусов, высота ВАП над уровнем моря - 21 км, частота передатчика - 2 ГГц.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Г.Е. Верба, С.Н. Щугарев, Б.А. Ивченко, П.А. Пономарев, М.В. Талесников «Современные мировые тенденции в индустрии летательных аппаратов для силовых структур», Авиационный центр «Авгур», Москва, 2014.
2. Israel R. Palma-Lázgare, José A. Delgado-Penín, High altitude platform stations in design solutions for emergency services, Buran № 25, April 2010.
3. Ю.В. Прус, Б.Ю. Битуев, В.М. Шаповалов Некоторые аспекты использования стратосферных дирижаблей в интересах обеспечения безопасности территории // «Техносферные технологии безопасности» (<http://ipb.mos.ru/ttb>) Вып. № 1 (29). 2010.
4. Бендин С.А. Телекоммуникационные платформы Balloon, ИНФОРМОСТ «Электроника и телекоммуникации», С. 53-57.
5. D. Grace, J. Thornton, G. Chen, G. White, T. Tozer Improving the system capacity of broadband services using multiple high-altitude platforms // IEEE transactions on wireless communications, Vol. 4, №. 2, March 2005.

**Данько Е.Т., Ползик Е.В.**

### **ТӨТЕНШЕ ЖАҒДАЙЛАР КЕЗІНДЕ ХАЛЫҚ ҮШІН СЫМСЫЗ БАЙЛАНЫСТЫ ҰЙЫМДАСТЫРУ**

**Аңдатпа.** Спутниктермен бірге табиғи апаттар салдарынан толығымен оқшауланған биіктіктегі аэростат платформаларын (ВАП) құрудың негізгі бағыттары қарастырылды.

Қызмет көрсету аймағы есептеледі, әртүрлі жиіліктегі сигналдардың сөнуіне әртүрлі факторлардың әсері. Есептеу нәтижелері таулы жерлерде ВАП негізінде телекоммуникациялық жүйелерді құру кезінде пайдаланылуы мүмкін.

**Түйін сөздер:** қашықтықтан зондау, биік платформалардағы станциялар, ВАП, стратосфералық платформа, ғаламдық позициялау.

**Danko E.T., Polzik E.V.**

## **ORGANIZATION OF WIRELESS COMMUNICATION FOR THE POPULATION IN EMERGENCY SITUATIONS**

**Abstract:** The main directions for the creation of high-altitude balloon platforms (HAPs), which, along with satellites, are completely isolated from the consequences of natural disasters, are considered. The service area is calculated, the influence of various factors on the attenuation of signals of different frequencies. The calculation results can be used in the construction of telecommunication systems based on VAP in mountainous areas.

**Key words:** remote sensing, stations on high-altitude platforms, UAP, stratospheric platform, global positioning.

УДК: 550.343.9

**Тулеев А.Т.<sup>1</sup>, Абаканов Т.<sup>2</sup>, Лапин В. А.<sup>1</sup>, Даугавет В. П.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>АО «КазНИИСА», г. Алматы, Республика Казахстан

<sup>2</sup>АО «МОК», г. Алматы, Республика Казахстан

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕБАНИЙ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ ИЗ МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА**

**Аннотация:** Рассматриваются вопросы определения динамических параметров колебания строящего здания в г. Алматы. Актуальным является процесс экспериментального определения собственных динамических характеристик высотных зданий (периоды и формы собственных колебаний, декремент колебаний) и проверка корректности расчетных предпосылок, принятых при их проектировании.

**Ключевые слова:** высотное монолитное здание, бетон, арматура, натурное испытание, способы испытаний, динамические характеристики здания.

Целью данной работы являлось определение основных динамических характеристик высотного монолитного здания в г. Алматы каркасно-стеновой конструктивной системы и проверки корректности расчетных предпосылок, принятых при его проектировании, и достоверность результатов, полученных при расчетных исследованиях.

Для проведения экспериментальных исследований был выбран объект, представляющий собой 22-этажное здание, строящийся в г. Алматы. Здание возведено на площадке 9 баллов. Категория грунтов по сейсмическим

свойствам –I. Условия, усложняющие сейсмологические или инженерно-геологические условия площадки строительства не выявлены. Здание запроектировано с 3-мя подземными этажами, одним цокольным, 21-м надземными жилыми этажами и верхним техническим этажом.

Для сравнительного анализа принят отчет о научно-исследовательской работе «Вибродинамические испытания 35-этажного жилого здания каркасно-стеновой конструктивной системы». [2]

Основные динамические характеристики (периоды, формы и логарифмические декременты колебаний) определялись непосредственно из записей свободных колебаний экспериментальных зданий. Возбуждение свободных колебаний создавалось при помощи оттяжки их тросом, с последующим мгновенным сбросом статически приложенной нагрузки.

Экспериментальные значения периодов колебаний здания по нижней границе интервала отличаются от расчетных значений в 1.27 раза. Указанные различия в значениях расчетных и экспериментальных периодов колебаний здания объясняются в основном – влияние жесткости несущих конструкций (первичная причина). По мере накопления в несущих стенах и перегородках повреждений (трещин в местах примыкания к несущим элементам и в перемычках) их влияние на жесткость здания будет уменьшаться, и расчетные значения периодов колебаний здания окажутся близкими к экспериментальным значениям. К такому выводу пришли авторы работы [1] при расчетном и экспериментальном определении периодов свободных колебаний высотного здания гостиницы «Казахстан».

При этом следует отметить тот факт, что в процессе эксплуатации здания нагружается дополнительной массой от технологического оборудования и другими, не учтенными массами.

Не учтенные массы могут влиять на снижение уровня периодов свободных колебаний здания, свободного от указанных дополнительных масс. В пустом здании по сравнению с эксплуатируемым, значения периода свободных колебаний, как правило, на 5% выше.

Полученные нами значения периодов основного тона поступательных колебаний здания высотой 22-этажа составляет 0.85 с по нижней границе.

Для здания с высотой 35 этажей периоды свободных колебаний, полученных ранее проведенных экспериментальных исследованиях [2], выше и находятся в пределах 1,31 с в продольном направлении. Это естественный факт – здание, чем выше, тем жесткость его меньше.

Таким образом, увеличение высоты зданий на 41,6 метров (13 этажей) привело, к повышению фактических периодов колебаний от 0,85 с до 1,31 с (расхождение 30%). Исходя из этого, можно сказать, что увеличение высоты зданий приводит к увеличению собственных периодов колебаний с определенной пропорциональной зависимостью. Анализ диаграммы зависимости высоты (этажей) высотных зданий, что увеличение высоты зданий на один этаж приводит, к увеличению периодов собственных колебаний примерно на 0,03 с.

При этом, сравнение расчетных значений верхней границы периодов колебаний 22-этажного (1,08с) и 35-этажного зданий (1,38с) показывает, что отличия расчетных значений периодов колебаний рассматриваемых зданий составляет примерно 22%.

Проведенные экспериментальные исследования натурального 22-этажного высотного монолитного жилого дома и сравнительный анализ ранее проведенных исследований 35-этажного здания позволяют сделать выводы о том, что увеличение высоты монолитных зданий на каждый этаж приводит к увеличению фактических периодов колебаний здания примерно на 0,03сек.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Жунусов Т.Ж., Ашимбаев М.У. и др. Динамические испытания высотной гостиницы на 1000 мест.– В.сб.: Исследования сейсмостойкости сооружений и конструкций, вып. 9 (19). Алма-ата, 1977.
2. Отчет о научно-исследовательской работе «Вибродинамические испытания 35-этажного жилого здания каркасно-стеновой конструктивной системы». Институт РГП «КазНИИССА», Алматы, 2007.

**Тулеев А.Т., Абаканов Т., Лапин В. А., Даугавет В. П**

### **МОНОЛИТТІ ТЕМІРБЕТОННАН ЖАСАЛҒАН БИІК ҒИМАРАТТАРДЫҢ ТЕРБЕЛІСТЕРІНІҢ ДИНАМИКАЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЭКСПЕРИМЕНТТІК АНЫҚТАУ**

**Аңдатпа:** Алматы қаласында салынып жатқан ғимарат тербелісінің динамикалық параметрлерін анықтау мәселелері қарастырылады. Биік ғимараттардың өзіндік динамикалық сипаттамаларын (өз тербелістерінің кезеңдері мен нысандары, тербелістердің декременті) эксперименттік анықтау және оларды жобалау кезінде қабылданған есептеу алғышарттарының дұрыстығын тексеру процесі өзекті болып табылады.

**Түйін сөздер:** биік монолитті ғимарат, бетон, арматура, табиғи сынау, сынау тәсілдері, ғимараттың динамикалық сипаттамалары.

**Tuleev A.T., Abakanov T., Lapin V. A., Daugavet V. P.**

### **EXPERIMENTAL DETERMINATION OF DYNAMIC PARAMETERS OF VIBRATIONS OF HIGH-RISE BUILDINGS MADE OF MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE**

**Abstract:** The paper considers the issues of determining the dynamic parameters of vibration of a building under construction in Almaty.

One of the actual topics of modern day is the process of experimental determination of the own dynamic characteristics of high-rise buildings (periods and forms of natural oscillations, oscillation decrement) and verification of the correctness of the design assumptions adopted in their design.

**Key words:** high-rise monolithic building, concrete, reinforcement, full-scale test, test methods, dynamic characteristics of the building.

Силачева Н.В., Кудабаяева А.Д., Кулбаева У.К., Кравченко Н.А  
ТОО «Институт сейсмологии» МЧС РК

## БАНК ПАРАМЕТРОВ СОТРЯСЕНИЙ ГРУНТА ДЛЯ ЮГО-ВОСТОКА КАЗАХСТАНА

**Аннотация.** Для высокосейсмичных территорий юга, юго-востока и востока Казахстана создан и продолжает пополняться банк параметров сотрясений грунта. Обобщены результаты обработки и параметризации записей аналоговой и цифровой сетей сильных движений, а также высокочувствительной сейсмической сети Института сейсмологии и Сейсмологической опытно-методической экспедиции, действующих на территории Казахстана. Банк включает каталог землетрясений и параметров движений грунта и банк станционных параметров. Для записей, представляющих инженерный интерес, составляется графическое приложение - сейсмологический бюллетень. Собранные и обобщенные экспериментальные данные необходимы при решении задач по прогнозу сейсмических воздействий.

**Ключевые слова:** сильные движения, параметры движений грунта

Знание параметров сотрясений грунта необходимо для решения многих задач. Это оперативное и адекватное реагирование при сейсмическом бедствии, разработка или тестирование моделей прогнозирования сотрясений грунта при оценке сейсмической опасности [1, 2], верификация оценок усиления сотрясений грунта при сейсмическом микрорайонировании [3], выбор сейсмограмм при расчете сейсмической нагрузки для сооружений и другие исследовательские и практические работы. Параметры сотрясений, представляющие инженерный интерес, дают сети сильных движений, позволяющие получать записи сотрясений грунта при умеренных и сильных землетрясениях. Эти записи дают информацию о реальных параметрах движений грунта в конкретных условиях и позволяют обоснованно моделировать сейсмические воздействия при будущих землетрясениях. Сети приборов сильных движений широко развиты и продолжают развиваться и совершенствоваться во всех ведущих странах с высоким уровнем сейсмической опасности. В Казахстане период работы сетей сильных движений относительно невелик, и охватываемые ими территории ограничены [4].

Аналоговая сеть сильных движений Института сейсмологии и Сейсмологической опытно-методической экспедиции создавалась после 1980 г. и работала до конца 90-х годов прошлого столетия. Она состояла из 28 пунктов региональной сети на территории юга и юго-востока Казахстана, и 8 пунктов, в г. Алматы. Цифровая локальная сеть сильных движений работает с 2000 г. и

оснащена 15 акселерометрами, которые расположены на территории г. Алматы и окрестностей.

Параметры более слабых сотрясений также несут большое количество информации. Вместе с записями сильных колебаний они используются, например, для изучения сейсмической реакции грунтов. Чем более записей имеется для станции, тем надежней можно определить преобладающий период колебаний и дополнительные моды, а также оценить грунтовый коэффициент. Наличие банка параметров позволяет изучать площадные вариации сотрясений в зависимости от инженерно-геологических, геометрических, геофизических характеристик, усиливающих сейсмические колебания, что особенно актуально в условиях города [5, 6]. Цифровая высокочувствительная сеть (слабых движений), заменила аналоговую с 2003 года.

Созданный Банк параметров сотрясений грунта состоит из трех взаимодополняющих частей. Первая включает данные аналоговых приборов сильных движений локальной и региональной сетей. Во вторую часть вошли данные цифровой сети сильных движений на территории г. Алматы и окрестностей, Третья часть – данные цифровой региональной высокочувствительной сети.

Каждая из частей содержит свой каталог землетрясений и параметров движений грунта и соответствующие им банки станционных параметров, включающие, в свою очередь, таблицу станционных параметров и карточки-паспорта станций. Записи аналоговой сети оцифрованы. Для записей цифровой сети сильных движений, представляющих инженерный интерес ( $PGA_{max} \geq 30 \text{ см/с}^2$ ), составлено графическое дополнение - сейсмологический бюллетень. Результаты по цифровой сети сильных движений обобщены в «Каталог параметров движений грунта по данным цифровой сети сильных движений на территории г. Алматы за 2000-2021 гг.» [7]. Структура банка показана на рис.1.

По данным аналоговых сетей сильных движений за период 1970 – 1995 гг. имеются сведения о 547 записях от 69 землетрясений. Диапазон магнитуд  $M_s = 2.0 - 7.3$ . Гипоцентры землетрясений характеризуются глубинами 5-25 км. Амплитуды ускорений зарегистрированных землетрясений находятся в пределах от  $0.1 \text{ см/с}^2$  до  $80 \text{ см/с}^2$ . Кроме того, пиковые ускорения 779 и  $572 \text{ см/с}^2$  зарегистрированы на горизонтальных компонентах станцией Курменты, находившейся в непосредственной близости от очага Байсорунского землетрясения 1990 г. (MLH 6.3, Rэ 35 км). При Байсорунском землетрясении были получены наиболее сильные воздействия и на других станциях сети. По скоростям самое большое из непосредственно зарегистрированных значений составило 14 см/с на станции Саты при этом же событии.

**В рамках международного проекта CASHA-BU [8] специалистами Института сейсмологии и Сейсмологической опытно-методической экспедиции (СОМЭ) выполнена оцифровка аналоговых записей, представляющих инженерный интерес. Из 38 (1-5 компонентных) отобранных архивных записей (акселерограммы, велосиграммы, сейсмограммы), после оцифровки и параметризации в базу данных вошли**

**9 акселерограмм и велосиграм. Значения скоростей и ускорений, получаемые из оцифрованных сейсмограмм, не представляются надежными из-за технических особенностей записи аналоговых сейсмограмм (пилообразная запись). 11 оцифрованных сейсмограмм могут дать только информацию о смещениях.**



Рисунок 1 – Блок-схема структуры банка инженерно-сейсмологических параметров

Каталог землетрясений и параметров движений грунта по данным сети сильных движений включает параметры 622 трехкомпонентных записей от 111 событий, зарегистрированных 18 станциями (бывшими и действующими) с 2000 по 2022 гг. Параметры очагов землетрясений (дата и время по Гринвичу, координаты, магнитуды и их тип, энергетический класс, глубина, тип подвижки) представлены по данным определений СОМЭ. Для записей выполнена корректировка очаговых параметров по результатам международного проекта CASHA-BU[8] по уточнению каталога землетрясений. Параметры волновых форм, полученных станциями акселерограмм и рассчитанных по ним спектров реакции, включают максимальные значения пикового ускорения  $PGA$  и спектрального ускорения  $SA(5\%)$  с преобладающим периодом  $T(SA)$ , а также спектральные ускорения в высокочастотной и низкочастотной части спектра  $SA_{0.2}$  и  $SA_{0.1}$ . Для всех записей указаны зарегистрировавшие их станции и эпицентральные расстояния  $R_{э}$  от очага до станции. При составлении каталога отдельно выделены 18 записей с  $PGA_{max} \geq 30$  см/с<sup>2</sup>. Преобладающее число записей получено при магнитудах  $MPV4-6$  ( $Mw5$  и  $6$ ). Диапазон магнитуд  $MPV3.2-6.9$  ( $Mw 3.2-7.3$ ), расстояний 2-630 км, глубин – 0-36 км. За время работы локальной цифровой сети сильных движений на территории г. Алматы и окрестностей максимальные значения пиковых ускорений были зарегистрированы при близких землетрясениях:  $PGA=57.0$  см/с<sup>2</sup> (15.08.2014, ст. CSO,  $R_{э}$  43 км) и  $PGA=52.9$  см/с<sup>2</sup> (29.12.2007, ст. VRG,  $R_{э}$  45 км). Из далеких событий наибольшее  $PGA=36.6$  см/с<sup>2</sup>

зарегистрировано при Сумбинском землетрясении (01.12.2003, ст. ARZ,  $R_{\Sigma}$  292 км). Сейсмологический бюллетень содержит графическое представление зарегистрированной записи ускорения (2 горизонтальных и вертикальная компоненты), полученной из нее волновой формы скорости, а также спектр Фурье и спектр реакции (при затухании 5% от критического) по трем кинематическим параметрам (ускорение, скорость, смещение). В банке станционных параметров таблица включает название и аббревиатуру станции, ее координаты и гипсометрический уровень, тип аппаратуры, чувствительность, условия установки прибора, грунтовые условия в районе станции, годы ее работы. В карточке-паспорте отражена более подробная информация о станции. Помимо данных, включенных в таблицу, в карточке приводится адрес станции, параметры сейсмичности по картам СМР, литологический состав грунтов, их скоростные и плотностные характеристики для 30м толщи и другие данные.

Третья часть банка, представляющая параметры движений грунта по данным региональной сети слабых движений, оказалась необходимой из-за отсутствия региональной цифровой сети сильных движений, для увеличения объема экспериментально наблюдаемых параметров движений грунта на высокосейсмичной территории юго-востока Казахстана. В нее вошли данные по отобраным для параметризации записям, у которых нет неустраняемых дефектов и не обрезаны пики в наиболее «энергетичной» части записи. Это 1395 трехкомпонентные записи 27 станций от 468 событий с энергетическим классом  $K \geq 10$  и расстоянием до эпицентра  $R_{\Sigma} \leq 600$  км. Преобладающее число записей получено при магнитудах  $MPV$  5 и 6. Диапазон магнитуд  $MPV$  4-7.2, расстояний 37-600 км, глубин – 5-35 км. Отдельно выделен Каталог землетрясений и параметров движений грунта по записям сети непрерывной регистрации с  $PGA \geq 10$  см/с<sup>2</sup>.

Работы по оценке сейсмической опасности территорий Казахстана и сейсмическому районированию остро обнажили нехватку региональных экспериментальных данных о характеристиках средней силы сотрясений грунта. Созданный банк инженерно-сейсмологических параметров обобщает экспериментальные материалы, полученные в результате обработки и параметризации имеющихся записей для высокосейсмичных районов юго-востока Казахстана. В последнее время началось развертывание станций сильных движений в рамках международных и республиканских проектов. Дорожная карта развития сейсмологической отрасли предусматривает значительное расширение сети сильных движений в ближайшие годы. Однако накопление данных о сильных сотрясениях грунта требует длительного мониторинга. Созданный банк записей сотрясений грунта и их параметров является на сегодняшний день экспериментальной основой для решения задач по прогнозу сейсмических воздействий в количественных параметрах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Silacheva N.V., Kulbayeva U.K., Kravchenko N.A. Probabilistic seismic hazard assessment of Kazakhstan and Almaty city in peak ground accelerations. *Geodesy and Geodynamics*, 2018, 9(2), 131-141.

2. Silacheva N.V., Kulbayeva U.K., Kravchenko N.A. On the realization of seismic microzonation of Almaty (Kazakhstan) in ground accelerations based on the “continual” approach. *Geodesy and Geodynamics*, 2020, 11(1), Pp.56-63.
3. Silacheva, N., Kulbayeva, U., Kravchenko, N. (2014). Seismic ground motion variations resulting from site conditions / *Geodesy and Geodynamics* Vol.5 No. 2 May 2014. Pp.9-15.
4. Silacheva, N., Kulbayeva, U., Kravchenko, N. (2014). Catalogs of ground motion parameters for earthquake-prone regions in Kazakhstan / *Geodesy and Geodynamics* Vol.5 No. 1 February 28, 2014. pp. 20-26.
5. Silacheva N. Влияние геологических условий Алматы на вариации параметров записей сильных землетрясений. Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан, № 4, 2002 С.71 – 80.
6. Pilz, M., Parolai, S., Petrovic, B., Silacheva, N., Abakanov, T., Orunbaev, S., Moldobekov Basin-edge generated Rayleigh waves in the Almaty basin and corresponding consequences for ground motion amplification. *Geophysical Journal International*, 2018. 213, 1, pp. 301-316.
7. Onur, T., Gök, R., Mackey, K., Abrams, K., Berezina, A., Mikhailova, N., Bekturganova, B., Murodkulov, Sh., Bondar, I., Herrera, K. Central Asia Seismic Hazard Assessment (CASHA) “Complete” Catalog of Earthquakes. Contract DE-AC52-07NA27344 (LLNL-TR-828313).
8. ISTC #KR-2398 Central Asia Seismic Hazard Assessment and Bulletin Unification (CASHA-BU), URL: (<http://istc.kz/ru/project/C6ED00D8E716F2954625819200226DB4>)

**Силачева Н.В., Кудабаяева А.Д., Кулбаева У.К., Кравченко Н.А.**

### **ОҢТҮСТІК-ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАН ҮШІН ЖЕРҚОЗҒАЛЫС ПАРАМЕТРЛЕРІ БАНКІ**

**Аңдатпа:** Қазақстанның оңтүстігі, оңтүстік-шығысы мен шығысының сейсмикалығы жоғары аумақтары үшін топырақтың сілкіну параметрлерінің банкі құрылды және оны толықтыру жалғасуда. Күшті қозғалыстардың аналогты және цифрлық желілерінің, сондай-ақ Қазақстан аумағында жұмыс істейтін Сейсмология институты мен Сейсмологиялық тәжірибелік-әдістемелік экспедицияның жоғары сезімтал сейсмикалық желісінің жазбаларын өңдеу және параметрлеу нәтижелері қорытылды. Банкке жер сілкіністері мен топырақ қозғалысы параметрлерінің каталогы және станция параметрлерінің банкі кіреді. Инженерлік қызығушылық тудыратын жазбалар үшін графикалық қосымша - сейсмологиялық бюллетень жасалады. Жиналған және жинақталған тәжірибелік деректер сейсмикалық әсерді болжау жөніндегі міндеттерді шешу кезінде қажет.

**Түйін сөздер:** күшті қозғалыстар, жердегі қозғалыс параметрлері

**Silacheva N.V., Kudabaeva A.D., Kulbaeva U.K., Kravchenko N.A**

### **BANK OF GROUND MOTION PARAMETERS FOR SOUTH-EASTERN KAZAKHSTAN**

**Abstract.** A bank of ground motion parameters for highly seismic regions of the south, south-east and east of Kazakhstan has been working and expanding. The results of strong motion analog and digital network as soon as highly sensitive seismic network of the Institute of Seismology and the Seismological Experimental and Methodological Expedition records processing and parameterization are summarized. The bank includes earthquake and ground motion parameters catalog and stations parameters. For records of engineering interest, a seismological bulletin, graphical application, is compiled. Collected and generalized experimental data are necessary for solving problems on seismic impacts prediction.

**Key words:** strong motion, ground motion parameters.

## О ВОЗМОЖНОСТИ СРЕДНЕСРОЧНОГО ПРОГНОЗА СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ( $M \geq 5.5$ ) НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СЕЙСМИЧНОСТИ ЗЕМНОЙ КОРЫ СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ

**Аннотация:** Рассмотрена волновая динамика сейсмичности Северного Тянь-Шаня, которая проявляется в виде сейсмических активизаций и затиший. Комплекс формализованных параметров представлен выделившейся сейсмической энергией, числом произошедших землетрясений, сейсмической активностью. В спектре сейсмической активности и кумулятивной энергии наибольшей спектральной мощностью обладают 18-ти летняя (приливный вековой лунный период) и 22-х летний (солнечный цикл Хейла). На фазовой плоскости лунно-солнечных циклов методом фазовых траекторий построено распределение сильных землетрясений ( $M \geq 5.5$ ) с выделением «опасных» временных периодов. Дан предварительный временной прогноз на период до 2031 гг.

**Ключевые слова:** сейсмичность, землетрясение, лунно-солнечные циклы

Традиционно сильные землетрясения являются объектом повышенного внимания как сейсмологов, так и служб реагирования ЧС. Однако данные о слабых землетрясениях также представляют важную информацию о текущей сейсмичности региона. Особый интерес представляют оценки временной динамики сейсмичности, которая проявляется в виде сейсмических затиший и активизаций, а также в виде характерных вариаций ее отдельных параметров, в том числе периодических сейсмотектонических деформаций земной коры. Использование таких данных может быть полезным при решении проблемы прогноза землетрясений. В работе представлен комплекс формализованных параметров сейсмичности по данным регионального Каталога, получаемого в ТОО «СОМЕ» и его анализа в ТОО «Институт сейсмологии» МЧС РК.

Оценки параметров сейсмичности сделаны для района, ограниченного широтами  $\phi = 41^\circ \div 46^\circ$  с.ш., долготами  $\lambda = 75^\circ \div 81^\circ$  в. д., в котором расположена наиболее сейсмоактивная часть юго-восточного Казахстана. Нижний энергетический уровень землетрясений для анализа динамики сейсмичности был определен как  $K = 9.0$ , что соответствует уровню надежной регистрации землетрясений Северо-Тянь-Шанской сейсмоактивной зоны. Оценки выполнены с включением афтершоков (рисунок 1).

Оценками сейсмичности региона являются: 1) выделившаяся сейсмическая энергия  $E$ , 2) число произошедших землетрясений  $N$ , 3) сейсмическая активность  $A_{10}$ , рассчитываемые по Каталогу для узлов

регулярной сети 1x1 градус в скользящем временном окне 5 лет со сдвигом в 1 год на площади радиусом 0.3 градуса, начиная с 1960 года (рисунок 2).

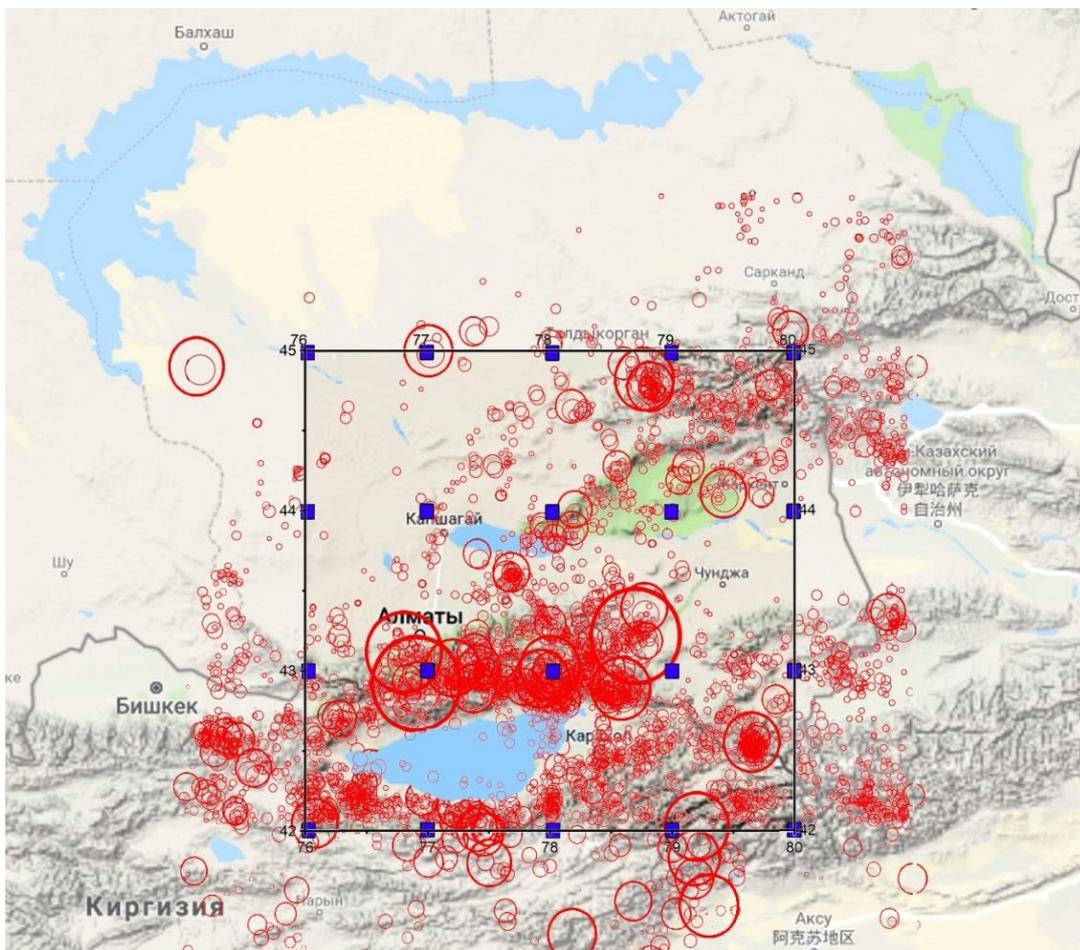


Рисунок 1. Схематическая карта района исследований с эпицентрами землетрясений и узловыми пунктами расчёта статистических параметров

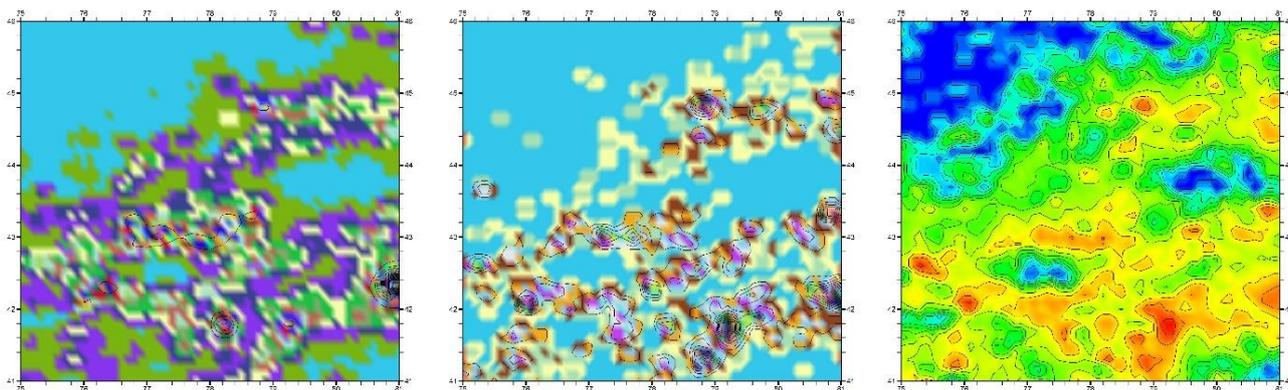


Рисунок 2. Карты среднего распределения плотности землетрясений  $N$ , сейсмической активности  $A_{10}$  и кумулятивной сейсмической энергии (слева направо) для узлов регулярной сети 1x1 градус в скользящем временном окне 5 лет со сдвигом в 1 год на единичной площади радиусом 0.3 градуса (пример для временного интервала 2010 г.)

В динамическом спектре сейсмической активности  $A_{10}$  и кумулятивной энергии  $E$  выделены гармониками 9, 11, 18, 22, 25, 42 года. Из них наибольшей спектральной мощностью обладают 18-ти летняя (приливной вековой лунный период или же узловой) и 22-х летний (солнечный Хейловский цикл - изменение полярности магнитных характеристик Солнца) (рисунки 3,4). 25-ти летний период представляет биение взаимных гармоник 18-ти летней и двойного Хейловского. Ранее данные гармониками для Северного Тянь-Шаня не выделялись, за исключением 11-ти летнего солнечного цикла. Результаты подтверждены в вариациях механизмов очагов землетрясений на Северном Тянь-Шане и Джунгарии от взбросового типа к сбросо-сдвиговому в связи с 22 летним циклом Хейла [1, 2].

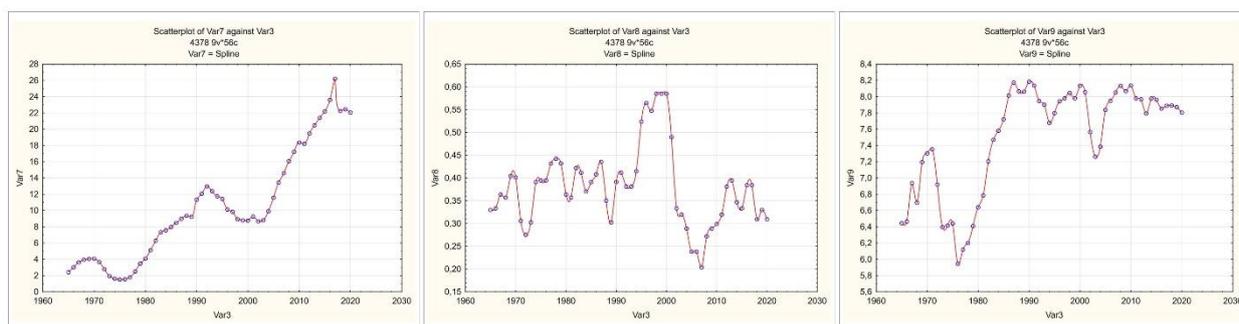


Рисунок 3. Временные вариации плотности землетрясений, сейсмической активности  $A_{10}$  и кумулятивной сейсмической энергии (слева направо) для узловой точки  $43^{\circ}$ с.ш.  $78^{\circ}$ в.д.

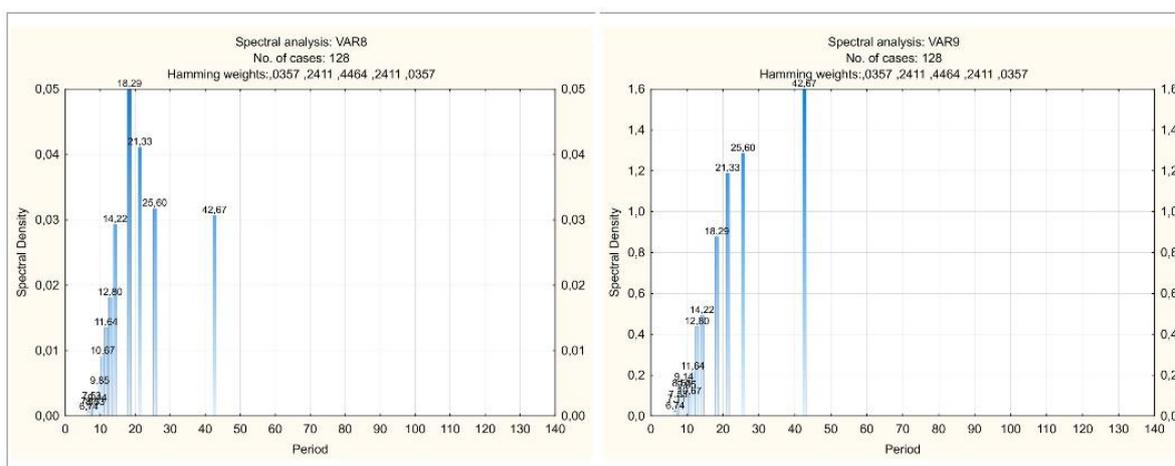


Рисунок 4. Спектральная мощность вариаций сейсмической активности  $A_{10}$  и кумулятивной сейсмической энергии (слева-направо) для узловой точки  $43^{\circ}$ с.ш.  $78^{\circ}$ в.д.

Методом фазовых траекторий [3,4] рассчитаны фазы  $\Phi_1$  лунного 18-ти летнего периода и фазы  $\Phi_2$  Хейловского цикла. Эпохи минимумов циклов Хейла взяты по данным [5]. При расчете фазы лунного цикла принята нулевая

фаза, соответствующая дате 02 января 1932 г. и продолжительность лунного векового периода в 18.613 лет по данным астрономических наблюдений.

На фазовой плоскости Ф2-Ф1 исследовано распределение сильных землетрясений региона Средней Азии ( $K \geq 13.0$ ), начиная с 1885г. Проведена кластеризация распределения землетрясений с выделением «опасных» временных периодов (рисунок 5).

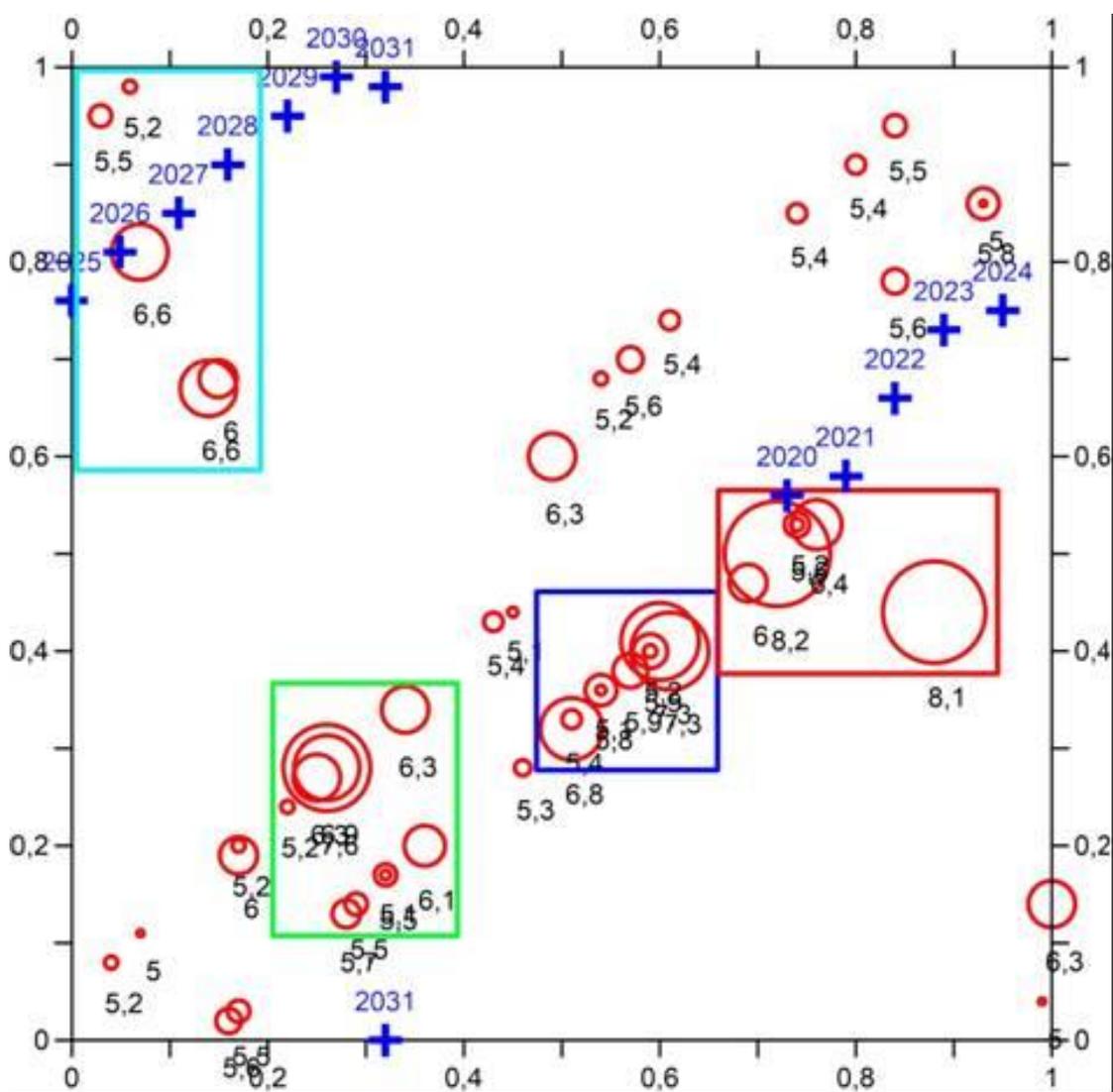


Рисунок 5. Распределение землетрясений Северного Тянь-Шаня в зависимости от фаз 18-ти летнего лунного (ось X) и 22-х летнего Хейловского (ось Y) циклов. Прямоугольниками выделены временные кластеры проявления землетрясений различной магнитуды, крестики - 1 января указанного года.

Дан предварительный среднесрочный вероятностный прогноз о возможности проявления сильного землетрясения ( $M \geq 5.2$ ) в период 2025-2027 гг. Оценка места возможного землетрясения в данной работе не рассматривалась. Для региона Северного Тянь-Шаня метод фазовых траекторий в прогностических целях применен впервые.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Полешко Н. Н., Досайбекова С., Хачикян Г. Я. Вариации механизмов очагов землетрясений на Северном Тянь-Шане и Джунгарии: связь с 22 летним циклом в магнитном поле Солнца. // Вестник НЯЦ РК, вып.2, 2016. С. 162-165
2. Садыкова А.Б., Сыдыков А., Хачикян Г.Я, Полешко Н.Н. Сеймотектоническая деформация земной коры Казахстана: монография. Алматы, 2020. -171 с.
3. Широков В.А., Серафимова Ю.К. О связи 19-летнего лунного и 22-летнего солнечного циклов с сильными землетрясениями и долгосрочный сейсмический прогноз для северо-западной части Тихоокеанского тектонического пояса // ВестникКРАУНЦ. Науки о Земле. 2006. № 2. Вып. № 8. С. 120–133.
4. Серафимова Ю.К., Широков В.А. Прогнозирование сильных землетрясений, вулканических извержений и цунами для различных регионов Земли на основе изучения связи с лунным приливом 18.6 г. и 22-летним Хейловским циклом солнечной активности // Сейсмологические и геофизические исследования на Камчатке. К 50-летию детальных сейсмологических наблюдений. Петропавловск-Камчатский, 2012. С. 305-328
5. <http://www.sidc.be/silso/cyclesmm>

**Виляев А.В.**

### **СОЛТУСТІК ТЯНЬ-ШАНЬ ЖЕР ҚЫРТЫСЫНЫҢ СЕЙСМИКАЛЫҒЫН СТАТИСТИКАЛЫҚ ТАЛДАУ НЕГІЗІНДЕ ( $M \geq 5.5$ ) КҮШТІ ЖЕР СІЛКІНІСТЕРІН ОРТА МЕРЗІМДІ БОЛЖАУ МҮМКІНДІГІ ТУРАЛЫ**

**Андатпа:** Солтүстік Тянь-Шань сейсмикалығының толқындық динамикасы қарастырылды, ол сейсмикалық белсендірулер мен тыныштық түрінде көрінеді. Формализацияланған параметрлер кешені бөлінген сейсмикалық энергиямен, орын алған жер сілкіністерінің санымен, сейсмикалық белсенділікпен сипатталады. Сейсмикалық белсенділік пен кумулятивтік энергия спектрінде ең үлкен спектрлік қуатқа 18 жылдық (толқындардың ғасырлық ай кезеңі) және 22 жылдық (хейлдің күн циклі) ие. Ай-күн циклдерінің фазалық жазықтығында фазалық траекториялар әдісімен "қауіпті" уақыт кезеңдерін бөліп көрсете отырып, күшті жер сілкіністерінің ( $M \geq 5.5$ ) таралуы құрылды. 2031 жылға дейінгі кезеңге алдын ала уақытша болжам берілді.

**Түйін сөздер:** сейсмикалық, жер сілкінісі, ай-күн циклдері

**Vilayev A.V.**

### **ON POSSIBILITY OF MEDIUM-TERM PREDICTION OF STRONG EARTHQUAKES ( $M \geq 5.5$ ) BASED ON STATISTICAL ANALYSIS OF EARTH'S CRUST SEISMICITY IN NORTHERN TIEN SHAN**

**Abstract:** The wave dynamics of seismicity of Northern Tien Shan is considered in this paper, which manifests itself in the form of seismic activations and lulls. The set of formalized parameters is represented by the released seismic energy, the number of earthquakes that have occurred, and seismic activity. In the spectrum of seismic activity and cumulative energy, the 18-year (tidal secular lunar period) and 22-year (solar Hale cycle) have the highest spectral power. On the phase plane of the lunar-solar cycles, the distribution of strong earthquakes ( $M \geq 5.5$ ) was constructed using the method of phase trajectories with allocation of "dangerous" time periods. A preliminary time forecast for period up to 2031 is given.

**Keywords:** seismicity, earthquake, lunisolar cycles

**Шайдулла М.Р.**  
м.т.н., ассист. проф. ФОС МОК (КазГАСА)

## **ОПЫТ ОБСЛЕДОВАНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ 500 КВ ПРИ ДЕЙСТВИИ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК**

**Аннотация:** Приведены результаты натурного исследования всех деталей конструкции на всей протяжённой линии ВЛ 500К 5537 с выявленными дефектами, деформациями, коррозией, конструкции фундамента, несущие конструкции опор, анкерные болтовые соединения опор, крепления всех опор на линии, проверка координат и расстояния между опорами и техническая устойчивость всех конструкций, в том числе тросов, оттяжки и укрепления U-анкерные болты. Вместе с этим проведены расчеты по техническому состоянию конструкции в период осмотра объекта 500кВ-5537, который эксплуатировался 49 лет с 1973 г.

**Ключевые слова:** Высоковольтные линии передачи, конструкции опор, стальные конструкции, техническое состояние.

В Республике Казахстан функционирует системообразующие сети напряжением 1150, 500, 330, 220, 110, 35 и 6-10 кВ. Линии электропередачи и распределительные сети Казахстана разделены на 3 части: две на севере и одна на юге, каждая из которых соединена с какой-то внешней энергетической системой. Электроэнергия, которая вырабатывается в ГРЭС г. Аксу Павлодарской области Казахстана передается в Омскую область РФ на линию №5534 «ОМСК ЭНЕРГО», которая в дальнейшем закольцовывается с другими линиями энергосети с напряжением 1150 кВ Западной Сибири РФ. Общая протяженность электрической сети с напряжением 1150 кВ по территории Казахстана составляет 1,4 тыс км, что в настоящее время эксплуатируется на напряжении 500 кВ. Создание благоприятных условий по бесперебойному энергоснабжению промышленных и гражданских объектов является важнейшей задачей экономического развития сопредельных государств. В настоящее время многие высоковольтные энергетические сети, как Казахстана, так и Российской Федерации были возведены и эксплуатируются со времен советского периода. Общая протяженность линии №5534 составляет 242 км, где размещены 601 опор, в том числе 581 промежуточных, 12 анкерно-угловых, 6 специальных и 2 транспозиционных. Схемы некоторых типов опор представлены на рисунке 1. Следует отметить, что при проектировании и возведении конструкции ЛЭП предъявлялись к ним особые повышенные требования надежности. Эти требования накладывали свой отпечаток к учёту инженерно-геологических условий при выборе площадки для возведения каждой опоры, учете расчетных климатических условий региона, скорости

ветра, размеры гололедных отложений, интенсивности грозových, расчетные величины которых применялись в соответствии с действовавшими нормативными документами на период проектирования объекта или по результатам обработки имевшихся метеорологических данных. Расчет выполнен для типовых опор на оттяжках марок ПБ на неблагоприятные воздействия. В качестве расчетной модели приняты типовые опоры ПБ-3, и ПБ1-3 по альбому чертежей типового проекта [1]. Натяжение тросов оттяжек при нелинейной постановке задачи изменяется в зависимости от нагрузок. Натяжение с наветренной стороны оттяжек увеличивается при горизонтальном воздействии ветровой нагрузки. Ветровая и снеговая (гололедная) нагрузка приложена согласно [2] на воздействия порывистого ветра IV-го ветрового района.

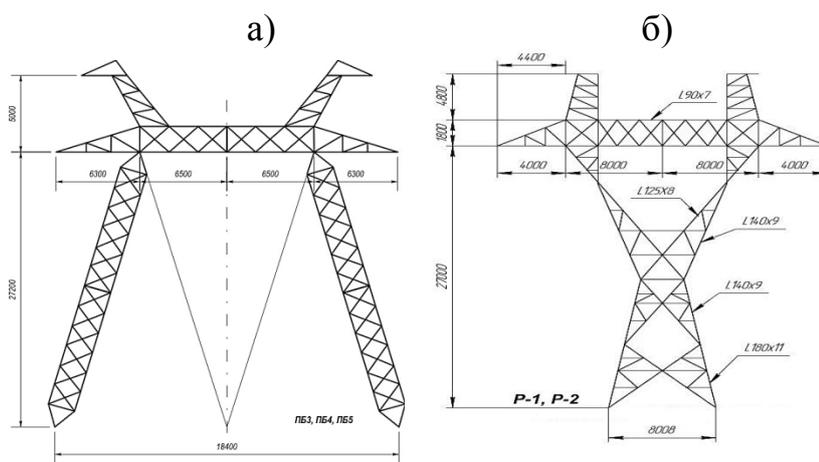


Рисунок 1 - Опоры воздушных линий электропередачи  
 а – промежуточная опора на оттяжках; б – анкерно-угловая опора

Расчеты пространственной рамы опор выполнялись на основное и особое сочетание нагрузок на ПК ЛИРА САПР с учетом действующих норм. Проведен нелинейный расчет конструкций промежуточных шарнирно опирающихся к железобетонным фундаментам стальных опор, траверсов и крепежных элементов. Сила натяжения каждой оттяжки, закрепленной анкерной петле фундамента, составляет до 5 т. (см. рисунки 2-5).

В последние годы для возведения ЛЭП ВЛ 500 кВ начали интенсивно применяться железобетонные опоры [3-7]. В то же время большинство существующих опор ВЛ 500 кВ были возведены в стальных конструкциях [7-9 и др.]. Многие металлические опоры ВЛ 500 кВ, возведенные десятки лет тому назад, не исчерпали своих эксплуатационных и несущих способностей. Опоры, которые находятся в удовлетворительном состоянии и дальше используются в производственных целях. В то же время производится усиление повреждённых элементов конструкции ВЛ. В данный период используются новые типы опор из стали повышенной прочности и атмосферостойкости [10-12]. К опорным компонентам относятся стойки, траверсы, тросостойки, пасынки, ригели, раскосы, бандажи, заземляющие устройства, оттяжки, металлические детали

крепления оттяжек, U-образные болты, анкерные плиты, анкерные фундаменты и сваи.

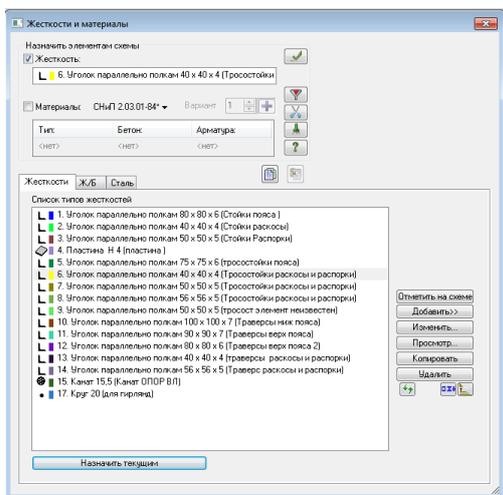


Рисунок 2- Жесткости материалов компонентов опор ЛЭП марки ПБ 1-3

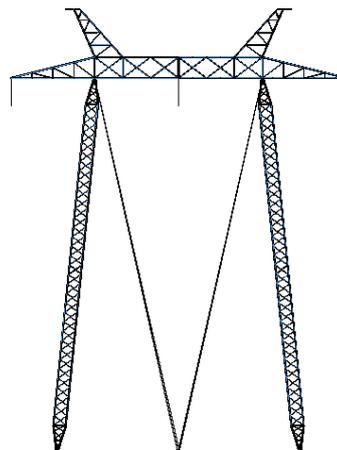


Рисунок 3- Расчетная схема опор ЛЭП марки ПБ 1-3

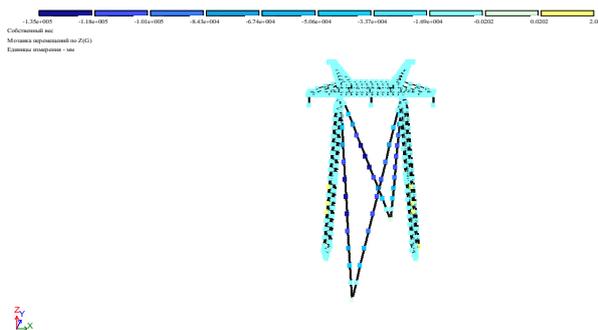


Рисунок 4- Изополя перемещений по Z от собственного веса

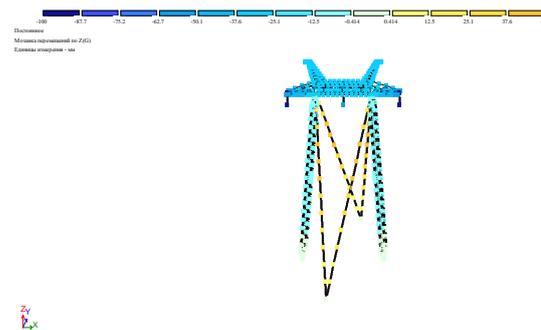


Рисунок 5- Изополя перемещений по Z от постоянной нагрузки

При инженерном обследовании металлических конструкций особое внимание уделялось на геометрические размеры основных профилей, коррозий конструкций и элементов, на отклонения опор ВЛ 500 кВ от вертикальных положений, определению сопротивления заземляющих элементов конструкций опор, проверке качества сварных и болтовых соединений. Проверка вертикальности и определение крена опор были произведены с использованием Тахеометра Leica TCR 407 с соблюдением действующих положений. Категория коррозии конструкций оценивалась в соответствии [13-16]. Инженерным обследованием опор ЛЭП установлено:

- геометрические размеры основных и соединительных элементов соответствовали проектным;
- сечения металлических профилей имели отклонение от проектных в среднем  $\pm 0,5$  мм;

- категория коррозии конструкций опор за прошедшие годы более чем за 40 лет эксплуатации начиная с 1973 года составила в среднем - С2. При этом измерение толщин профилей и сварных швов производилась с использованием ультразвукового толщиномера УТМ-МГ4, и ультразвуковым дефектоскопом УД2В-П45.Lite;

- из всех 601 опор ЛЭП только 2 опоры (№35 и №170) имели отклонения, незначительно превышающие (до 20%) предельно допустимого по вертикали, которые могут быть устранены в рабочем порядке.

- измеренные значения сопротивления заземляющих устройств колебались в интервале от 5 Ом (опора №57) до 7,45 Ом (опоры №461 и №591). Измерение сопротивления производилась измерителем сопротивления UNI-T UT521. На данном этапе рекомендуется замена заземляющих устройств. В дальнейшем предлагается замена всех заземляющих устройств в процессе реконструкции ЛЭП ВЛ 500 кВ № 5537.

Все изолирующие компоненты на каждой опоре – изолирующая подвеска, в котором относятся изоляторы, штыри, крюки, рога разрядные и искровые, арматура (сцепная поддерживающая, натяжная и защитная) – были по всей линии ЛЭП проверены. Не отмечено особых повреждений, мелкие повреждения по месту были устранены.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Типовой проект 3.407-106 Стальные опоры ВЛ 500кВ. ТОМ 2. Рабочие чертежи 1974г.
2. СН РК EN 1991-1-4:2005/2011 Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-4. Общие воздействия. Ветровые воздействия
3. Качановская Л.И., Романов П.И., Касаткин С.П., Рогачев М.Е. Современные железобетонные опоры увеличивают долговечность и сокращают стоимость ВЛ и ПС // ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение, 2020, № 1(58). С. 60–62.
4. Соловьев В.Я., Романов П.И., Качановская Л.И., Касаткин С.П., Сбойчакова Т.И. Долговечные железобетонные опоры из наномодифицированного бетона – будущее цифровых распределительных сетей // ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение, 2019, № 3(54). С. 58–60.
5. Качановская Л.И., Романов П.И., Касаткин С.П., Агапкин К.А. Свободностоящая железобетонная опора для ВЛ 750 кВ Ленинградская АЭС-2 - Ленинградская // ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение, 2019, № 6(57). С. 40-43.
6. Качановская Л.И., Калиновская И.Н., Романов П.И., Касаткин С.П., Сбойчакова Т.И. Новые железобетонные конструкции для выборочной замены опор магистральных линий электропередачи // ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение, 2020, № 3(60). С. 68-71.
7. Андриевский В.Н., Голованов А.Т., Зеличенко А.С. Эксплуатация воздушных линий электропередачи / М., Энергия, 1976, 616с.
8. Реута М.А., Рокотьян С.С. Справочник по проектированию линий электропередачи / М., Энергия, 1971, 288с.
9. Мельников Н.А., Рокотян С.С., Шеренцис А.Н. Проектирование электрической части воздушных линий электропередачи 330-500 кВ / М., Энергия, 1974, 472с.
10. Качановская Л.И., Касаткин С.П. Квадратный профиль – новые решения в проектировании решетчатых опор ВЛ // ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение, 2019, № 4(55). С. 76-81.
11. Качановская Л.И., Касаткин С.П., Сбойчакова Т.И. Основные направления в проектировании металлических опор воздушных линий из высокопрочных стальных уголков и квадратных труб // Энергетик, 2019, № 12. С.14-19.

12. Качановская Л.И., Касаткин С.П., Романов П.И. Свободностоящие порталные опоры для ВЛ 220, 330, 500 кВ – новый виток развития железобетонных конструкций // ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение, 2020, № 1(58). С.44-47.
13. СП РК 1.04-12-2012 «Правила оценки физического износа зданий и сооружений»
14. СНиП РК 5.04-23-2002 «Стальные конструкции. Нормы проектирования»
15. СН РК 2.01-01-2013 «Защита строительных конструкций от коррозии»
16. ГОСТ ISO 9223-2017. Коррозия металлов и сплавов. Коррозийная агрессивность атмосферы. Классификация, определение и оценка.

**Шайдулла М. Р**

**СТАТИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ДИНАМИКАЛЫҚ ЖҮКТЕМЕЛЕРДІҢ ӘСЕРІ  
КЕЗІНДЕ ҚОЛДАНЫСТАҒЫ 500 КВ ЖОҒАРЫ ВОЛЬТТЫ ЭЛЕКТР ТОКТАРЫН  
БЕРУ ЖЕЛІЛЕРІН ТЕКСЕРУ ТӘЖІРИБЕСІ**

**Аңдатпа:** Бұл жұмыста анықталған ақаулары, деформациялары, коррозиясы бар ЭЖ 500К 5537 барлық созылған желісіндегі конструкцияның барлық бөлшектерін, іргетастың конструкциясын, тіректердің тірек конструкцияларын, тіректердің анкерлік болтты қосылыстарын, желідегі барлық тіректердің бекітілуін, координаттарды және тіректер арасындағы қашықтықты тексеру және барлық конструкциялардың, оның ішінде арқандардың, тартулардың техникалық орнықтылығын заттай зерттеу жүргізілді және нығайту U-анкерлік болттар. Сонымен қатар, 500 кВ-5537 объектісін тексеру кезеңінде конструкциялардың техникалық жай-күйі бойынша есептеулер жүргізілді, ол 1973 жылдан бастап пайдалануға берілген күннен бастап 49 жыл бойы пайдаланылды.

**Түйін сөздер:** жоғары вольтты беріліс желілері, тірек конструкциялары, болат құрылыстар, техникалық жағдайы.

**Shaydulla M.R**

**EXPERIENCE OF INVESTIGATION OF EXISTING 500 KV HIGH VOLTAGE  
POWER LINES UNDER STATIC AND DYNAMIC LOADS**

**Abstract:** A full-scale study of all structural details on the entire extended line of VL 500K 5537 was carried out with identified defects, deformations, corrosion, foundation structures, supporting structures of supports, anchor bolted connections of supports, fastening of all supports on the line, checking the coordinates and distance between supports and technical stability of all structures, including cables, braces and strengthening U-anchor bolts. At the same time, calculations were made on the technical condition of the structure during the inspection of the 500kV-5537 facility, which was in operation for 49 years from the date of its commissioning since 1973.

**Key words:** High-voltage transmission lines, pole structures, steel structures, technical condition.

УДК 550.34

**Курилова О.К.**

СНС, магистрант, ТОО «Институт сейсмологии» МЧС РК,

**ЦИФРОВАЯ КАРТА ТЕКТОНИЧЕСКИХ РАЗЛОМОВ  
АЛМАТИНСКОГО СЕЙСМОАКТИВНОГО РАЙОНА**

**Аннотация.** Анализ геолого-тектонического строения и картирование тектонических разломов земной коры, является одной из главных задач геологии и геофизики сейсмоактивных районов. В связи с этим существует потребность в картах и атрибутивных базах данных разломов, выполненных в цифровом виде и удобных для интеграции в различных областях. Разработанная цифровая карта разломов и сопутствующая атрибутивная база, могут использоваться, как тектоническая основа для обобщения геологических, геофизических, гидрогеологических данных в целях прогнозирования опасных эндогенных геологических процессов, прежде всего, сейсмических. Преимуществом данной цифровой карты является комплексная основа, объединяющая большое количество данных в единый формат.

**Ключевые слова:** атрибутивная база данных, тектоника, разлом.

В рамках научно-исследовательской работы по теме ПЦФ: «Комплексные исследования сейсмоопасных районов юго-востока Казахстана и разработка основы системы раннего предупреждения о сильных землетрясениях», создана цифровая карта глубинных разломов Алматинского сейсмоактивного района. В качестве первого этапа исследований при разработке цифровой карты и атрибутивной базы данных Алматинского сейсмоактивного района использована карта сейсмического микрорайонирования г. Алматы, разработанная в Институте сейсмологии совместно с ТОО «КазГИИЗ» в 2014-2017 годах. Объектом изучения стала площадь в рамках трапеции между долготами  $76^{\circ}30'$  -  $78^{\circ}00'$  и широтами  $42^{\circ}40'$  и  $44^{\circ}30'$  и составила  $25\ 336\ \text{км}^2$ .

Цифровая карта организована в системе координат проекции Гаусса-Крюгера, единицы измерения – метры, что позволило делать автоматически расчет географических характеристик разлома: координат объекта, длины, азимута простираения.

Сведения о разломах различны по объему и характеристикам, с повторяющимися или неполными данными. Отбор достоверной информации по объектам совершался путем накопления как картографического материала, так и различных отчетных данных.

Методика позволила обобщить объемный и детальный материал многих ученых [1-3,5] в формат, который будет удобным для сопоставления с другими материалами и пригодным для всестороннего анализа. На данной карте представлены 5 геоинформационных слоев (рисунок 1):

- 1) неотектонические разломы, выраженные на поверхности; разломы, смещающие отложения альпийского структурного этажа;
- 2) неотектонические разломы, погребенные под осадочным чехлом; разломы, выделенные по структурным уступам изобат кровли консолидированного фундамента и данным бурения;
- 3) разломы, выраженные на поверхности, неотектоническая активность которых требует уточнения (палеоразломы);
- 4) разломы, скрытые под осадочным чехлом, неотектоническая активность которых требует уточнения (подчехольные палеоразломы);

5) надвиги.

Современные ГИС-системы баз данных представляют удобную форму для работы и интерпретации в последующем. При накоплении новых сведений и материалов база данных может непрерывно уточняться и обновляться, интерпретируя материалы по заданной модели [2]. Данные о каждом объекте составляют отдельный блок таблицы, сегментарно состоящую из значений характеристик и строк с координатами узлов линии разлома.

Обработанная информация предоставляется в виде цифровой карты с дополнительной детализацией в форме текстов и таблиц или традиционной карты на бумажном носителе.

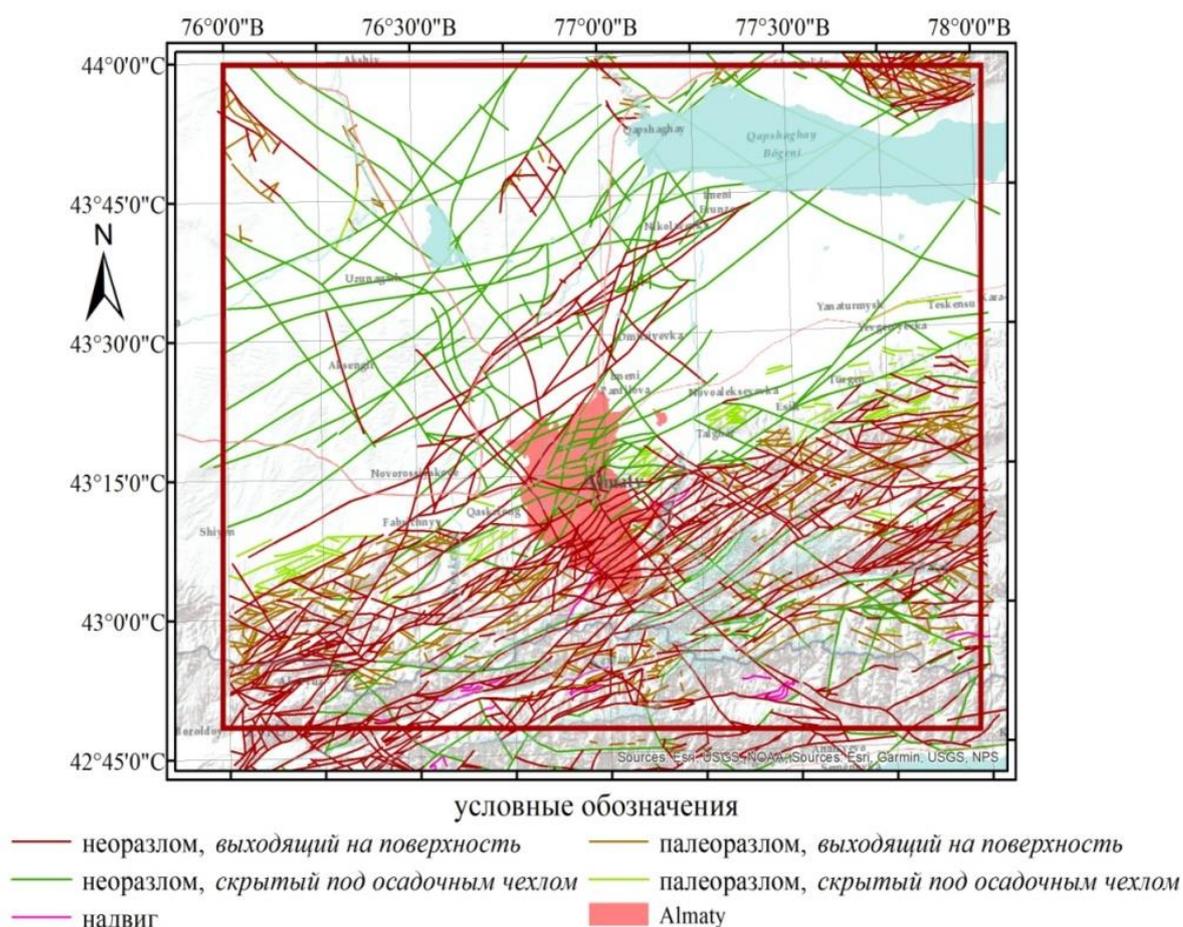


Рисунок 1 – Цифровая карта тектонических разломов Алматинского сейсмоактивного района

Представленная цифровая карта и сопутствующая атрибутивная база данных в последующем могут быть использованы как основа подтверждения изученности тектоники и геологии района. Таким образом обобщение фондовых, бумажных и других носителей является важным аспектом для детальной проработки всех имеющихся материалов. Безусловным преимуществом цифровых карт является возможность дополнения новой информации по выбранным критериям и расширения рамок проекта при накоплении новых данных [2].

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Геология СССР. Том XL. Южный Казахстан. Геологическое описание, книга 2 / Ред. Ш. Е. Есенов. – М., 1971. – 288 с.
- 2 Ержанов Ж. С., Курскеев А. К., Тимуш А. В., Чабдаров Н. М. Земная кора сейсмоактивных районов Казахстана. – Алма-Ата, 1982. – 232 с.
- 3 Курскеев А. К., Тимуш А. В., Шапилов В. И., Сыдыков А., Горбунов П. Н., Садыкова А. Б. Сейсмическое районирование Республики Казахстан – Алматы: Эверо, 2000. – 220 с.
- 4 Лунина О.В., Гладков А.С., Шерстянкин П.П.. Новая электронная карта активных разломов юга Восточной Сибири 2010 г. / Доклады Академии Наук, 2010, том 433, № 5, С. 1-6.
- 5 Тимуш А.В. Сейсмотектоника литосферы Казахстана.–Алматы: LuxeMediaGroup, 2011.–590 с.

**Курилова О.К.**

### АЛМАТЫ СЕЙСМОБЕЛСЕНДІ АУДАНЫНЫҢ ТЕКТНИКАЛЫҚ ЖАРЫЛЫСТАРДЫҢ САНДЫҚ КАРТАСЫ

**Аңдатпа:** Геологиялық-тектоникалық құрылымды талдау және жер қыртысының тектоникалық сынықтарын картаға түсіру сейсмикалық белсенді аудандардың геологиясы мен геофизикасының басты міндеттерінің бірі болып табылады. Осыған байланысты цифрлық түрде жасалған және әртүрлі салаларда біріктіруге ыңғайлы карталар мен атрибутивті ақаулық туралы мәліметтер базасы қажет. Қауіпті эндогендік геологиялық процестерді, ең алдымен сейсмикалық процестерді болжау мақсатында геологиялық, геофизикалық, гидрогеологиялық деректерді жалпылау үшін тектоникалық негіз ретінде әзірленген ақаулардың сандық картасы мен ілеспе атрибутивтік база пайдаланылуы мүмкін. Бұл цифрлық картаның артықшылығы деректердің үлкен көлемін бірыңғай форматқа біріктіретін кешенді негіз болып табылады.

**Түйін сөздер:** атрибутивті мәліметтер базасы, тектоника, жарылым.

**Kurilova O.K.**

### DIGITAL MAP OF TECTONIC FAULTS OF THE ALMATY SEISMOACTIVE REGION

**Abstract.** Analysis of the geological and tectonic structure and mapping of tectonic faults of the Earth's crust is one of the main tasks of geology and geophysics of seismically active areas. In this regard, there is a need for maps and attribute databases of faults made in digital form and convenient for integration in various fields. The developed digital fault map and the accompanying attributive base can be used as a tectonic basis for generalizing geological, geophysical, hydrogeological data in order to predict dangerous endogenous geological processes, primarily seismic. The advantage of this digital card is a comprehensive framework that combines a large amount of data into a single format.

**Keywords:** attribute database, tectonics, fault.

УДК 550.343.64+ 591.51

**Серазетдинова Б.З.,** главный научный сотрудник  
ТОО «Институт сейсмологии» МЧС РК;  
**Суровцева Н.В.,** и.о. заведующей лаборатории  
ТОО «Институт сейсмологии» МЧС РК

## ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ КОЖИ В БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ТОЧКАХ НОРНЫХ ЖИВОТНЫХ НА АЛМАТИНСКОМ ПРОГНОСТИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ

**Аннотация:** В работе представлены исследования вариаций электрической активности кожи норных кроликов в биологически активных точках (БАТ), аномалий параметра накануне землетрясений.

**Ключевые слова:** сейсмобиомониторинг, поведение животных, вариации электрического сопротивления БАТ кожи норных животных, аномальные параметры, биопредвестники.

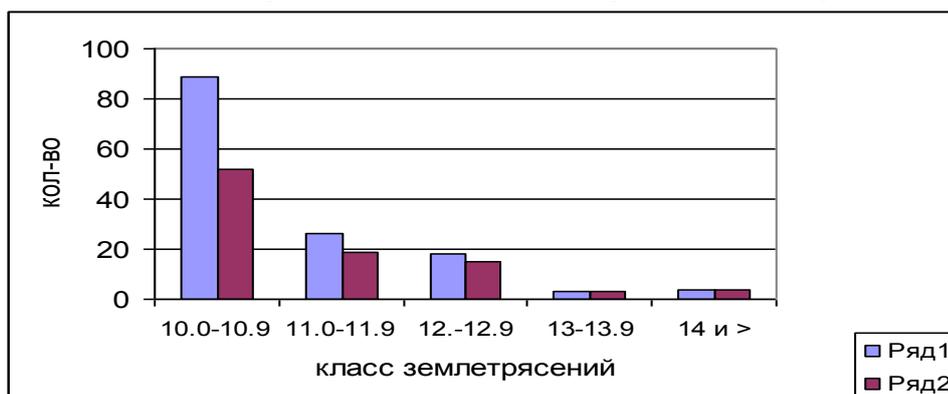
На территории Казахстана наиболее сейсмическую активность проявляет земная кора Северного Тянь-Шаня, у подножья которого находится город Алматы. Как известно, здесь в 19-20 веках происходили сильные и разрушительные землетрясения. В целях обеспечения сейсмической безопасности от их последствий создана наземно - космическая система мониторинга современных геодинамических и сейсмических процессов. В состав такой системы включены сейсмобиологические наблюдения. Пункты наблюдения за поведением разнообразных животных (биостационары) совмещены с пунктами геофизических, геохимических, геодезических и других методов. Установлено, что на поведение животных большое влияние оказывают вземные факторы. Разработаны методы классификации наблюдаемой суммарной информации на «полезные или бесполезные» с точки зрения прогноза землетрясения. В связи с этим, на первый план выходит поиск перспективных прогностических параметров. Для целей краткосрочного прогноза используются данные о вариации различных полей: геофизических, деформационных, гидрогеодинамических, гидрогеохимических, космогенных, сейсмобиологических. Особое место занимает «Сейсмобиология», изучающая воздействие процессов подготовки землетрясений на биообъекты и их нетипичное (аномальное) поведение. Опыт прошлых землетрясений показал, что одним из сейсмочувствительных видов являются норные животные (крысы, мыши, сурки, дикобразы, кролики), аномальное поведение которых перед сильными землетрясениями было замечено людьми. Так, например, незадолго перед сильнейшим Гоби-Алтайским ( $M=8,6$ ) землетрясением 1957 года было замечено массовое бегство из нор грызунов. В 1978 году в Казахстане в поселке Джаланаш ( $M=7,1$ ) за несколько дней до землетрясения сурки покинули свои норы, не прячась от людей [1]. Таких примеров можно привести множество. Аномальное поведение норных животных может быть вызвано рядом факторов, среди которых отмечены:

- микросейсмическая активность и повышенный сейсмический шум земной коры;
- деформация земной коры;
- изменение давления воздуха;
- изменение и колебание уровня грунтовых вод;
- инфра- и ультразвуки и т.д.

В работах [2,3] были отмечены корреляция ритмов геофизических и биологических процессов, что послужило основанием для предположения о существовании единой колебательной структуры этих процессов. Для проведения исследований разработана методика аппаратной регистрации электрических параметров кожи наружной ушной раковины кроликов в биологически активных точках (БАТ) на основе Чжень-Чжу [2]. Данная методика позволяет получить вариации их численных значений параметра, которые могут быть не только индикатором состояния организма, но и отражать воздействие внешних факторов - геогенных и космогенных. Кожа, являясь барьером между внешней и внутренней средой организма, отражает изменения физиологического состояния под влиянием факторов окружающей среды. Изучение проводимости электрического сопротивления в БАТ ушной раковины кроликов даёт возможность оценить физиологическое состояние живого организма

в норме и при воздействии неадекватных факторов среды, например в период подготовки землетрясения [4]. Исследования проводятся на кроликах породы «Шиншилла», обитающих в норах в зоне сейсмического риска с оценкой сейсмичности 9 баллов.

Для выявления аномальных вариаций электрического сопротивления (ЭС) кожи в биологически активных точках (БАТ) ряды наблюдений за период 2009-2019гг., подвергли статистической обработке. Находили среднее квадратичное отклонение ( $\sigma$ ). Вариации, выходящие за пределы доверительного интервала  $2\sigma$ , считаются аномальными. Они выявлялись накануне землетрясений ( $14 \geq K \geq 10$ ). Количество землетрясений, зарегистрированных за исследуемый период и количество событий, накануне которых отмечены аномалии у животных, приведены на рисунке 1. Видно, что основную долю составили землетрясения с классом 10-10,9. Землетрясения с  $K=13-14$  происходили довольно редко. Так, землетрясение, произошедшее 28.01.2013 г. ( $42^{\circ} 31'$ ;  $79^{\circ} 40'$ ) с энергетическим классом  $K = 14.7$  и эпицентральной расстоянием 237 км, вызвало появление аномалий в вариациях электрических параметров кожи ушной раковины клеточных и норных кроликов за 20 дней до начала сейсмического события ( $\sigma$  достигало 4.5). В день землетрясения и спустя 2 дня показатель оставался высоким, затем он снизился. Аналогичные изменения в электрических параметрах наблюдались и у клеточных животных (рисунок 2). В тоже время, изменения электрического сопротивления БАТ могут наблюдаться и на сейсмические события с  $K \leq 10$ . На рисунке 3 представлены вариации среднеквадратического отклонения электропроводимости БАТ кожи кроликов клеточного содержания за ноябрь 2014 года.



Ряд 1 – общее количество землетрясений;

Ряд 2 - количество землетрясений, предварявшихся аномалиями в поведении животных

Рисунок 1 – Распределение сейсмических событий по энергетическим классам

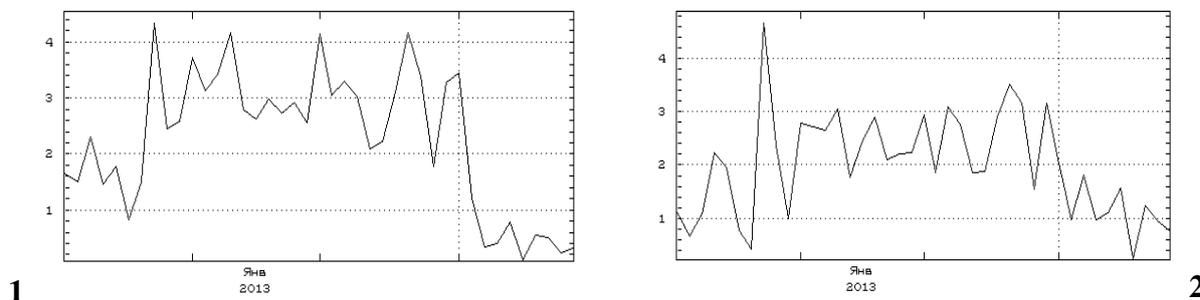


Рисунок 2 – Вариации  $\sigma$  электрических параметров БАТ для норных (1) и клеточных (2) кроликов накануне землетрясения 28.01.2013г. ( $M=6.6$   $R=237$  км)

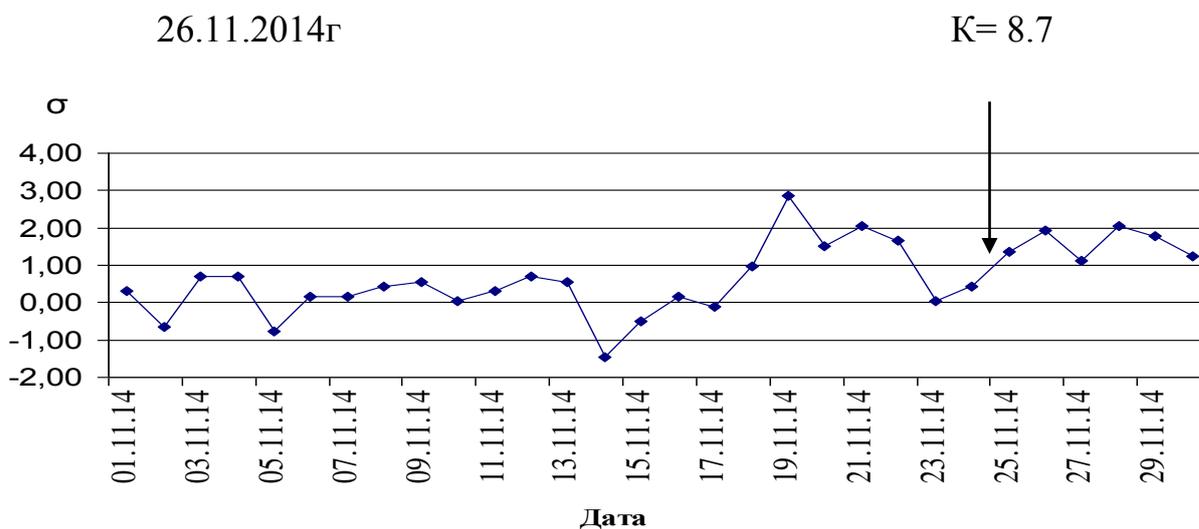


Рисунок 3 - Вариации среднеквадратического отклонения электропроводности БАТ кожи клеточных кроликов за ноябрь 2014 года

Из рисунка 3 видно, что в вариациях присутствуют максимум (19.11.2014г.), превышающий фоновой порог  $2\sigma$ . Значения  $\sigma$  достигли 3,1 и были связаны с ощутимым землетрясением в г. Алматы (2 -3 балла). Аномалия вариаций ЭС БАТ отмечена за неделю до ощутимого сейсмического события с  $K=8.7$  (26.11.2014г.). Надо отметить, что реакция кроликов клеточного содержания чаще более выражена по сравнению с реакцией норных кроликов. Возможно, такая чувствительность животных клеточной формы содержания вызвана состоянием гиподинамии. Анализ колебания электрического сопротивления БАТ показал неустойчивость фоновых показателей к внешним факторам в вариациях активности этих животных. Потеря устойчивости фоновых показателей (порог  $2\sigma$ ) приводит, как правило, к изменениям адаптационных процессов в вариациях различной активности животных в сейсмически уязвимой зоне, которые в процессе подготовки землетрясений рассматриваются как предвестниковые.

Как было показано ранее при землетрясениях с  $K \geq 10,0$  значения  $\sigma$  значительно превышали фоновый порог (таблица 1).

Из таблицы видно, что критерий  $\sigma$  накануне ощутимых землетрясений с  $K=10 \leq 13$  варьирует в пределах 2,1-3,17; причём близкие землетрясения с  $K \leq 10$  привели к изменению амплитуды электрических параметров кожи кроликов со значением  $\sigma$  от 2,2 до 3,66. Таким образом, детальный анализ данных позволяет выявить зависимость от энергетического класса землетрясения и расстояния до эпицентра, а также разработать критерии оценки поведения животных, отражающие аномальные вариации накануне землетрясений. Большинство аномалий в поведении биологических объектов отмечается в последние дни и часы перед сейсмическим событием.

Таблица 1 - Прогностические критерии параметра  $\sigma$  электрического сопротивления (ЭС) БАТ за 2014-2019 гг

Вариации ЭС БАТ и сейсмичность				
Параметры сейсмичности				Вариации $\sigma$ ЭС БАТ, предварявшие сейсмические события
Дата землетрясения	Энергетический класс (К)	Расстояние от Алматы (км) и направление	Сведения об оцутимости, интенсивности (баллы по шкале MSK-64)	
15.08.2014г	12.1	42 на в	г.Алматы – 4-5 балла	2,1-2,8
26.11.2014г.	8,7	13 на с	г.Алматы – 2-3 балла	2,3-3,1
04.12.2014г	10.3	31 на ю-в	г.Алматы – 2-3 балла	2,1-2,3
15.03.2015г	11.9	22 на ю	г.Алматы – 4-5 балла	2,2-2,5
07.07.2015г	9.7	66 на в	г.Тургень– 2 балла	2,1-2,6
08.07.2015г	8.5	77 на с	г.Капчагай– 2 балла	2,16-2,6
12.07.2016г	11.2	50 на ю-в	г.Алматы- 2 балла	2,11-2,45
03.06.2017г	6.5	8 на с	г.Алматы – 2 балла	2,1-2,67
25.06.2017г	10.1	75 на с	г.Капшагай – 3 балла	2,1-2,45
05.07.2017г	10.9	63 на ю	г.Алматы – 2-3 балла	2,11-2,55
10.01.2018г	9.3	28 на в	г.Талгар – 2 балла	2,2-2,5
29.01.2018г	10.2	54 на в	г. Алматы, г.Тургень – 2 балла	2,2-2.64
02.02.2018г	8.8	5 на з	г. Алматы– 2-3 балла	2,5-3,17
15.02.2018г	7.4	3 на с	г. Алматы– 2 балла	2,3-2,52
26.03.2018г	12.0	67 на с-з	г. Алматы– 3-4 балла	2,32-2,52
08.04.2018г	10.2	117 на в	п.Саты– 3 балла	2,52-2,71
26.07.2018г	11.6	111 на с-в	гг.Талды-Корган,Талгар-3балла, Алматы-2-3 балла	2,44-2,46
18.08.2019г	9.8	93 на с-в	г.Капшагай 2-3балла	2,32-2,45
02.09.2019г	8.7	5 на в от ЦСС	г.Алматы 2-3балла	2,33-3.36
07.09.2019г	9.2	16 от ЦСС	г.Алматы 2-3балла	2,34-3,66

Таким образом, результаты исследования активности животных инструментальными методами в режиме сейсмобиомониторинга показали высокую чувствительность используемых технологий, что может послужить одним из объективных критериев оценки сейсмической уязвимости региона на основе комплексного подхода к краткосрочному прогнозу сильных землетрясений [5] .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мариковский П.И. Животные предсказывают землетрясения. Алма-Ата. Издание «Наука», 1985, стр.143-144
2. Серазетдинова Б.З. Сейсмобиология: теория, методы, практика прогноза землетрясений. Эверо, 2007, стр. 296.
3. Курскеев А.К., Абаканов Т.Д., Серазетдинова Б.З. Землетрясения : происхождение и прогнозирование. Алматы, 2012, стр. 314.
4. Серазетдинова Б.З. Сейсмобиология: теория, методы, практика прогноза землетрясений. Эверо,2007,стр.88-89.
5. Серазетдинова Б.З., Адильгиреева С.Х., Арифулова И.И., Шимов С.В. Исследование активности животных на основе инструментальных методов регистрации в сейсмически уязвимом регионе Казахстана // 5-я международная конференция «Сейсмичность, прогноз землетрясений, сейсмостойкое строительство». Азербайджан, Баку, 7-12 октября 2012, стр. 372-380

Серазетдинова Б.З., Суровцева Н.В.

## АЛМАТЫ БОЛЖАУ ПОЛИГОНЫНДАҒЫ ҮҢГІР ЖАНУАРЛАРЫНЫҢ ТЕРІСІНДЕГІ БИОЛОГИЯЛЫҚ АКТИВТІ НҮКТЕЛЕРІНІҢ ЭЛЕКТР КЕДЕРГІСІН ЗЕРТТЕУ

**Аңдатпа:** Бұл жұмыста жер сілкіністері қарсаңындағы аномалия параметрлердің биологиялық белсенді нүктелердегі (БАН) қоян терісінің электрлік активті вариациялары зерттеу ұсынылған.

**Түйін сөздер:** сейсмикалық биомониторинг, жануарлардың мінез-құлқы, электр кедергісі, қаракүзен (қазатын) жануарлардың терісіндегі БАН электр кедергісінің вариациялары, аномальді параметрлер, биожаршылар.

Serazetdinova B.Z., Surovtseva N.V.

## ANLYSIS OF ELECTRIC RESISTANCE OF THE SKIN ON BIOLOGICALLY ACTIVE POINTS OF BURROWING ANIMALS ALMATY PROGNOSTIC PROVING- GROUND

**Abstract.** In this paper revealed research of electric activity of rabbit's skin in biologically active points (BAPs) and anomaly of parameters the day before earthquake.

**Key words:** seismobiomonitoring, animal behavior, electric resistance variations of BAPs of animal skin, abnormal parameters, bioforerunner.

УДК 550.343.64+591.51

Суровцева Н.В<sup>1</sup>, Арифұлова И.И., Нью В.А.,  
<sup>1</sup>и.о. заведующей лаборатории,  
ТОО «Институт сейсмологии» МЧС РК

## ИЗУЧЕНИЕ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ПТИЦ И РЕПТИЛИЙ В ЗОНЕ СЕЙМИЧЕСКОГО РИСКА Г. АЛМАТЫ

**Аннотация.** Представлены результаты исследований двигательной активности птиц (волнистые попугайчики) и рептилий (восточный удавчик) за трехлетний период. Выявлены фоновые и аномальные вариации активности. Проведен анализ зависимости аномальной двигательной активности животных от атмосферных, геомагнитных факторов и сейсмических событий.

**Ключевые слова:** сейсмобиомониторинг, поведение животных, двигательная активность, вариации активности, аномальные вариации, птицы, рептилии.

Выбор объектов для сейсмобиомониторинга обусловлен высокой чувствительностью отдельных групп животных к воздействию природных факторов. Птицы известны своей чувствительностью к магнитным потокам Земли [1]. Рептилии, в свою очередь, обладают уникальными структурами, механорецепторами, способными воспринимать колебания субстрата и

реагирующими на градиент давления [2], чем объясняется их высокая сейсмочувствительность и проявление ранних предвестниковых реакций накануне сильных землетрясений. Особенности физиологии птиц и рептилий делают их очень удобными и перспективными объектами исследований в области сейсмобиологии. Анализ литературы показал, что более чем в 25-ти % случаев среди животных, ощущающих приближение землетрясений, были рептилии, а в 50-ти % случаев – птицы [3].

В работе представлен анализ двигательной активности птиц (волнистые попугайчики *Melopsittacus undulatus* (Shaw, 1805)) и рептилий (восточный удавчик *Eryx tataricus* (Lichtenstein, 1823)), содержащихся на одном из биологических стационаров Алматинского прогностического полигона, расположенном в черте г. Алматы.

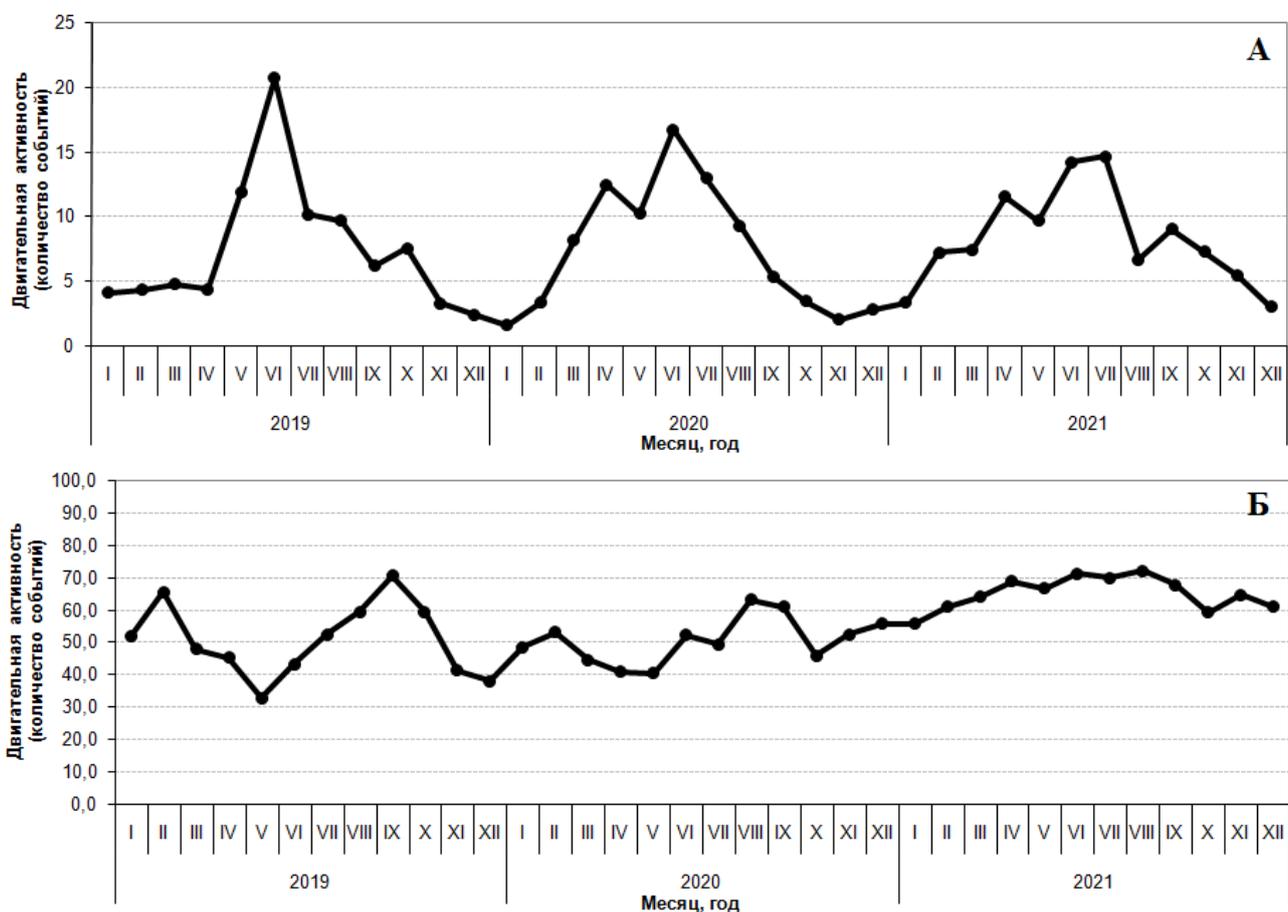


Рисунок 1 – Вариации двигательной активности рептилий (А) и птиц (Б) за трехлетний период (2019-2021 гг.) по среднемесячным данным

Основой наблюдения за поведением животных в зоне сейсмической уязвимости являются изучение вариаций двигательной активности (суточных и сезонных). Для регистрации двигательной активности птиц использовался специальный прибор с механическим контактным датчиком, фиксирующим количество присаживаний птиц на жердочку [3]. Регистрация двигательной активности змей в условиях террариума осуществлялась бесконтактным способом с использованием фотодатчиков, фиксирующих число проходов

животных в различные отсеки террариума и время перемещения пресмыкающегося [3].

Информативными параметрами как для птиц, так и для рептилий являлись изменение амплитуды вариаций двигательной активности, рассогласование и инверсия суточного ритма. В этой связи, в основе исследований двигательной активности лежит изучение фоновой активности наблюдаемых групп животных, выделение аномальных вариаций, определение корреляционных связей между активностью животных и воздействием метеогеофизических полей.

Анализ двигательной активности исследуемых животных за трехлетний период (2019-2021 гг.) показал четкие сезонные ритмы у восточного удавчика (рисунок 1А), что соответствует физиологическим особенностям данного вида. Восточный удавчик – среднеазиатский вид, характеризующийся ярко выраженной сезонной активностью: активен с марта по ноябрь, пики активности, в зависимости от региона, приходятся на наиболее теплые месяцы года [4]. Анализ двигательной активности птиц показал, что сезонные ритмы у волнистых попугайчиков практически не выражены (рисунок 1Б), что также обусловлено особенностями биологии вида и соответствует литературным данным [5].

Для выявления связей между активностью животных и воздействием атмосферных факторов одновременно с регистрацией двигательной активности на биостанционе проводилось измерение атмосферных параметров (температуры воздуха и атмосферного давления). Данные о геомагнитных изменениях в магнитосфере Земли были получены с сайта «Тесис» [6]. Данные о солнечной активности (числа Вольфа) были получены с сайта Кисловодской Горной астрономической станции [7].

Анализ корреляционных факторов показал, что корреляционные связи между исследуемыми параметрами либо умеренны, либо низки (рисунок 2). Отсутствие явной числовой зависимости зачастую было обусловлено тем фактом, что реакция животных на изменения внешних факторов (такие, как перепады значений атмосферных параметров, геомагнитные аномалии), часто носит предвестниковый характер и начинает проявляться за один-два дня до изменений.

Для выделения аномальных вариаций двигательной активности животных проводился расчёт значений среднего квадратичного отклонения ( $\sigma$ ) для среднесуточных данных. Выявлялись аномалии, превышающие пороги  $2\sigma$  – отклонения от фонового уровня и  $3\sigma$  – критический уровень, отражающий аномалии предвестникового характера [8].

Анализ расчетных показателей выявил 56 аномальных вариаций двигательной активности рептилий и 40 аномальных вариаций двигательной активности птиц. Как видно из таблицы 1 и рисунка 3 наибольшее влияние на поведение животных оказывали атмосферные факторы (такие как, перепады или резкие изменения температуры воздуха и атмосферного давления) и изменения в магнитосфере Земли (магнитные возмущения и магнитные бури), а

также совокупность различных факторов. Биологические факторы, связанные с питанием, размножением и т.д., при достаточно квалифицированном уровне содержания не оказывают большого влияния на активность животных либо взаимодействуют с другими факторами.

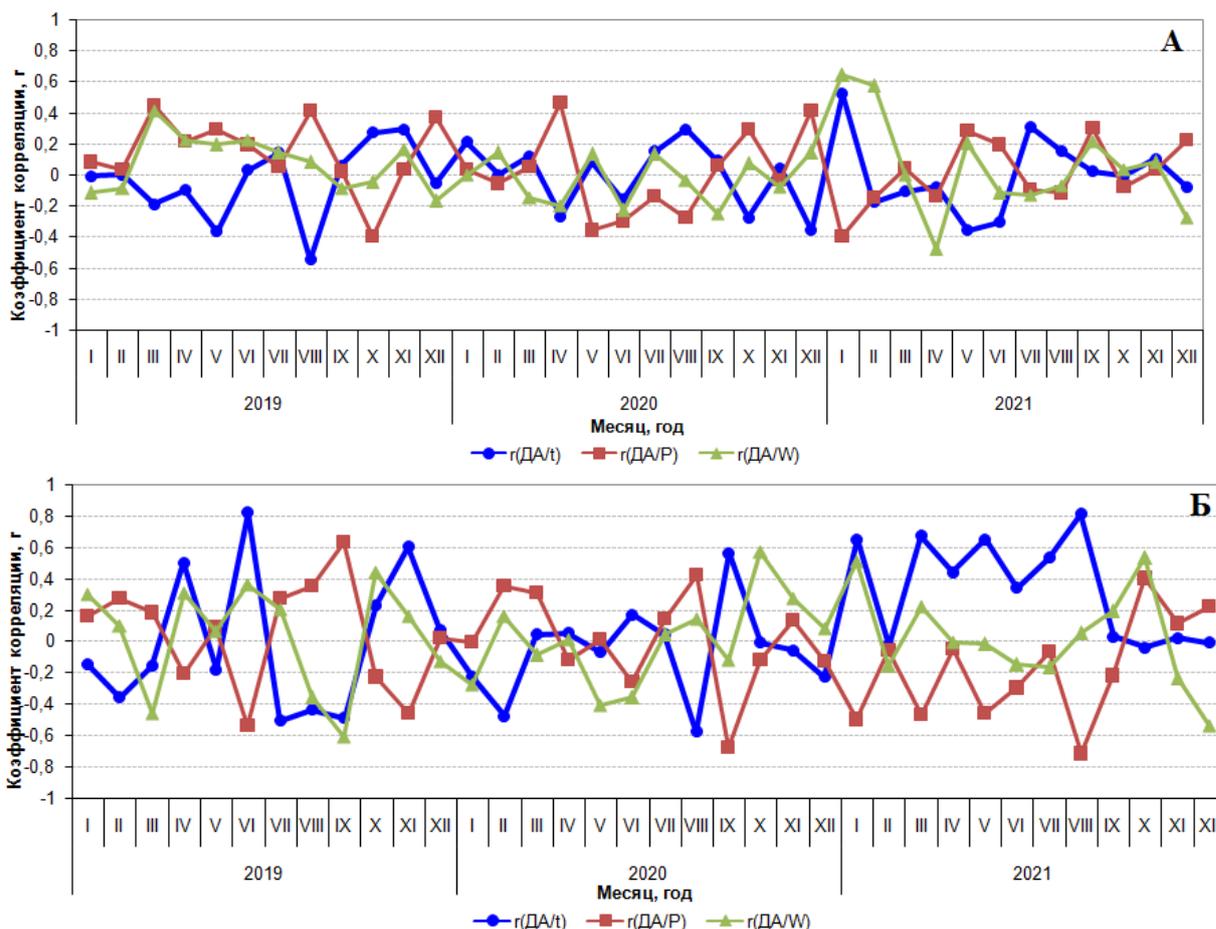


Рисунок 2 – Коэффициенты корреляции (r) между двигательной активностью (ДА) рептилий (А) и птиц (Б), атмосферным давлением (Р), температурой воздуха (t) и солнечной активностью (W) за 2019-2021 гг

Таблица 1 – Факторы, оказывающие влияние на формирование аномальных вариаций двигательной активности птиц и рептилий за трехлетний (2019-2021 гг.) период

Факторы	Восточный удавчик	Волнистые попугайчики
	%	%
атмосферные	57,1	45
магнитные	8,9	22,5
биологические	7,1	0
сейсмические	5,4	2,5
совокупность факторов	8,9	12,5
неясной природы	12,5	17,5

Наблюдения за двигательной активностью птиц и рептилий, содержащихся на биологическом стационаре г. Алматы позволили выявить аномальную двигательную активность животных перед рядом сейсмических событий: 1) сейсмическое событие 09.10.2019 г. ( $K = 12,0$ ,  $M_{pv} = 5,5$ ); 2) сейсмическое событие 25.04.2020 г. ( $K = 11,5$ ,  $M_{pv} = 4,5$ ); 3) сейсмическое событие 01.07.2021 г. ( $K = 9,2$ ,  $M_{pv} = 4,1$ ).

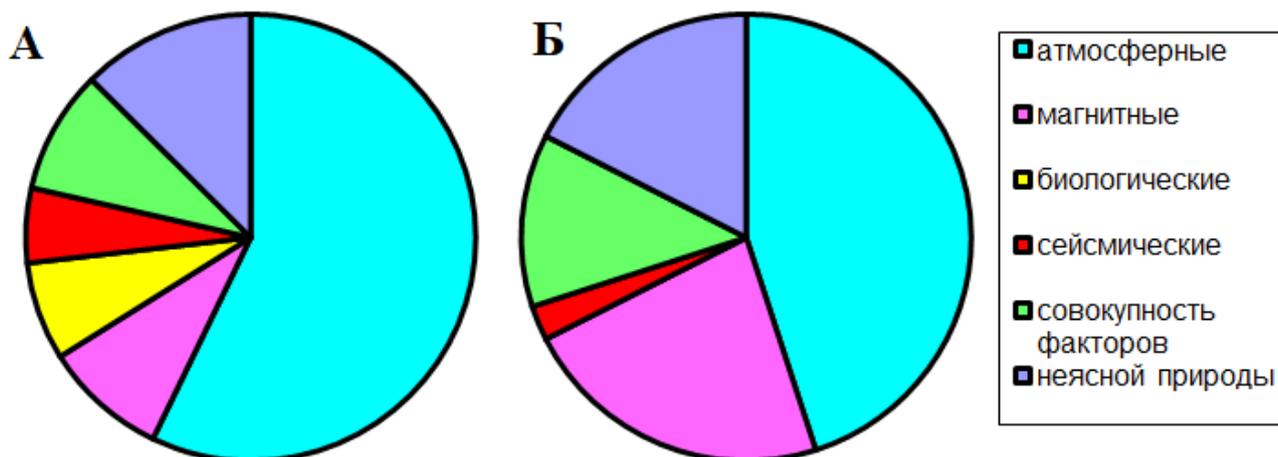


Рисунок 3 – Соотношение факторов, влияющих на двигательную активность рептилий (А) и птиц (Б) в 2019-2021 гг

Таким образом, изучение двигательной активности животных позволило выявить фоновые и аномальные вариации активности. Аномальные вариации, как правило, являлись следствием влияния внешних факторов. Данный метод показал свою эффективность в плане выявления предвестниковой аномальной активности в связи с сейсмическими событиями.

### Литература

1. Акимущкин И.И. Причуды природы. М.: Мысль. 1981. 208 с.
2. Кишкинёв Д. А., Чернецов Н. С. Магниторецепторные системы у птиц: обзор современных исследований // Журнал общей биологии, 2014. Т. 75, №2. С. 104–123.
3. Серазетдинова Б.З. Сейсмобиология: теория, методы, практика прогноза землетрясений – Алматы: «Эверо». 2012. 364 с.
4. <http://ecosystema.ru/08nature/rept/111.htm>
5. Иерусалимский И. Попугаи и певчие птицы: виды, содержание, обучение. Ростов-на-Дону: Владис. 2001. 320 с
6. <https://tesis.xras.ru/>
7. <http://old.solarstation.ru>
8. Серазетдинова Б.З., Адильгиреева С.Х., Арифурова И.И., Шимов С.В. Исследование активности животных на основе инструментальных методов регистрации в сейсмически уязвимом регионе Казахстана // Тез. докл. 5-й международной конференции «Сейсмичность, прогноз землетрясений, сейсмостойкое строительство». Азербайджан, Баку, 7-12 октября 2012. С. 372-380.

Суровцева Н.В., Арифүлова И.И., Нью В.А

## АЛМАТЫ СЕЙСМИКАЛЫҚ ҚАУІПТІ АЙМАҒЫНДАҒЫ ҚҰСТАРДЫҢ ЖӘНЕ БАУЫРЫМЕН ЖОРҒАЛАУШЫЛАРДЫҢ БЕЛСЕНДІ ҚОЗҒАЛЫСТАРЫН ЗЕРТТЕУ

**Аңдатпа:** Бұл жұмыста үш жылдық кезеңдегі құстардың қозғалыс белсенділігін (толқынды тотықұстар) және бауырымен жорғалаушылар (шығыс айдайһаршықтар) зерттеу нәтижелері келтірілген. Фондық және аномальды активті вариациялар анықталған. Жануарлардың аномальды қозғалыс белсенділігінің атмосфералық, геомагниттік факторларға және сейсмикалық құбылыстарға тәуелділігіне талдау жасалды.

**Түйін сөздер:** сейсмикалық биомониторинг, жануарлардың мінез-құлқы, қозғалыс белсенділігі, белсенділік вариациялар, аномалді вариациялар, құстар, бауырымен жорғалаушылар.

Surovtseva N.V., Arifulova I.I, Nyu V.A.

## STUDYING OF THE BIRDS AND REPTILES MOTIONAL ACTIVITY IN THE SEISMIC RISK ZONE OF ALMATY CITY

**Abstract.** The paper presents the results of studies of the motional activity of birds (Budgerigar) and reptiles (Tartar Sand Boa) over a three-year period. Background and abnormal activity variations were identified. An analysis of the dependence of anomalous motor activity of animals on atmospheric, geomagnetic factors and seismic events was carried out. An analysis of the dependence of abnormal animals motional activity on atmospheric, geomagnetic factors and seismic events was carried out.

**Keywords:** seismobiomonitoring, animal behavior, motional activity, activity variations, abnormal variations

УДК550.834(574)

Степаненко Н.П., Кайдаш Т.М., Курилова О.К., Еркинова А.Б  
к.т.н., зав. лабораторией, ТОО «Институт сейсмологии» МЧС РК

## ПАРАМЕТР ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ГРАНИЦЫ КОРА-МАНТИЯ КАК КРИТЕРИЙ ВЫЯВЛЕНИЯ СЕЙСМОГЕНЕРИРУЮЩИХ ЗОН ЮГО-ВОСТОКА КАЗАХСТАНА

**Аннотация.** Приведены основные методические аспекты прогнозирования геодинамически нестабильных зон по геофизическому параметру – скорости распространения продольных волн и сейсмологических данных для юго-востока Казахстана. Подтверждена возможность территориального разделения литосферы на участки с нормальным и аномальным геодинамическим состоянием, где происходят и могут происходить в будущем активные геодинамические процессы, в том числе землетрясения.

**Ключевые слова:** скорость продольных волн, земная кора, активная мантия, сейсмическая активность, геодинамическая нестабильность.

Юго-восток Казахстана относится к хорошо изученным в сеймотектоническом отношении сейсмоактивным территориям, обеспеченным обширной сейсмологической информацией. Очаги произошедших здесь землетрясений, и тех, которые произойдут в будущем, связаны с геодинамически нестабильными зонами, для которых характерны интенсивные современные тектонические движения земной коры, происходящие на границах крупных геоблоков [1]. Невозможно выделить единственный признак, значение которого может свидетельствовать о сейсмическом режиме региона. Современные исследования геофизических и геологических полей, их интегрированный анализ позволяют найти наиболее значимые параметры, связанные с сейсмической активностью, и выделить зоны возможных очагов землетрясений.

Региональная геофизика является основным источником глубинной информации для выделения сейсмогенерирующих зон и оценки физических условий подготовки землетрясений [2]. При этом ведущая роль в проведении геофизических исследований принадлежит сейсмическим методам, обеспечивающим объективным информационным каркасом процесс комплексной интерпретации геофизических материалов. Одной из составных частей геофизической основы геодинамического районирования литосферы являются скорости продольных волн  $V_p$ , характеризующие внутреннюю структуру земной коры и верхней мантии.

В данном исследовании предложен новый подход к изучению современной сейсмичности юго-востока Казахстана, основанный на изучении  $P$ -скоростных свойств приподошвенного слоя на границе кора-мантия, позволяющий уточнить строение земной коры и понять происходящие в ней процессы, выделить геодинамически нестабильные зоны и установить их связь с очагами землетрясений.

Экспериментальной основой исследования являются результаты двумерного и объемного  $P$ -скоростного моделирования земной коры и подкоровой мантии юго-востока Казахстана по материалам фондовых и опубликованных первичных данных (систем годографов) региональной сейсморазведки и сейсмометрии [3]. Поэтапные итоги  $P$ -скоростного моделирования для профилей глубинных сейсмических зондирований и сейсмотомографи и опубликованы, в основном, в работах [4, 5, 6].

Учитывая большое влияние процессов, проходящих в верхней мантии, на развитие, геодинамическое состояние и режим сейсмичности земной коры, представляет интерес детальное изучение зоны перехода кора-мантия [7]. В представленной работе исследуется параметр  $G=(V_K/V_M)$  как относительный показатель ее геодинамической нестабильности, где  $V_K$  – скорость продольных волн в слое, залегающем непосредственно выше границы Мохо (нижняя кора),  $V_M$  – скорость продольных волн в подкоровом верхнемантийном слое.

Граница кора-мантия на скоростных разрезах в общем случае выражается высокоградиентным слоем мощностью до сотен метров или первых километров [8], внутри которого надежное определение положения изолиний скорости весьма проблематично. Для уменьшения влияния этой неопределенности на значения параметра геодинамической неустойчивости для расчетов выбраны поля скорости на гипсометрических уровнях соответственно выше и ниже этой границы на 4 километра.

Значения скорости выше границы Мохо на 4 км для территории юго-востока Казахстана находятся в пределах от 5,4 км/с до 7,8 км/с. Этот диапазон значений можно разделить на две неравные части: локальные участки с мощностью коромантийной смеси ( $V_p=7,2-7,6$  км/с) и преобладающую остальную территорию без коромантийной смеси, замещенной вышележащими слоями консолидированной коры снизу-вверх от гранулит-базитового ( $V_p=6,4-7,2$  км/с) до гранито-гнейсового ( $V_p=5,6-6,4$  км/с). Скоростной срез на гипсометрическом уровне ниже границы Мохо на 4 км характеризуется значениями  $V_p=6,2-8,4$  км/с. Участки развития слоя активной мантии мощностью более 10 км имеют диапазон значений  $V_p=7,2-8,0$  км/с.

Вычисленное поле значений параметра геодинамической неустойчивости  $G$  статистически обработано для четырех типов зоны перехода кора-мантия, разделенных по признаку наличия или отсутствия в приподошвенных слоях коромантийной смеси и активной мантии: 1 тип – нормальная кора и нормальная мантия, 2 тип – нормальная кора и активная мантия, 3 тип – коромантийная смесь и нормальная мантия, 4 тип – коромантийная смесь и активная мантия.

Для выделения геодинамически неустойчивых зон, связанных с очагами землетрясений, на поле относительных значений параметра геодинамической неустойчивости  $G$  наложены схемы коромантийной смеси и активной мантии, а также эпицентры землетрясений [9], произошедших на юго-востоке Казахстана в 1962-2019 гг.

Четвертому типу границы кора – мантия соответствуют участки, для которых значения параметра геодинамической неустойчивости близки к единице ( $G=0,93-0,98$ ), откуда следует, что скорости продольных волн в низах коры и прилегающем к границе Мохо слое активной мантии практически не различаются между собой (нет скачка скоростей), т.е. граница Мохо становится нечеткой, что может свидетельствовать об активном энергообмене в таких зонах и являться условием геодинамической неустойчивости. В этом случае не исключено, что формирование коромантийной смеси во взаимодействии с активной мантией происходит и в настоящее время (а не только палео), за счет чего повышается геодинамическая неустойчивость границы кора-мантия. Для модели перехода кора-мантия четвертого типа условия геодинамической неустойчивости наилучшие.

Установлено, что очаги большинства землетрясений приурочены к областям с самыми высокими значениями  $G$ , для которых характерно сочетание мощностей активной мантии (более 10 км) и коромантийной смеси (более 4

км). В этих районах наблюдается самая высокая сейсмическая активность. Такими территориями являются высокосейсмичные орогены Тянь-Шаня, Памира, Тарбагатая и Алтая на востоке и юго-востоке Казахстана.

Участки со значениями  $G=0,85-0,90$  и  $G=0,90-0,93$  занимают промежуточное положение между типами 1 и 4, однако представляют самостоятельное значение при выделении слабосейсмичных территорий (тип 2 с активной мантией при нормальной коре) и локализации палеорифтовых зон (тип 3 с коромантийной смесью на нормальной мантии). Последние (тип 3) распространены по северо-западной периферии Тянь-Шаня, в Иссyk-Кульской, Жаркентской впадинах. Возможно, здесь еще не созданы условия для возникновения новых сильных землетрясений.

Низкие значения параметра  $G=0,83-0,88$  (первый тип) свидетельствуют о наличии резкого скачка от коровых скоростей к мантийным, что может означать отсутствие в зоне перехода кора-мантия активного энергетического обмена и соответствует стабильному геодинамическому состоянию среды. При сопоставлении поля ( $V_K/V_M$ ) с эпицентрами землетрясений установлено, что здесь практически не происходили сейсмические события или их очень мало на большей части платформенных территорий (Казахский щит, Тургайский прогиб, юго-восток Туранской плиты).

**Заключение.** В результате анализа скоростных моделей юго-востока Казахстана в зоне перехода кора-мантия подтверждена возможность территориального разделения литосферы на участки с нормальным геодинамическим состоянием и аномальным, где происходят и могут происходить в будущем активные геодинамические процессы. Установлено, что очаги большинства землетрясений лежат в зонах одновременного присутствия коромантийной смеси и активной мантии, что является достоверным признаком сейсмичности. Выявленные аномальные скоростные свойства в зоне перехода кора-мантия могут оказаться прогностическими при оценке "перспективности" отдельных районов на землетрясения, другие опасные явления, а также при выяснении природы геофизических полей. Предложенный подход для выделения зон возможных очагов землетрясений не может являться универсальным решением, но позволяет применить ранее не востребованные данные, оценить их значимость и возможность их интерпретации.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Блинова Т.С. Прогноз геодинамически неустойчивых зон. / Т.С. Блинова. – Екатеринбург: УрО РАН, 2003. – 164 с.
- 2 Шацкилов В.И., Степаненко Н.П. Геофизические критерии выявления очаговых зон сильных землетрясений на Тянь-Шане. // Геодинамика и геоэкологические проблемы высокогорных районов. – Москва-Бишкек, 2003. – С. 129-139.
- 3 Степаненко Н.П., Кайдаш Т.М. Структурно-скоростные критерии оценки сейсмической опасности на основе объемной Р-скоростной модели литосферы Казахстана и прилегающих территорий // Известия Национальной Академии Наук Республики Казахстан. Серия геологии и технических наук. № 6, 2014 г. – С. 41- 48.

4 Степаненко Н.П., Кайдаш Т.М., Еркинова А.Б., Курилова О.К. Р-скоростная и плотностная объемные модели земной коры и подкоревой мантии как базовая геофизическая основа оценки сейсмической опасности Казахстана // Промышленность Казахстана, №3 (107), 2019. – С. 72-76.

5 Степаненко Н.П., Кайдаш Т.М., Курилова О.К. Разработка двумерных сейсмотомографических Р-скоростных моделей земной коры и подкоревой мантии // Геология и охрана недр, №3 (72), 2019. – С. 71-76.

6 Шацков В.И., Тимуш А.В., Степаненко Н.П., Кайдаш Т.М., Белоусова Н.П. Особенности строения литосферы Тянь-Шаня и прилегающих платформ // Геодинамические, сейсмологические и геофизические основы прогноза землетрясений и оценки сейсмического риска. – Алматы, 2005. – С. 118-129.

7 Краснопевцева Г.В., Щукин Ю.К. Объемная глубинная модель земной коры Восточно-Европейской платформы по данным региональных сейсмических исследований // Глубинное строение литосферы по результатам сейсмических исследований. – Санкт-Петербург, 2000. – С. 73-84.

8 Шацков В.И., Горбунов П.Н., Степаненко Н.П. и др. Скоростные модели земной коры Казахстана. – Алматы: Евразия, 1993. – 105 с.

9 Региональный каталог землетрясений 1962-2019 гг. / ТОО «Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция» (СОМЭ).

**Степаненко Н.П., Кайдаш Т.М., Курилова О.К., Еркинова А.Б.**

**ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІК-ШЫҒЫСЫНДАҒЫ  
СЕЙСМОГЕНЕРАЦИЯЛАЙТЫН АЙМАҚТАРДЫ АНЫҚТАУ КРИТЕРИЙІ РЕТІНДЕ  
ҚАБЫҚ-МАНТИЯ ШЕКАРАСЫНЫҢ ГЕМОДИНАМИКАЛЫҚ ТҰРАҚСЫЗДЫҒЫ  
ПАРАМЕТРІ**

**Аңдатпа:** Геофизикалық параметр бойынша геодинамикалық тұрақсыз аймақтарды болжаудың негізгі әдіснамалық аспектілері – бойлық толқындардың таралу жылдамдығы және Қазақстанның оңтүстік-шығысы үшін сейсмологиялық мәліметтер келтірілген. Литосфераны қалыпты геодинамикалық жағдайы бар және болашақта белсенді геодинамикалық процестер жүретін және аномальды аймақтарға бөлу мүмкіндігі расталған.

**Түйін сөздер:** бойлық толқын жылдамдығы, жер қыртысы, белсенді мантия, сейсмикалық белсенділік, геодинамикалық тұрақсыздық.

**Stepanenko N.P., Kaidash T.M., Kurilova O.K., Erkinova A.B.**

**PARAMETER OF HEMODYNAMIC INSTABILITY OF THE BORDER  
CRUST-MANTLE AS A CRITERION FOR IDENTIFYING  
SEISMOGENERATING ZONES OF THE SOUTH-EAST OF KAZAKHSTAN**

**Abstract.** The main methodological aspects of forecasting geodynamically unstable zones are presented in this work by geophysical parameter - the propagation velocity of longitudinal waves and seismological data for southeast Kazakhstan. The possibility of territorial division of the lithosphere into areas was confirmed with a normal geodynamic state and anomalous, where active geodynamic processes occur and may occur in the future.

**Keyword:** longitudinal wave velocity, searth's crust, mantle activity, seismic activity, geodynamic instability.

К.Е. Абдрахматов<sup>1</sup>, М.С. Ельдеева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>д. г.-м. н., профессор, директор Института сейсмологии НАН КР

<sup>2</sup>аспирант, МНС, ТОО «Институт сейсмологии» МЧС РК

## СЕЙСМИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ КОЛПАКОВСКОЙ ВПАДИНЫ (ДЖУНГАРИЯ)

**Аннотация:** Проведенные в пределах восточной части Джунгарского Алатау исследования позволяют пересмотреть предыдущие оценки сейсмической опасности. Эти исследования указывают на то, что в восточной части Республики Казахстан возможны землетрясения с магнитудами в диапазоне 7.0 – 8.2.

**Ключевые слова:** Джунгарский Алатау, активные разломы, сейсмодислокации, оползни, магнитуда, сейсмическая опасность.

Карта сейсмогенерирующих зон Джунгаро-Северо-Тянь-Шаньского региона [1] является основой для составления карты сейсмического районирования территории Республики Казахстан. На рисунке 1 приведена карта сейсмогенерирующих зон Джунгаро-Северо-Тянь-Шаньского региона из работы [1]. На территории Джунгарского Алатау и прилегающей к ней северной части Казахской платформы выделяются следующие зоны с соответствующей возможной магнитудой потенциальных эпицентров землетрясений (дана в скобках): 15 – Алатайская ( $M \leq 5,5$ ), 16 – Северо - ( $M \leq 5,5$ ), - и Южно- ( $M \leq 6,5$ ) Колпаковские, 17 — Восточно-Джунгарская, разделенная на три подзоны: –северо-западная ( $M \leq 5,5$ ), центральная ( $M \leq 6,0$ ), и юго-восточная ( $M \leq 7,0$ ), 18 - Западно-Джунгарская с двумя подзонами - ( $M \leq 5,5$  и  $M \leq 6,0$ ), 19 - Саркандская с двумя подзонами - ( $M \leq 6,5$  и  $M \leq 7,0$ ), и 20 – Арасанская ( $M \leq 7,0$ ).

Проведенные нами исследования показали, что в пределах Колпаковской впадины (Джунгария) выделяются активные разломы и оползневые поля, которые свидетельствуют о повышенной сейсмичности этой структуры в недавнем прошлом, что позволяет пересмотреть ее сейсмоопасность в сторону повышения. Колпаковская впадина (рисунок 2) шириной до 7-10 км, с обеих сторон ограничена разломами и имеет характер грабена, местами грабен-синклинали. В ее пределах поверхность выравнивания залегает на абсолютных отметках, не превышающих 1000-100 м, местами горизонтально, а на других участках обнаруживая слабые наклоны к центру впадины; на значительной площади она перекрыта палеоген-четвертичными отложениями и разбита разломами на мелкие блоки. Отметим, что сочленение с последней структурой большей частью пологое, безразломное. Южно–Колпаковский разлом не имеет ясно выраженной протяженной линии. Вместо этого зона разлома представлена

в виде системы достаточно коротких разрывов, нарушающих короткое крыло хребта Кунгей в зоне шириной до 1 км (рисунок 2).

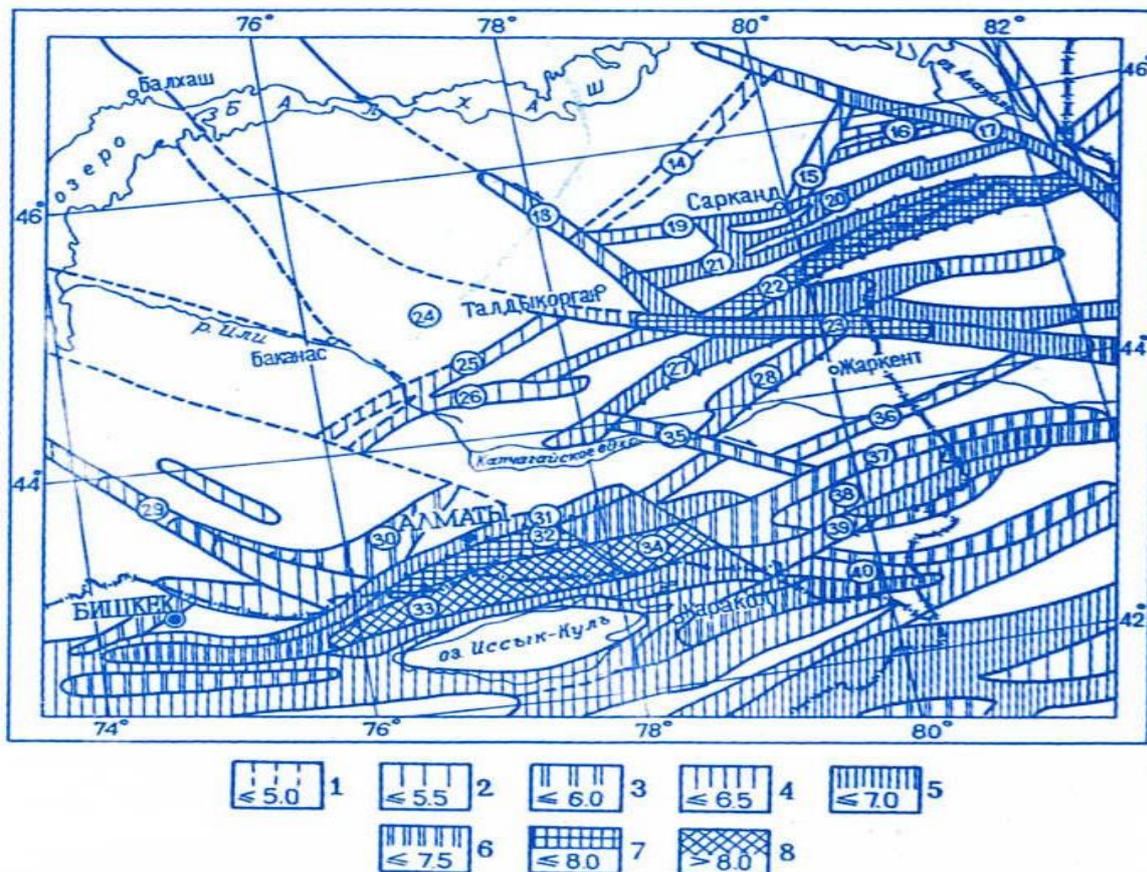


Рисунок 1 - Сейсмогенерирующие зоны Джунгаро-Северо-Тянь-Шаньского региона из работы [1]: 1-8 - сейсмopotенциал; Названия (цифры в кружках): 14- Жанабулакская, 15 - Алатайская, 16 – Северо - и Южно-Колпаковская, 17 — Восточно-Джунгарская, 18 - Западно-Джунгарская, 19 - Саркандская, 20 - Арасанская, 21 - Мынчукурская, 22 - Бороталинская, 23 - Южно-Джунгарская, 24 - Баканасская, 25 - Кокшеельская, 26 - Малайсаринская, 27 -Алтынэмельская, 28 — Конуроленская, 29 — Кендыктасская, 30 — Дегересская, 31 — Алматинская, 32 — Заилийская, 33 - Кеминская, 34 - Северо-Кунгейская, 35 - Калканская, 36- Дубунская, 37 - Северо-Кетменская, 38 - Центрально-Кетменская, 39 - Басулытауская, 40 – Баянкольская.

Структурный рисунок разрыва на рисунке 2 сложный с системами эшелонированных разрывов, а в некоторых местах разрыв разветвляется на несколько параллельных ветвей, затрудняя измерения смещений. Геоморфологические смещения, наблюдаемые на аэрофотоснимках, указывают на правый сдвиг. Отдельные разрывы, составляющие зону Колпаковского разлома, начинаются на востоке у долины р. Кызылтал, где выражены в рельефе в виде коротких рвов, с поднятой нижней частью склона. Несмотря на то, что вся зона разлома является активной, имеются участки, где отчетливых

признаков активности не наблюдается. Это связано с широким распространением оползней, которые маскируют такие признаки и в свою очередь, сами могут быть таким признаком. При этом следует отметить, что небольшая мощность палеоген-неогеновых отложений и наличие в разрезе обводненных глинистых отложений являются благоприятным сочетанием для возникновения оползней вне связи с землетрясениями или активными подвижками по разлому. Однако, в рассматриваемом нами районе широко развиты не только оползни в рыхлых отложениях, но и крупные скальные оползни, возникновение которых чаще всего напрямую связано с сильными землетрясениями. Наконец, в зоне Южно-Колпаковского разлома широко развиты сейсмодислокации в виде отчетливо выраженных в рельефе рвов (рисунок 3), что еще раз подчеркивает повышенную активность разлома. Кроме того, на таких отрезках отчетливо картируется правосторонняя сдвиговая (до 10-20 м) составляющая смещений.

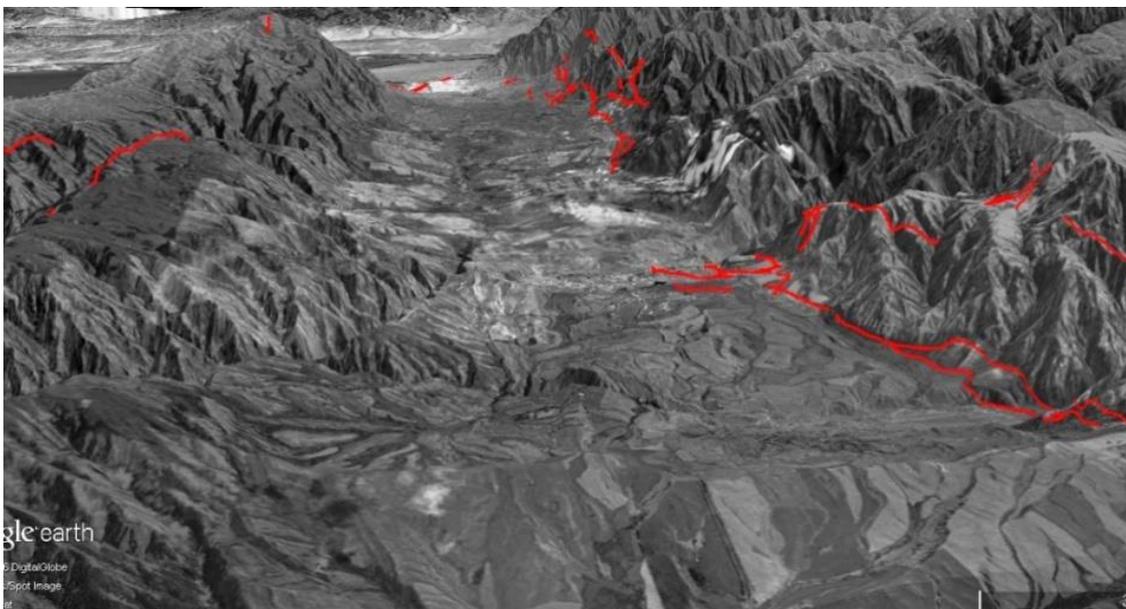


Рисунок 2 - Колпаковская впадина, ограниченная Южно-Колпаковским разломом с юга (обозначен красными линиями справа) и Буланбайским поднятием слева (вид с запада)

Центральная часть Южно-Колпаковского разлома представлена в виде широкой зоны достаточно коротких разрывов, нарушающих пологое крыло хребта Кунгей в полосе шириной до 1 км (рисунок 3). В этой части наблюдается контакт неогеновых отложений с коренными породами южного борта Колпаковского грабена (рисунок 4). В зоне разлома указанные отложения имеют почти вертикальное залегание с небольшим южным наклоном. К сожалению, невозможно определить угол падения разлома в описываемом месте и, следовательно, характер движения крыльев разлома, потому что простирание разлома совпадает с простиранием пластов палеозойских пород, которые падают очень круто, под углом  $80^{\circ}\text{N}$ , и вряд ли представляют падение

разлома на глубине. Углы падения пластов, замеренные в этом месте, показывают дециметровые вертикальные смещения (северная сторона опущена) на серии почти вертикальных пластов, на расстоянии ~ 100 м к югу от главного уступа. Западнее села Коныр, Южно-Колпаковский разлом затухает и теряется в аллювиально-пролювиальной равнине. Это затухание связано с периклинальным погружением хребта Кунгей в западном направлении. Отличительной чертой южного обрамления Колпаковского грабена является широкое развитие оползней, как в рыхлых отложениях, так и в скальных породах северного склона хребта Кунгей (рисунок 5). При этом, большая концентрация скальных оползней в верховья рек Жаманты первая и вторая, говорит о том, что здесь могла быть эпицентральная зона сильного землетрясения.



Рисунок 3 - Сейсморвы в зоне Южно- Колпаковского разлома (южнее с. Айпар)

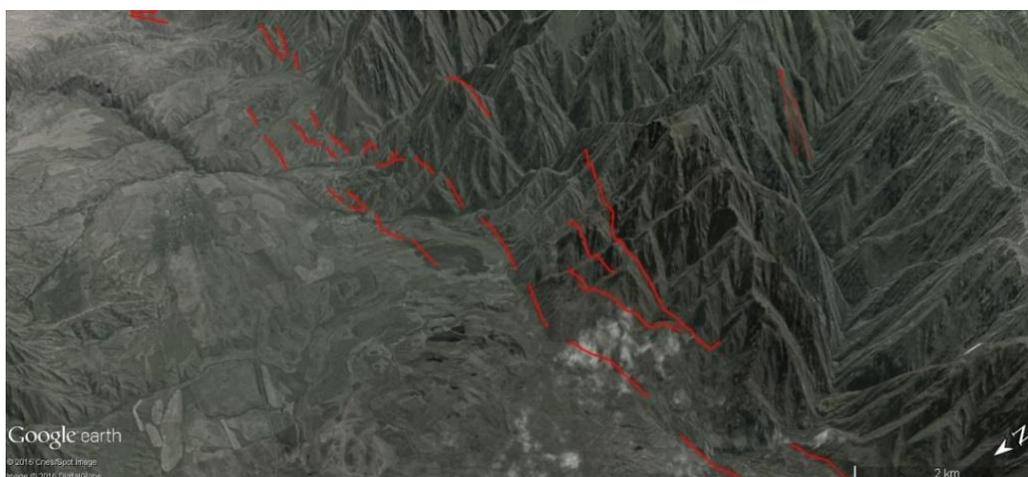


Рисунок 4 - Центральная часть зоны активного Южно-Колпаковского разлома (Изображение GoogleEarth)

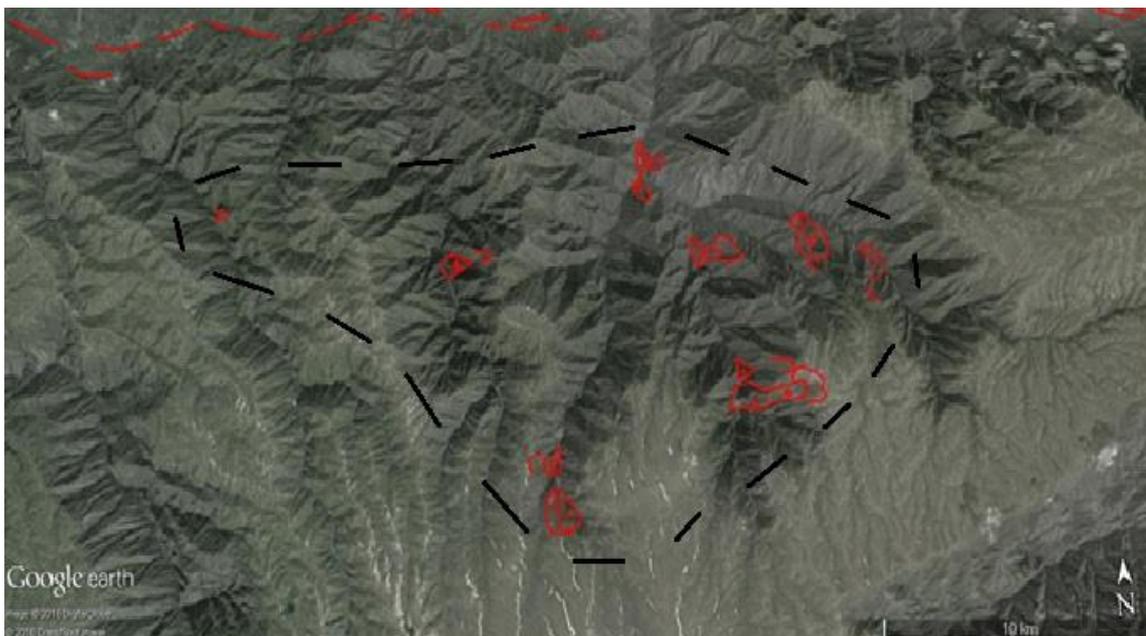


Рисунок 5 - Кластер оползней в верховьях рек Жаманты и Кызылтал, где красным показаны крупные скальные оползни, а черной кривой очерчена область распространения оползней

На рисунке 5 отчетливо видно, что эта область в целом образует эллипс, длинная ось которого, протяженностью 25 км, тяготеет к Южно-Колпаковскому разлому. За пределами оконтуренной области, несмотря на то, что большая часть территории сложена аналогичными породами и характеризуется сопоставимой эрозионной расчлененностью с примерно одинаковой глубиной долин и крутизной их склонов, оползней не наблюдается. На наш взгляд, явная приуроченность этой области к Колпаковскому разлому не случайна и обусловлена единой причиной образования и разрывов, и оползней – сильным доисторическим землетрясением.

Мы рассматриваем область массового развития и молодых разрывов в зоне Колпаковского разлома и оползней (включая оползни около сел Держинское, Герасимовка и др.), как очаговую область землетрясений, периодически повторяющихся на этом участке. Ее протяженность составляет примерно 50 км. Эту величину мы и учитываем при оценке сейсмического потенциала Колпаковского разлома.

Согласно регрессионным зависимостям между длиной поверхностного (SRL), либо очагового (RLD) разрыва из работы [2] при их протяженности, равной 50 км, получаем значения:

$$M_w = 5.0 + 1.22 \times \log(\text{SRL}) = 7.02$$

$$M_w = 4.49 + 1.49 \times \log(\text{RLD}) = 6.95$$

Есть основания ожидать, что максимальная измеренная высота уступа Колпаковского разлома (6 м) накопилась в результате нескольких (2-3) последовательных подвижек по нему, при максимальном единовременном

вертикальном смещении до 2 метров. Такие смещения характерны для разрывов землетрясений в достаточно широких диапазонах магнитуд, средние значения которых составляют примерно 7.5 для взбросов и 7.2 для сбросов.

Таким образом, проведенные нами исследования показывают, что в зоне Южно-Колпаковского активного разлома могут возникать сильные землетрясения магнитудой до 7.5, что существенно выше, чем оценки, сделанные предшествующими авторами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Тимуш А.В. Сейсмоструктура литосферы Казахстана, Алматы, 2011, 590 с.
2. Wells D.L., Coppersmith K.J. 1994. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. Bull. Seism. Soc. Am. 84, 974 – 1002.

**К.Е.Абдрахматов, М.С. Ельдеева**

#### **КОЛПАКОВСКИЙ ОЙПАТЫНЫҢ СЕЙСМИКАЛЫҚ ҚАУІПІ (ЖОҢҒАРИЯ)**

**Андатпа:** Жоңғар Алатауының шығыс бөлігінде жүргізілген зерттеулер бұрынғы сейсмикалық қауіпті бағалауларды қайта қарастыруға мүмкіндік береді. Бұл зерттеулер Қазақстан Республикасының шығыс бөлігінде магнитудасы 7,0–8,2 аралығындағы жер сілкінісінің болуы мүмкін екенін көрсетеді.

**Түйін сөздер:** Жоңғар Алатауы, белсенді бұзылыстар, сейсмикалық дислокациялар, көшкіндер, магнитуда, сейсмикалық қауіп.

**Abdrahmatov K.E., Yeldeyeva M.S.**

#### **SEISMIC HAZARD OF THE KOLPAKOVSKAYA DEPRESSION (DZUNGARIA)**

**Abstract.** Studies conducted within the eastern part of the Dzungarian Alatau allow for the revision of previous seismic hazard assessments. These studies indicate that earthquakes with magnitudes in the range 7.0 - 8.2 are possible in the eastern part of the Republic of Kazakhstan.

**Key words:** Dzungarian Alatau, active faults, seismic dislocations, landslides, magnitude, seismic hazard

УДК: 550.34

**Егинбекова Н.Т<sup>1</sup>, Жакупов Н.С., Кадырханова Н.Ж**

<sup>1</sup>Зав. лаб; ТОО «Институт сейсмологии» МЧС РК

#### **КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ СОЗДАНИИ КАРТ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

**Аннотация:** Охарактеризована деятельность лаборатории информационных технологий ТОО «Институт сейсмологии» МЧС РК. Представлена информация об оборудовании лаборатории, о поддержке работы системного, офисного и специализированного программного обеспечения, дан перечень проводимых картографических работ и используемых при этом методик, приведена общая технологическая схема создания и обновления цифровых карт и планов на основе данных дистанционного зондирования Земли, а также создания и обновления цифровых топографических карт и планов различных масштабов (1:10 000 - 1: 5 000 000).

**Ключевые слова:** информационно-техническое обеспечение, цифровые и электронные карты

Основным назначением лаборатории информационных технологии является создание картографической продукции по исходным картографическим материалам и информационно-техническое обеспечение института. К картографическим работам относятся также создание цифровых и электронных карт и цифровые технологические процессы сбора, обработки и представления цифровой картографической информации, связанной географически и используемой в ГИС.

Картографические работы включают большой комплекс услуг, мероприятий по обработке, формированию, исследованию, использованию картографических данных. Создание (обновление) карт (планов) проводится после выполнения подготовительных работ, при необходимости выполнение полевых топогеодезических работ, изучения имеющейся картографической продукции на заданную территорию, получение материалов дистанционного зондирования Земли ДЗЗ на территорию картографирования.

На основании собранной информации проводится тщательное изучение района картографирования, разработка технологии создания (обновления) картографической продукции, отработка и утверждение редакционно-технических указаний. Материалы картографических работ находят широкое применение в других лабораториях Института сейсмологии для поставленных задач.

**Деятельность лаборатории:**

- Создание и обновление цифровых топографических карт и планов различных масштабов (1:10 000 - 1: 5 000 000);
- Составление тематических и специальных карт, планов различного назначения;
- Создание топографических планов для проектирования и строительства разнообразных объектов;
- Широкоформатное сканирование картографических и других материалов;
- Оцифровка и векторизация карт;
- Широкоформатная печать;
- Переплет и распечатка;
- Установка и обслуживание компьютерной и офисной техники, оргтехники;

- Установка и поддержка работы системного, офисного и специализированного программного обеспечения;
- Обеспечение работоспособности и безопасности сети института;
- Создание и поддержка сайта института.

### **Особенности и картографические методы**

Все мероприятия выполняются с использованием технических средств, устройств, программного обеспечения. В лаборатории имеется широкоформатные сканер, плоттер и другое оборудование. При создании картографического материала используются различные источники данных: государственные органы (с утвержденными официальными данными на момент получения материала), аэрокосмические и наземные материалы. Все работы выполняются по запросам от других лабораторий института с учетом государственных и международных стандартов.

Картографические методы позволяют установить конкретные показатели, качественные и количественные характеристики. При проведении картографических работ применяются следующие научные методики:

- ✓ общие, поэлементные описания;
- ✓ графоаналитические приемы;
- ✓ масштабирование;
- ✓ перепроецирование;
- ✓ матанализ, матстатистика, обработка;
- ✓ картографическая генерализация или детализация;
- ✓ применение условных обозначений.

Также производится преобразование информации, разработка другой картографической продукции. Многое зависит от целей, алгоритмов использования, технологических процессов.

### **Перечень проводимых картографических работ**

Общая технологическая схема создания и обновления цифровых карт и планов на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ):

1. Редакционно-подготовительные работы;
2. Фотограмметрическая обработка материалов ДЗЗ;
3. Векторизация данных по исходным материалам;
4. Генерализация для получения производных масштабов;
5. Контроль качества и корректура данных;
6. Подготовка к изданию и издание тиража (при необходимости).

### ЛИТЕРАТУРА

1. <https://innoter.com/services/kartografiya/kartograficheskie-raboty/>
2. <https://ru.wikipedia.org/>

Егінбекова Н.Т., Жакупов Н.С., Кадырханова Н.Ж.

**СЕЙСМИКАЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІКТІ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ҮШІН КАРТАЛАРДЫ  
ҚҰРУ КЕЗІНДЕ КАРТОГРАФИЯЛЫҚ ЖҰМЫСТАР**

**Аңдатпа:** Бұл баяндамада ақпараттық технологиялар зертханасының қызметі сипатталған.

**Түйін сөздер:** Географиялық ақпараттық жүйе (ГИС), топографиялық карта, Жерді қашықтықтан зондау (ДЗЗ)

**Eginbekova N.T., Zhakupov N.S., Kadyrhanova N.ZH.**

## **CARTOGRAPHICS IN CREATION OF MAPS FOR SEISMIC SAFETY**

**Abstract:** This paper represents activities of the laboratory of information technologies of LLP "Institute of Seismology" of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan. Information about the laboratory equipment, support for the work of system, office and specialized software is presented, a list of ongoing cartographic work and methods used in this is given, a general technological scheme for creating and updating digital maps and plans based on Earth remote sensing data, as well as creating and updates of digital topographic maps and plans of various scales (1:10,000 - 1:5,000,000).

**Key words:** information technology support, digital and electronic maps

УДК: 550.34

**Сайлаубаева З.А., Катубаева А.М.**

ТОО «Институт сейсмологии» МЧС РК

## **ИССЛЕДОВАНИЯ СЕЙСМИЧНОСТИ ТЕРРИТОРИИ ЖАМБЫЛСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ**

**Аннотация:** Приведен краткий обзор региональной сейсмичности по ретроспективным данным для территории Жамбылского сейсмоактивного региона, ограниченной координатами 42°-47° с.ш. и 68°-78° в.д. Представлены карты эпицентров сильных землетрясений ( $M \geq 6,0$ ), произошедших с древнейших времен, и слабых событий с энергетическим классом  $K \geq 8,6$ , зарегистрированных с 1951г. Приведены карты мощности сейсмоактивного слоя и плотности эпицентров землетрясений, которые используются для оценки сейсмической опасности: при выделении зон возникновения очагов сильных землетрясений (ВОЗ) разных максимальных магнитуд; оценке максимального для данной зоны землетрясения в ближайшие годы; расчета сотрясений на земной поверхности и оценки средних периодов повторяемости сотрясений разной бальности.

**Ключевые слова:** эпицентры землетрясений, макросейсмические данные, сейсмический режим, сейсмическая активность, плотность эпицентров землетрясений, мощность сейсмоактивного слоя.

Предгорные равнины Жамбылской области, входящие в Северо-Тянь-Шаньский сейсмоактивный регион, весьма активны. Только начиная с 1865 года, здесь произошло свыше 15 сильных землетрясений (не считая ощутимых афтершоков сильнейших землетрясений). Значительную активность проявляют хребты Киргизский Алатау и Каратау. Именно в зоне сочленения Киргизского хребта и хребта Каратау произошли известные Жамбылские 1971 г., 1984 гг. и Луговское 2003 г. землетрясения. В южной части района выделяется своей сейсмической активностью Таласский Алатау, к которому приурочены очаги ряда сильных землетрясений. Меркенское землетрясение произошло в марте 1865 г. [1]. Его очаг залегал в предгорьях Киргизского хребта, южнее с. Мерке, где оно проявилось с интенсивностью 7-8 баллов. Эпицентр Беловодского землетрясения 1885 года находился в северных предгорьях Киргизского хребта, вблизи границы Жамбылской области Казахстана с Киргизской Республикой. Землетрясение ощущалось на огромной территории с востока на запад от Джаркента до Ташкента и с севера на юг от южных берегов оз. Балхаш до Андижана [2, 3]. На территории Жамбылской области землетрясение проявилось с интенсивностью от 4 до 7 баллов. Эпицентр Жамбылского землетрясения 31 января 1908 г. расположен в районе с. Маймак, в 20-30 км южнее г. Жамбыл [2, 3]. В г. Жамбыл (ныне г. Тараз) и в с. Грозное оно ощущалось с интенсивностью 7 баллов. Область распространения сотрясений довольно большая. С интенсивностью 4-5 баллов землетрясение ощущалось в Ташкенте и Мерке. Магнитуда этого землетрясения, определенная по записи станции «Ташкент», работавшей в то время, примерно равна 5.5. Сильное Жамбылское землетрясение произошло 10 мая 1971 г. [3, 4, 5]. С наибольшей интенсивностью оно проявилось на площади около 90 км<sup>2</sup>, где сила сотрясения достигала 7 баллов. Эпицентральная зона располагалась в зоне сочленения структур Киргизского хребта и хребта Каратау, а область ощутимости простиралась на востоке до г. Фрунзе (ныне г. Бишкек), на юге до г. Андижана, на западе до г. Ташкента. В результате обобщения и обработки собранных материалов составлена карта изосейст данного землетрясения. Подробный анализ макросейсмических данных об этом землетрясении приведен в [5]. Жамбылское землетрясение произошло 2 февраля 1984 г. с эпицентром в черте г. Жамбыл, где наиболее сильно пострадали дома, имевшие деформации от землетрясения 1971 г. [5]. Луговское 7-балльное землетрясение 23 мая 2003 г. было сильнейшим на территории региона после известного Меркенского землетрясения, происшедшего в 1865 году с магнитудой  $M=6,4$ . На ограниченной территории в пределах эпицентральной зоны интенсивность его проявления на поверхности земли достигла 7-8 баллов.

Определение основных параметров землетрясений до 1927 г. произведено исключительно по макросейсмическим данным, за период 1928-1950 гг. – по макросейсмическим и инструментальным данным, а начиная с 1951 г. – по инструментальным данным. Жамбылский сейсмоактивный район неоднократно подвергался сильным и ощутимым землетрясениям. Для рассматриваемой территории с учетом представительности землетрясений за разные сроки

наблюдений построены карты эпицентров землетрясений: 1) с  $M \geq 6,0$  с древнейших времен (250 г. до нашей эры) по 2009 г. (рисунок 1); 2) с  $M \geq 4,8$  с древнейших времен (250 г. до нашей эры) по 2009 г. 3) с  $K \geq 8,6$  ( $M \geq 3,0$ ) с 1951 г. по 2009 г. (рисунок 2); 4) с  $K \geq 7,6$  ( $M \geq 2,0$ ) с 1961 г. по 2009 г.

Анализ карты очагов эпицентров разрушительных землетрясений с  $M \geq 6,0$  (рисунок 1) показывает, что все они расположены на юге исследуемой территории и приурочены к Северо-Тянь-Шаньской зоне, которая в виде полосы шириной 15-30 км протягивается в широтном направлении вдоль хр. Заилийский и Кунгей Алатау по Киргизскому хребту до с. Мерке [6,7].

На рисунке 3 приведена карта мощности сейсмоактивного слоя, которая дает представление об объемной структуре поля сейсмичности на всей рассматриваемой территории. Такую информацию в обобщенном виде дают карты плотности слабых землетрясений, или, как их часто называют в литературе, карты плотности сейсмического фона в слоях разной глубины. Карты построены отдельно по глубинам: 0-10; 11-20; 21-30; 31-40 км для площадок осреднения  $30 \times 30$  км. Путем совмещения этих карт получена единая карта, показывающая глубину подошвы сейсмоактивного слоя для рассматриваемой территории в обобщенном виде [8, 10]. Сопоставление карты мощности сейсмоактивного слоя с распределением сильных землетрясений показывает, что в подавляющем большинстве случаев очаги землетрясений с  $M \geq 7,0$  приурочены к областям, где сейсмоактивный слой достигает глубин 21-30 км и более [8, 11, 12].

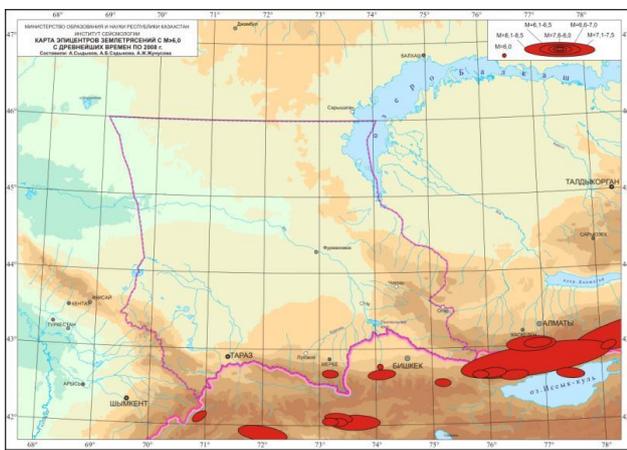


Рисунок 1 - Карта эпицентров землетрясений с  $M \geq 6,0$  с древнейших времен по 2008 г.

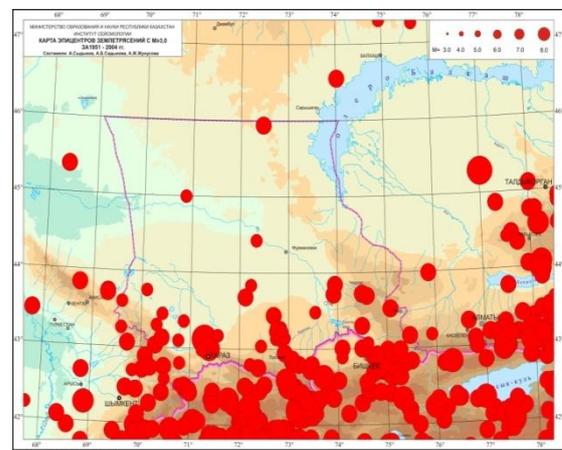


Рисунок 2 - Карта эпицентров землетрясений с  $K \geq 8,6$  ( $M \geq 3,0$ ) с 1951 по 2004гг.

Методика количественной оценки моделей параметров долговременной средней сейсмичности применительно к сеймотектоническим условиям Жамбылской области приведена в [8, 10]. В настоящее время параметры сейсмического режима оцениваются при помощи графика повторяемости землетрясений [9, 13, 14], представляющего собой зависимость между энергетическим классом землетрясений ( $K$ ) и логарифмом числа

землетрясений ( $IgN$ ), соответствующего конкретному классу. Исследования показали, что угловой коэффициент графика повторяемости для всего района в среднем составил  $-0,46 \pm 0,02$ . Наибольшим уровнем сейсмической активности характеризуются Киргизская (восточная часть) ( $A_{10}=0,12$ ), Заилийско-Кунгейская ( $A_{10}=0,14$ ), Терской (Алатау) ( $A_{10}=0,13$ ) зоны.

Пространственное распределение сейсмичности количественно может быть оценено на основе карты плотности эпицентров (рисунок 4), построение которой проводится следующим образом: вся рассматриваемая территория разбивается на площадки  $\Delta S = 15 \times 15$  км и в пределах каждой из них подсчитывается число землетрясений ( $N_{\Sigma}$ ) с  $K \geq K_{mi} = 7,6$ , начиная с 1961 года ( $T=49$  лет). Значение плотности эпицентров  $N^*$ , отнесенное к площади  $S_0 = 1000$  км<sup>2</sup> и к времени  $T_0 = 1$  году, в каждой точке определяется по следующей формуле:  $N^* = \frac{N_{\Sigma} \cdot S_0 T_0}{\Delta S \cdot T}$ . Из рисунка 4 видно, что наибольшим значением

плотности эпицентров характеризуются районы хребтов Заилийского, Кунгей, Киргизского, Терской Алатау ( $N^* \geq 1,0-1,5$ ). Локальные максимумы плотности эпицентров наблюдаются в районах Чу-Илийских гор, близ с. Мерке, г. Тараз и п. Жанатас ( $N^*$  до 0,1-0,2).

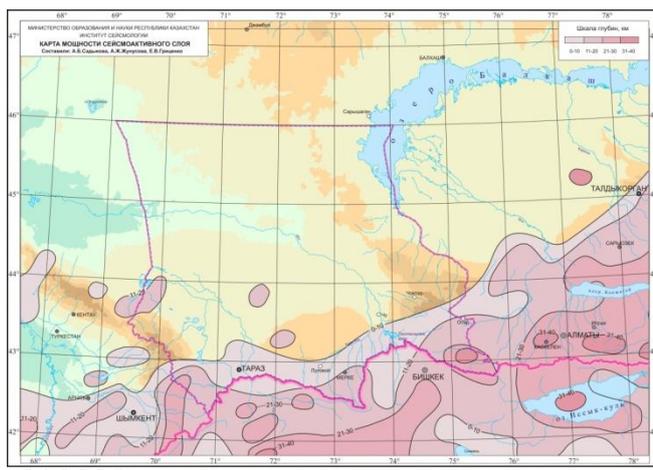


Рисунок 3 - Карта мощности сейсмоактивного слоя

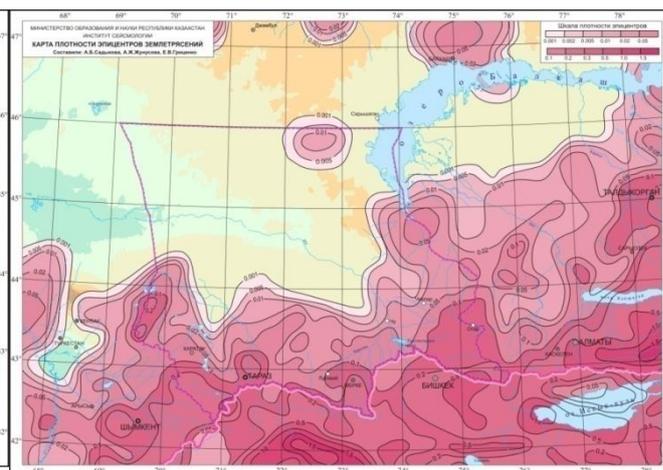


Рисунок 4 - Карта плотности эпицентров землетрясений с  $K \geq 7,6$  за 1961-2009 гг.

Другим способом картирования пространственного распределения сейсмичности является построение карты сейсмической активности [8, 10, 15,16]. Под сейсмической активностью  $A_{10}$  в данной точке понимается среднее число землетрясений в определенном диапазоне энергетической величины (в нашем случае  $K_0=10$ ), которые возникают в окрестности этой точки на единицу площади и в единицу времени. Практически величина сейсмической активности определяется путем учета землетрясений не только стандартного класса  $K_0=10$ , но по всей совокупности представленных землетрясений. Радиусы площадки осреднения ( $R$ ) определялись по формуле:

$$R = \sqrt{\frac{1 - 10^{-\gamma}}{10^{-\gamma(K_{\min} - K_0)}} \cdot \frac{S_0 T_0 N_\varepsilon}{\pi T} \cdot \frac{1}{A}},$$

где  $\gamma$  – средний наклон графика повторяемости;  $K_{\min}$  – уровень представительности т.е. класс землетрясений, начиная с которого ведется счет их числа;  $K_0=10$ ;  $S=\pi R^2$  – размер площадки осреднения;  $T$  – период наблюдения. Сравнение указанной карты с картой плотности эпицентров показывает, что в пределах активных районов они дают одну и ту же картину распределения сейсмичности, а в пределах менее активных и неактивных районов карта сейсмической активности дает более сглаженную картину распределения сейсмичности по площади.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мушкетов И.В., Орлов А.П. Каталог землетрясений Российской империи. - Зап. РГО, 1883. -26 с.
2. Новый каталог сильных землетрясений СССР с древнейших времен до 1975 г. /Под ред. Н.В. Кондорской и Н.В. Шебалина. - М.: Наука, 1977. - С. 535.
3. Нурмагамбетов А., Досымов А., Сыдыков А. Сильные землетрясения Казахстана и сопредельных территорий за 1969-1972 гг. //Материалы конференции молодых ученых ИГН АН КазССР. - Алма-Ата: Наука, 1972.- С.55-56.
4. Б.М. Уразаев, Т.А. Акишев, А. Нурмагамбетов, А. Сыдыков и др. Сейсмическое районирование Казахстана. - Алма-Ата, 1979. -140 с.
5. Нурмагамбетов А., Досымов А., Сыдыков А. Джамбулское землетрясение 10 мая 1971 г. // Сильные землетрясения Средней Азии и Казахстана. - Душанбе: Дониш, 1975. - Вып.2-4. - С.31-36.
6. Джанузак К.Д., Шукурова Р., Власова А.А. и др. Каталог землетрясений Тянь-Шаня //Inland earthquake. -1997. - Vol. 11. -183 p.
7. Садыкова А.Б., Сыдыков А. Сейсмичность Казахстана и прилегающих территорий // «Геодинамика и сейсмичность литосферы Казахстана». -Алматы, 2007. - С. 225-236.
8. Геодинамика и сейсмичность литосферы Казахстана (Пояснительная записка к «Геодинамическому атласу Казахстана») /Под ред. Б.С.Ужкенова, Е.Нусипова. -Алматы, 2007. - 411 с.
9. Сейсмическое районирование территории СССР /Отв. ред. В.И.Буне, Г.П. Горшков. - М.: Наука, 1980. - 307 с.
10. Сыдыков А. Сейсмический режим территории Казахстана. - Алматы: Ғылым, 2004. -268 с.
11. Сыдыков А., Садыкова А.Б. Особенности сейсмичности и сейсмического режима территории Казахстана //Геология и охрана недр. 2007. - №2. - С.58-62.
12. Жунусова А.Ж., Садыкова А.Б., Сыдыков А. Количественная оценка сейсмичности // «Геодинамика и сейсмичность литосферы Казахстана». – Алматы, 2007. - С.237-250.
13. Нерсесов И.Л., Нурмагамбетов А., Сыдыков А. Детальное изучение сейсмического режима Казахстана и прилегающих территорий / - Алма-Ата: Наука, 1982. -160 с.
14. Садыкова А. Б. Параметры сейсмического режима сейсмогенерирующих зон Северо-Тянь-Шаньского региона //Региональная конференции "Применение информационно-коммуникационных технологий для снижения риска стихийных бедствий в Центральной Азии". – Душанбе, 2009. - С.59-62.
15. Садыкова А. Б. Сейсмический режим района Алматы //Промышленность Казахстана. – Алматы, 2009. № 2. - С. 56-57.
16. Ризниченко Ю.В. Проблемы сейсмологии //Избранные труды. - М.:Наука, 1985.- 406 с.

Сайлаубаева З.А., Катубаева А.М.

## ЖАМБЫЛ ОБЛЫСЫ АУМАҒЫНЫҢ СЕЙСМИКАЛЫҚ ҚАУІПТІЛІГІН БАҒАЛАУ ҮШІН СЕЙСМИКАЛЫҒЫН ЗЕРТТЕУ

**Аңдатпа:** 42°-47° с.е. және 68°-78° ш.б. координаттарымен шектелген Жамбыл сейсмообелсенді аймағының ретроспективті мәліметтері бойынша аймақтың қысқаша аумақтық сілкінгіштігі берілген. 1951 жылдан бастап тіркелген энергетикалық классы  $K \geq 8,6$  болатын әлсіз жерсілкіністері және тарихи уақыттан бергі күшті жерсілкіністері эпицентрлер картасы келтірілген. Сейсмикалық қауіптілікті бағалау үшін сейсмообелсенді қабаттың қалыңдық картасы және жер сілкінісі эпицентрлерінің тығыздық картасы келтірілген: ең жоғарғы магнитудасы әртүрлі жерсілкіністер (ЖОП) ошағының пайда болу аумақтарын белгілеу кезінде; жақын жылдары осы аумақтардағы жерсілкіністерін бағалау; әртүрлі баллдағы сілкіністің орташа қайталану кезеңін бағалау және жер бетіндегі сілкініс әсерін есептеу.

**Түйін сөздер:** жер сілкініс эпицентрі, макросейсмикалық мәліметтер, сейсмикалық режим, сейсмикалық белсенділік, жер сілкініс эпицентрлерінің тығыздығы, сейсмообелсенді қабаттың қалыңдығы.

Sailaubayeva Z. A., Katubayeva A.M.

## STUDIES OF THE SEISMIC TERRITORY OF THE ZHAMBYL REGION FOR THE ASSESSMENT OF THE SEISMIC HAZARD

**Abstract:** A brief review of regional seismicity based on retrospective data for the territory of the Zhambyl seismically active region, limited by coordinates 42°-47°N, 68°-78°E is given. The Maps of the epicenters of strong earthquakes ( $M \geq 6.0$ ) that have occurred since ancient times, and weak events with an energy class of  $K \geq 8.6$ , registered since 1951, are presented in this paper.

Maps of the thickness of the seismically active layer and the density of earthquake epicenters are given, which are used to assess seismic hazard: when identifying zones of occurrence of sources of strong earthquakes of different maximum magnitudes; assessment of the maximum earthquake for a given zone in the coming years; calculation of tremors on the earth's surface and estimation of the average periods of recurrence of tremors of different intensity.

**Key words:** earthquake epicenters, macroseismic data, seismic regime, seismic activity, density of earthquake epicenters, seismically active layer thickness.

УДК:550.34

Даурбаева Г.Х., Сылканова А.О.  
ТОО «Институт сейсмологии» МЧС РК

## ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЙСМИЧНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ Г. УСТЬ-КАМЕНОГОРСК ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ КАРТЫ СЕЙСМОМИКРОРАЙОНИРОВАНИЯ

**Аннотация:** Построены карты плотности эпицентров землетрясений, сейсмической активности, мощности сейсмоактивного слоя и индивидуальных изосейст сильных землетрясений для территории города Усть-Каменогорск по

данным о сейсмических событиях, произошедших здесь в 1961-2021 гг, что необходимо для разработки карт сейсмомикрорайонирования (СМР) для города Усть-Каменогорск. Показано, что вероятными местами возникновения будущих сильных землетрясений на рассматриваемой территории могут быть глубинные сейсмоактивные слои; интенсивность сотрясений увеличивается от 5 баллов на северо-западе до 7-8 баллов в восточной и южной частях территории города.

**Ключевые слова:** сейсмичность, сейсмическая активность, сейсмомикрорайонирование, Усть-Каменогорск.

Одним из параметров для построение карт (СМР) является сейсмическая активность ( $A_{10}$ ) [1], Активность  $A_{10}$  рассчитывается из числа землетрясений  $N$  и наклона графика повторяемости землетрясений  $\gamma$  и приводится к площади  $S=10000$  км<sup>2</sup>,  $K_0$  – минимальный класс основного события в кластере (последнее землетрясение) и временному интервалу  $T=1$  год:

$$A_{10} = \frac{1000 \cdot N \cdot (1 - 10^{-\gamma}) \cdot 10^{-\gamma(9.5 - K_0)}}{S \cdot T} . \quad (1)$$

Величина  $A_{10}$  определяется путем учета землетрясений не только стандартного класса  $K_0=10$ , (в нашем случае  $K_0=10$ ), по всей совокупности представленных землетрясений. Радиусы площадки осреднения ( $R$ ) определялись по формуле [2, с.411][3, с.237-250]:

$$R = \sqrt{\frac{1 - 10^{-\gamma}}{10^{-\gamma(K_{min} - K_0)}} \cdot \frac{S_0 T_0 N_\varepsilon}{\pi T} \cdot \frac{1}{A}} , \quad (2)$$

где  $\gamma$  – средний угол наклона графика повторяемости землетрясений;  $K_{min}$  – уровень представительности т.е. класс землетрясений, начиная с которого ведется счет их числа;

$K_0=10$ ;  $S=\pi R^2$  – размер площадки осреднения;

$T$  – период наблюдения;

$S_0=1000$  км<sup>2</sup>;  $T_0=1$  год.

Карта сейсмической активности построена методом постоянной точности при  $N_\Sigma=9$  и  $\gamma=0,46$ . Подсчет числа землетрясений на площадях осреднения осуществлялся способом суммирования. Карта плотности эпицентров построена при  $\Delta S=625$  км<sup>2</sup>. Значения активности (плотности) определялись в узлах сетки с размерами 10 x10 км.

На рисунках (1,2) приведены карты плотности эпицентров землетрясений и сейсмической активности территории г. Усть-Каменогорск для землетрясений с  $K \geq 7,6$ . Сравнивая указанные карты между собой можно отметить, что в пределах активных районов они дают одну и ту же картину распределения сейсмичности, а в пределах менее активных и неактивных районов карта сейсмической активности дает более сглаженную картину распределения сейсмичности по площади.

Карта мощности сейсмоактивного слоя построена с использованием карт распределения землетрясений по глубине залегания очагов. В каталогах Северного Тянь-Шаня и Тарбагатай-Алтайского региона в разные периоды

времени использовались разные подходы к оценке глубины: для сильных землетрясений имелись определения глубин по макросейсмическим данным, для очень малого количества слабых – по осредненной палетке Ю.В. Ризниченко и графическими методами Вадати или Исикава [4, с. 406]. С 1980 г. в практику определения глубины вошел способ палеток изохрон по временам  $S-P$ , базирующийся на сложной скоростной модели региона [5, с.173-196]. Используя данные о распределении числа землетрясений по глубинам для Восточно-Казахстанской области, были выбраны глубины гипоцентров землетрясений для территории г. Усть-Каменогорск, и построена карта мощности сейсмоактивного слоя для этой территории (рисунок 3).

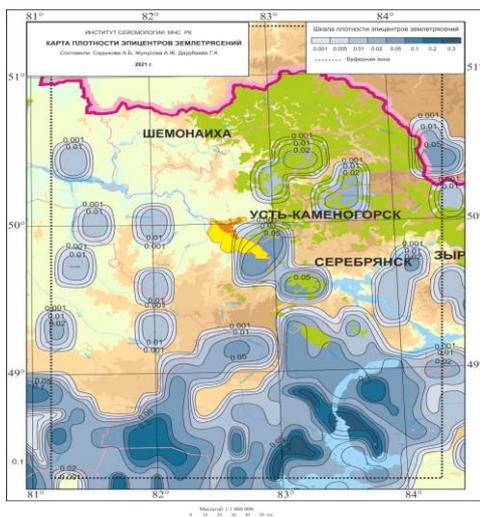


Рисунок 1 - Карта плотности эпицентров землетрясений с  $K \geq 7,6$  за 1961-2021 гг

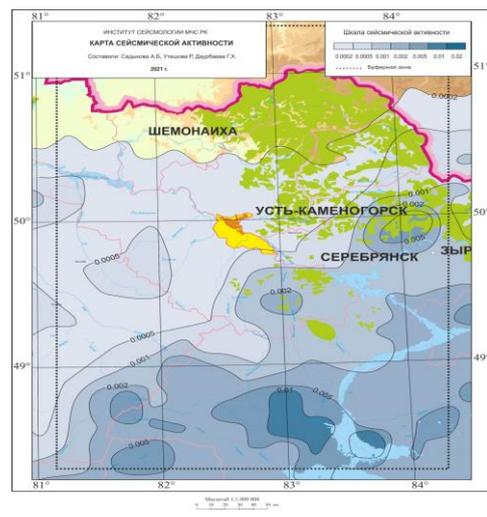


Рисунок 2 – Карта сейсмической активности по землетрясений с  $K \geq 7,6$  за 1961-2021 гг

На рисунке 4 приведена карта эпицентров землетрясений с энергетическим классом  $K \geq 5,6$  для территории г. Усть-Каменогорск по данным 1961-2021 гг. Сюда вошли 227 землетрясений с максимальным энергетическим классом  $K=13$  на основании каталогов землетрясений «Seismo», «Алтай-Саян ЗР», «НЯЦ РК», «Магатэ». Среди них можно выделить относительно недавнее землетрясение, которое произошло 07.08.2021 г.,  $K=10,1$ ,  $MPV=4.2$  с ощутимостью 2-3 балла на территории г. Усть-Каменогорск. Многие ощутимые землетрясения в городе являются транзитными землетрясениями. К примеру, Монгольское землетрясение 09.12.1761 г. с  $M=8,3$ , ощущалась в г. Усть-Каменогорск с интенсивностью 6 баллов. Сравнивая рисунки 3 и 4, можно констатировать, что очаги сильных землетрясений тяготеют к тем местам, где мощность сейсмоактивного слоя наибольшая. Это подтверждает зависимость способности накопления энергии земной корой от линейных размеров и мощности сейсмоактивного слоя. Из сказанного вытекает, что вероятными местами возникновения будущих сильных землетрясений на рассматриваемой территории следует считать глубинные сейсмоактивные слои.

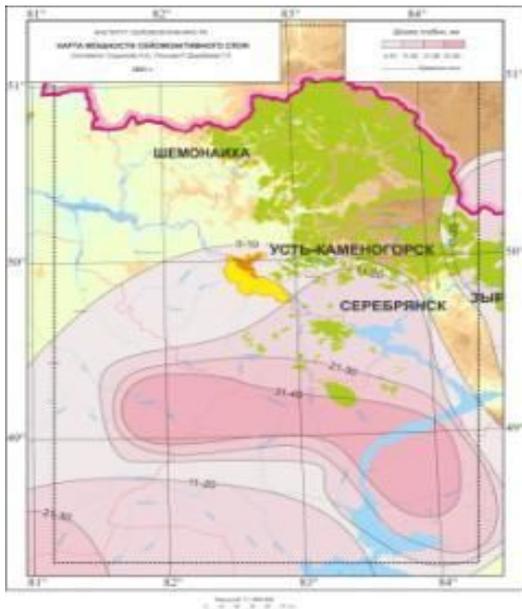


Рисунок 3 - Карта мощности сейсмоактивного слоя для территории г. Усть-Каменогорск

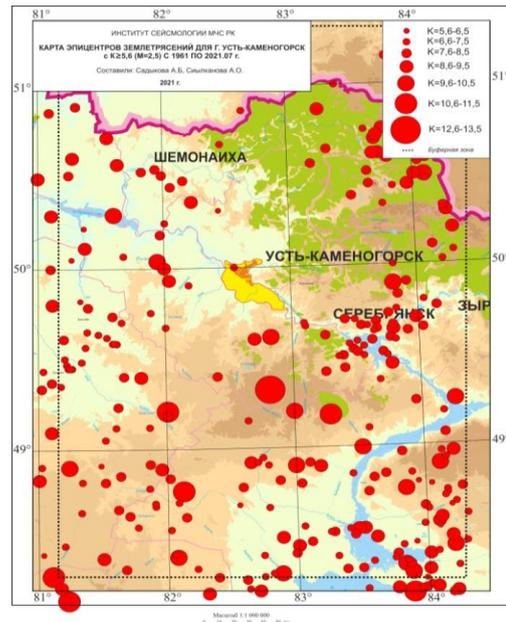


Рисунок 4- Карта эпицентров землетрясений для территории г. Усть-Каменогорск с энергетическим классом  $K \geq 5,6$  в 1961-2021 гг.

Еще одной характеристикой для построения карты СМР являются карты максимальных наблюдаемых сотрясений индивидуальных изосейст сильных землетрясений для территории города Усть-Каменогорск и буферной зоны. Такие надежные макросейсмические данные с исторических времен по настоящее время имеются лишь для четырех землетрясений. Монгольского землетрясения 9 декабря 1761 г. с магнитудой  $M=7,7$ ; Монголо-Алтайское 10 августа 1931г. 8-9-балльное; Зайсанское в 1990 г. 8-балльное; Чуйское (Алтайское) 27 сентября 2003 г 8-9-балльное (координаты эпицентра –  $50,04^\circ$  с.ш.,  $87,97^\circ$  в.д;  $M=7,3$ ). Очаги некоторых из них находятся за пределами ВКО, в соседних сейсмогенных структурах, однако на территории города Усть-Каменогорск и буферной зоны они проявились с интенсивностью 4 и более баллов. На рисунке 5 представлена карта индивидуальных изосейст сильных землетрясений на территории г. Усть-Каменогорск и в буферной зоне. Изосейсты, как правило, приближаются к форме разновеликих эллипсов, которые в зонах максимальных сотрясений наиболее упрощены и ориентированы длинной осью по простиранию основных геологических структур. Максимальная интенсивность составила  $I=6$  баллов, большинство создающих макросейсмический эффект землетрясений находятся на расстояниях до 400 км, есть дефицит относительно слабых землетрясений.

На рисунке 6 приведена карта максимальных наблюдаемых сотрясений, которая составлена на основании атласа карт изосейст и карты эпицентров сильных землетрясений и представляет собой огибающую изосейст равной балльности известных землетрясений, происшедших на данной территории за

последние 250 лет. Показаны зоны сотрясений интенсивностью 5, 6, 7, 8 баллов. Возможный поверхностный эффект от землетрясений, которые не были обследованы макросейсмически, учитывался путем построения теоретических изосейст [6, с.268]. Видно, что интенсивность сотрясений увеличивается от 5 баллов на северо-западе до 7-8 баллов в восточной части и на юге рассматриваемой территории.

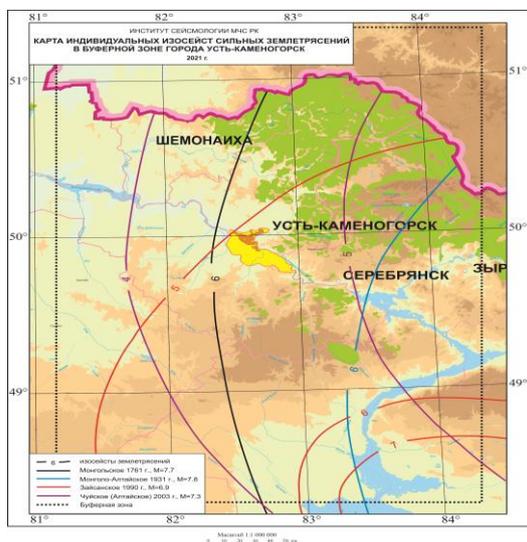


Рисунок 5 - Карта индивидуальных изосейст сильных землетрясений на территории г. Усть-Каменогорск и в буферной зоне

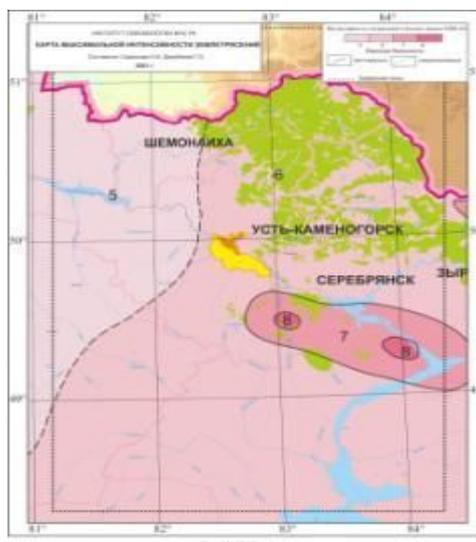


Рисунок 6 - Карта максимальных наблюдаемых сотрясений на территории г. Усть-Каменогорск и в буферной зоне

## Литература

1. Параметры сейсмичности камчатки в 2008г./В. А. Салтыков, Н. М. Кравченко.,(Интернет)
2. Геодинамика и сейсмичность литосферы Казахстана (Пояснительная записка к «Геодинамическому атласу Казахстана»)/Под ред. Б.С. Ужкенова, Е. Нусипова. - Алматы, 2007. - 411 с.
3. Жунусова А.Ж., Садыкова А.Б., Сыдыков А. Количественная оценка сейсмичности. // Геодинамика и сейсмичность литосферы Казахстана. - Алматы, 2007. - С. 237-250.
4. Ризниченко Ю.В. Проблемы сейсмологии. // Избранные труды. - М.: Наука, 1985. - 406 с
5. Шацлов В.И. Обоснование способа массового определения координат очагов местных землетрясений // Прогноз землетрясений. - Душанбе: Дониш, 1982. - №2. - С.173-196.
6. Сыдыков А. Сейсмический режим территории Казахстана. - Алматы: Ғылым, 2004. - 268 с.

Даурбаева Г. Х., Снылканова А.О.

## ӨСКЕМЕН ҚАЛАСЫНЫҢ СЕЙСМИКАЛЫҚ ШАҒЫН АУДАНДАСТЫРУ КАРТАСЫН ЖАСАУ ҮШІН АЙМАҚТАҒЫ СЕЙСМИКАЛЫҚ ЖАҒДАЙДЫ ЗЕРТТЕУ

**Андатпа:** 1961-2021 жылдары Өскемен қаласында болған сейсмикалық оқиғалар туралы деректер бойынша аймақтағы жер сілкіністердің эпицентрлерін, тығыздығын, сейсмикалық белсенділігін, сейсмикалық белсенді қабат қуатын және күшті жер сілкіністердің жеке изосейстерінің карталары салынды, бұл Өскемен қаласы үшін

сейсмикалық шағын аудандастыру (США) карталарын әзірлеу үшін қажет. Қарастырылып отырған аймақта болашақта күшті жер сілкіністерінің ықтималдылығы терең сейсмикалық белсенді қабаттарда болуы мүмкін екендігі көрсетілген; сілкіністердің қарқындылығы солтүстік-батыста 5 баллдан жоғары, қала аймағының шығыс және оңтүстік бөліктерінде 7-8 баллға дейін артады.

**Түйін сөздер:** сілкінгіштік, сейсмикалық белсенділік, сейсмикалық шағын аудандастыру, Өскемен.

**Daurbayeva G.H., Siylkanova A.O.**

## **STUDY OF SEISMICITY TO BUILD A SEISMIC MICROZONING MAP ON THE TERRITORY OF UST-KAMENOGORSK**

**Abstract:** Maps of the density of earthquake epicenters, seismic activity, the depth of the seismic active layer and individual isoseists of strong earthquakes for the territory of Ust-Kamenogorsk city were constructed based on the data of seismic events that occurred in 1961-2021, which is necessary for the development of seismic microzoning maps (SMZ) for Ust-Kamenogorsk city. It is shown that the possible places of occurrence of future strong earthquakes in the considered area may be deep seismically active layers; the intensity of shaking increases from 5 points in the northwest to 7-8 points in the eastern and southern parts of the city.

**Keywords:** seismicity, seismic activity, seismic microzoning, Ust-Kamenogorsk

УДК 550.34

**Сиылканова А.О., Даурбаева Г.Х**  
ТОО «Институт сейсмологии» МЧС РК

## **СЕЙСМИЧНОСТЬ И СЕЙСМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Аннотация.** Приведены карты эпицентров землетрясений, глубин залегания сейсмических очагов, плотности эпицентров слабых землетрясений, сейсмической активности и удельной мощности источников сейсмической энергии для территории Восточного Казахстана (45°30'-51°30'с.ш. и 76°30'-87°30' в.д.) по данным 1951-2020 гг. Показано, что все сильнейшие землетрясения ( $M \geq 6,0$ ) расположены на восточной части территории и приурочены к горной системе Большого Алтая. В центральной части территории ориентация участков повышенной плотности эпицентров согласуется с простираем основных геологических структур, а по краям они имеют северо-восточное и северо-западное простираем. Максимальные значения удельной мощности источников сейсмической энергии приурочены к хребтам Тарбагатай, Манрак, Курчумский, Нарымский, Теректинский.

**Ключевые слова:** сейсмичность, сейсмический режим, представительность землетрясений, карта эпицентров, сейсмическая активность.

Для проведения сейсмического районирования различных масштабов необходимы сведения о характеристиках сейсмичности и особенностях сейсмического режима территории. Одним из источников такой информации являются данные сейсмологических каталогов. Достоверность полученной при этом информации существенно зависит от нижнего энергетического уровня толчков, регистрируемых без пропусков. В данной работе оценка представительности землетрясений выполнена способом накопления событий с последующей проверкой по графикам повторяемости числа землетрясений [1, с.11]. Анализ по данной методике каталогов БД Сейсмо, Уломова, Алтай-Саяны, НЯЦ РК, Магатэ, kat\_2013-2015 позволили установить год, начиная с которого, данные о землетрясениях конкретного энергетического класса (К) являются представительными (Таблица 1).

Таблица 1 – Представительность каталогов для землетрясений с энергетическим классом  $K \geq K_i$  для основных сейсмоактивных зон территории Восточно-Казахстанской области

п/п	Наименование зон	Начало времени представительной регистрации землетрясений						
		$K \geq 9$	$K \geq 10$	$K \geq 11$	$K \geq 12$	$K \geq 13$	$K \geq 14$	$K \geq 15$
	Джунгаро-Северо-Тянь-Шаньская	1951	1951	1951	1926-30	1916-20	1891-95	1865-70
	Джунгарская	1962	1962	1951	1941-45	1936-40	1901-05	-
	Тарбагатай-Алтайская	1962	1962	1962	1931-35	1916-20	1891-95	1881-85
	Восточно-Тянь-Шаньская	1962	1951	1951	1926-30	1916-20	1891-95	1865-70

С учетом данных в таблице 1 были построены карты эпицентров землетрясений для разных магнитуд и энергетических классов ( $M \geq 6,0$ ,  $M \geq 4,8$ ,  $K \geq 8,6$ ,  $K \geq 7,6$ ) с древнейших времен по 2020 г. (рисунки 1 - 4). Рисунок 1 показывает, что все сильнейшие землетрясения ( $M \geq 6,0$ ) произошли на восточной части территории и приурочены к горной системе Большого Алтая. Так, очаг Зайсанского землетрясения 1990 г. ( $M=6,8$ ;  $I_0=8б$ ) приурочен к Южному Алтаю [2, с.54], где ранее уже произошло событие в 1857 г.,  $M=6,4$  ( $I_0=7б$ ) [3, с.535]. Чуйское событие 2003 г. ( $M=7,3$ ;  $I_0=8-9б$ ) приурочено к юго-восточной области Алтая, где после первого толчка, образовался новый тектонический разлом в районе Южно-Чуйских блоков [4, с.590; 5, с.471].

Рисунок 2. показывает, что землетрясения с  $M \geq 4,8$  имеют большую рассеянность по площади по сравнению с  $M \geq 6,0$  и расположены в виде отдельных групп в восточной части территории. При изучении сейсмического режима важное значение имеют сведения о глубинах залегания очагов землетрясений. Информацию об объемной структуре поля сейсмичности в обобщенном виде дают карты плотности слабых землетрясений - карты плотности сейсмического фона в слоях разной глубины [6, с.270; 7, с.99]. На рисунках 5-8 приведены карты плотности сейсмического фона по землетрясениям с  $K \geq 5,0$  за

1951-2020 гг. раздельно по глубинам: 0-10; 11-20; 21-30; 31-40 км, для площадок осреднения 15×15 км.

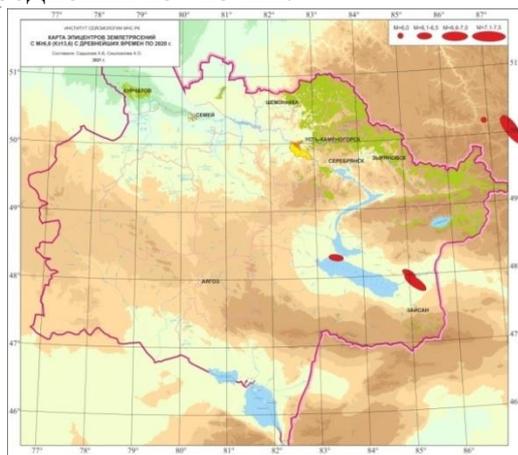


Рисунок 1 - Карта эпицентров землетрясений с  $M \geq 6,0$  с древнейших времен по 2020г.

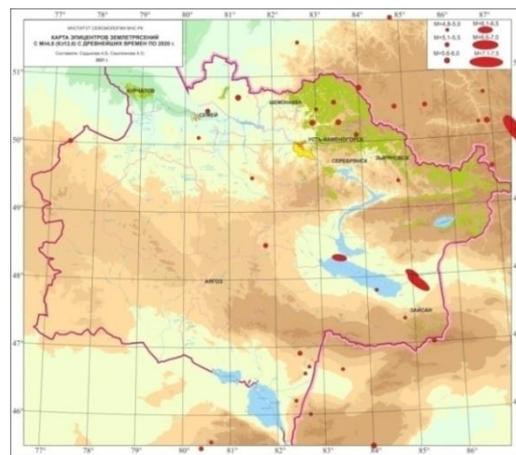


Рисунок 2 - Карта эпицентров землетрясений с  $M \geq 4,8$  с древнейших времен по 2020 г.

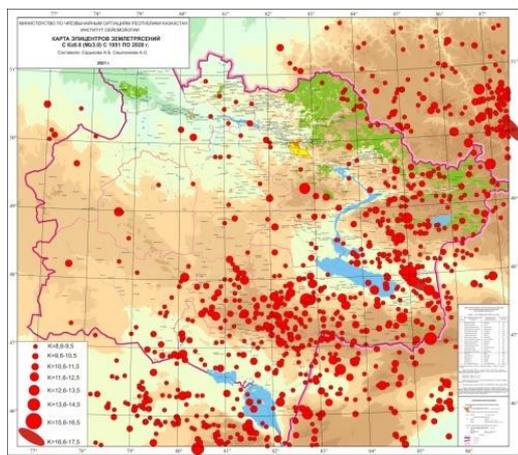


Рисунок 3 - Карта эпицентров землетрясений с  $K \geq 8,6$  с 1951 г. по 2020 г.

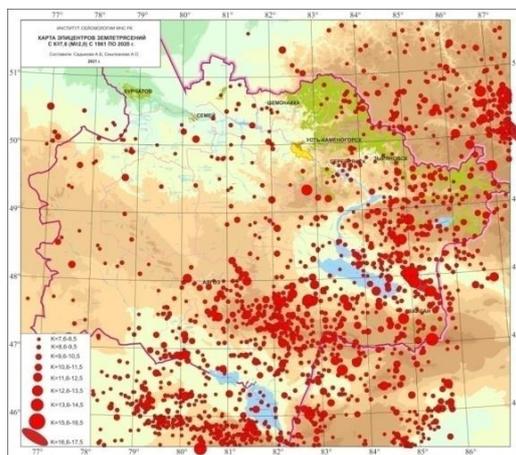


Рисунок 4 - Карта эпицентров с  $K \geq 7,6$  с 1961 г. по 2020 г.

В слое  $H=0-10$  км (рисунок 5) выделяется несколько ядер повышенной плотности, которые приурочены к хребтам Джунгарского Алатау, Тарбагатау, Нарымскому и Курчумскому. В центральной части ориентация участков повышенной плотности согласуется с простираем основных структур, а по краям они имеют северо-восточное и северо-западное простирание. Распределение плотности очагов с глубинами  $H=11-20$  км (рисунок 6), аналогично предыдущему при меньших размерах площадей. Для слоя с  $H \geq 21$  (рисунок 7) проявляется тенденция к уменьшению площади областей сейсмического фона с одновременным уменьшением значений плотности. Число землетрясений с  $H \geq 31$  (рисунок 8) незначительно и составляет  $N=10$ . Из них по одному землетрясению с  $K=17$ , с  $K=14$  и  $K=11$ , два – с  $K=12$ , а остальные – с  $K=8,9-9,9$  на карте отмечаются небольшими островками изолиний. На рисунке 9 приведена

карта сейсмической активности территории по землетрясениям с  $K \geq 7,6$ . Можно выделить несколько зон, одна из которых приурочена к Тарбагатайскому хребту, а другая занимает районы севернее и восточнее оз. Зайсан, третья – на территории Рудного и Горного Алтая. Максимальные значения сейсмической активности достигают  $A_{10}=0,01-0,02$  ( $N^*=0,1-0,2$ ). Остальная часть территории указанного региона характеризуется низкими значениями  $A_{10}=0,0005-0,01$ ;  $N^*=0,001-0,1$ .

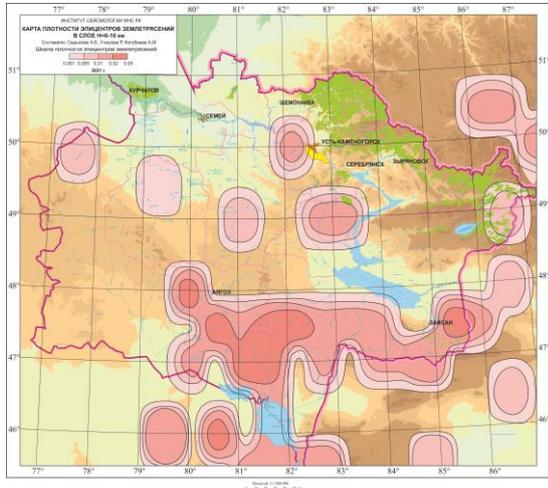


Рисунок 5 - Карта плотности эпицентров землетрясений в слое  $H=0-10$  км

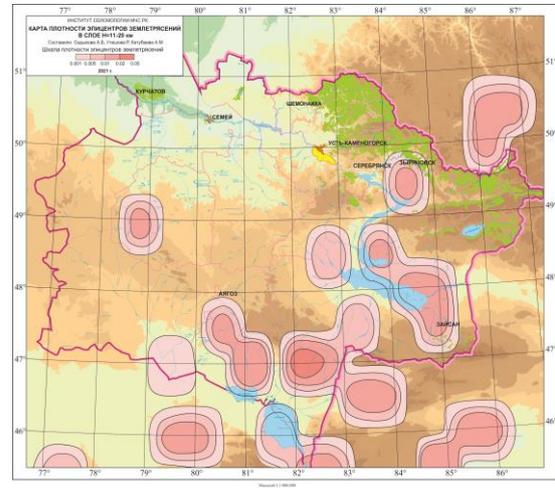


Рисунок 6 - Карта плотности эпицентров землетрясений в слое  $H=11-20$  км

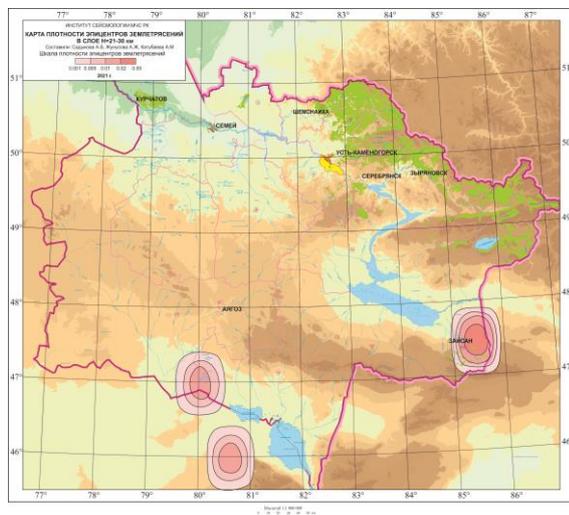


Рисунок 7 - Карта плотности эпицентров землетрясений в слое  $H=21-30$  км

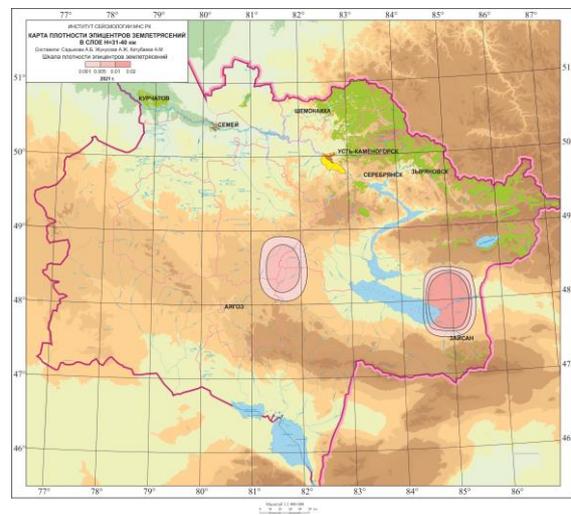


Рисунок 8 - Карта плотности эпицентров землетрясений в слое  $H=31-40$  км

Удельная мощность источников сейсмической энергии, отнесенная к единице времени  $T$  и площади  $S(\omega_S)$ , или же времени  $T$  и объема  $V(\omega_V)$ , является энергетической мерой сейсмичности. Картирование значений  $\omega$  (рисунок 10) проводилось отдельно для землетрясений с  $K \geq 14,6$  за 1860-2020 гг. и  $K=9-14,5$  за 1955-2010 гг., которые затем суммировались [8, с. 75; 9, с.118]. Видно, что

большая часть региона оконтуривается изолиниями  $10^8$  Дж, а повышенные значения  $\omega=10^9$  Дж в виде отдельных пятен разбросаны по всей территории.

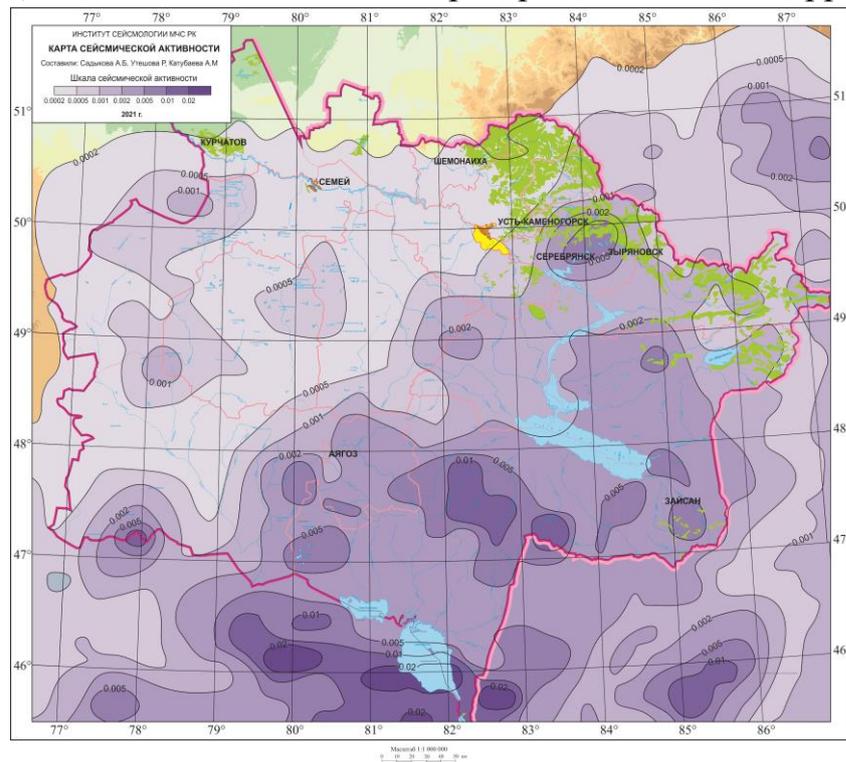


Рисунок 9 - Карта сейсмической активности по землетрясениям с  $K \geq 7,6$  за 1961-2021 гг.

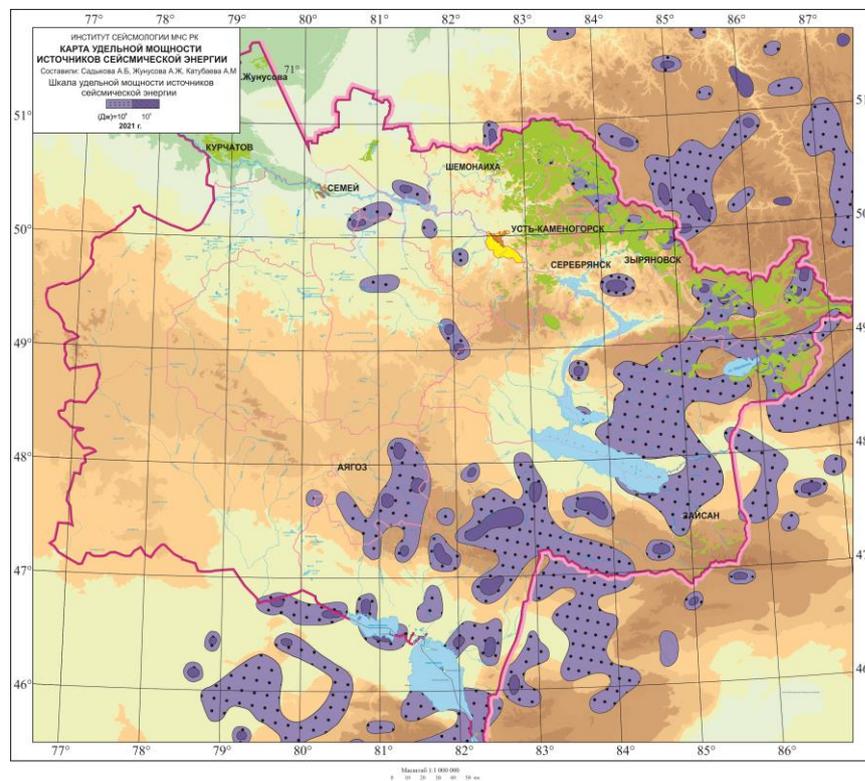


Рисунок 10 - Карта удельной мощности источников сейсмической энергии

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сыдыков А., Садыкова А.Б. Оценка представительности землетрясений с  $K \geq 12$  территории юга и юго-востока Казахстана // Известия АН КазССР. Серия геологическая. Деп. 4.10.1988. №2353. - 11 с.
2. Нурмагамбетов А., Сыдыков А., Тимуш А.В. и др. Зайсанское землетрясение 14 июня 1990 г. // Землетрясения в СССР в 1990 г. - М.: ОИФЗ РАН, 1996. - С.54-60.
3. Новый каталог сильных землетрясений СССР с древнейших времен до 1975 г. / Под ред. Н.В. Кондорской и Н.В. Шебалина. - М.: Наука, 1977. - 535 с.
4. Тимуш А.В. Сейсмоструктура литосферы Казахстана. - Алматы, 2011. - 590 с.
5. Геология СССР. Том XII. Восточный Казахстан. Часть I. Геологическое описание. - М., Недра. 1967. - 471 с.
6. Сыдыков А. Сейсмический режим территории Казахстана. - Алматы, Ғылым, 2004-270 с.
7. Садовский М.А., Болховитинов Л.Г., Писаренко В.Ф. Деформирование геофизической среды и сейсмический процесс. - М.: Наука, 1987. - 99 с.
8. Михайлова Н.Н., Каймачникова Н.И., Силачева Н.В., Михайлов А.М. Каталог основных и спектральных параметров сейсмических воздействий по сильным землетрясениям Казахстана (1970-1992 гг.). Рукопись. 1993 г. - 75 с.
9. Шацков В.И., Тимуш А.В., Степаненко Н.П., Кайдаш Т.М., Белоусова Н.П. Особенности строения литосферы Тянь-Шаня и прилегающих платформ // Геодинамические, сейсмологические и геофизические основы прогноза землетрясений и оценки сейсмического риска / Доклады Каз-Росс. конф. 22-24 июня 2004 г. Алматы, 2005. - С.118-129.

**Сыылканова А.О., Даурбаева Г. Х.**

### **ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫНЫҢ СЕЙСМИКАЛЫҒЫ МЕН СЕЙСМИКАЛЫҚ РЕЖИМІ**

**Аңдатпа:** 1951-2020 ж.ж. деректер бойынша Шығыс Қазақстан аймағы үшін жер сілкінісі эпицентрлерінің, сейсмикалық ошақтардың орналасу тереңдігінің, әлсіз жер сілкінісі эпицентрлерінің тығыздығының, сейсмикалық белсенділік пен сейсмикалық энергия көздерінің меншікті қуатының карталары келтірілген ( $45^{\circ}30'-51^{\circ}30'$ с.е. және  $76^{\circ}30'-87^{\circ}30'$ ш.б.). Барлық күшті жер сілкіністер ( $M \geq 6,0$ ) аймақтың шығыс бөлігінде орналасқандығы және Үлкен Алтайдың таулы жүйесіне орайластырылғандығы көрсетілген. Аймақтың орталық бөлігінде эпицентрлердің тығыздығы жоғары учаскелердің бағыты негізгі геологиялық құрылымдардың созылуына сәйкес келеді, ал шеттерінде олар солтүстік-шығыс және солтүстік-батысқа созылады. Сейсмикалық энергия көздерінің үлестік қуатының максималдық мәні Тарбағатай, Маңырақ, Күршім, Нарым, Теректі жоталарына орайластырылған.

**Түйін сөздер:** сейсмикалық жағдай, сейсмикалық режим, жер сілкіністердің көрсеткіштері, эпицентр карталары, сейсмикалық белсенділік.

**Siyllkanova A.O., Daurbayeva G.H.**

### **SEISMICITY AND SEISMIC REGIME OF THE EAST KAZAKHSTAN REGION**

**Abstract:** The maps of earthquake epicenters, the depths of earthquakes focal, the density of weak earthquake epicenters, seismic activity and the specific depth of seismic energy sources for the territory of East Kazakhstan (45°30'-51°30'N. and 76°30'-87°30'E) are given according to 1951-2020. It is shown that all the strongest earthquakes ( $M \geq 6.0$ ) are located in the eastern part of the territory and are confined to the mountain system of the Greater Altai. In the central part of the territory, the orientation of the areas of increased epicenter density is consistent with the strike of the main geological structures, and at the edges they have a north-eastern and north-western strike. The maximum values of the specific depth of seismic energy sources are confined to the Tarbagatai, Manrak, Kurchumsky, Narymsky, Terektinsky ridges.

**Keywords:** seismicity, seismic regime, representativeness of earthquakes, map of epicenters, seismic activity.

УДК: 550.348

Белослюдцев О.М.<sup>1</sup>, Аязбаева А.Б., Исагалиева А.К.

<sup>1</sup> к.ф.-м.н., ГНС

ТОО «Институт сейсмологии» МЧС РК

## КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ДАННЫХ СИСТЕМЫ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

**Аннотация:** Представлены методы выделения нормированных краткосрочных аномалий-предвестников сильных землетрясений на территории Северного Тянь-Шаня по отдельным видам сейсмических, геофизических и гидрогеологических наблюдений. Рассмотрены аномалии накануне сильных землетрясений в параметрах геомагнитного поля, в количестве регистрируемых микротолчков, в концентрации ортокремниевой кислоты в подземных водах, в корреляционной функции геомагнитного поля  $R_t(Z_x, Z_y)$ , в нормированной энергии электромагнитных импульсов. Разработана методика комплексирования многодисциплинарных данных с целью повышения эффективности краткосрочного прогноза сильных землетрясений.

**Ключевые слова:** Северный Тянь-Шань, аномалии-предвестники сильных землетрясений, комплексирование многодисциплинарных данных.

Территория юго-восточного Казахстана характеризуется высокой сейсмичностью активностью, за последние 50 лет здесь произошло около 180 землетрясений с  $K > 12$ . С целью разработки методов прогноза в 1982г. организован комплексный Алматинский прогностический полигон, на котором развернута сеть сейсмологического мониторинга (рисунок 1).

Большинство наблюдаемых геофизических параметров подвержены влиянию внешних, главным образом, метеорологических факторов, что требует

соответствующей поправки рядов данных для выделения аномалии. Основополагающим здесь является преобразование временного ряда наблюдаемого параметра в такой ряд, который не имеет тренда, все аномальные отклонения в котором имеют один знак (положительный), а значение аномалии должно быть нормировано на фон. Результативный временной ряд подчиняется законам статистики, имеет среднее, дисперсию (ненулевую) и каждое его значение определяется с вычисляемой ошибкой.

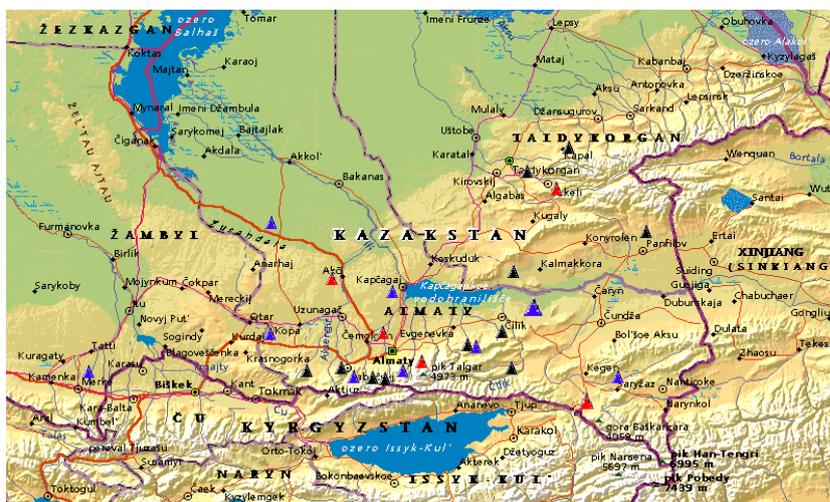


Рисунок 1 – Схема размещения станций системы сейсмологического мониторинга

При выявлении информативных признаков [1-3] производилась их обработка с подбором наиболее эффективных способов локализация признаков-предвестников для каждого параметра:

- аномалия в изменении среднего уровня (рисунок 2);
- аномалия в изменении уровня сигнала в ВЧ-области спектра (длина графика), которая рассчитывается как сумма приращений ординат (отсчетов) в сегменте (скользящем окне) ряда (рисунок 3);
- аномалия в спектральной характеристике – смещение спектральных линий – это аномалия в числе точек перегиба графика  $Z_w$  в скользящем окне;
- аномалия в радиусе автокорреляции (рисунок 4);
- аномалия во взаимно-корреляционной функции двух исследуемых параметров, взятых в скользящем окне (рисунок 5);
- аномальные изменения амплитуд волн, совпадающих по периоду с приливными;
- аномалия отношения нормированной энергии естественного электромагнитного излучения на высокочастотных диапазонах к низкочастотному – опорному (рисунок 6).

Нормирование ряда производится на доверительный интервал фона  $P_\phi$ , рассчитанный на фоновом участке ряда, характеризующимся пониженной сейсмической активностью в окрестности анализируемого пункта наблюдений длительностью, достаточной для надежной статистики. При анализе временных

рядов за многолетний период для каждого параметра было рассчитано фоновое среднее на сейсмически спокойном достаточно длительном, статистически представительном интервале времени, то есть не менее года для суточных значений, и этот порог в нормированных рядах равен 1.0. Все элементы рядов, имеющие значения меньше 1.0, принимались за находящиеся в пределах фона, в случае превышения значения 1.0 – за аномалию. При испытании того или иного метода ряд исходных данных искусственно обрывался за 2 сут. до сейсмического события, краткосрочный предвестник которого необходимо выделить

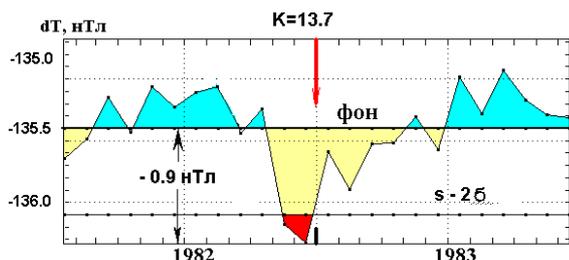


Рисунок 2 – Аномалия в разностном геомагнитном поле накануне землетрясения с  $K=13.7$  (31.12.1982) (по [4])

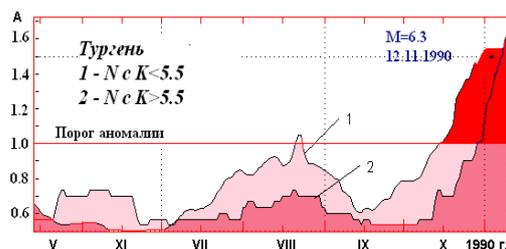


Рисунок 3 – Аномалия в числе микроотлчков накануне землетрясения с  $K=14.6$  (12.11.1990) (по [5])

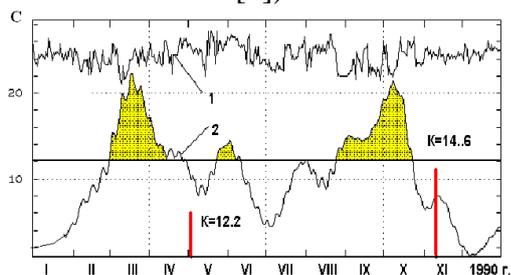


Рисунок 4 – Аномалия концентрации ортокремниевой кислоты в подземных водах накануне землетрясения с  $K=14.6$  (12.11.1990)

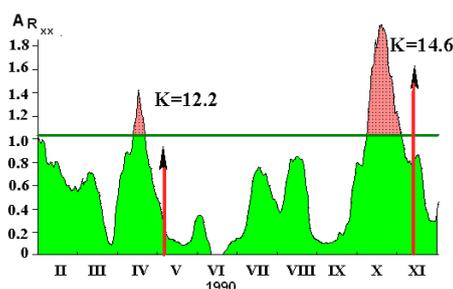


Рисунок 5 – Аномалия в корреляционной функции  $R_t (Z_x, Z_y)$  геомагнитного поля на МВС Саты накануне землетрясения с  $K=14.6$  (12.11.1990)

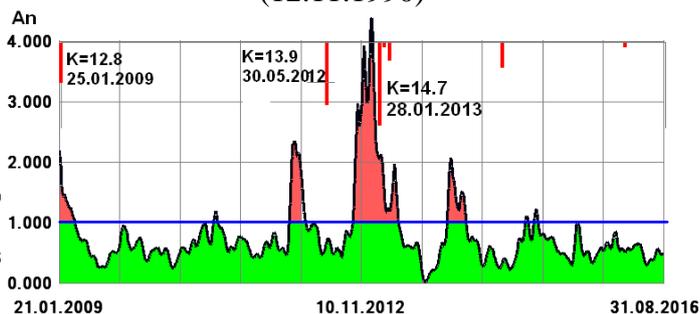
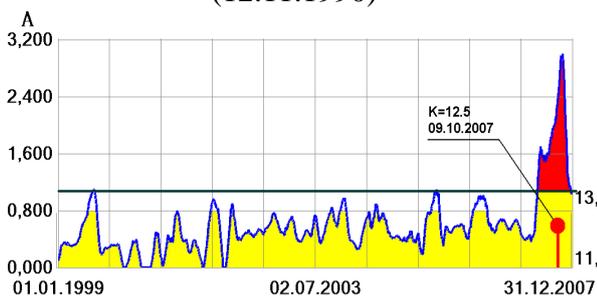
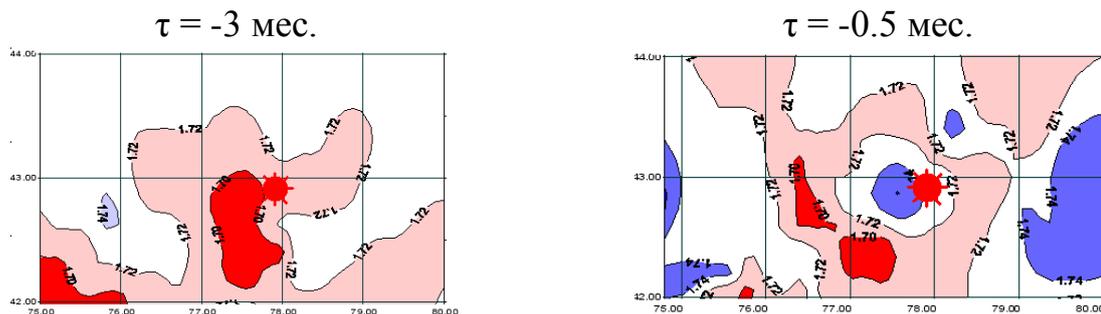


Рисунок 6 – Краткосрочные аномалии-предвестники в нормированной энергии ЭМИ на станции Тургень ( $K=12.5$ ) и на станции Саты ( $K=14.7$ )

При выделении аномалий в параметрах слабой сейсмичности удобно анализировать пространственное распределение отношения скоростей

сейсмических волн  $V_p/V_s$ , нормированной активизации  $L_a$ , анизотропии скоростей продольных волн  $A_{Vp}$  (рисунок 7).



$\tau$  – период упреждения

Рисунок 7 – Выделение краткосрочной аномалии в отношении скоростей сейсмических волн  $V_p/V_s$  для территории  $42^\circ-44^\circ$  с.ш.,  $74^\circ-80^\circ$  в.д. накануне Байсрунского землетрясения с  $K=14.6$  (12.11.1990)

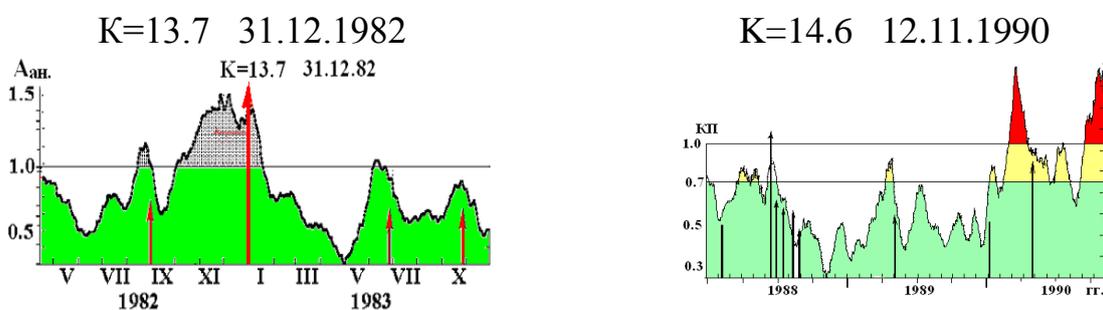


Рисунок 8 – Графики аномалий комплексного параметра накануне сильных землетрясений с  $K=13.7$  и  $K=14.6$

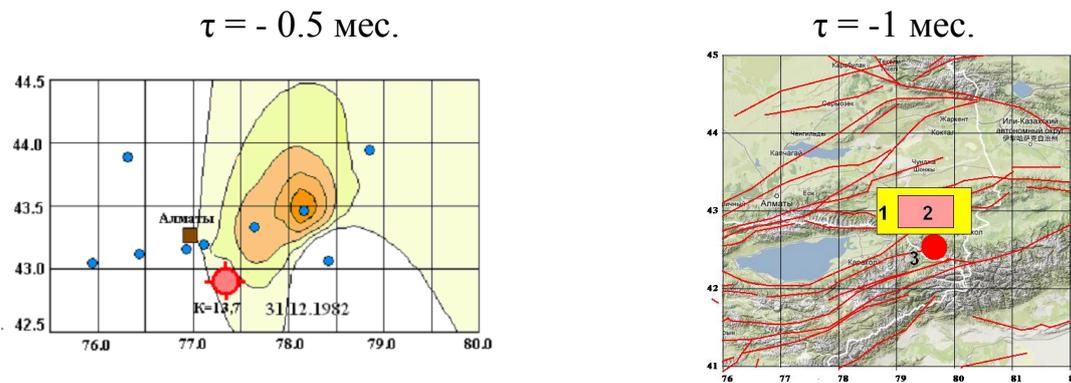


Рисунок 9 – Схемы краткосрочной сейсмической ситуации по комплексу данных на 15.12.1982 и за 31.12.2012 г.

Значения комплексного параметра на всех станциях, которые рассчитаны за последние 5 суток, являются основанием для оценки сейсмической ситуации на полигоне, которая производится на основе сравнения среднего значения обработанного ряда (его конечной модификации) за анализируемый период (последние 5 суток)  $S_{end}$  с пороговым значением, определенным на ретроспективных данных. На отрезке ряда в период отсутствия землетрясений (но не менее 2-х лет) вычислялось фоновое среднее значение выходного

параметра и его дисперсия, которые жестко вставлены в соответствующие подпрограммы (ПП). За аномалию принимается превышение  $S_{\text{фона}}$  на  $2\sigma$  или  $3\sigma$ .

Значение аномалии, рассчитываемая по формуле  $An = S_{\text{end}}/S_{\text{фона}}$  и является величиной безразмерной и нормированной на 1, что делает возможным рассчитывать величину аномалии комплексного параметра на станции при наличии разномасштабных исходных данных и построить схему краткосрочной сейсмической ситуации на полигоне. При появлении аномалии зона проявления предвестников оконтуривается изолиниями со значениями больше 1.0 [6-9] (рисунок 8). Для локализации зоны возможного землетрясения применяются схемы пространственного распределения комплексного параметра, аномальные значения которого, как правило, группируются вблизи последующего сейсмического события (рисунок 9). Таким образом, применение комплексного анализа и синтетического аномального параметра, показывает перспективность для эффективных оценок краткосрочной сейсмической ситуации на исследуемой территории – Северном Тянь-Шане.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рокитянский И.И. Индукционное зондирование Земли. Киев: Наукова думка. 1981. 296с.
2. Пономарев А.В. Электрические явления при деформации и разрушении горных пород. Прогноз землетрясений. 1983. №4, с.244-256.
3. Белослюдцев О.М., Узбеков Н.Б. Локальные изменения геомагнитного поля в связи с сейсмичностью Юго-Востока Казахстана // Проблемы предотвращения последствий разрушительных землетрясений. Доклады второго Казахстанско-Японского семинара, 23-25 сентября 2002 г. – Алматы: Эверо, 2003. – С. 188-194.
4. Узбеков Н.Б., Белослюдцев О.М., Узбеков А.Н. Поиск локальных аномалий в геомагнитном поле на основе вейвлет-анализа и фрактальной размерности. Активные геологические и геофизические процессы в литосфере. Методы, средства и результаты изучения. // Материалы XII международной конференции 18-23 сентября 2006г. Научные доклады и сообщения, том II [Н-Я]. – Воронеж, 2006. – С. 207-112.
5. Белослюдцев ОМ. Приливные воздействия на сейсмический режим северного Тянь-Шаня. Межд. научн. конф. Воздействие внешних полей на сейсмический режим и мониторинг их проявления. Бишкек, 2018.
6. Закупим А.С, Жердева О.А. Ретроспективная оценка применимости методов среднесрочного прогнозирования землетрясений для северного Сахалина//Вести. ДВО РАН. 2017. № 1.С. 18-25.
7. Nilupar Mamattursun. Tempo-special Variation of LURR before Strong Earthquakes in Western Segment of Northern Tian Shan. Report of the 9th Kazakhstan-Chinese Symp. Almaty, 2017.
8. Белослюдцев О.М., Узбеков Н.Б., Бахарева Л.Т. Учет приливных воздействий на режим слабой сейсмичности для среднесрочного прогнозирования сильных землетрясений на Северном Тянь-Шане Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Тр. Седьмой научно-технической конференции 29 сент. - 5 окт. 2019 г., г. Петропавловск-Камчатский. с. 258-262.
9. Белослюдцев О.М., Инчин А,С. Реализация комплексной обработки данных в сейсмомониторинге. //Теория и практика прогноза землетрясений на территории Тянь-Шаня». (тез. Докл. 3-го Каз.-Кит. Симп. 10-14 сент. 1996 г. Алматы, 1996, с. 41-42.

Белослюдцев О.М., Аязбаева А.Б., Исагалиева А.К.

## КҮШТІ ЖЕРСІЛКІНІСТЕРІН ҚЫСҚА МЕРЗІМДІ БОЛЖАУ ҮШІН СЕЙСМОЛОГИЯЛЫҚ МОНИТОРИНГ ЖҮЙЕСІНІҢ ДЕРЕКТЕРІН КЕШЕНДЕУ

**Аңдатпа:** Солтүстік Тянь-Шань аумағында сейсмикалық, геофизикалық және гидрогеологиялық бақылаулардың жекелеген түрлері бойынша күшті жер сілкіністерінің нормаланған қысқа мерзімді аномалияларын-алғышарттарын бөлу әдістері ұсынылған. Геомагниттік өрістің параметрлерінде, тіркелген микротүйіршіктер санында, жер асты суларындағы ортокремнийлі қышқыл концентрациясында,  $R_t(Z_x, Z_y)$ , геомагниттік өрістің корреляциялық функциясында, электромагниттік импульстардың нормаланған энергиясында қатты жер сілкінісі алдындағы аномалиялар қарастырылады. Күшті жерсілкіністерін қысқа мерзімді болжаудың тиімділігін арттыру мақсатында көп салалы деректерді кешендеу әдістемесі әзірленді.

**Түйін сөздер:** Солтүстік Тянь-Шань, күшті жер сілкіністерінің аномалиялы-алғышарттары, көп салалы деректердің жиынтығы.

Beloslyudtsev O.M., Ayazbaeva A.B., Issagaliyeva A.K.

## INTEGRATION OF SEISMOLOGICAL MONITORING SYSTEM DATA FOR SHORT-TERM PREDICTION OF STRONG EARTHQUAKES

**Abstract:** The methods of allocation of normalized short-term anomalies-precursors of strong earthquakes on the territory of the Northern Tien Shan are presented in this paper by separate types of seismic, geophysical and hydrogeological observations. Anomalies on the eve of strong earthquakes are considered in the parameters of the geomagnetic field, in the number of recorded microshocks, in the concentration of orthosilicic acid in groundwater, in the correlation function of the geomagnetic field  $R_t(Z_x, Z_y)$ , in the normalized energy of electromagnetic pulses. A methodology for integrating multidisciplinary data has been developed in order to increase the effectiveness of short-term forecasting of strong earthquakes.

**Key words:** Northern Tien Shan, anomalies-precursors of strong earthquakes, integrating multidisciplinary data.

УДК: 550.348

Досайбекова С. К<sup>1</sup>., Бектурганова Б. Б<sup>2</sup>., Мырзагазиева Г.М<sup>2</sup>

<sup>1</sup>начальник отряда сводный обработки землетрясений,  
ТОО «Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция» МЧС РК;  
<sup>2</sup>ТОО «Институт сейсмологии» МЧС РК

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ  
ЗЕМНОЙ КОРЫ СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ ПО ДАННЫМ  
МЕХАНИЗМОВ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В 2019 г.

**Аннотация:** Для территории Джунгаро-Северо-Тянь-Шаньского региона получены решения механизмов очагов для землетрясений с энергетическим классом  $K \geq 6$ , что позволяет наличие здесь плотной сети станций ТОО «СОМЭ», а для Зайсанского и Джамбуло-Чимкентского регионов механизмы очагов определены для землетрясений с  $K \geq 8$ . Всего в 2019г. на указанных территориях механизмы очагов определены для 745 землетрясений, 87% приходится на землетрясения с  $K=5-8$ . Анализ рассчитанных параметров сеймотектонической деформации показал, что в 2019г. режимы деформирования земной коры, представленные субширотным растяжением вдоль основных рельефообразующих структур, в которых реализуются сбросы, и сжатием в крест их простирания, в которых реализуются взбросы, были равнозначны.

**Ключевые слова:** механизм очага землетрясения, сеймотектоническая деформация земной коры, Северный Тянь-Шань

Определение механизмов очагов землетрясений в Казахстане проводится на основе моделирования очага в рамках теории дислокаций по стандартной методике А.В. Введенской [1], с помощью которой нодальные плоскости и векторы первых движений определяются в стереографической проекции сферы единичного радиуса. Силовым источником в модели Введенской является двойной диполь без момента. По сейсмическим данным устанавливаются два равновероятных положения плоскости разрыва, направление подвижки и ориентация в пространстве главных осей напряжений. Реальная точность определения параметров составляет  $\pm 20^\circ$ . Достоверность определения параметров очагов землетрясений в используемой методике зависит от плотности расположения сейсмических станций. Территория Казахстана и его сейсмоактивные зоны окружены как местными, так и сейсмическими станциями Кыргызстана и Китая, данные которых используются при определении МОЗ, что позволяет получить достаточные надежные решения механизмов очагов для сейсмоактивных регионов. Обмен сейсмологическими данными производится в рамках международного научного сотрудничества на основе соответствующих Договоров.

Анализ пространственного распределения типов механизмов очагов показал, что очаги взбросов и сбросов мозаично перемежаются по всей территории. Исключение представляет зона превалирования сбросов, которая сформировалась в пределах Северного Тянь-Шаня между Тургеньским разломом и разломом западнее Алматы.

Таблица 1 - Распределение землетрясений с определенными механизмами очагов по энергетическим классам для 2019 г

K	5	6	7	8	9	10	11	12
N	3	211	282	150	70	19	7	3

В пределах Джунгаро-Северо-Тянь-Шаньского региона решения механизмов получены для землетрясений, начиная с энергетического класса  $K=6$ , что обусловлено наличием здесь плотной сети станций. Для очагов землетрясений Зайсанского и Джамбуло-Чимкентского регионов механизмы очагов определены для землетрясений с  $K \geq 8$  [2]. Всего в 2019 г. механизмы очагов землетрясений (МОЗ) определены для 745 сейсмических событий. Информация о количестве МОЗ с разными энергетическими классами приведена в Таблице 1. Видно, что на долю относительно слабых землетрясений в энергетическом диапазоне  $K_p=5-8$  приходится 87% событий всего каталога МОЗ.

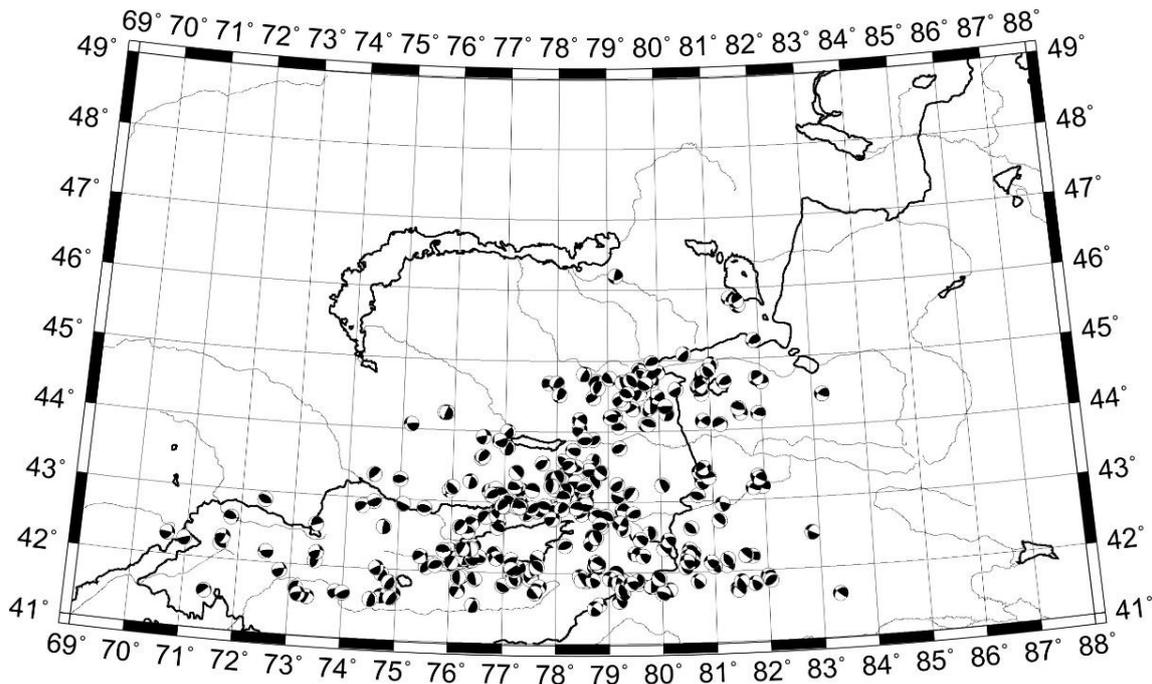


Рисунок 1 – Карта механизмов очагов землетрясений взбросового типа на изучаемой территории в 2019 г. (N=341)

Таблица 2 - Параметры землетрясений с энергетическим классом  $K \geq 11,5$

№	Дата, д. м.	$t_0$ , ч мин с	координаты				$h$ , км	$K$	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
									$P$		$T$		$N$		$NP1$			$NP2$		
									AZM	PL	AZM	PL	AZM	PL	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP
1	17.08.2019	230746	44° 06'	79° 44'	20	11.7	137	20	16	54	238	28	9	35	35	249	71	121		
2	8.10.2019	214921	43° 01'	78° 33'	10	11.6	12	4	280	23	111	67	239	71	14	144	77	162		

На рисунках 1-3 приведены карты механизмов очагов землетрясений в 2019г. для взбросового, сбросового и сдвигового типов, соответственно.

За 2019 год определены механизмы очагов 3-х землетрясений с  $K \geq 11,5$ , два из них произошло в пределах Казахстана, один – на приграничной территории Китая.

Для двух Казахстанских землетрясений в таблице 2 представлены основные параметры фокальных механизмов, а на рисунке 4 приведены стереограммы механизмов очагов.

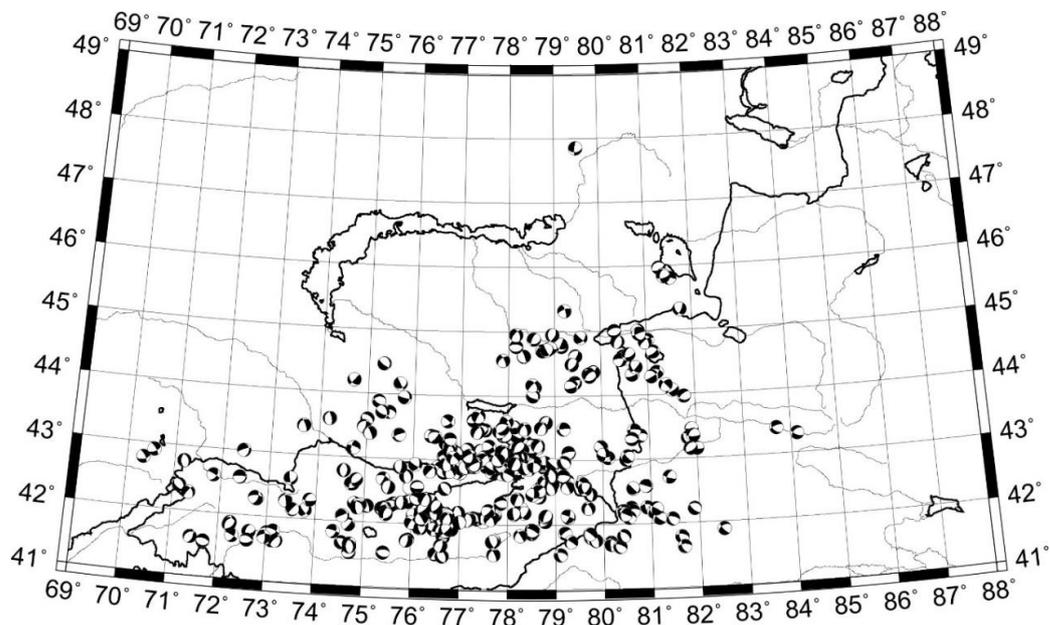


Рисунок 2 – Карта механизмов очагов землетрясений сбросового типа на изучаемой территории в 2019 г. (N=388)

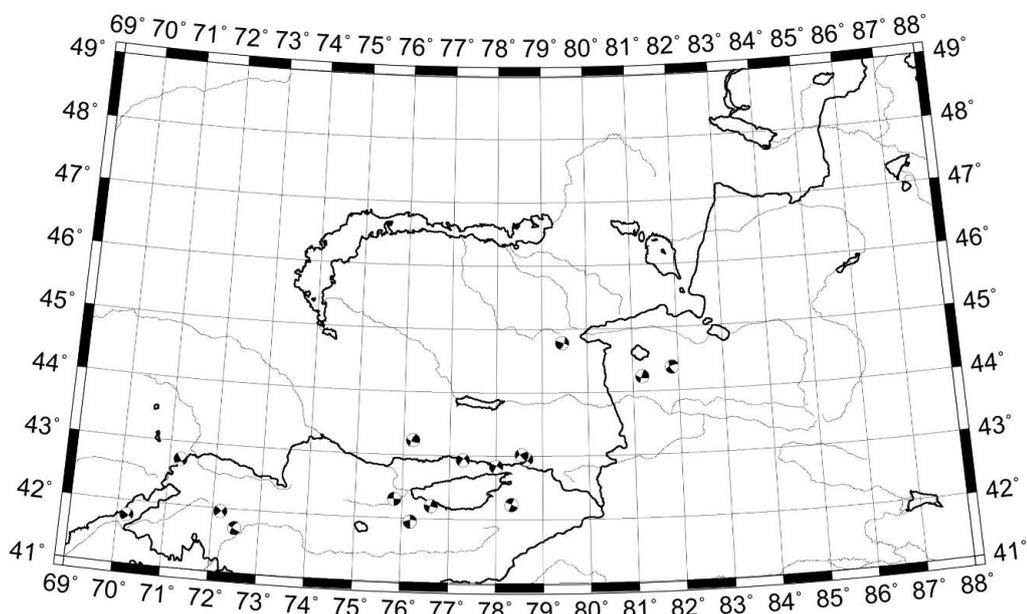


Рисунок 3 – Карта механизмов очагов землетрясений сдвигового типа на изучаемой территории в 2019 г. (N=16)

Эпицентр землетрясения 17.08.2019 расположен в Илийской впадине юго-восточнее Конуроленского разлома северо-восточного простирания. В очаге землетрясения реализовался взбросо-сдвиг по обеим нодальным плоскостям. Первая плоскость имеет близмеридиональное простирание и падает на восток, вторая плоскость юго-западного простирания круто падает на северо-запад. Ось

напряжения сжатия близгоризонтальна и имеет юго-восточное простирание, ось растяжения близмеридиональна, угол погружения  $54^{\circ}$ .

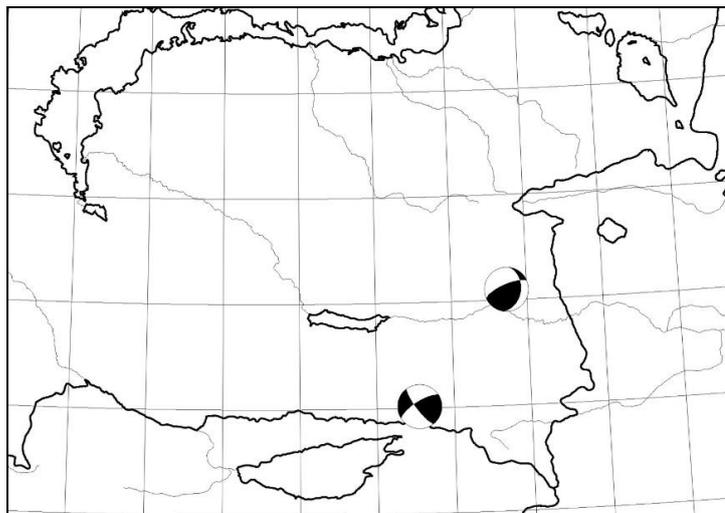


Рисунок 4 - Стереограммы механизмов очагов землетрясений с  $K \geq 11,5$

Землетрясение 8.10.2019 - наиболее сильное с магнитудой  $m_b=5.4$  произошло в северных отрогах Кунгей Алатау. Решение механизма очага получено с использованием 23 знаков первых вступлений P- и S-волн, записанных сейсмическими станциями сетей СОМЭ РК и ИГИ НЯЦ РК. Распределение знаков позволило получить решение, в котором согласованность знаков составила 100%. По результатам решения механизма очага землетрясение реализовалось под действием системы напряжений, характеризуемой горизонтальным сжатием в меридиональном направлении при субширотном растяжении. Тип механизма характеризуется сдвигом, с незначительной взбросовой составляющей по обеим равновероятным плоскостям разрыва. Одна из плоскостей имеет юго-западное простирание ( $239^{\circ}$ ) и круто падает ( $71^{\circ}$ ) в северо-западном направлении. Другая плоскость юго-восточного простирания ( $144^{\circ}$ ) круто падает на юго-запад. Ориентация разрыва в очаге находит соответствие с ориентацией Северо-Кунгейского сброса, к которому приурочен эпицентр землетрясения, тогда как взбросо-сдвиговый тип подвижки в очаге не согласуется с кинематическим типом Северо-Кунгейского сброса, из чего следует отсутствие унаследованности движения в очаге землетрясения неотектоническим движениям по разлому [3]. Отметим, что полученное решение механизма очага землетрясения 8.10.2019 подобно механизму очага сильнейшего в этой зоне Жаланаш-Тюпского землетрясения в 1978 г.

Полученные результаты исследования показывают, что в 2019 г. в целом в исследуемом регионе режимы деформирования земной коры представленные субширотным растяжением вдоль основных рельефообразующих структур, в которых реализуются сбросы, и сжатием в крест их простирания, в которых реализуются взбросы, равнозначны.

Выражаем большую благодарность заведующей лабораторией Полешко Н.Н. кандидату геолого-минералогических наук за постановку задачи и постоянное курирование работы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Введенская А.В. Исследование напряжений и разрывов в очагах землетрясений при помощи теории дислокаций// А.В. Введенская. – М.: Наука, 1969. – С. 47-66.
2. Полешко Н.Н. Механизмы очагов землетрясений и сеймотектоническая деформация земной коры Северного Тянь-Шаня и Жонгарии: дис...канд. г.м. наук: 25.00.10: защищена 24.04.2009: утв. 07.10.2009 / Полешко Наталья Николаевна. – Алматы, 2009. – 135 с.
3. Masaki N. Determination of focal mechanism solution using initial motion polarity of P and S waves //Physics of the Earth and Planetary Interiors. – 2002. – 130 – P. 17-29.

Досайбекова С. К., Бектурганова Б. Б., Мырзагазиева Г.М

### 2019 ЖЫЛЫ ЖЕР СІЛКІНУ ОШАҚТАРЫ МЕХАНИЗМДЕРІНІҢ ДЕРЕКТЕРІ БОЙЫНША СОЛТҮСТІК ТЯНЬ-ШАНЬ ЖЕР ҚЫРТЫСЫНЫҢ СЕЙМОТЕКТОНИКАЛЫҚ ДЕФОРМАЦИЯЛАРЫН ЗЕРТТЕУ

**Аңдатпа:** ҚР ТЖМ «Сейсмологиялық тәжірибелік-әдістемелік экспедициясы» ЖШС станциялар желісінің тығыз орналасуына байланысты, Жоңғар-Солтүстік Тянь-Шань аймағының аумағы үшін энергетикалық класы  $K \geq 6$  жер сілкіністерінің ошақ механизмдерінің шешімдері алынды, сонымен қатар, Зайсан және Жамбыл-Шымкент облыстары үшін, ошақ механизмдері  $K \geq 8$  жер сілкіністері үшін анықталады. Бұл аумақта 2019 жылы 745 жерсілкінісінің ошақ механизмдері анықталды және энергетикалық класы  $K=5-8$  болатын жер сілкіністер 87% құрайды. Сеймотектоникалық деформацияның есептелген параметрлерін талдау көрсеткендей, 2019 жылы жер қыртысының деформация режимдері негізгі рельеф түзуші құрылымдар бойымен субендікті созылумен және крест тәрізді созылып сығылған сырғыма мен лықсыманың көрсеткіштері тең дәрежеде.

**Түйін сөздер:** жер сілкінісінің ошақ механизмі, жер қыртысының сеймотектоникалық деформациясы, Солтүстік Тянь-Шань

Dosaibekova S. K., Bekturganova B. B., Myrzagazieva G.M.

### STUDY OF SEISMO-TECTONIC DEFORMATIONS OF EARTH'S CRUST IN NORTHERN TIEN-SHAN IN 2019 ACCORDING TO EARTHQUAKE FOCAL MECHANISMS

**Abstract:** For the territory of the Dzungar-North Tien Shan region, solutions of focal mechanisms for earthquakes with an energy class of  $K \geq 6$  were obtained, which allows the presence of a dense network of SOME LLP stations here, and for the Zaisan and Dzhambulo-Shymkent regions, focal mechanisms are determined for earthquakes with  $K \geq 8$ . Totally, in 2019 the focal mechanisms in these territories were determined for 745 earthquakes, 87% are earthquakes with  $K=5-8$ . An analysis of the calculated parameters of seismotectonic deformation showed that in 2019 the regimes of deformation of the earth's crust, represented by sublatitudinal extension along the main relief-forming structures, in which normal faults are realized, and compression into a cross of their strike, in which reverse faults are realized, were equivalent.

**Key words:** earthquake focal mechanism, seimotectonic deformation of the earth's crust, Northern Tien Shan

**Акжалов Ж.Б., Жетписбай А.Н.**  
ТОО «Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция» МЧС РК.

## **СОСТОЯНИЕ И ВОЗМОЖНОСТЬ РАЗВИТИЯ СЕТИ РАДИОТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ СЕЙСМОСТАНЦИИ В СЕЙСМОАКТИВНЫХ РАЙОНАХ КАЗАХСТАНА**

**Аннотация:** Опыт работы систем сбора сейсмической информации в СОМЭ показывает, что наиболее надёжной связью обладает радиотелеметрическая по сравнению со спутниковой и Интернет связью с использованием GSM модемов. При правильном выборе места установки телеметрической станции, где отсутствуют техногенные сейсмошумы, создаётся качественная цифровая УКВ радиосвязь, надёжное электропитание и охрана будет создано условие качественной передачи сигналов. Места размещения сейсмостанции должны располагаться в сейсмоактивных районах Казахстана согласно карте сейсмозонирования не ниже 7-и баллов. В данной работе приводится состояние существующей сети радиотелеметрических сейсмостанции, а также координаты новых выбранных сейсмостанции с учётом создания прямой видимости между антеннами 2-х станции с использованием специальной компьютерной программы.

**Ключевые слова:** Координаты, телеметрические станции, УКВ-диапазон, радиопрофиль.

В настоящее время в Алматинской области действует сеть из 7-и цифровых телеметрических станции и 4 аналоговые запущенные в 1994 году. Цифровая станция состоит из цифрового радиомодема MDS1710C производства США, 24 разрядного сейсморегистратора MAPC-3 и 3х сейсмометров типа CM3-квс усилителями.

Аналоговая станция состоит из УКВ-передатчика, ЧМ модуляторов и 3-х сейсмометров CM-3КВ с усилителями. Оцифровка производится в приёмном центре на 16-и канальном регистраторе DAS6102m. Ожидается замена устаревших аналоговых станции на цифровые. В качестве канала связи планируется высокопроизводительная и дальнобойная цифровая радиорелейная станция Airfiber 5X. В качестве сейсморегистратора может быть MAPC4 (Казахстан), Байкал (Россия), CENTAUR (Канада), CMG-6td (Англия) и др.

По Алматинской области подготовлены 8 мест для установки радиотелеметрических сейсмостанции с указанием координат и профилей прямой видимости между антеннами.

Таблица №1

Координаты планируемой Алматинской радиотелеметрической сети  
сейсмостанции

№	Станция	Географические координаты, в градусах		Высота над уровнем моря метры
		СШ	ВД	
1	Сапак	45.871	80.8662	1340
2	Аманбоктер	45.3094	80.1127	1120
3	Кызылагаш	45.7476	80.4184	940
4	Сарыбастау	44.78	78.0694	1060
5	Шыган	44.5737	78.43733	2480
6	Текели	44,91877	78.74236	920
7	Сарыбель	44,4137	80.0267	1220
8	Талдыбулак	43.435207	77.660224	1230

Таблица №2

Координаты Туркестанской и Жамбылской радиотелеметрической сети  
сейсмостанции

	Станция	Географические координаты, в градусах		Высота над уровнем моря метры
		СШ	ВД	
	Кордай	43.36457	74.9728	1360
	Сарыбулак	42.815	72.8694	1120
	Косапан	43.173	72.1255	585
	Каратау	42.81605	70.771613	1320
	Кордон	42.476084	70.660478	1540
	Балыкты	42,697494	69.947975	920
	Казгурт	42,023359	69.559218	940
	Сарыагаш	41.613726	69.243161	600
	Угам(Өгем)	41.922527	69.830315	1260

Таблица №3

Координаты радиотелеметрической сети сейсмостанции ВКО

№	Станция	Географические координаты, в градусах		Высота над уровнем моря метры
		СШ	ВД	
1	Ахметбулак	47.043	84.9728	960
2	Кемпирбулак	47.288	84.4945	1070
3	Асусай	47.255	83.747	880
4	Акжал	48.248	84.7063	1320

**Акжалов Ж.Б., Жетписбай А.Н.**

## **ҚАЗАҚСТАННЫҢ СЕЙСМИКАЛЫҚ БЕЛСЕНДІ АУДАНДАРЫНДАҒЫ РАДИОТЕЛЕМЕТРИЯЛЫҚ СЕЙСМОСТАНЦИЯЛАР ЖЕЛІСІНІҢ ЖАЙ-КҮЙІ ЖӘНЕ ОНЫ ДАМУ МҮМКІНДІГІ**

**Андатпа:** СТЭЭ-да сейсмикалық ақпаратты жинау жүйелерінің жұмыс тәжірибесі GSM модемдерін пайдалана отырып, спутниктік және Интернет байланысымен салыстырғанда радиотелеметриялық байланыстың неғұрлым сенімді екенін көрсетеді. Техногенді сейсмошумдары жоқ телеметриялық станцияны орнату орнын дұрыс таңдау кезінде сапалы сандық УҚТ радиобайланыс жасалады, сенімді электрмен қоректендіру және қорғау сигналдарды сапалы беру шарты жасалады. Сейсмостанцияны орналастыру орындары Қазақстанның сейсмикалық белсенді аудандарында сейсмикалық аудандастыру картасына сәйкес 7 баллдан төмен емес орналасуы тиіс. Бұл жұмыста радиотелеметриялық сейсмостанцияның қолданыстағы желісінің жай-күйі, сондай-ақ арнайы компьютерлік бағдарламаны пайдалана отырып, 2 станцияның антенналары арасында тікелей көрінуді жасауды ескере отырып, жаңа таңдалған сейсмостанцияның координаттары келтіріледі.

**Түйін сөздер:** Координаттар, телеметриялық станция, УҚТ-диапазон, радиопрофиль.

**Akzhalov J.B. Zhetpisbay A.N.**

## **STATUS AND POSSIBILITY OF DEVELOPMENT OF THE NETWORK OF RADIO- TELEMETRY SEISMIC STATIONS IN SEISMIC ACTIVE AREAS OF KAZAKHSTAN**

**Abstract.** Work experience with seismic information collection systems shows that the most reliable connection is radiotelemetric in comparison with satellite and Internet connections using GSM modems. With the right choice of the installation location of the telemetry station, where there is no technogenic seismic interference, high-quality digital USW (ultra-short wave) radio communication has been created, reliable power supply and security will create conditions for high-quality signal transmission. The location of the seismic station should be located in the seismically active regions of Kazakhstan according to the seismic zoning map at least 7 points. This paper presents the state of the existing network of radio telemetry seismic stations and the coordinates of the newly selected seismic stations, taking into account the creation of a line of sight between the antennas of 2 stations using a special computer program.

**Keywords:** Coordinates, telemetry stations, USW band, radio profile.

УДК: 550.348

**Досайбекова С. К., Досымбекова Ж.Б., Жунусова Ж.К.**  
ҚР ТЖМ «Сейсмологиялық тәжірибелік-әдістемелік экспедиция» ЖШС

## **2020 ЖЫЛҒЫ ЖЕРСІЛКІНІСІ ОШАҚТАРЫ МЕХАНИЗМДЕРІНІҢ ДЕРЕКТЕРІ БОЙЫНША СОЛТҮСТІК ТЯНЬ-ШАНЬ МЕН ЖОҢҒАР ТАУЛАРЫНЫҢ СЕЙСМОТЕКТОНИКАЛЫҚ ЖАҒДАЙЫ**

**Андатпа.** Қазақстан аумағында және оған іргелес өңірлерде 2020 жылы 1156 жерсілкіністердің ошақ механизмдерінің параметрлері анықталып, каталогқа енгізілді. Қазақстан мен Орталық Азиядағы жерсілкінісі ошақтары механизмдерінің каталогы жаңа анықтамалармен толықтырылды. Олардың кеңістіктік ерекшеліктерін анықтау үшін жерсілкінісі ошақтары механизмінің параметрлерін картаға түсіру жүргізілді.

**Түйін сөздер:** жерсілкінісі, ошақ механизмі, каталог, сығылу кернеуі, созылу кернеуі.

Жер сілкінісі ошақтарының механизмдерін (ЖОМ) зерттеу жер қыртысының кернеулі-деформацияланған күйін бақылау қажеттілігіне байланысты бұзылыстарды туғызатын деформацияларды уақтылы анықтау үшін маңызды. Сейсмотектоникалық деформацияны бағалаудың маңыздылығы, бір жағынан, жер қыртысының жоғары сейсмикалық белсенділігі, екінші жағынан, халық пен өнеркәсіптік объектілердің жоғары тығыздығы бар Қазақстанның оңтүстік-шығысы мен шығысы үшін ерекше өзекті.

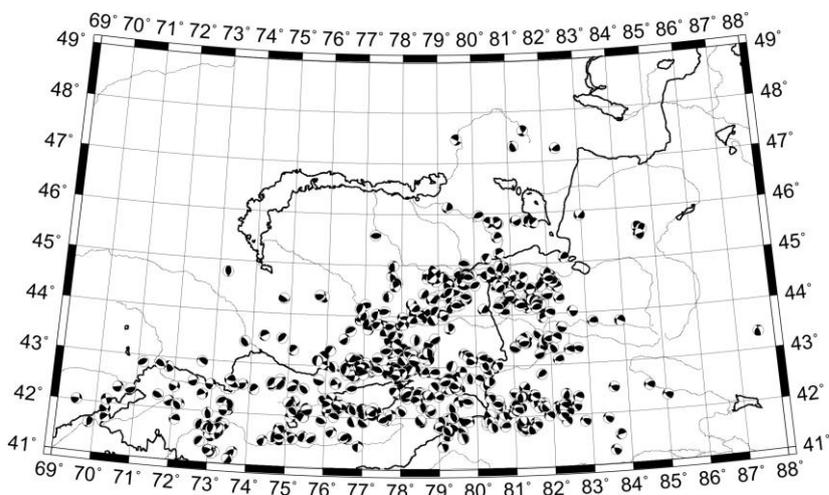
Қазақстанда жерсілкінісі ошақтарының механизмдерін анықтау А.Введенскаяның [1] стандартты әдістемесі бойынша дислокация теориясы шеңберінде ошақты модельдеу негізінде жүргізіледі, оның көмегімен алғашқы қозғалыстардың нодальдық жазықтықтары мен векторлары бір радиус сферасының стереографиялық проекциясында анықталады. Введенская моделіндегі қуат көзі-бұл моментсіз қос диполь. Сейсмикалық мәліметтерге сәйкес сыну жазықтығының екі бірдей ықтимал жағдайы, орын ауыстыру бағыты және негізгі кернеу осьтерінің кеңістіктегі бағдары белгіленген. Параметрлерді анықтаудың нақты дәлдігі  $\pm 20^0$  құрайды. Пайдаланылатын әдістемеді жерсілкінісі ошақтарының параметрлерін анықтаудың дұрыстығы сейсмикалық станциялардың орналасу тығыздығына байланысты. Қазақстан аумағы мен оның сейсмикалық белсенді аймақтарында ҚР ТЖМ «Сейсмологиялық тәжірибелік-әдістемелік экспедиция» ЖШС сейсмикалық станцияларының мәліметтерімен қатар, Арнайы сейсмикалық ақпаратты жинау және өңдеу орталығы ГЗИ ҚР ҰЯО және Қырғызстанның сейсмикалық станцияларының деректері ЖОМ анықтау кезінде пайдаланылады және бұл сейсмикалық белсенді өңірлер үшін ошақ механизмдерінің жеткілікті сенімді шешімдерін алуға мүмкіндік береді. Сейсмологиялық деректермен алмасу тиісті шарттар халықаралық ғылыми ынтымақтастық шеңберінде жүргізіледі.

К	5	6	7	8	9	10	11	12
N		73	40	29	3	0	2	

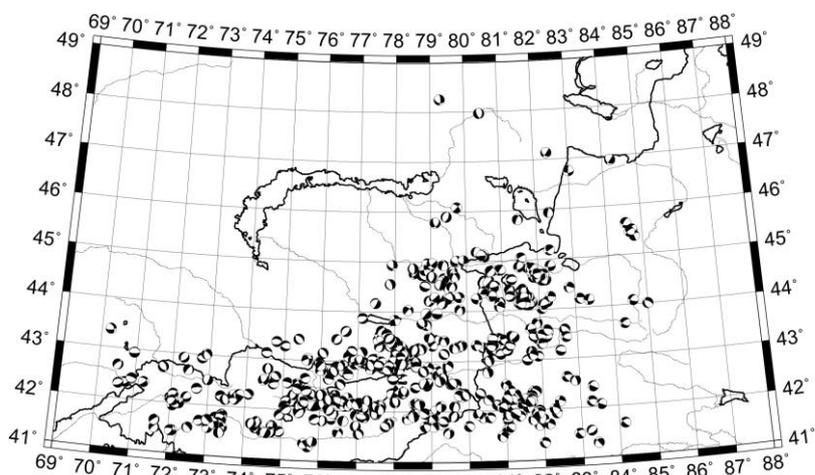
1-кесте – Энергетикалық класс бойынша жерсілкіністерінің ошақ механизмдерімен бөлінуі

2020 жылы бақыланған аймақ аумағында 1156 жерсілкінісі ошағы механизмінің (ЖОМ) параметрлері анықталды және каталогқа енгізілді.

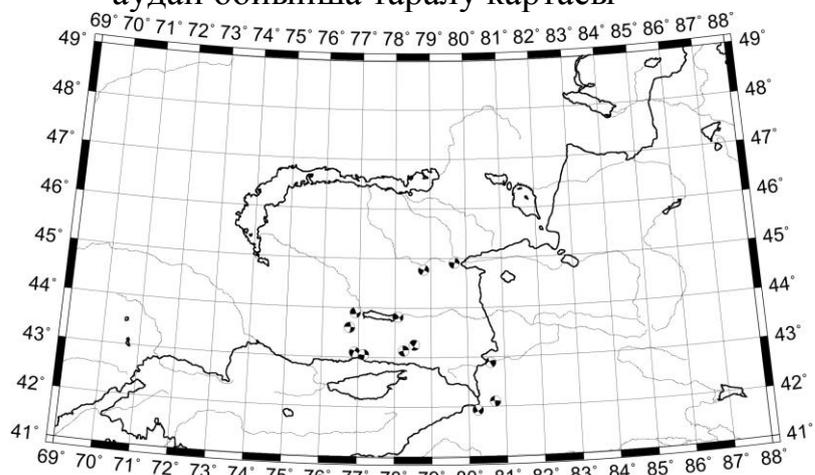
Ошақтардың белгілі бір механизмдері бар жерсілкіністерін энергетикалық класстар бойынша бөлу 1-кестеде келтірілген.



1-сурет. Ошақтың лықсыма механизмі бар жерсілкінісі эпицентрлерінің аудан бойынша таралу картасы



2-сурет. Ошақтың сырғыма механизмі бар жерсілкінісі эпицентрлерінің аудан бойынша таралу картасы



3-сурет. Ошақтың ығысу механизмі бар жерсілкінісі эпицентрлерінің аудан бойынша таралу картасы

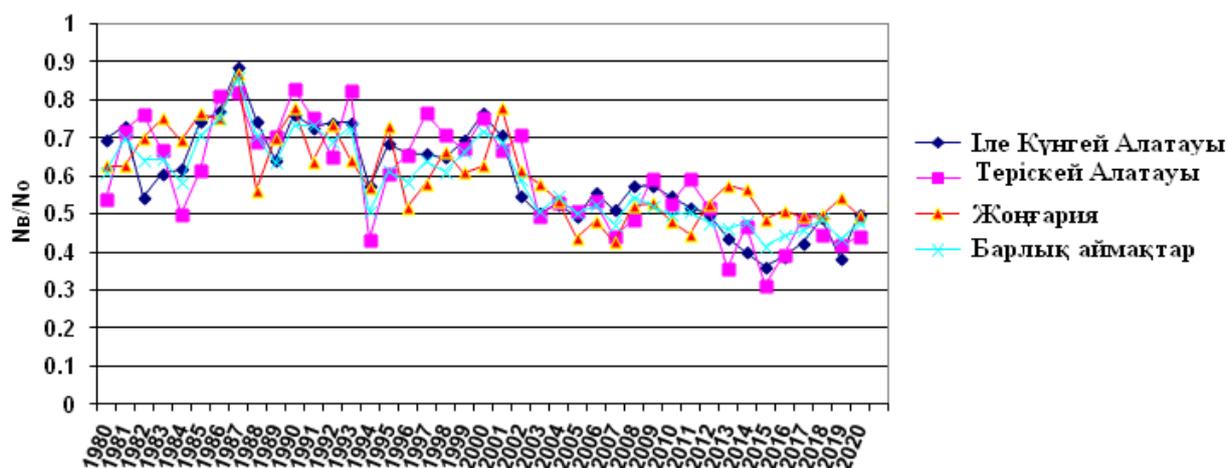
$K = 5-8$  энергетикалық диапазонындағы салыстырмалы түрде әлсіз жерсілкіністерінің үлесіне бүкіл ЖОМ каталогындағы сілкіністердің 90%-ы келеді. Механизмдер анықталған жерсілкіністерінің төменгі энергетикалық деңгейі аумағының шеткері аймақтарына қарай алыстаған сайын артады.

Станциялардың тығыз желісінің болуына байланысты Жоңғар-Солтүстік Тянь-Шань аймағында  $K=6$  басталған жерсілкіністердің ошақ механизмдерінің шешімдері алынады. Зайсан және Жамбыл-Шымкент аудандарындағы жерсілкінісінің ошақтар механизмдері  $K=8$  бастап анықталады [2].

Жерсілкінісі ошақтарындағы процестерді статистикалық талдау үшін үш топ бойынша ошақтардағы қозғалыс түрлерінің градациясы жүргізіледі: лықсыма (лықсыма-ығыспа), сырғыма (сырғыма-ығыспа), ығысу. Алғашқы екеуінде жарылым жазықтығының құлауы бойынша, екіншісінде – созылу бойынша қозғалыс компоненттері басым болады. Жерсілкінісінің эпицентрлерін аудан бойынша бөлудің ұсынылған карталарынан (1-3-суреттер) алдыңғы бақылау кезеңіндегідей, лықсыма мен сырғыма (1-2-суреттер) бүкіл аумақ бойынша мозаикалық түрде орналасқаны байқалады. Ошақтардағы қозғалыстардың ығысу типтері бар жерсілкіністерінің саны аз мөлшерде (3-сурет).

Зерттелетін аумақтың кернеулі-деформацияланған жай-күйінің уақыт бойынша өзгеру мониторингі ошақ механизмінің типтері арақатынасының өзгеруі негізінде жүргізіледі (лықсыма санының ошақтың жалпы санына қатынасы  $N_b/N_o$ ).

4-суретте жекелеген жоталарда және жалпы аумақтағы ошақтардың белгілі бір механизмдері бар жерсілкіністерінің жалпы санына ( $N_o$ ) лықсыма жылжулары бар ошақтар саны ( $N_b$ ) қатынасының вариациясын сипаттайтын графиктер келтірілген.



4-сурет -  $N_b/N_o$  уақыт бойынша өзгеру графигі

Графиктерден жалпы алғанда, орташа жылдық өзгерістермен параметрдің теріс үрдісі байқалады. Деформацияның айтарлықтай әртүрлі жағдайларының үш кезеңін бөлуге болады. 1980 жылдан 2003 жылға дейінгі алғашқы 23

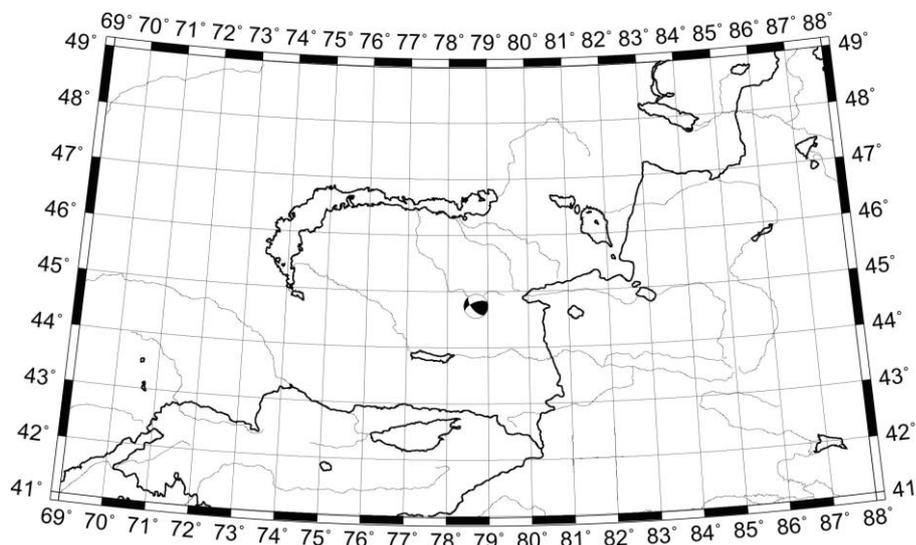
жылдық кезеңде параметр мәні 50%-дан асты, яғни ауданда көлденең сығылу жағдайлары басым болды. 2003 жылдан бастап 2014 жылға дейінгі келесі онжылдық кезеңде параметр мәндері шамамен 50% құрады, бұл сейсмотектоникалық деформация жағдайларының ретсіздігін көрсетеді. Параметр мәнінің соңғы жеті жылдық кезеңі 50%-дан аз, яғни аймақта көлденең созылу жағдайлары басым.

Қарастырылып отырған кезеңде Іле-Күнгей Алатауында өткен жылмен салыстырғанда лықсымалар саны 10%-ға, Теріскей Алатау аймағында 1%-ға ұлғайды, ал Жоңғарияда  $N_v/N_o$  параметрінің мәні 3%-ға азайды. Есептік кезеңде параметрдің аталған өзгерістері нәтижесінде мынадай кернеулі-деформацияланған жағдай қалыптасты: Іле-Күнгей және Жоңғария жоталарында 50%. Теріскей Алатауы параметрінің мәні 45%.

Қазақстан аумағында  $K \geq 12$  бір жерсілкінісі ошағының механизмі анықталды. 2-кестеде механизмдердің негізгі параметрлері мен фокальды параметрлері, ал 4-суретте ошақ механизмінің стереограммасы көрсетілген.

2-кесте -  $K \geq 12$  жер сілкінісі параметрлері

Күні, д. м.	$t_0$ , ч мин с	координаталары				$h$ , км	$K$	Кернеудің басты осьтері						Нодальды жазықтық					
		ендік		бойлық				$P$		$T$		$N$		$NP1$			$NP2$		
		AZM	PL	AZM	PL			AZM	PL	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP				
6.06.2020	001054.4	44°	51'	78°	42'	15	12.1	194	0	284	43	104	47	140	61	148	248	61	33



4-сурет.  $K \geq 12$  жерсілкінісі ошағы механизмінің стереограммасы

Жер сілкінісі 2020 жылдың 6 маусымында Жоңғарияда болды, ошақ механизмінің шешімі ҚР «Сейсмологиялық тәжірибелік-әдістемелік экспедиция» ЖШС сейсмикалық станциялары жазған P - және S-толқындарының алғашқы келген 18 белгісін пайдалану арқылы алынды. Белгілердің келісімділігі 100% құрап, нақты шешім алуға мүмкіндік берді. Екі ықтимал ажырау жазықтығы субендік созылуға ие. Ошақтағы қозғалыс

лықсыма-ығысумен сипатталады. Мүмкін болатын ажырау жазықтықтарының бірі солтүстік-батысқа қарай, екіншісі субендік бойынша созылып жатыр. Сығылу кернеуінің осі субмеридиональды бағытта көлденең жақын орналасқан, созылу кернеуінің күрт түсетін осі субендік бойынша бағытталған [3].

Осылайша, Жоңғар-Солтүстік Тянь-Шань өңіріндегі әлсіз жерсілкіністері ошақтары механизмдерінің деректері бойынша кернеулі-деформацияланған жағдайы Жоңғарияда лықсыма мен сырғымалардың шамамен бірдей саны іске асырылатынын куәландырады, ал Солтүстік Тянь-Шаньда алдыңғы жеті жылдық кезеңдегідей көлденең созылу жағдайларында іске асырылатын сырғымалар басым болады [4]. Алайда, Жоңғарияда да, Тянь-Шань жоталарында да күшті жерсілкіністері көлденең лықсыма жағдайында жүзеге асырылатын ошақтардың сығылу механизмімен сипатталады.

#### **ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР:**

1. Введенская А.В. Исследование напряжений и разрывов в очагах землетрясений при помощи теории дислокаций// А.В. Введенская. – М. : Наука, 1969. – С. 47-66.
2. Научно-технический отчет ТОО «СОМЭ». 2019-2020.
3. Masaki N. Determination of focal mechanism solution using initial motion polarity of P and S waves //Physics of the Earth and Planetary Interiors. – 2002. – 130 – P. 17-29
4. Полешко Н.Н., Досайбекова С.К. Сейсмотектоническая обстановка по данным механизмов очагов землетрясений Джунгаро-Северо-Тянь-Шаньского региона Казахстана // Вестник АО «КазНИИСА». -2016.- С. 25-34

**Досайбекова С. К., Досымбекова Ж.Б., Жунусова Ж.К.**

#### **СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ И ДЖУНГАРСКИХ ГОР ПО ДАННЫМ МЕХАНИЗМОВ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В 2020 ГОДУ**

**Аннотация.** На территории Казахстана и прилегающих регионов в 2020 г. были определены и занесены в каталог параметры механизмов очагов 1156 землетрясений. Каталог механизмов очагов землетрясений Казахстана и Центральной Азии пополнен новыми определениями. Проведено картирование параметров механизмов очагов землетрясений для выявления их пространственных особенностей.

**Ключевые слова:** землетрясение, механизм очага, каталог, напряжение сжатия, напряжение растяжения

**Dosaibekova S. K., Dosymbekova Zh. B., Zhunusova Zh. K.,**

#### **SEISMO-TECTONIC STATE OF THE NORTHERN TIEN SHAN AND DZUNGAR MOUNTAINS ACCORDING TO MECHANISM DATA EARTHQUAKES IN 2020**

**Abstract:** On the territory of Kazakhstan and the nearest regions in 2020, there were determined and included in the catalog the source mechanism of 1156 earthquakes. Catalog of earthquake source mechanisms in Kazakhstan and Central Asia is filled by new determinations. Mapping of the parameters of the mechanism of earthquake sources was carried out to reveal their spatial features.

**Key words:** earthquake, focal mechanism, catalog, compressive stress, tensile stress

**Абдуллаев А.У., Узбеков Н.Б., Борисов В.Н., Есенжигитова Е.Ж.**  
ТОО «Институт сейсмологии» Алматы, Казахстан

## **ОПЫТ ИЗУЧЕНИЯ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В ВОСТОЧНОМ КАЗАХСТАНЕ КАК РАЗВИТИЕ НОВЫХ МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ ДСР**

**Аннотация.** В связи с развитием научных исследований по оценке сейсмической активности и детальным сейсмическим районированием (ДСР) областей на новой методической основе возникает, безусловно, острая необходимость привлечения новых направлений оценки сейсмической активности. Одно из таких – выявление причинно-следственных связей между сейсмической активностью и развитием сейсмообусловленных опасных гидрогеологических процессов. Эта проблема обсуждается на примере Восточного Казахстана. Разнообразные сеймотектонические, гидрогеологические, физико-географические, геоморфологические, условия способствуют развитию и распространению опасных геологических явлений (ОГЯ) в сейсмоактивных районах, в том числе на территории Восточного Казахстана. Для изучения масштабности и динамики развития ОГЯ и выявления их зависимости от сеймотектонических условий были исследованы наиболее характерные проявления опасных явлений в Восточном Казахстане, в частности в районе автодороги Усть-Каменогорск – Зыряновск, Улькен Нарым – Рахмановских ключи, и озера Зайсан. Во время проведения полевых маршрутов были отмечены значительные проявления сейсмодислокационных, сейсмообусловленных обвальных, оползневых, эрозионных процессов, и осыпей в горных районах. В равнинных и депрессионных зонах сильно развита: боковая эрозия рек, оврагообразование, подтопление, заболачивание, засоление территорий. Дефляция широко распространена в Зайсанской и Алакольской впадинах.

**Ключевые слова:** опасные геологические явления; сейсмодислокации; обвалы; осыпи; оползни; лавины; сели, эрозионные процессы; абразия; заболачивание; дефляция.

**Введение.** Изменение природной среды и активизация развития опасных геологических явлений (ОГЯ) приобрели глобальные масштабы. Потепление климата, частые землетрясения отмечающиеся в последние годы, могут существенным образом изменить ход развития многих опасных природных явлений различного генезиса. Это, прежде всего, относится к экзогенным, гидрометеорологическим, геокриогенным процессам.

Разнообразие физико-географических и геоморфологических условий Восточно-Казахстанской области, обусловивших резкую смену рельефа и природных ландшафтов, сложность структурно-геологического строения и гидрогеологических условий, способствовали распространению на территории

области комплекса самых различных по генезису опасных геологических явлений [1-10;]. Активизации опасных геологических явлений способствуют значительная сейсмическая активность территорий, природные факторы, а также существенное влияние техногенных факторов, обусловленных интенсивной хозяйственной деятельностью человека. Опасные геологические явления это результат взаимодействия целого ряда природных и техногенных факторов. Имеются две основные предпосылки развития опасных природных явлений - это геологическая (эволюционная) и антропогенная [2-9]. В основе первой предпосылки лежат процессы геолого-тектонического развития Земли, приводящие к непрерывной реорганизации вещества в твёрдой, жидкой и газообразной оболочках Земли с выделением и поглощением энергии, изменением напряжённо-деформированного состояния земной коры и взаимодействиями физических полей различной природы. Происходящие процессы лежат в основе развития эндогенных, экзогенных, гидрологических и атмосферных явлений [1-12]. С позиций системного подхода опасные геологические явления (ОГЯ) рассматриваются как результат взаимодействия многих природных факторов, вызывающих изменение геологической среды. В этой сложной динамической системе воздействующие факторы разделяются на три основные группы: постоянные, медленно изменяющиеся и быстро изменяющиеся.

**1. Постоянные факторы**, которые на период упреждения (составления прогноза) можно считать неизменными, определяют генетические особенности ОГЯ и интенсивность их проявления. К ним относятся: 1) геологическое строение (тектоника, стратиграфия, литология); 2) геоморфологические условия (общий характер, морфология и морфометрия, генезис и возраст рельефа).

**2. Медленно изменяющиеся факторы** влияют на общую тенденцию развития ОГЯ. К основным факторам относятся: 1) современные тектонические движения (горизонтальные, вертикальные); 2) климатические условия. К производным: 1) изостатические и эвстатические изменения уровня крупных водоемов; 2) температурные и влажностные условия; 3) гидрологические условия (изменения уровня грунтовых вод, повышение минерализации и пр.); 4) растительность; 5) почвы.

**3. Быстро изменяющиеся факторы** Основные факторы обуславливают режим производных факторов и режим активизации сейсмообусловленных ОГЯ. К ним относятся: 1) частые сейсмические толчки; 2) метеорологические (атмосферные осадки, температура воздуха и др.); 3) гидрологические (расходы и уровни воды в реках, уровни воды и волнения в озерах, водохранилищах и т. п.); 4) хозяйственная деятельность человека и т. д.

**Из эндогенных геологических процессов** (тектонические движения и сейсмические процессы) в Восточном Казахстане получили распространение землетрясения различной интенсивности.

**Землетрясения** являются одним из основных факторов образования ОГЯ, приводящие к образованию катастрофических процессов – сейсмодислокаций,

сейсмообвалов, селевых потоков, оползней. Смещение рыхлого материала при его сильном увлажнении может возникнуть даже при землетрясениях порядка 3-5 баллов. Землетрясения свыше 9 баллов, как правило, сопровождаются развитием катастрофических явлений как разломы, сдвиги, поднятие и опускание отдельных блоков поверхности. В горных районах Восточного Казахстана широкое развитие получили сейсмодислокации, а также сейсмообвальные и осыпные процессы. Объемы обвалов и оползней достигают многих десятков тысяч и миллионов кубометров. Они являются так же неисчерпаемым источником твердой составляющей селевых потоков.

Очаги землетрясений как сильные, так и слабые распределяются неравномерно и имеют тенденцию к пространственному группированию. Эпицентры сильных землетрясений с  $M \geq 4,8$  ( $K \geq 12,6$ ) в виде отдельных групп, неравномерно расположены в восточной части территории области. В целом Алтай-Тарбагатайский сейсмоактивный регион характеризуется редкими эпицентрами сильных землетрясений. Некоторое повышение их плотности отмечается в районах северо-восточнее оз. Алаколь, севернее г. Усть-Каменогорска, в пределах Горного Алтая и в районе озера Зайсан. В пределах Зайсанской зоны располагаются очаги наиболее сильных землетрясений. Очаги слабых землетрясений в виде отдельных групп различной плотности, неравномерно расположены в юго-восточной части области. Относительно высокие концентрации эпицентров слабых землетрясений наблюдаются в эпицентральных зонах, приуроченных к Тарбагатайскому, Курчумскому и Нарымскому хребтам, а на северо-востоке – к Российскому Горному Алтаю. По плотности эпицентров слабых землетрясений также чётко выделяются Джунгарская и Алакольская эпицентральные зоны. Западная часть территории области характеризуется небольшим количеством слабых землетрясений, эпицентры которых по площади распределены более или менее равномерно [1]. Восточная часть области находится в изолиниях 6-8 бальной сейсмичности. Сейсмогенерирующие зоны в регионе имеют в основном северо-западное направление и пространственно сопряжены с глубинными активными разломами, и поэтому являются основными «каналами» развития опасных геологических явлений, в виду их подвижности, (рис. 1). Данная карта составлена с использованием картографических материалов Комитета геологии и охраны недр Казахстана, карты распространения и активности геодинамических процессов Казахстана, карты сейсмогенерирующих зон института сейсмологии.

Результаты изучения сейсмического режима и данных о механизмах очагов землетрясений имеют существенное значение для оценки сейсмической опасности, под которой понимается выделение региональных сейсмогенерирующих зон, определение сейсмopotенциала пространственно-временных закономерностей возникновения землетрясений в них и установление возможных сейсмических воздействий, [1].

Восточно-Казахстанской области находятся четыре крупнейшие разновозрастные складчатые системы, состоящие из хорошо выраженных структурно-формационных зон.

**Алтае-Саянская складчатая система** занимает небольшую территорию на крайнем востоке области. Здесь на поверхности преобладают терригенные отложения кембрия, ордовика и силура.

**Чингиз-Тарбагатайская складчатая система** представляет сложное мегантиклинорное сооружение, сформировавшееся на месте нижнепалеозойской эвгеосинклинали. Эта система отличается длительностью магматических процессов, отсутствием крупных линейных плутонов и округлыми формами интрузивных тел.

**Зайсанская складчатая система** представлена совокупностью герцинских структур, развивающихся в условиях геосинклинали режима на гетерогенном основании, расположенных между Чингиз-Тарбагатайской и Алтае-Саянской каледонскими складчатыми системами.

**Джунгаро-Балхашская складчатая система** в пределы рассматриваемой территории входят Калмакэмель-Баканасская структурно-формационная зона и незначительные участки Северо-Балхашской и Северо-Джунгарской зон.

Восточный Казахстан является зоной значительной сейсмической активности. Наиболее общей закономерностью сейсмичности области является её приуроченность к существующим горным системам.

Распределение областей поднятий и опусканий четко контролируется зонами глубинных разломов различного времени заложения и разной протяженности. Наличие сложной разветвленной системы разломов во многом определило распределение проявления сейсмичности. Наиболее сейсмичными оказываются зоны разломов, развивающихся на протяжении длительного времени. Описываемая территория расположена в зоне влияния многочисленных сейсмогенерирующих зон, которые и характеризуют сейсмичность территории (рисунок 1).

Южно-Саурская, Жарминская, Калба-Чингизская, Тарбагатайская, Чингиз-Алакольская, Алакольская сейсмогенные зоны. Здесь прогнозируемая магнитуда устанавливается с учетом строения литосферы и интенсивности неотектонических движений в пределах  $M=5,0-7,0$ . Вблизи выделенных зон происходили землетрясения с  $M=5-6$ , что свидетельствует о правомочности предлагаемых прогнозов.

Районы, с возможной интенсивностью землетрясений 9 баллов охватывают Нарымский и Сарымсактинский хребты Алтая, будучи пространственно и генетически связаны с одноименными сейсмогенными разломами.

Районы с ожидаемой интенсивностью землетрясений до 8 баллов приурочены к снижающимся флангам горных хребтов Алтая, где падает интенсивность неотектонических движений и соответственно – сейсмогенный потенциал тектонических структур. К числу таковых относятся западный фланг

Нарымской зоны, Маркакольская, Северо-Зайсанская сейсмогенные зоны. В Чингиз-Тарбагатайском районе к числу опасных зон относятся Северо-Саурская, Манракская, Южно-Саурская.

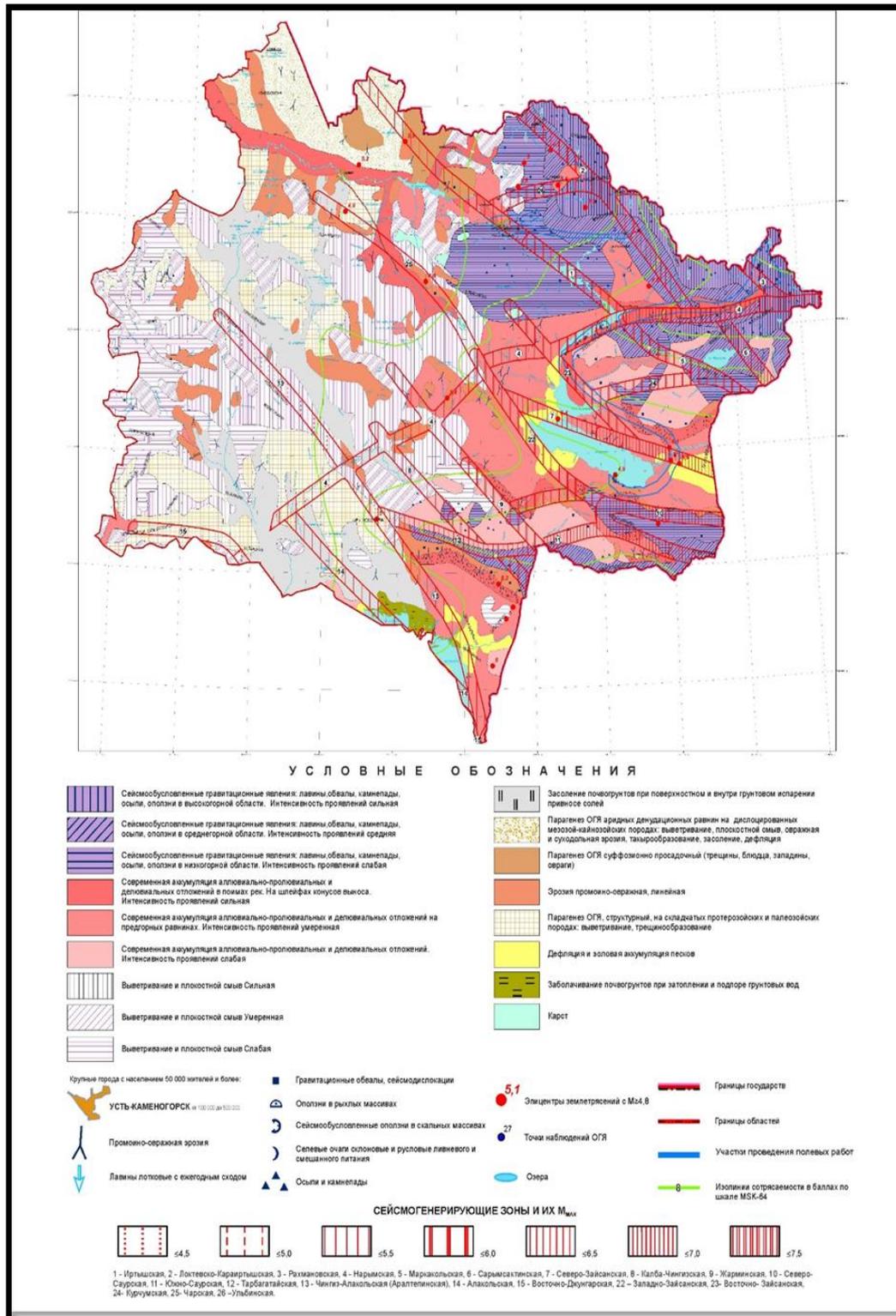


Рисунок 1 - Карта распространения опасных геологических явлений на территории Восточно-Казахстанской области с элементами сейсмичности (под редакцией А.У. Абдуллаева)

Районы с интенсивностью землетрясений до 7 баллов связаны с сейсмогенными зонами, потенциал которых не превышает  $M=5,6-6,0$ . Условия строительства здесь характеризуются разнообразием грунтовых условий. Наибольшим распространением пользуются скальные грунты I-й категории.

**Обвалы** – представляют собой внезапные обрушения горных пород с потерей контакта со склоном, сопровождающиеся дроблением пород и их хаотическим накоплением у подошвы склона, либо полным перекрытием дна долины. Объемы обрушившихся масс колеблются от нескольких десятков кубометров до сотен кубометров. Площади обрушения, форма в плане, расположение по геоморфологическим признакам различны. Обвалы происходят в результате ослабления сцепления горных пород под воздействием выветривания, силы тяжести, тектонических процессов, техногенной подрезки склонов при строительстве дорог, (рис. 2-7).

**Осыпи.** В высокогорной зоне осыпи развиты повсеместно. Это различные по форме и мощности четвертичные образования являются продуктом проявления процессов выветривания, температурного сдвига и сил гравитации.

В высокогорной зоне, в результате этих процессов, у подножья склонов, образуются шлейфы осыпей. Характерной особенностью осыпей является их подвижность. При накоплении обломков до такого состояния, когда угол откоса осыпи становится больше угла естественного откоса, свойственного слагающему ее материалу, осыпь смещается и движется до тех пор, пока в результате естественного выполаживания откоса наступает состояние равновесия. Движение осыпей может усиливаться под влиянием землетрясений и ливней.

В Восточном Казахстане обвалам и осыпным процессам подвержены автомобильные дороги Усть-Каменогорск – Зыряновск, Таинты – Самарка, Берель – Рахмановские ключи, Риддер – Россия, железная дорога Усть-Каменогорск – Зыряновск, поселок Зубовка.

**Оползневые процессы** имеют весьма широкое распространение на территории области. В Восточно-Казахстанской области выявлено 9 оползневых участков в Глубоковском, Зыряновском, Катонкарагайском и Зайсанском районах.

На Алтае существенная оползневая опасность отмечается в долинах рек Иртыш, Буктырма, Уба и Ульба. На большей части горных территорий Алтая и Калбинского хребта оползневая опасность умеренная, а по периферии горных территорий – незначительная.

В хребте Тарбагатай оползневая опасность распространена по южному склону. В центральной части хребтов Тарбагатай и Сауыр и в предгорьях Сауыра оползневая опасность умеренная. По северной периферии гор – оползневая опасность незначительная.

Оползневые процессы отмечены в долине р. Иртыша ниже г. Семипалатинск, на участках подрезки рекой берегового уступа высоких террас.

В зоне многих действующих оползней располагаются жилые дома, хозяйственные строения, сельхозугодья, дороги. Таким образом, развитие оползневых процессов на многих участках создает определенную опасность разрушения различных инженерно-хозяйственных сооружений и вывода из использования сельхозугодий, (рис. 8-9).

**Селевые процессы** имеют широкое распространение в Восточно-Казахстанской области и приурочены они к горным районам. Селевые потоки на Алтае формируются на протяжении всего теплого периода года, причем наиболее благоприятны весна и первая половина лета, когда выпадают ливневые дожди весьма высокой интенсивности. Суточные максимумы осадков в эти периоды иногда превышают 250 мм. Мощные предгорные шлейфы и конусы выноса, сложенные отложениями селей, указывают на значительную интенсивность проявления селевых потоков, как в недалеком прошлом, так и в настоящее время. Однако селевые процессы на Алтае зачастую имеют решающее значение при инженерно-геологической оценке некоторых территории, осваиваемых для различных отраслей народного хозяйства.

**Лавинная опасность.** Снежными лавинами называются быстро движущиеся по горным склонам снежные массы. Они являются опасным для жизни людей и хозяйственных объектов природным явлением. Снежные лавины характерны для всех горных районов, где высота снежного покрова превышает 30 см и отличаются частой повторяемостью и широкой распространенностью. В наиболее лавиноопасных районах лавины могут повторяться несколько раз в год.

Объемы лавин могут составлять несколько миллионов м<sup>3</sup>. Длина пути - несколько километров. Скорость лавин достигает 100 м/с, а сила удара 120 т/м<sup>2</sup>. Снежная лавина способна сбросить с путей железнодорожный состав, уничтожить несколько гектаров взрослого леса, разрушить капитальное железобетонное сооружение. Разрушительная способность лавин может усиливаться за счет переносимых ими камней, стволов деревьев или обломков разрушенных сооружений.

Основной причиной образования снежных лавин является нарушение устойчивости снежного покрова на горном склоне, когда составляющая силы тяжести лавины, действующая вдоль горного склона, превышает силу сцепления снежных пластов между собой или с подстилающей поверхностью.

В Восточном Казахстане лавинная опасность наблюдаются в хребтах Алтая, Калбинском хребте, Тарбагатае, Сауре. Лавиноопасный период обычно продолжается с декабря по апрель. Однако в отдельные годы первые лавины сходят уже в ноябре, а последние в мае. В гляциальной зоне лавинная опасность сохраняется круглый год. Причиной схода лавин чаще всего являются интенсивные снегопады, а также глубокие оттепели и весеннее снеготаяние. Количество свежевывапавшего снега, достаточного для схода лавин, составляет 10 мм водного слоя. Выше 3000 мн.у.м. одной из причин схода лавин становятся метели.



Рис. 2 Дорога Усть-Каменогорск-Зыряновск 27 км. Обвалоопасный участок длиной 270-300 м. Крупные выходы коренных пород разбиты густой сетью трещин.



Рис.3 Дорога Усть-Каменогорск-Зыряновск, перевал Осиновый. Крупные выходы коренных пород высотой до 30-35 м. Протяжённость обвалоопасного участка до 300 м



Рис. 4 Восточно-Казахстанская область, дорога Караайрык-Рахмановские ключи, 8 км, обвалоопасный участок, протяжённостью до 300 м, крупные выходы коренных пород, высотой до 15-20 м. Крутые, почти отвесные скалы разбиты густой сетью трещин. Большая вероятность обрушения даже при слабых землетрясениях



Рис. 5 Восточно-Казахстанская область, дорога Караайрык-Рахмановские ключи, 10 км. Крупные выходы коренных пород в виде почти отвесных скал, высотой до 25 м. Породы сильно трещиноватые, разбиты на крупные блоки. Даже при незначительных землетрясениях возможны обрушения пород и завал дороги



Рис. 6 - Дорога Караайрык-Рахмановские ключи, 7 км, обвалоопасный участок, протяжённостью 70-90 м, крупные выходы коренных пород, высотой до 10-12 м. На прижиме крутого скального выхода коренных пород и дороги делювиальные крупнообломочные отложения.



Рис. 7 Дорога Улькен Нарын-Курчум, 49 км. При строительстве дороги, образовались крутые откосы, представляющие большую вероятность возникновения обвальных процессов



Рис. 8 Дорога Катонкарагай-Рахмановские ключи, Ю-3 2 км пос. Берель. Боковая эрозия реки Берель.



Рис. 9 Дорога Катонкарагай-Рахмановские ключи, пос. Орель. Формирование эрозионного вреза на крутом склоне. Опасное расположение дома и строений у подножья склона на пути потока

**Засоление грунтов** происходит тогда, когда подземные воды поднимаются до уровня, при котором начинается их испарение. Глубина

залегания этого уровня зависит от литологического состава пород зоны аэрации, климатических условий и ряда других факторов. Чаще всего процессы засоления развиваются при глубине залегания уровня грунтовых вод менее 2-3 метров от поверхности земли.

Засоленность почвогрунтов является одним из осложняющих факторов при хозяйственном освоении земель под орошаемое земледелие, где процессы соленакопления достаточно активизированы

**Метеорологические природные опасности:** сильные ветры, метели, пыльные бури, ливни, снегопады, грозы, град, туманы, резкие колебания температуры отмечаются по всей территории Казахстана. Они способны парализовать хозяйственную деятельность на обширных территориях. Большая часть территории Казахстана подвержена действию атмосферных процессов и почвенных засух, которые наносят огромный вред сельскому хозяйству. Среди гидрологических процессов наибольшую опасность представляют собой половодья, паводки и наводнения. Они ежегодно отмечаются в весеннее время на всех реках Казахстана. Природные лесные, степные и лесостепные пожары особенно часто бывают в северных, восточных и юго-восточных регионах Казахстана, где они наносят значительный ущерб лесным насаждениям и сельскохозяйственным угодьям.

**Заключение.** Современные ОГЯ относятся к числу наиболее существенных компонентов инженерно-геологических условий, определяющих безопасность жизнедеятельности людей, особенности промышленного и гражданского строительства в горных и предгорных областях, а, следовательно, и устойчивого экономического развития этих районов. Инженерно-геологические условия в горно-складчатых областях отличаются, как правило, высокой сложностью и разнообразием.

Вертикальные дифференцированные тектонические движения, в сочетании с воздействием гравитационного поля определяют резко контрастный рельеф горных стран, характеризующийся значительными амплитудами абсолютных и относительных высот и обеспечивающий перемещение продуктов выветривания из областей формирования в область накопления. Характерной особенностью горных областей является многообразие форм рельефа, геологических и климатических условий исследуемой территории, способствующих развитию и активизации целого ряда современных геологических явлений [2-10].

При составлении карты опасных геологических явлений (ОГЯ) отмечалось, что развитие и интенсивность их проявлений подчиняются законам природной вертикальной зональности. В горных районах, сложенных раздробленными гранитоидными породами, приподнятыми в современную эпоху на высоту более 2-4 км, наиболее широкое развитие получили сейсмообусловленные явления: сейсмообвалы, сейсмооползни, сейсмообрувы, осыпи и др.

Важнейшая особенность гидрогеологического строения Восточного Казахстана заключается в наличии трёх главных гидрогеологических структурных

элементов I порядка, и их связь с формированием сейсмического потенциала данной территории.

Велика роль поверхностных вод в развитии и активизации ОГЯ. Именно поверхностные воды в большинстве случаев являются тем обязательным фактором, в результате которого возникают многие опасные геологические явления. С поверхностными водами связаны преимущественно эрозионные процессы на крутых горных склонах, селевые потоки, оползни, оплывины, боковая и донная эрозия рек, оврагообразование, (рис. 8-9). На равнинах значительное развитие получили процессы заболачивания, засоление территорий и т.д.

Формирование основных форм современного рельефа является важным отличительным признаком новейшего тектонического этапа. Из этого следует, что тектонические структуры и экзогенные процессы являются определяющими факторами развития основных форм рельефа и прямо связанных с ним опасных геологических явлений.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] Абаканов Т.Д., Ли А.Н., Садыкова А.Б., Методология разработки карт сейсмического районирования сейсмоопасных территорий Казахстана, Алматы, 2013, 127 с.

[2] Бочкарев В.П., Подольный О.В. и др. Опасные геодинамические процессы на территории Казахстана. Пояснительная записка к комплекту карт Казахстана масштаба 1:2000000, Кокшетау, 2004, 182 с.

[3] Геологические закономерности формирования оползней и селевых потоков и вопросы их оценки. М., 1976, 457с.

[4] Геология СССР, т. XLI Восточный Казахстан, редактор В.П. Нехорошев, «Недра», Москва 1967 г.

[5] «Гидрогеологическая карта Казахстана, масштаб 1:1000000», Б.С. Ужкенов Кокшетау 2004 г.

[6] Гидрогеология СССР, А.В. Сидоренко, том XXXVII, Восточный Казахстан, 1971г.

[7] Инженерная геология СССР, т. 6. Казахстан, под ред. В.И. Дмитриевского. М., Моск. ун-та, 1977. 296 с., 62 ил.

[8] «Карта распространения и активности геодинамических процессов Казахстана», масштаб 1:2000000, гл. редактор Б.С. Ужкенов, Кокшетау 2004 г.

[9] Мазур И.И., Иванов О.П. Опасные природные процессы, М. Изд-во «Экономика», 2004, 702 с.

[10] Мустафаев С.Т., Смоляр В.А., Буров Б.В. Опасные геологические процессы на территории Юго-Восточного Казахстана, Алматы, Гылым 2008, 278 с.

[11] Природные опасности России. Оценка и управление природными рисками. Под ред. А. Л. Рагозина. М., 2003, 320 с.

[12] Шеко А.И., С.Е. Гречищева. Методика изучения и прогноза экзогенных геологических процессов. Мин-во геол. СССР, ВСЕГИНГЕО, М. Недра 1988, 216 с.

**Абдуллаев А.У., Борисов В.Н., Есенжигитова Е.Ж.**

**ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ҚАУІПТІ ГЕОЛОГИЯЛЫҚ ҚҰБЫЛЫСТАРДЫ  
ЗЕРТТЕУ ТӘЖІРИБЕСІ ЕТСА ЖАҢА ӘДІСТЕМЕЛІК НЕГІЗДЕРІН ДАМУ  
ТҮРҒЫСЫНДА**

**Аңдатпа.** Әртүрлі сейсмотектоникалық, гидрогеологиялық, физикалық-географиялық, геоморфологиялық жағдайлар сейсмикалық белсенді аймақтарда, оның ішінде Шығыс Қазақстан аумағында қауіпті геологиялық құбылыстардың (ҚГК) дамуы мен таралуына ықпал ететіні анықталды. Шығыс Қазақстандағы, атап айтқанда, Өскемен-Зырян, Үлкен Нарым-Рахманов қайнары мен Зайсан көлі аймағындағы қауіпті құбылыстардың сейсмотектоникалық жағдайларға тәуелділігі анықталып зерттелді. Далалық зерттеулер кезінде таулы аймақтарда сейсмикалық дислокацияның, сейсмикалық көшкіндердің, көшкіндердің, эрозия процестерінің, тау жыныстарының елеулі көріністері байқалды. Жазық және ойпат аймақтарында Зайсан, Алакөл ойыстарында: өзендердің бүйірлік эрозиясы, сайлардың пайда болуы, су басу, батпақтану, аумақтардың тұздануы дефляция кең таралған.

**Түйін сөздер:** қауіпті геологиялық құбылыстар; сейсмикалық дислокация; көшкіндер; тау жыныстары көшкіндері; қар көшкіні; сел, эрозия процестері; абразия; батпақтану; дефляция.

**Abdullaev A.U., Borisov V.N., Esenzhigitova E.Zh.**

### **EXPERIENCE OF STUDYING HAZARDOUS GEOLOGICAL PHENOMENA IN EASTERN KAZAKHSTAN AS DEVELOPMENT OF NEW METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF DSZ**

**Abstract.** In connection with the development of scientific research on the assessment of seismic activity and detailed seismic zoning (DSZ) of areas on a new methodological basis, there is, of course, an urgent need to attract new directions for assessing seismic activity. One of these is the identification of causal relationships between seismic activity and the development of seismic hazardous hydrogeological processes. This problem is discussed on the example of East Kazakhstan. A variety of seismotectonic, hydrogeological, physical-geographical, geomorphological conditions contribute to the development and spread of dangerous geological phenomena (DGP) in seismically active areas, including in East Kazakhstan. To study the scale and dynamics of the development of DGP and identify their dependence on seismotectonic conditions, the most characteristic manifestations of hazardous phenomena in East Kazakhstan were studied, in particular, in the area of the Ust-Kamenogorsk - Zyryanovsk, Ulken Narym - Rakhmanovskiye Klyuchi, and Lake Zaisan. routes, significant manifestations of seismic dislocation, seismic-caused landslide, landslide, erosion processes, and talus in mountainous areas were noted. In the plain and depression zones, it is highly developed: lateral erosion of rivers, gully formation, flooding, swamping, and salinization of territories. Deflation is widespread in the Zaisan and Alakol depressions.

**Key words:** dangerous geological phenomena; seismic dislocations; collapses; talus; landslides; avalanches; mudflows, erosion processes; abrasion; waterlogging; deflation.

УДК: 550.343

**А.У. Абдуллаев, Е.Ж. Есенжигитова, Т.С. Жунисбеков  
А.О. Мухамадиев, Борисов В.Н., Ж.Т. Турабаева  
ТОО «Институт Сейсмологии» МОН РК**

**СЕЙСМОГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НА  
АЛМАТИНСКОМ ПРОГНОСТИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ (АПП) В ЦЕЛЯХ  
РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГНОЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ.**

**Аннотация.** Излагаются некоторые результаты сейсмогидрогеохимических прогнозных исследований в Казахстане за последние годы. Показано, что благодаря непрерывному мониторингу вариаций гидрогеохимических полей удастся установить предвестниковые аномалий сильных землетрясений и возможности их вероятностного прогноза на основе выявленных флюидных аномалий в режиме подземных вод на территории Алматинского прогностического полигона.

**Ключевые слова:** предвестник землетрясений, сейсмомониторинг, гидрогеодинамические аномалии, гидрогеохимические аномалии, прогноз землетрясения.

С 1980 года на территории Алматинского прогностического полигона (АПП) проводится многопараметрический комплексный гидрогеохимический сейсмомониторинг с целью поисков предвестников и прогнозирования сильных землетрясений в Юго-Восточном Казахстане [1]. Сеть непрерывных ГГХ и ГГД наблюдений охватывает наиболее сейсмоопасный Юго-Восточный Казахстан, где действуют 12 ГГХ станций: (Алма-Арасан, Горельник, Нижняя Каменка, Чушкалы, Тау-Тургень, Жаркент-Арасан, Капал-Арасан, Калкан, Мерке, Курам и Кастек), а также ГГД станции: (Богуты, Сарыжаз, Тургень, Акколь, Каскелен, Копа, Медеу и Казачка) (Рисунок 1), базирующихся на неизливающих скважинах. Перечень ГГХ и ГГД мониторинга включает достаточно большой круг параметров подземных вод (Таблица 1), среди которых наиболее индикативными являются ограниченный круг показателей (Таблица 2), которые играют основную роль в выделении в составе подземных вод прогностических аномалий. В данной работе рассматривается опыт проведения сейсмогидрогеохимического мониторинга за вариациями параметров подземных вод на АПП за 2018 год. Следует отметить, что в последние 5 лет на полигоне не происходили сейсмические события с энергетическим классом более  $K \geq 13$ , поэтому не было разрушительных последствий.

Таблица 1 - Измеряемые параметры

№ п/п	Основные генетические группы параметров в составе подземных вод	Измеряемые комплексные параметры
1	ГГД показатели	Н ур (м, мм), Q (дебит) л/с, Р скв, (давление в скв)
2	Основной йонно-солевой состав	$H_4SiO_4$ , $HCO_3^-$ , $CO_3^{2-}$ , $SO_4^{2-}$ , $Cl^-$ , $F^-$ , $K^+$ , $Na^+$ , $Ca^+$ , $Mg^{2+}$
3	Физико-химический состав	pH, Eh, $T^0C$ вод
4	Газовый состав	Rn, He p, He сп, $CO_2$ , $CH_4$ , $H_2$ , Hg, Гф
5	Сопутствующие показатели	Р атм, $T^0C$ воз

Таблица 2 - Состав наиболее важных параметров подземных вод

№	Состав	Индикативные параметры
1	Газы	He, Rn, $H_2$ , Hg
2	Химия	$HCO_3^-$ , $CO_3^{2-}$ , $SO_4^{2-}$ , $Cl^-$ , $Na^+$ , $K^+$ , $Ca^+$ , $Mg^{2+}$
3	Гидрогеодинамика	Н ур, Q скв, $T^0C$ вод, Р скв

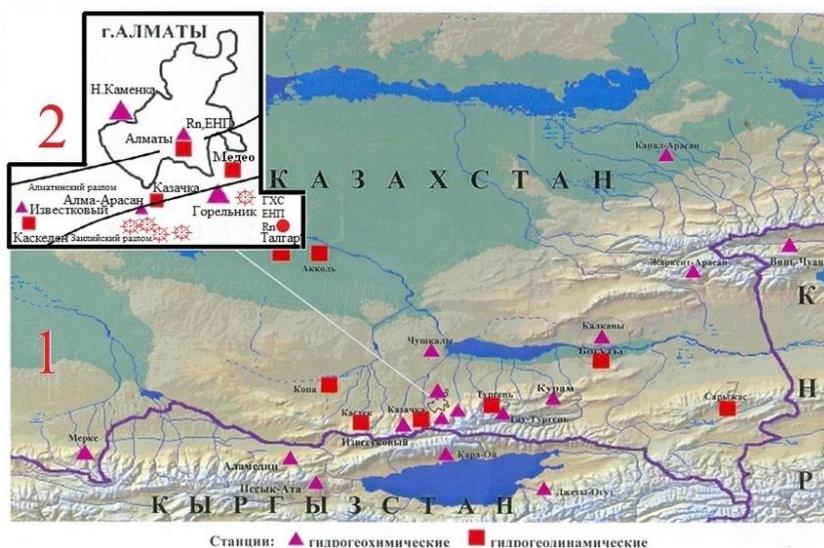


Рисунок 1. Карта расположения гидрогеохимических и гидрогеодинамических станции Алматинского прогностического полигона (АПП)

В 2018 году на территории Алматинского прогностического полигона произошли два сильных землетрясения с  $K = 12$  (Рисунок 1), основные параметры которых приведены в таблице 1. Как видно из этих материалов, они отличаются, как по глубинам очагов, так по механизмам их реализации. Эти различия отразились в образовании предвестниковых аномалий отмеченных событий в ГГХ и ГГД полях. Первое землетрясения произошло 26 марта 2018 года в центральной части полигона, в южном борту Капшагайского водохранилища в зоне глубинного Алтын-эмельского разлома. Второе событие произошло на восточном окончании северного склона Заилийского хребта недалеко от границы Кыргызстана. Эпицентральные расстояния этих землетрясений до пунктов наблюдений показаны в таблице 2.

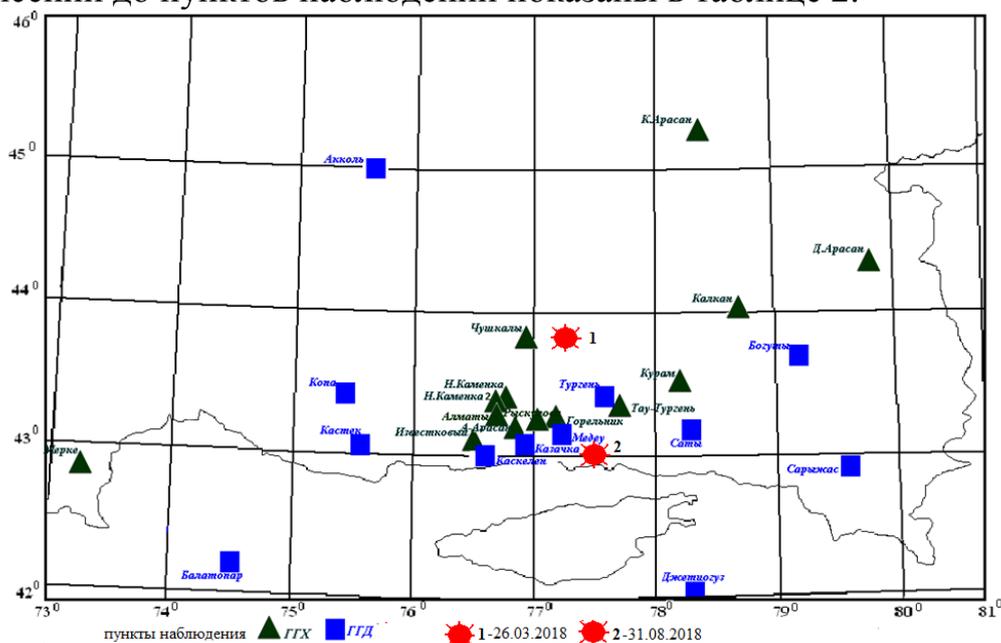


Рисунок 2. Эпицентры ощутимых землетрясений произошедших в 2018г. на Алматинском прогностическом полигоне (АПП).

Таблица 3. Основные сейсмологические параметры изученных сильных землетрясений

№ п/п	Дата возникновения	Координаты очага	Энергетический класс, К	Глубина очага, км	Механизм очага ЗТ
1	26.03.2018	43.73 – 77.32	12,0	20	Сдвиг
2	31.08.2018	43.00 – 77.51	12,0	10	Взброс

Таблица 4. Эпицентральное расстояние землетрясений до пунктов наблюдений

№ п/п	Землетрясения 26.03.2018г. К=12,0	Эпицентральное расстояния, R, км	Землетрясения 31.08.2018г. К=12,0	Эпицентральное расстояния, R, км
1	Чушкалы	36	Тау-Тургень	33
2	Тау-Тургень	53	Горельник	40
3	Курам	68	Алма-Арасан	51
4	Горельник	69	Курам	76

Полученные данные подвергались предварительной и окончательной обработке по отдельным программам. Экспертная оценка по результатам наблюдений многопараметрического мониторинга заключалась в общей оценке аномального хода отдельных параметров и поиска в них образов ожидаемых землетрясений. Эти выводы завершались составлением специальной таблицы «Заключение» (Таблица 5), которая служит основой вероятности краткосрочного прогноза для Юго-Восточного Казахстана. Далее это заключение наряду с данными по другим видам наблюдений в совокупности формируют общую экспертную оценку прогнозной комиссии, которая передается в Управление ЧС г. Алматы. Землетрясение 26 марта 2018 г. в близкорасположенных к эпицентру станциях не предварялось какими либо значимыми аномалиями. Землетрясение 31 августа 2018 года отмечалось предваряющими аномалиями на многих станциях. Ближайшими к эпицентру были ГГХ станции «Тау-Тургень», «Горельник», «Алма-Арасан» и «Курам» (Таблица 2). Изменения в химическом составе подземных вод произошли на станциях «Тау-Тургень» и «Курам» по следующим параметрам - кремниевая кислота ( $H_4SiO_4$ ), калий ( $K^+$ ) и водородный показатель (рН). Изменения происходили за период с 15 по 24 августа, а само событие последовало ко времени возвращения параметра к исходному положению (Рисунки 3,4). Характерно, что если содержание кремниевой кислоты накануне землетрясения увеличилось, то содержание калия наоборот снизилось, а рН – снизился и был более кислым. Это произошло гораздо раньше (за более чем месяц) до события (Рисунок 5). На остальных ГГХ станциях АПП аномалий в химическом составе вод перед ЗТ не наблюдалось. Станция Курам находилась от эпицентра в 76 км. Изменения наблюдались в параметрах  $HCO_3$ , Na и Mg. Содержания гидрокарбонат- иона в подземных водах за месяц сперва понизилось, а после события повысилось (Рисунок 6). Содержание катионов натрия резко возросло за неделю до землетрясения (рисунок 7), а магния (Рисунок 8) наоборот скачкообразно понизился за 2 недели до события.

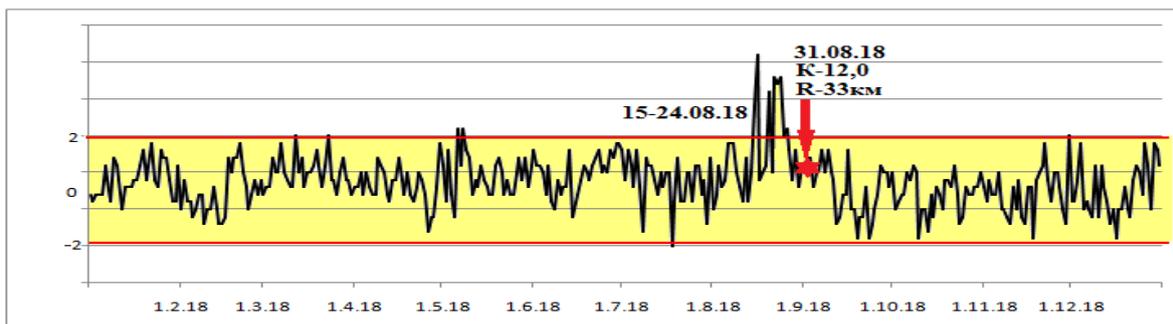


Рисунок 3. Нормированный ход  $H_4SiO_4$  на станции Тау-Тургенъ

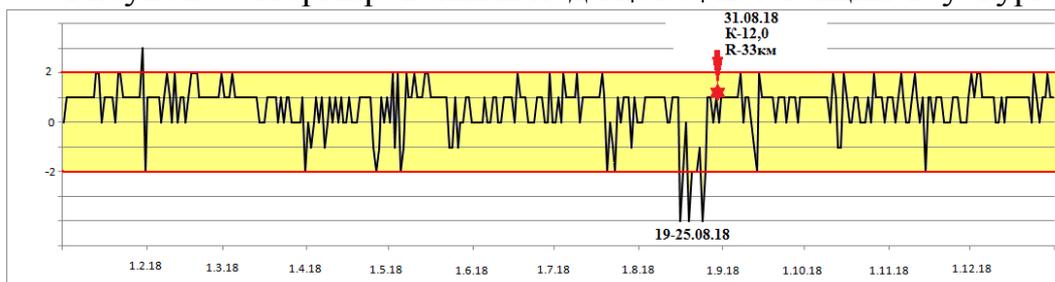


Рисунок 4. Нормированный ход «К» на станции Тау-Тургенъ

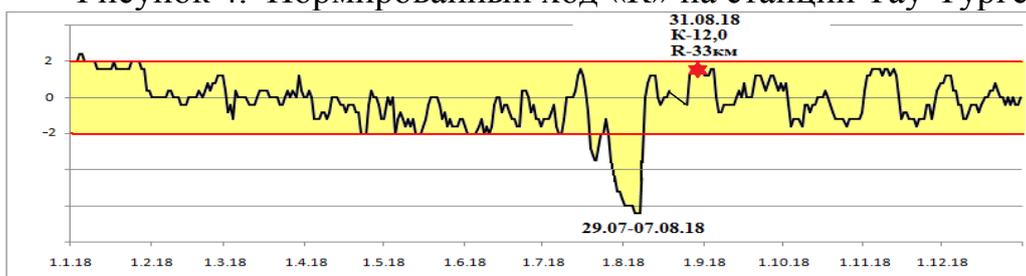


Рисунок 5. Нормированный ход «рН» на станции Тау-Тургенъ

Более однозначный предвестниковый эффект этого землетрясения зафиксирован в ходе уровня подземных вод в скважине на станции «Курам» (76км). По часовым значениям УПВ сейсмическое событие произошло на фоне скачкообразного снижения в виде глубокой бухты, дно которого закрыло в 17:00, а через 1,5 час. т.е. в 17:27 произошел сильный толчок. Полученные эффекты, безусловно являются весьма характерным оперативным предвестником описываемого землетрясения. Предваряющим признаком здесь выступает резкое нарушение хода УПВ с изменением амплитуды полусуточных, суточных приливных колебаний (рисунок 9).

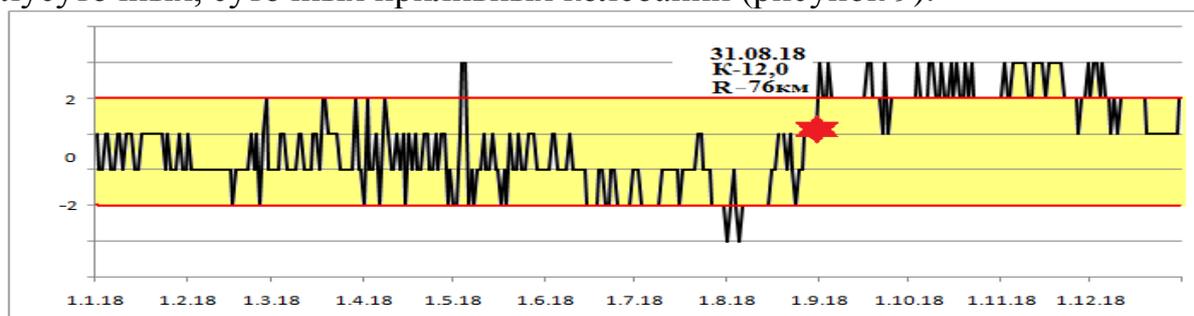


Рисунок 6. Нормированный ход  $HCO_3$  на станции «Курам»

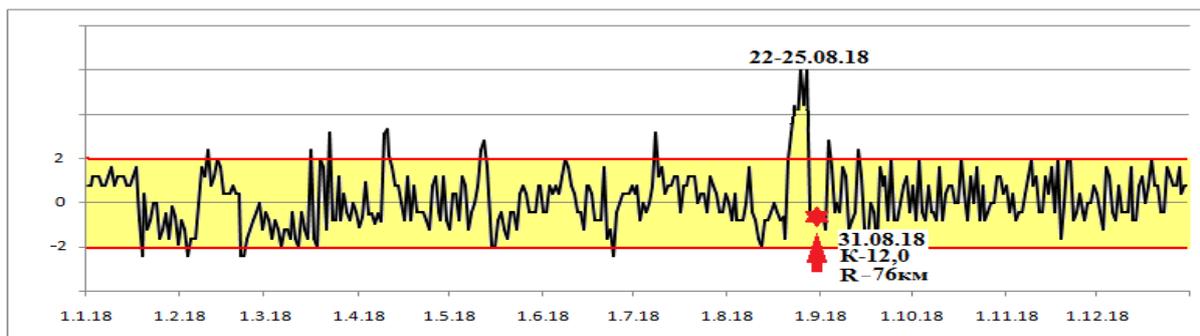


Рисунок 7. Нормированный ход  $\text{Na}^+$  на станции «Курам»

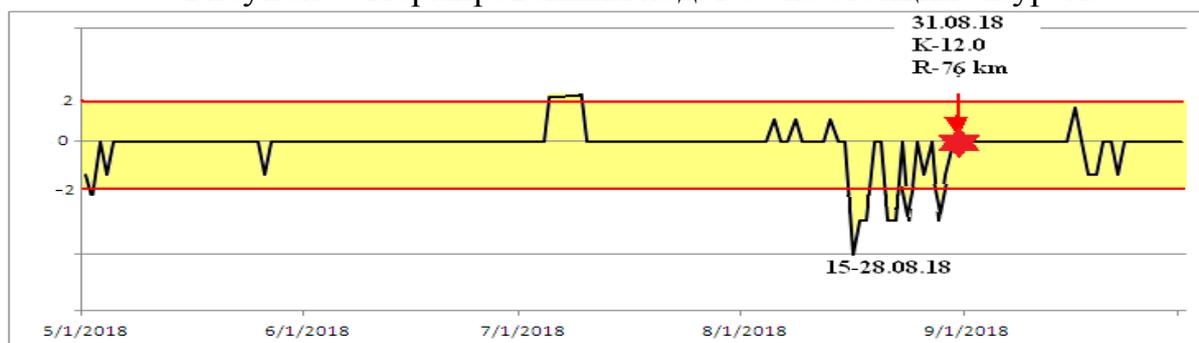


Рисунок 8. Нормированный ход параметра  $\text{Mg}^+$  на станции «Курам»

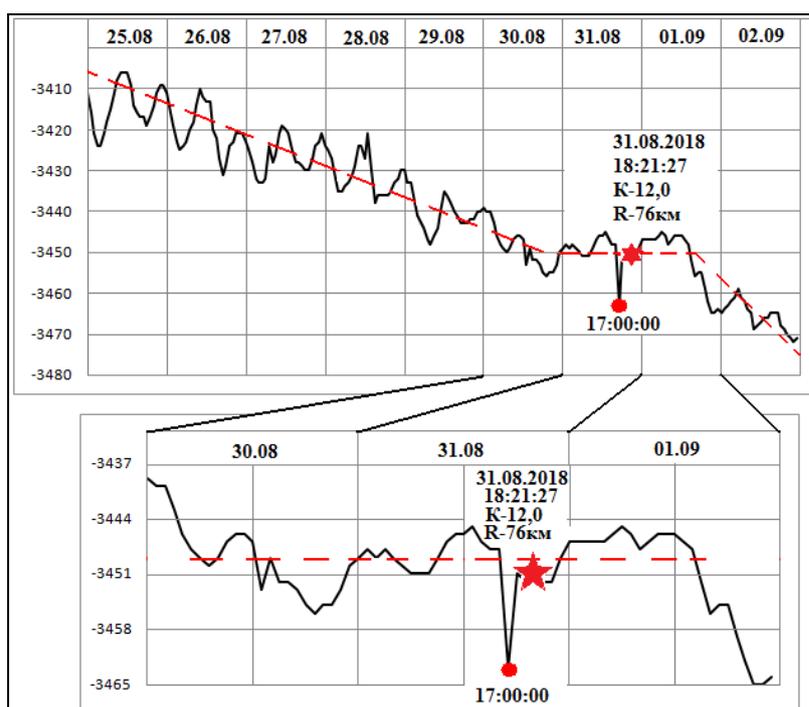


Рисунок 9. Внутрисуточный ход УПВ на станции «Курам» (скв. №6)

На рисунка 9 хорошо видно изменение суточного хода УПВ, где мы наблюдаем, что реализация данного землетрясения происходила на фоне тренда резкого снижения уровня воды в глубокой скважине с четким отражением изменении полусуточных и суточных приливных колебаний за 3 дня до события 28 августа. В преддверии события намечалась кратковременная остановка в виде небольшой полки в течение дня, что сменилась затем

спонтанным снижением УПВ в течение часа (17:00) а затем импульсным повышением и возвращением уровня в течение часа (18:27) к исходному уровню, затем произошел сейсмический удар. Спустя сутки наблюдается стабилизация уровня (следующая полочка) который вышел на свой трендовый уровень быстрого снижения. В данном случае предвестниковый образ ГГД предвестника выразился глубокой бухтой с последующим резким подъёмом (Рисунок 10).

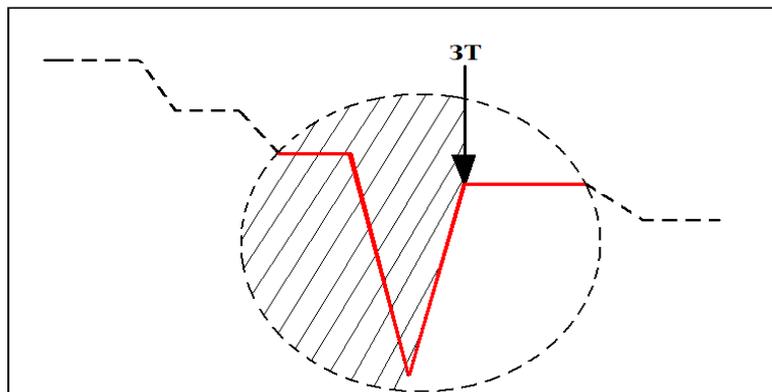


Рисунок 10. Модель краткосрочного ГГД предвестника ЗТ

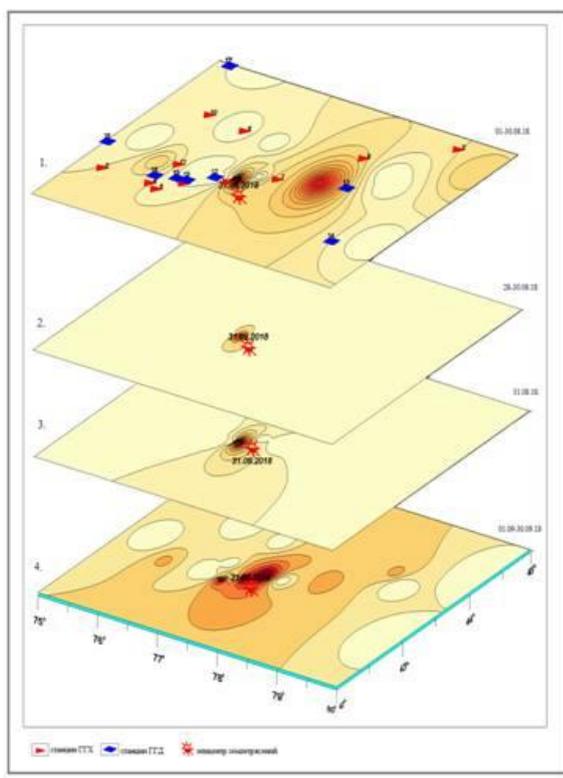


Рисунок 11. Пошаговое картирование аномального состояния гидрогеохимических параметров по данным совокупного комплексных параметров (СКП) « $\xi$ » на АПП в период реализации землетрясения 31.08.2018г. до и после события: 1. Пункты наблюдения АПП. 2. карта изолинии до и после события: (1: За 30 дней. 2: за 3 дня. 3: в день землетрясения 4: после 30 дней. 5: интенсивность изолиний)

Последовательные отслеживания пространственно-временных вариаций параметров сейсмогидрогеохимического мониторинга по данным всех станций наблюдений путем пошагового картирования временного хода совокупной информативности « $\xi$ » каждой станции АПП [1, 2] показывает, что возникновение ГГХ аномалий на близко расположенных к эпицентру станциях начинается за месяц до события на достаточно большой территории. По мере приближения землетрясения, аномалии сосредоточиваются в очаговой области (рисунок 11, позиция 3). Видим, что за 3 дня до землетрясения ГГХ аномалии на полигоне сосредоточились возле очага землетрясения, а после ситуация возвращается к исходной позиции (рисунок 11 позиция 4).

### **Заключение.**

В результате изучения гидрогеохимического режима подземных вод, выявлены краткосрочные предвестниковые аномалии в виде быстрых знакопеременных снижений или повышений значений газохимических параметров в составе подземных вод. Важным краткосрочным прогностическим признаком является сбой, дисбаланс и деструкция устойчивости временного хода параметров. Относительно надежным краткосрочным предвестником является аномалия в ходе динамических параметров (УПВ,  $Q_{\text{скв}}$ ). Они выражены аномальным трендом с формированием сперва кратковременной полочки, которая в процессе землетрясения переходит спонтанно в глубокую базу с последующим восстановлением после реализации землетрясения.

Причина отсутствия однозначных аномалий землетрясения 26.03.2018 года и проявления наиболее ярких аномалий при землетрясении 31.08.2018 года при их одинаковой энергетической категории, по-видимому объясняется различием их механизмов и глубин очагов. В этом плане небольшая глубина (10 км) и взбросовый механизм второго землетрясения способствовал формированию более ранних и конкретных аномалий в гидрогеохимических и гидрогеодинамических полях. В то время как землетрясение 26.03.2018 года  $K=12$  имело сдвиговый механизм и большую глубину (20 км).

Долговременный комплексный гидрогеологический мониторинг на Алматинском прогностическом полигоне показал достаточно хорошую эффективность сейсмогидрогеохимических методов прогноза сильных землетрясений. Однако, как показывает опыт, не все сильные землетрясения предваряются такими аномалиями, что, по-видимому, связано с рядом других факторов, что требует дополнительного изучения. Исследования в данном направлении продолжаются.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Абдуллаев А.У. Флюидный режим земной коры как отражение современных геодинамических процессов (на примере Тянь-Шаня). // Алматы, «Эверо», 2002, с. 352.
2. Абдуллаев А.У. Гидрогеохимические и гидрогеодинамические исследования в системе прогноза землетрясений в Казахстане. Прогноз землетрясений и глубинная геодинамика. // Доклады Международного симпозиума, Алматы, 1997, с. 196-210.

**А.У. Абдуллаев Е.Ж. Есенжигитова Т.С. Жунисбеков  
А.О. Мухамадиев В.Н Борисов Ж.Т. Турабаева**

## **ЖЕР СІЛКІНУ БОЛЖАМЫН ОРЫНДАУ ҮШІН АЛМАТЫ ҚАЛАСЫНДАҒЫ БОЛЖАМДЫҚ ПОЛИГОНДА СЕЙСМОГИДРОГЕОХИМИЯЛЫҚ МОНИТОРИНГ ЖҮРГІЗУ**

**Андатпа.** Соңғы жылдардағы Қазақстандағы сейсмогидрогехимиялық болжамдық зерттеулердің кейбір нәтижелері берілген. Гидрогехимиялық кен орындарының вариациясын үздіксіз бақылаудың арқасында Алматы болжамдық диапазонында жер асты суларының режиміндегі анықталған сұйықтық аномалиялары негізінде күшті жер сілкінісінің прекурсорлық аномалияларын және олардың ықтималды болжамын жасау мүмкіндігін белгілеуге болатыны көрсетілген.

**Түйін сөздер:** жер сілкінісінің прекурсоры, сейсмикалық мониторинг, гидрогеодинамикалық аномалиялар, гидрогехимиялық аномалиялар, жер сілкінісінің болжамы.

**A.U. Abdullaev, E.Zh. Esenzhigitova, T.S. Zhunisbekov,  
A.O. Mukhamadiev, V.N Borisov, Zh.T. Turabaeva**

## **SEISMOHYDROGEOCHEMICAL MONITORING AT ALMATY PROGNOSTIC POLYGON (APP) FOR THE IMPLEMENTATION OF EARTHQUAKE FORECAST.**

**Abstract.** In this paper presented some results of seismohydrogeochemical forecasting studies in Kazakhstan in recent years. Due to continuous monitoring of variations in hydrogeochemical fields, it is possible to determine the precursor anomalies of strong earthquakes and their possible prediction on the basis of detected fluid anomalies in the groundwater regime in the Almaty prognostic polygon.

**Keywords:** earthquake precursor, seismic monitoring, hydrogeodynamic anomalies, hydrogeochemical anomalies, earthquake forecasting.

УДК: 550.341; 550.342 (575)

**А.У. Абдуллаев, Е.Ж. Есенжигитова, Т.С. Жунисбеков  
А.О. Мухамадиев, В.Н. Борисов, Ж.Т. Турабаева  
ТОО «Институт Сейсмологии» МОН РК**

## **ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ СЛАБЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА АЛМАТИНСКОМ ПРОГНОСТИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ (АПП)**

**Аннотация.** Излагаются результаты изучения сейсмогидрогехимических аномалий слабых землетрясений в ЮВ Казахстане за 2017–2022 гг. Показано, что благодаря непрерывному мониторингу вариаций гидрогехимических полей удается установить предвестниковые аномалии не только для сильных землетрясений но и для слабых сейсмических события. Эти данные усиливают возможность их прогноза на основе непрерывного

гидрогеохимического мониторинга на Алматинском прогностическом полигоне.

**Ключевые слова:** предвестник землетрясений, сейсмомониторинг, гидрогеохимические аномалии, прогноз землетрясений.

С конца 2017 и по настоящее время на территории Алматинского мегаполиса произошли ряд слабых землетрясений, очаги которых находились непосредственно под городом Алматы или рядом и проявились в режиме подземных вод в ряде близко расположенных к мегаполису станций наблюдения. Расположение эпицентров этих событий приведено на рисунке 1, а основные сейсмические параметры землетрясений приведены в таблице 1. Территория г. Алматы находится в районе уже произошедших катастрофических землетрясений прошлого столетия. На современной карте сейсмического районирования Северного Тянь-Шаня он занимает центральную часть наиболее опасной 9 балльной зоны Заилийского Алатау [1, 2, 3].

Локальная сейсмическая активизация на территории города началась в конце 2017 г. с реализацией двух слабых землетрясений с  $K=9,1$  и  $K=8,1$  20 и 30 декабря. Они отразились в тонкой структуре изменения УПВ в скважинах Казачка, Тау-Тургень и Известковый (рисунки 2-4) и в составе газовых компонентов (рисунок 5). Так, в скважинах Горельник и Алма-Арасан значительно увеличились потоки  $CO_2$  и  $H_2$  в газовом составе термальных вод, который обычно характеризуется значительно стабильным ходом во времени в периоды сейсмического затишья.

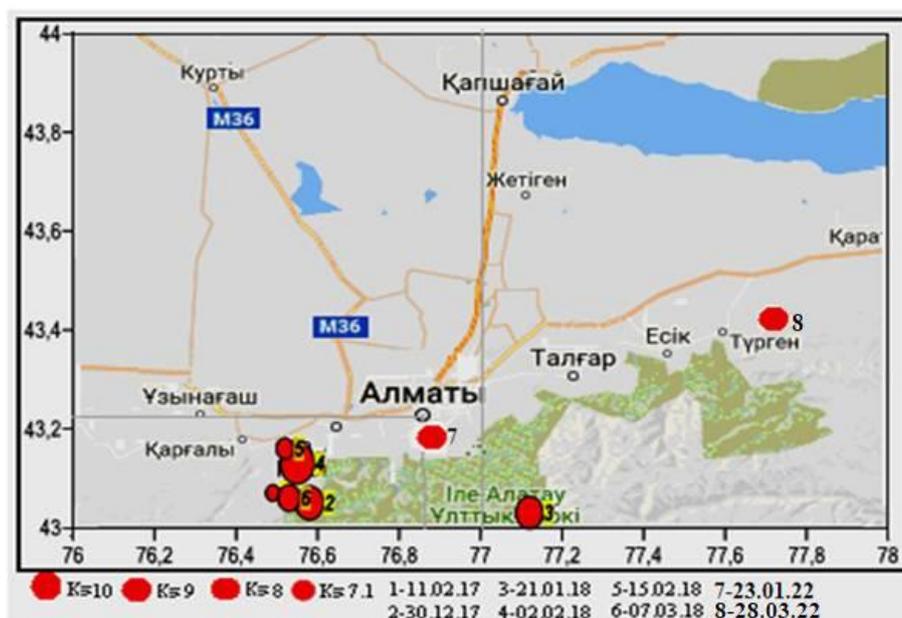


Рисунок 1. Эпицентры местных слабых землетрясений в районе г. Алматы

29 января 2018 г. произошло землетрясение с  $K=10,4$ , эпицентр которого расположен в горах Заилийского Алатау в районе села Тургень, оно сопровождалось изменением дебита скважины и температуры воды на станции Тау-Тургень (14 км). Дебит скважины и температура воды с 27 января начали резко возрастать, а 29 января произошло землетрясение. На других ближайших

к эпицентру землетрясения станциях Горельник (44 км), Алма-Арасан (56 км) и Курам (60 км) изменений химического состава подземных вод и гидродинамических параметров не наблюдались, т.к. энергетический уровень событий оказался небольшими. Между тем, эти сейсмические события в совокупности снизили УПВ и  $Q$  и  $T_{\text{воды}}$  на величину более 20% от нормированного значения.

Таблица 1. Основные параметры слабых землетрясений на АПП в 2017 – 2022гг.

№	Дата	Координаты	К	Расстояние от г.Алматы, км	Эпицентральное расстояние до станции наблюдения, км
1	20.12.17	43.36 – 77.88	9,1	81 к В	Тау-Тургень -18, Курам-28
2	30.12.17	43.09 – 76.88	8,1	13 к Ю	Алма-Арасан-2, Горельник-14
3	29.01.18	43.16 – 77.59	10,4	55 к В	Тау-Тургень-14, Горельник-44
4	02.02.18	43.20 – 76.90	8,5	5 к З	Горельник-14, Известковый-28
5	15.02.18	42.23 – 76.88	7,2	3	Нижняя Каменка-7, Казачка-13
6	26.03.18	43.73 – 77.32	12	69 к С	Чушкалы – 32 тау-Тургень - 53
7	23.01.22	43.11 – 76.90	8,9	10 к Ю	Горельник -12, Н-Каменка – 15
8	28.03.22	43.60 – 78.20	10,4	112 к СВ	Курам-13, Тау-Тургень-55

Следующие ощутимые землетрясения на территории г. Алматы произошли соответственно 02.02. и 15.02. 2018г. с  $K=8.5$  и  $K=7.2$ . На ближайшей к эпицентру землетрясения станции Известковый (28 км), УПВ в 9 января медленно поднимался, а 22 января достиг отметки  $-2.8$ , а потом резко снизился, 31 января был на отметке  $-3.6$ , а 2 февраля произошло землетрясение. На станциях Нижняя Каменка, Алма-Арасан и Горельник изменения химического состава подземных вод и гидродинамических параметров не наблюдались. Уровень подземных вод на станции Казачка (13 км) с 11 февраля резко начал подниматься, а 15 февраля произошло землетрясение. На других станциях изменений химического состава подземных вод и гидродинамических параметров не наблюдались.

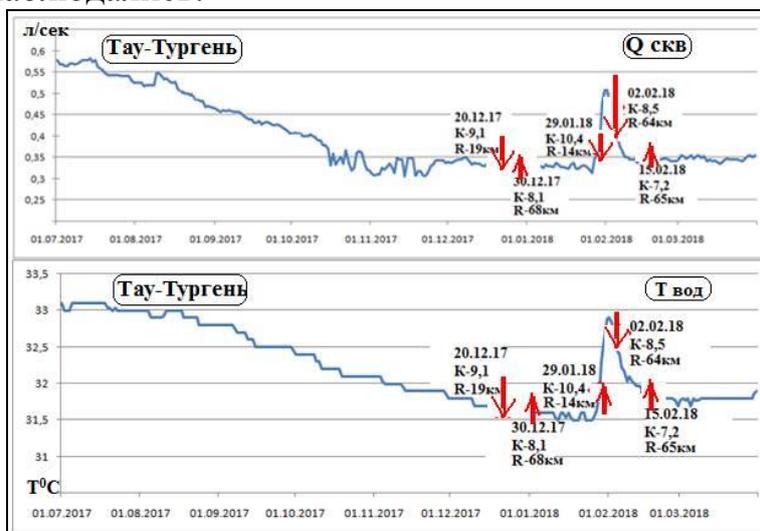


Рисунок 2 - Временной ход  $T_{\text{вод}}$  и  $Q_{\text{СКВ}}$  на ст. «Тау-Тургень» в период подготовки слабых землетрясений.

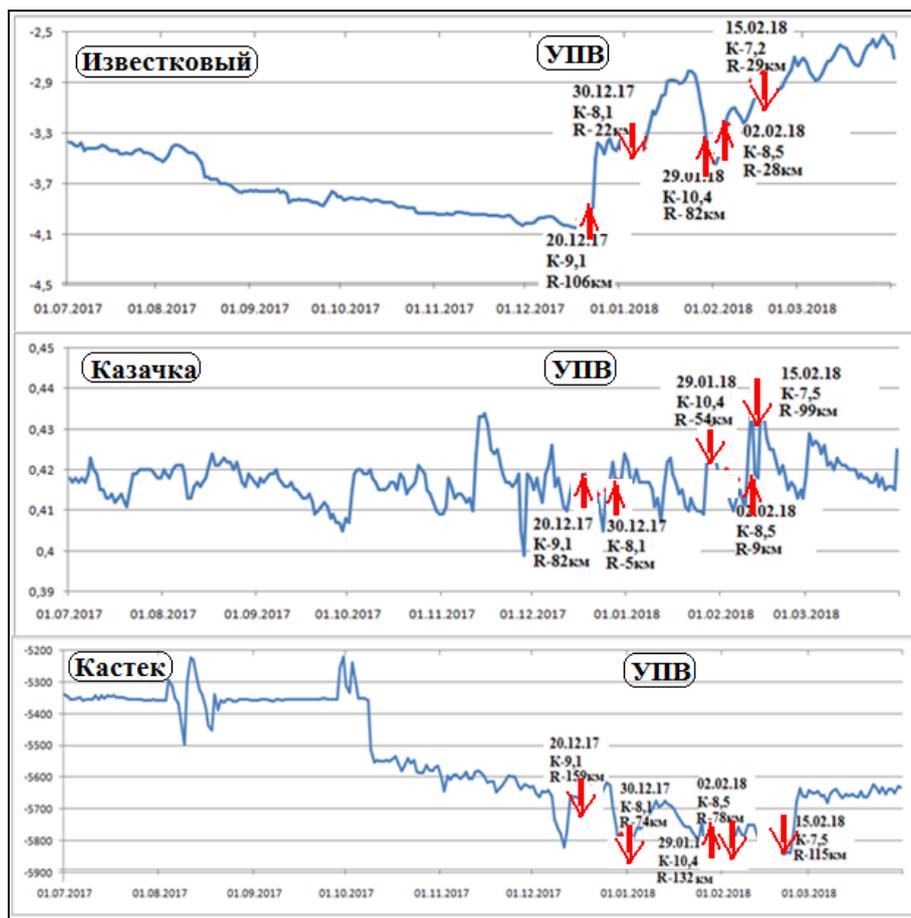


Рисунок 3 - Временной ход УИВ на ст. «Известковый», «Казачка» и «Кастек» в период подготовки слабых землетрясений

Как видно из рисунка 4, такие изменения УИВ на непрерывной записи (по часовым данным) показывают, что реализация этих землетрясений отражается в изменениях хода суточных и полусуточных приливных сил, что может являться, безусловно, предвестниковым эффектом [3, 4].

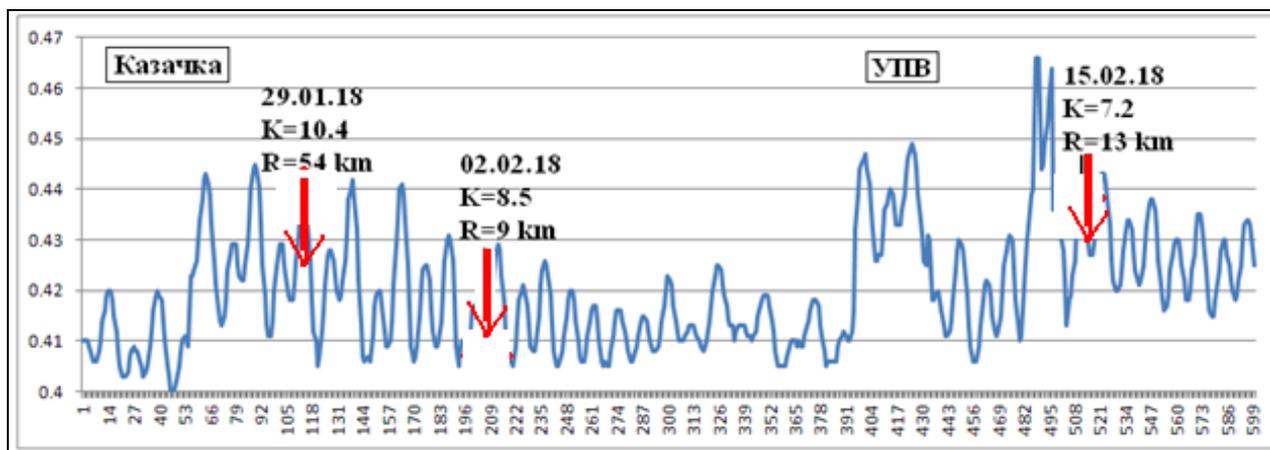


Рисунок 4 - ст. «Казачка». Часовые данные с 25.01.2018 по 19.02.2018 гг.

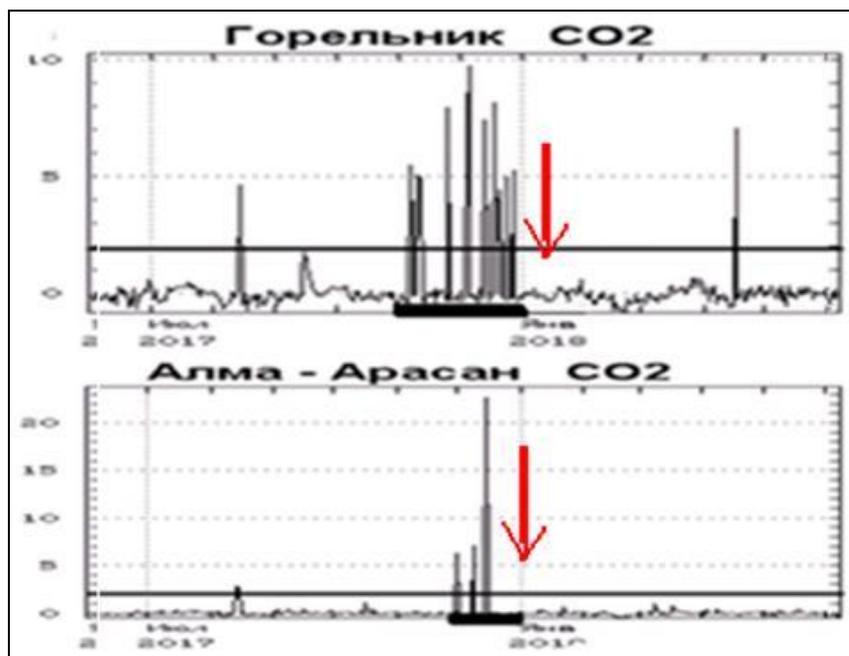


Рисунок 5 - Некоторые газовые аномалии в период реализации местных землетрясений; стрелки – момент возникновения ЗТ

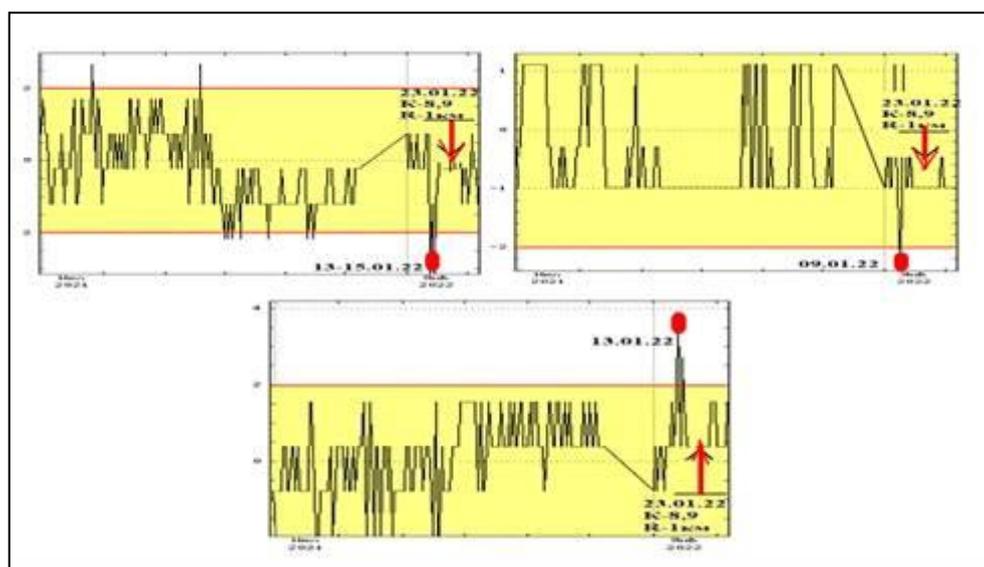


Рисунок 6 - Нормированный временной ход параметров  $\text{CO}_3$ , температуры воды,  $\text{HCO}_3$  на ст. «Алма-Арасан»

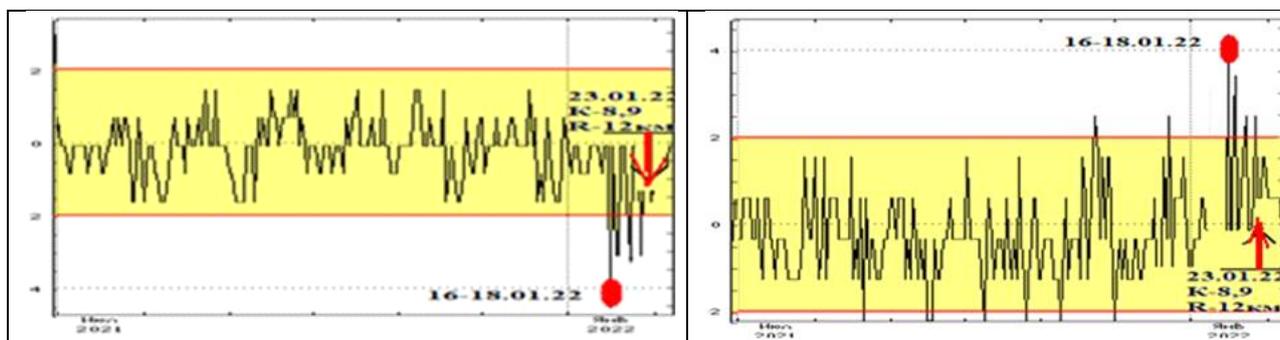


Рисунок 7 - Нормированный временной ход параметров  $\text{CO}_3$ ,  $\text{HCO}_3$  на ст. «Горельник»

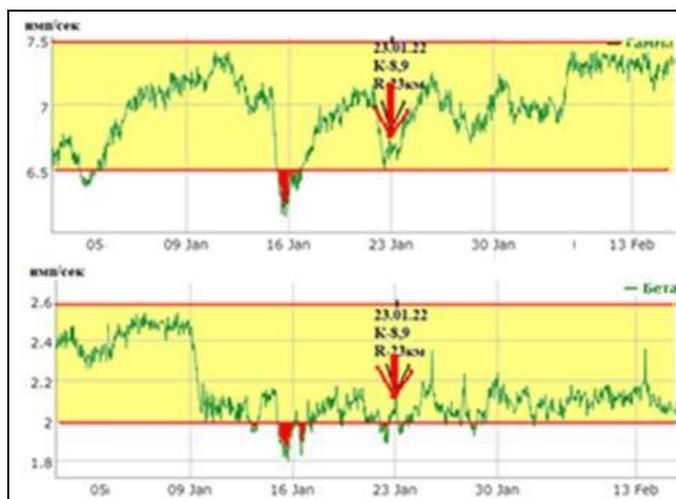


Рис. 8. Временные ряды непрерывного измерения бета и гамма излучения радона в системе «САМОС-СЕЙСМО» на пункте «Известковый» после очищения от внешних факторов.

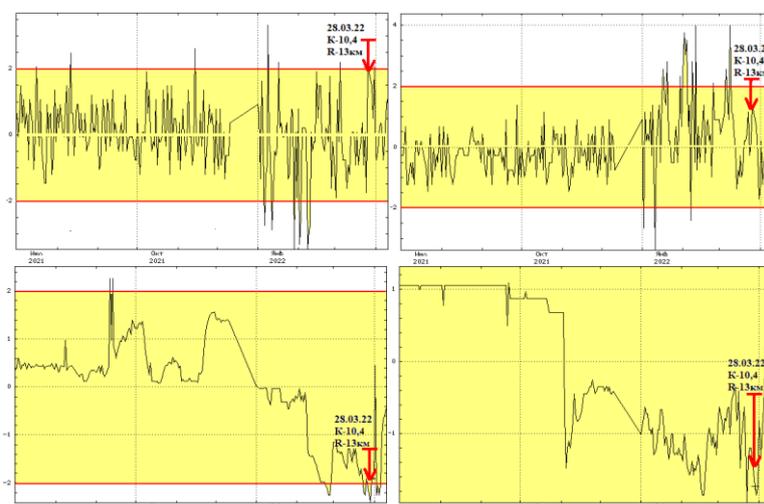


Рисунок 9 - Нормированный временной ход параметров  $H_4SiO_4$ ,  $SO_4$ , УПВ п/л и температуры воды на ст. «Курам»

Интересным представляется еще два события, которые произошли 23 января 2022 г. непосредственно около Алматы в южной предгорной части на глубине 10 км, с энергетическим классом  $K = 8,9$  и 28 марта в северо-восточной части в 112 от г. Алматы. Его основная характеристика приведена в таблице 1. За 1–2 дня до нескольких часов до толчка обнаружены эффективные предвестники этого события в гидрогеохимическом составе и температуры воды главным образом в нарушении карбонатного равновесия. Было обнаружено значительные вариации радонового поля (рисунок 8) в локальной системе САМОС, в двух измерениях – бета и гамма излучения в течение 48 часов. Обнаружение гидрогеохимических и гидрогеодинамических аномалий слабых землетрясений на территории Алматинского прогностического полигона показывает, что флюидный режим остается перспективным и чутким инструментом отражения процессов подготовки землетрясения, ГГХ и ГГД полях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Геодинамика и сейсмическая литосфера Казахстана.//Алматы, 2007, 411 с.
2. Абдуллаев А.У. Флюидный режим земной коры как отражение современных геодинамических процессов.//Алматы, Эверо, 2002, 352 с.
3. Абдуллаев А.У. Гидрогеохимические и гидрогеодинамические исследования в системе прогнозирования землетрясений в Казахстане. Современная геодинамика и прогноз землетрясений. // Алматы, Эверо, 1997, 196 – 220 с.
4. Гидрогеохимические и гидрогеодинамические исследования на прогностических полигонах Киргизии. // Фрунзе. Наука, 1988, 164 с.

**А.У. Абдуллаев, Е.Ж. Есенжигитова, Т.С. Жунисбеков,  
А.О. Мухамадиев, В.Н. Борисов, Ж.Т. Турабаева**

### **АЛМАТЫ ҚАЛАСЫНДАҒЫ БОЛЖАМДЫҚ ПОЛИГОНДА ОРЫН АЛАТЫН ӘЛСІЗ ЖЕР СІЛКІНУ КЕЗІНДЕГІ ГИДРОГЕОХИМИЯЛЫҚ АНОМАЛИЯ КӨРІНІСІНІҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ**

**Андатпа.** 2017–2022 жылдар аралығында Қазақстан Республикасының ОҚО-дағы әлсіз жер сілкінісінің сейсмогидрогеохимиялық аномалияларын зерттеу нәтижелері берілген. Гидрогеохимиялық өрістердің вариациясын үздіксіз бақылаудың арқасында күшті жер сілкіністері үшін ғана емес, әлсіз сейсмикалық құбылыстар үшін де прекурсорлық аномалияларды орнатуға болатыны көрсетілген. Бұл деректер оларды Алматының болжамдық диапазонында үздіксіз гидрогеохимиялық мониторинг негізінде болжау мүмкіндігін арттырады.

**Түйін сөздер:** жер сілкінісінің прекурсоры, сейсмикалық мониторинг, гидрогеохимиялық аномалиялар, жер сілкінісінің болжамы.

**A.U. Abdullaev, E.Zh. Yesenzhigitova, T.S. Zhunisbekov,  
A.O. Mukhamadiev, V.N. Borisov, Zh.T. Turabaeva**

### **FEATURES OF THE MANIFESTATION OF HYDROGEOCHEMICAL ANOMALIES OF WEAK EARTHQUAKES AT THE ALMATY PROGNOSTIC POLYGON (APP)**

**Abstract.** The results of the study of seismohydrogeochemical anomalies of weak earthquakes in SE Kazakhstan for 2017–2022 are presented. It is shown that due to continuous monitoring of variations in hydrogeochemical fields, it is possible to establish precursor anomalies not only for strong earthquakes but also for weak seismic events. These data enhance the possibility of their prediction based on continuous hydrogeochemical monitoring at the Almaty prognostic range.

**Key words:** earthquake precursor, seismic monitoring, hydrogeochemical anomalies, earthquake forecast.

УДК 550.343

**Лютикова В.С., Литовченко И.Н.**  
ТОО «Институт сейсмологии» МЧС РК

### **РОЕВАЯ АКТИВНОСТЬ В СЕЙСМИЧНОСТИ СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЯХ**

**Аннотация:** Рассматривается роевая активность в сейсмичности региона Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий перед сильными землетрясениями. Рои землетрясений распознаны по методу графической кластеризации (МГКл). За период наблюдений с 1960-2021г.г. получены карты-схемы роев, сильных землетрясений. Результаты исследования показали, что рои землетрясений, особенно в сочетании с другими сейсмическими событиями, могут быть использованы как эффективный прогностический признак.

**Ключевые слова:** рой землетрясений, сейсмичность, графическая кластеризация

На материалах сейсмологических наблюдений за 1960-2021гг., исследованы рои землетрясений перед сильными событиями. В качестве сильных землетрясений рассмотрены 31 толчок с  $K=12-17$  (таблица 1), имеющих инструментальные наблюдения[4]. Вблизи очаговых зон главных толчков, отмечалось повышение активности слабых землетрясений (роев)[1,2,3,5-10]. Интервал времени между возникновением роев и главных событий (сильных землетрясений) исследовался ранее в [5-10]. В таблице 1 приводятся данные о сильных землетрясениях региона исследования: номер, дата и время возникновения землетрясения, координаты эпицентра, энергетический класс ( $K$ ), магнитуда ( $M$ ), глубина очага ( $H$ ), количество афтершоков каждого из сильных землетрясений.

С целью выявления закономерностей пространственного и временного распределения роев перед сильными землетрясениями, использован метод графической кластеризации (МГКл). По общепринятым методам кластерного анализа проанализированы соответствия элементов строк в матрице заданным правилам [5-10]. Если существует пространственная взаимосвязь и взаимообусловленность событий, то она выражается через "расстояния" (евклидовы или другие) между событиями в  $n$ -мерном пространстве. Если известны географические координаты события, то в качестве меры взаимосвязи выбираем геометрическое расстояние между эпицентрами землетрясений. Считаем, что наиболее взаимосвязанными являются те события, для которых межэпицентральные расстояния *минимальны*. Время проведения расчетов для МГКл пропорционально числу событий в выборке, образующей матрицу [5-10]. Такие ситуации могут возникнуть при анализе временных последовательностей событий, когда существуют кластеры, время жизни которых меньше интервала всей выборки.

Так, для территории, ограниченной координатами  $39-47^{\circ}N$  и  $70^{\circ}-85^{\circ}E$  в 2007-2021 гг. представительными являются землетрясения с  $K \geq 7$ . Процесс образования роя можно идентифицировать с процедурой пространственного группирования сейсмических событий. Некоторые, самые общие, качественные характеристики группирования для землетрясений с  $K \geq 9$  ( $M=2.8$ ) на территории Северного Тянь-Шаня приведены в [7,8]. За радиус вероятного группирования принимали 15 км. При этом количество группирующихся землетрясений

составило 10% от размера выборки [5-10]. Отметим, что устойчивые кластеры-группы размером не более 20'-25' угловой меры (т.е. размеров очаговых зон землетрясений с  $M=6-7$  на изучаемой территории) образуются, если расстояние между событиями  $L \leq 10'$ . Характеристика «роев землетрясений» связана с числом землетрясений в рое (или группе).

Таблица 1 – Список сильных землетрясений ( $K \geq 14$ ) на территории юго-востока Казахстана в 1970-2021 гг. (составлена по материалам ТОО «СОМЭ»)

№	Дата, время	Координаты		Энергетический класс, $K$	Магнитуда, $M$	Глубина гипоцентра, $H$ , км	Количество афтершоков
		Широта	Долгота				
1	05.06.70 4:53	42.47	78.80	15.6	6.3	15	4
2	10.05.71 14:51	43.00	71.20	14.2	-	-	4
3	15.06.71 22:04	41.52	79.12	14.2	6	11.9	71
4	15.01.72 20:21	40.28	79.38	14.4	6.2	10.2	6
5	24.03.78 21:05	42.87	78.58	16.0	7.1	33	95
6	25.09.79 13:05	45.00	77.00	14.0	5.9	40	0
7	13.02.83 1:40	40.13	75.15	14.6	6.2	16.1	401
8	23.08.85 12:42	39.15	75.30	17.5	7	6.8	271
9	24.08.85 20:46	39.45	75.80	14.9	-	-	181
10	24.01.87 8:09	41.40	79.17	15.3	6.2	28.9	301
11	12.11.90 12:28	42.93	77.93	14.6	6.4	19.1	87
12	25.02.91 14:30	40.33	78.92	14.4	6	20.6	23
13	15.05.92 8:07	41.10	72.42	15.0	6.2	49.5	43
14	19.08.92 2:04	42.07	73.63	17.0	7.3	27.4	141
15	30.12.93 14:24	44.82	78.77	15.0	5.5	14.9	62
16	19.03.96 15:00	40.22	76.58	14.6	6.3	28.2	3
17	09.01.97 13:43	41.17	74.20	14.2	5.8	22.2	3
18	21.01.97 1:47	39.43	76.98	14.4	5.9	33	3
19	01.03.97 6:04	39.72	76.82	14.2	5.6	22.4	2
20	11.04.97 5:34	39.60	76.93	14.6	6.2	15	1
21	14.02.05 23:38	41.80	79.18	14.3	6.1	22	125
22	19.04.09 4:08	41.32	78.18	14.0	5.4	39	11
23	19.07.11 19:35	39.92	71.45	14.3	6.1	20	3
24	28.01.13 16:38	42.52	79.67	14.7	6.1	15	836
25	26.06.16 11:17	39.75	73.73	14.2	6.4	13	45
26	25.11.16 14:24	39.25	74.27	14.4	6.6	17	2
27	03.05.17 4:47	39.45	71.58	14.3	6	11	42
28	08.08.17 23:27	44.40	82.48	16.7	6.3	20	130

Вероятность попадания трех случайных событий в площадку радиусом равным  $L=10'$  столь мала, что ей можно пренебречь. Поэтому принималась за рой группа, в которой число землетрясений  $N \geq 3$ , без ограничения  $N$  по максимальной величине. Результаты расчетов по МГКлс учетом  $L$  и  $N$  показали, что рои действительно группируются вблизи зон, в которых на изучаемой территории происходили землетрясения с  $M \geq 5.5$ . Для более строгого описания роя необходимо введение еще одной характеристики. Известно, что «рои» могут быть и короткоживущие (минуты, часы), так и долгоживущие (месяцы и даже годы). Поэтому их нельзя характеризовать ни числом событий  $N$ , ни временем жизни роя  $T_s$  («lifswarm»). Более объективной характеристикой является время между землетрясениями в рое  $T_m$  ( $0 < T_m < 26$  суток). Полученные численные характеристики роев дают более точную математическую зависимость в описании распознавания их образов в сейсмических данных. Далее производилось пространственно-временное распределение этих событий на территории исследования. Дополнительно

выносились сильные землетрясения региона и их афтершоки. На базе полученных характеристик роев построены карты-схемы распределения роев, сильных землетрясений и их афтершоков (рисунок 1-2). Выявлено, что рои землетрясений формируются накануне сильных землетрясений, очаги которых формируются в земной коре структурных неоднородностей, литосфера которых в новейшем этапе тектогенеза разрушена и насыщена высокотемпературными массами [2,5-10]. Рои образуют за период примерно 5 лет максимальные значения по количеству  $N$ . Пространственное и временное распределение слабых толчков (роевых скоплений) показано на рисунке 1.

Результатами проведенных исследований стали карты-схемы, приведенные на рисунках 1-2. На рисунках 1-2 показаны рои, эпицентры главных толчков землетрясений с  $K \geq 12$ , и их афтершоки за указанный период. Анализ пространственного распределения эпицентров, предшествующего периода перед главными толчками показывает, что роевые скопления концентрируются в локальных сгущениях, расположенных от эпицентра главных толчков на расстояниях, соизмеримых с размерами очаговых зон соответствующих сильных землетрясений. Однако их положение во многих случаях не совпадает с современными представлениями о том, что в процессе подготовки слабые толчки(рои) концентрируются в зоне будущего сильного землетрясения. Достаточно высокая стабильность появления роев (около 85 % случаев) указывает на возможность их использования для прогноза будущего сильного землетрясения. Эффективность этого способа значительно возрастает при применении их совместно с сейсмическими затишьями. В настоящее время в сейсмоактивном регионе Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий проводится анализ сейсмической обстановки с помощью слежения за роевой активностью. Методика выделения и распознавания роевых скоплений осуществляется с помощью программ распознавания и кластеризации образов роев землетрясений, описанных в работах [5-10]. Роевые скопления выделяются заблаговременно до возникновения каждого сильного землетрясения с  $K \geq 12$ . Площадь скопления роев варьируется в пределах  $30-150^2$  км. В совокупность роевых скоплений входят последовательности слабых землетрясений с  $K \geq 7$ , произошедших на этой площади. Анализ временных рядов показывает, что лишь в некоторых площадках, где происходили роевые землетрясения, иногда возникают сильные землетрясения, а иногда нет. Активизация роев может продолжаться от 12 до 18 месяцев, до возникновения главных толчков. Подобная картина наблюдается при подготовке некоторых землетрясений с  $K=12-17$  на Алматинском прогностическом полигоне.

окализация очагов готовящихся землетрясений производилась на наш взгляд с точностью, соизмеримой с протяженностью их очаговых зон. При исследованиях временного хода аномалий сейсмического режима в процессах подготовки сильных землетрясений с  $K \geq 12$  обычно анализируются отдельно предшествующие рои, и активизация сейсмичности непосредственно перед главным толчком, как разные явления. Статистическая обоснованность роевых скоплений из-за этого занижается. Проведенный анализ показал, что при

подготовке землетрясений с  $M \approx 5$  четкого различия временных последовательностей нет. Возможная причина различия интервалов времени между предшествующими роями и главными толчками заключается в разной степени состояния горных пород, в которых развиваются процессы подготовки. Положение главных толчков в области группирования землетрясений Алматинского сейсмопрогностического полигона, отражающие прочностные свойства горных пород, согласуется с такой физической интерпретацией. На базе полученных характеристик роев построены карты распределения роев, главных толчков и их афтершоков. Рои землетрясений возникают накануне сильных землетрясений, очаги которых формируются в земной коре структурных неоднородностей, насыщенных высокотемпературными массами, за 1.5-2 года. В целом, проведенные исследования показали, что рои землетрясений, особенно в сочетании с другими сейсмическими событиями, могут быть использованы как эффективный прогностический признак.

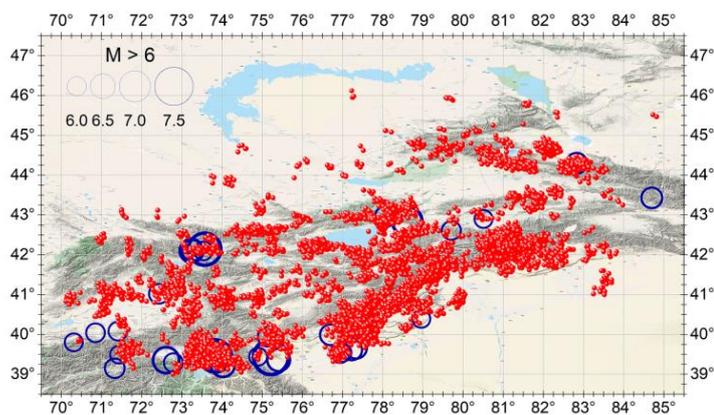


Рисунок 1- Карта-схема роев землетрясений за период 1960-2021 гг. региона исследования 39-47N, 70-85E с  $K \geq 7$  (красным цветом – рои землетрясений, синим цветом- сильные землетрясения с  $M > 6$ )

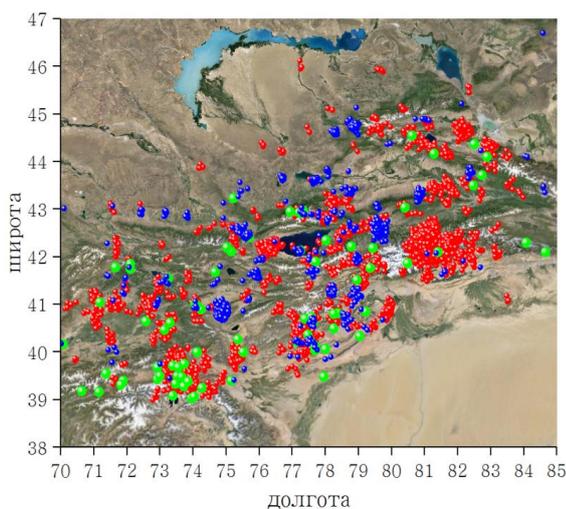


Рисунок 2 - Карта-схема пространственно-временного распределения сейсмических событий в регионе исследования за 2007-2021г.г.(38-47°N, 70-85°E): (рои–красным цветом, сильные толчки – зеленым цветом, афтершоки – синим цветом)

Пример локализации и распределения роевых скоплений, главных толчков и их афтершоков показаны на рисунке 2.

Выражаем благодарность научному руководителю академику НАН РК Курскееву А.К. за активное участие в проводимых исследованиях, критические замечания и рекомендации, а также сотрудникам СОМЭ, за предоставление каталога землетрясений.

Работа выполнена в лаборатории физики геодинамических и сейсмических процессов в рамках ПЦФ «Оценка сейсмической опасности территорий областей и городов Казахстана на современной научно-методической основе», шифр программы Ф.0980. Источник финансирования - Министерство образования и науки Республики Казахстан.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Курскеев А.К. Гравитационное взаимодействие планет Солнечной системы и сейсмичность Земли.-Алматы, «Эверо», 2021.-547с.
2. Курскеев А.К. Землетрясения и сейсмическая безопасность Казахстана Алматы. 2004. «Эверо».-501с.
3. Курскеев А.К., Абаканов Т.Д., Серазетдинова Б.З. Землетрясения: Происхождение и Прогнозирование.- Алматы, 2012. «Эверо». -314с.
4. Каталог землетрясений /Сейсмическая опытно-методическая экспедиция (СОМЭ) РК [Электронный ресурс]: режим доступа - <http://some.kz/index.php?p=card&outlang=1&oid=9>.
5. Лютикова В.С. Пространственно-временное распределение роев сильных землетрясений и их афтершоков в регионе Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий// XIII Международная конференция молодых ученых и студентов «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ».- Бишкек, 2021.-С.С. 113-116.
6. Литовченко И.Н., Лютикова В.С., Амиров Н.Б. Метод графической кластеризации данных для распознавания роев землетрясений XVIII Международный конкурс научных работ PTScience, Москва, 2020.
7. Литовченко И.Н., Лютикова В.С. Распознавание роев землетрясений//IX Международная конференция по когнитивным наукам.-Москва, 2021.-С.С.282-285.
8. Лютикова В.С. Рои землетрясений как отклик энергонасыщенных структур земной коры на воздействие астрофизических факторов//Всемирный Конгресс инженеров и ученых «Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации», WSEC-2017.-Астана, Казахстан,-Т.4.- Алматы, 2017.-С.С.328-331.
9. Литовченко И. Н., Амиров Н. Б., Лютикова В. С. "SWARMS EARTHQUAKES AT THE NORTH TIEN-SHAN AND ADJACENT TERRITORIES IN 2019-2020"//Международная конференция "GLOBAL SCIENCE AND INNOVATIONS 2020: CENTRAL ASIA", Нур-Султан, 2020.-С.С. 33-37.
10. Лютикова В.С., Литовченко И.Н. Обучающий алгоритм распознавания образов при решении практических задач// Материалы XI Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Робототехника и искусственный интеллект».-Железногорск, 2019.-С.С.231-237.

**Лютикова В.С., Литовченко И.Н.**

**СОЛТҮСТІК ТЯН-ШАНЬ МЕН ОҒАН ІРГЕЛЕС АУМАҚТАРДЫҢ  
СЕЙСМИКАЛЫ ҮЙІНДІЛЕРІНІҢ БЕЛСЕНДІЛІГІ**

**Аңдатпа:** Солтүстік Тянь-Шань аймағының және оған іргелес аумақтардың күшті жер сілкіністеріне дейінгі сейсмикалылығындағы үйірі қарастырылуда. Жер сілкінісінің үйінділері графикалық кластерлеу әдісі (МГКл) арқылы танылады. 1960-2021 жылдар аралығындағы бақылау кезеңінде үйінділер, қатты жер сілкіністерінің карта-сызбалары алынды. Зерттеу нәтижелері жерсілкіністерінің үйінділерін, әсіресе басқа сейсмикалық оқиғалармен бірге тиімді болжау белгісі ретінде қолдануға болатындығын көрсетті.

**Түйін сөздер:** жерсілкініс үйірі, сейсмикалық, графикалық кластерлеу

**Lyutikova V.S., Litovchenko I.N.**

## **SWARRING ACTIVITY IN THE SEISMICITY OF THE NORTHERN TIEN SHAN AND SURROUNDING TERRITORIES**

**Abstract:** In this paper the swarm activity is considered in the seismicity of the Northern Tien Shan region and adjacent territories before strong earthquakes. Earthquake swarms are recognized by the method of graphical clustering (MGCL). For the observation period from 1960-2021. Obtained maps-schemes of swarms, strong earthquakes is present in this work. The results of the study showed that earthquake swarms, especially in combination with other seismic events, can be used as an effective predictive feature.

**Key words:** earthquake swarm, seismicity, graphical clustering

УДК 550.343.64+551.506.9

**Ню В.А., Суровцева Н.В., Арифүлова И.И.**  
ТОО «Институт сейсмологии» МЧС РК

## **АНАЛИЗ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В СИСТЕМЕ СЕЙСМОБИОМОНИТОРИНГА**

**Аннотация.** Проведен анализ динамики метеопараметров на территории биологических стационаров «Ботсад», «Бурундай», «Казачка», «Чилик» и пункте биологических наблюдений «Курты» Алматинского прогностического полигона за 2010-2019 гг. Построены графики, демонстрирующие тенденцию их изменения по годам и ежемесячно, представлены коэффициенты линейных трендов, рассчитаны статистические характеристики: среднегодовое значение, среднее квадратическое отклонение  $\sigma$ , характеристики частотного распределения – асимметрия  $A_s$ , эксцесс  $E_x$  с целью дальнейшего выявления зависимости аномальных вариаций активности животных от воздействия метеофакторов.

**Ключевые слова:** метеорологические параметры, объекты исследования, статистические характеристики, биополигон, сейсмобиомониторинг

Во всех промышленно развитых странах мира, расположенных в сейсмических поясах, проблема безопасности и защиты населения, народнохозяйственных объектов от землетрясений стала важнейшей

социально-экономической, демографической и экологической задачей. Принципиальная важность этой проблемы требует организации в сейсмически уязвимых регионах системы сейсмологических наблюдений (системы сейсмомониторинга) и разработки методов обнаружения процесса подготовки землетрясений.

В этой связи, для решения данной задачи используется междисциплинарный подход с привлечением таких наук как: геофизика, биология, физиология, метеорология, астрофизика, математика и др. Сейсмобиомониторинг – один из методов комплексного прогноза сейсмических процессов в Казахстане, за основу которого взяты аномальные поведения организмов, которые под влиянием физических факторов среды обитания в период сейсмической активизации на территории или вблизи очага землетрясения, приводят к их аномальной активности [1].

Помимо того, что юго-восточная часть Казахстана является сейсмически уязвимой территорией страны, континентальный климат города Алматы, характеризуется влиянием ярко выраженной [горно-долинной циркуляции](#) и высотной поясности, что особенно проявляется в северной части города, расположенной непосредственно в зоне перехода горных склонов к равнине. Такой характер поверхности региона играет большую роль в формировании погодных условий. Алматы фактически расположен в межгорной котловине, что так же влечет за собой довольно сложную экологическую обстановку, характеризующуюся частым установлением смога в окрестностях [2].

Крупномасштабные движения атмосферы находятся под влиянием факторов космического и земного происхождения, среди которых неравномерности поглощения солнечной радиации наиболее существенны в плане формирования энергетических источников землетрясений. Являясь источником тепла, они создают запасы потенциальной энергии. В свою очередь, изменения в атмосфере оказывают значительное воздействие на сейсмические процессы, а также на вариации различных феноменологических «полей». Накануне сильных землетрясений выявлены особенности изменений ряда параметров атмосферы [3, 4].

Как известно, атмосферные процессы имеют определенную цикличность. Воздействуя на баро-, термо-, механорецепторы живых организмов, они изменяют поведение животных до тех пор, пока не будут «включены» механизмы адаптации к меняющимся условиям внешней среды. В этой связи, взяв за основу влияние атмосферных факторов, а так же расположение Алматинского прогностического полигона в окрестностях города Алматы, возникает острая необходимость «очистить» ряды вариаций активности животных от «метеопомех» для выяснения связи аномального поведения с процессом подготовки сейсмического события.

С этой целью на всех пяти биостационарах Алматинского прогностического полигона ТОО «СОМЭ» («Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция»), ведется регистрация метеопараметров посредством метеостанции М-49 с дискретностью 3 часа и графическим представлением

результатов в виде суточных и сезонной вариации атмосферного давления и температуры воздуха. Все наблюдения за вариациями метеополей проводятся синхронно на всех станциях.

В работе [5] объектами исследования являлись бентамки (домашние куры декоративной карликовой породы), содержащиеся в вольерных условиях. Основой наблюдения за поведением бентамок в зоне сейсмической уязвимости являлось изучение вариаций активности (суточных и сезонных) за многолетний период (2000-2017 гг.), и выявление корреляционных связей данного параметра с атмосферными и космическими факторами. Анализ зависимости активности кур-бентамок от атмосферных и космических факторов выявил четкую связь параметров биологической активности птиц с атмосферными факторами (наиболее сильное влияние оказывает температурный фактор) и отсутствие таковой с космическими факторами.

Авторами исследования [6] дана оценка вариациям электропроводности биологически активных точек кожи кроликов, обитающих в норах на территории предгорной области г. Алматы.

Для оценки влияния атмосферных факторов на активность животных использовали величины  $\Delta P$  и  $\Delta T$ , которые определялись как разница значений этих параметров между измерениями сегодняшнего дня и вчерашнего.

Как показал детальный анализ результатов, полученных при расчетах метеопараметров, перепады атмосферных факторов не вызывали превышения фоновых вариаций электрической активности в БАТ у норных кроликов ( $\sigma > 2$ ), это отражается на графиках, где изменения температуры воздуха и активности БАТ происходили синхронно, а атмосферное давление изменялось в противофазе с биологическим параметром. Такие вариации проходили, как правило, в пределах доверительного коридора и являлись фоновыми, колеблясь в интервале (2-3)  $\sigma$ .

Для характеристики метеорологических полей атмосферного давления и температуры воздуха на Алматинском прогностическом полигоне за 2010-2019 гг. рассчитывались следующие статистические характеристики: среднегодовое значение параметров, среднее квадратическое отклонение  $\sigma$ , характеристики частотного распределения – асимметрия  $A_s$ , эксцесс  $E_x$ . Расчет статистических характеристик проводился по известным формулам.

В результате проведенного анализа выявлено, что на станциях «Ботсад», «Бурундай», «Курты» и «Чилик» наибольшее многолетнее среднее значение атмосферного давления наблюдалось в январе месяце, на станции «Казачка» данный критерий приходился на октябрь, что касается температуры воздуха, то здесь этот показатель приходился на июль. Наименьшее среднее многолетнее значение атмосферного давления отмечалось в июле месяце на всех станциях биополигона с соответствующими показателями, а температуры – в январе месяце соответственно.

Среднее квадратическое отклонение имело положительный знак и максимально в январе месяце для обоих метеорологических показателей.

Для рассматриваемых станций значения асимметрии  $A_s$  и эксцесса  $E_x$  распределения атмосферного давления и температуры воздуха различны для двух метеополей, и в основном близки к «нормальному» эмпирическому распределению.

В работе так же приведен детальный анализ временного хода атмосферного давления и температуры воздуха на биостанциях («Казачка», «Ботсад», «Бурундай», «Чилик» и пункте биологических наблюдений «Курты») срединных месяцев года за период с 2010 по 2019 год.

При рассмотрении временного хода температур, определения направления и скорости их изменения за конкретные периоды времени показательны коэффициенты линейных трендов. В рядах температур методом наименьших квадратов выделялся линейный тренд: статистическая значимость трендовой составляющей определялась с помощью критериев Фишера (F) и Стьюдента (t). Коэффициенты линейного тренда анализировались в градусах Цельсия за 10 лет.

Для наглядного примера на рисунке 1 представлены графики временного хода температуры и атмосферного давления срединных месяцев сезонов года за 10-летний период на биостанции Ботсад.

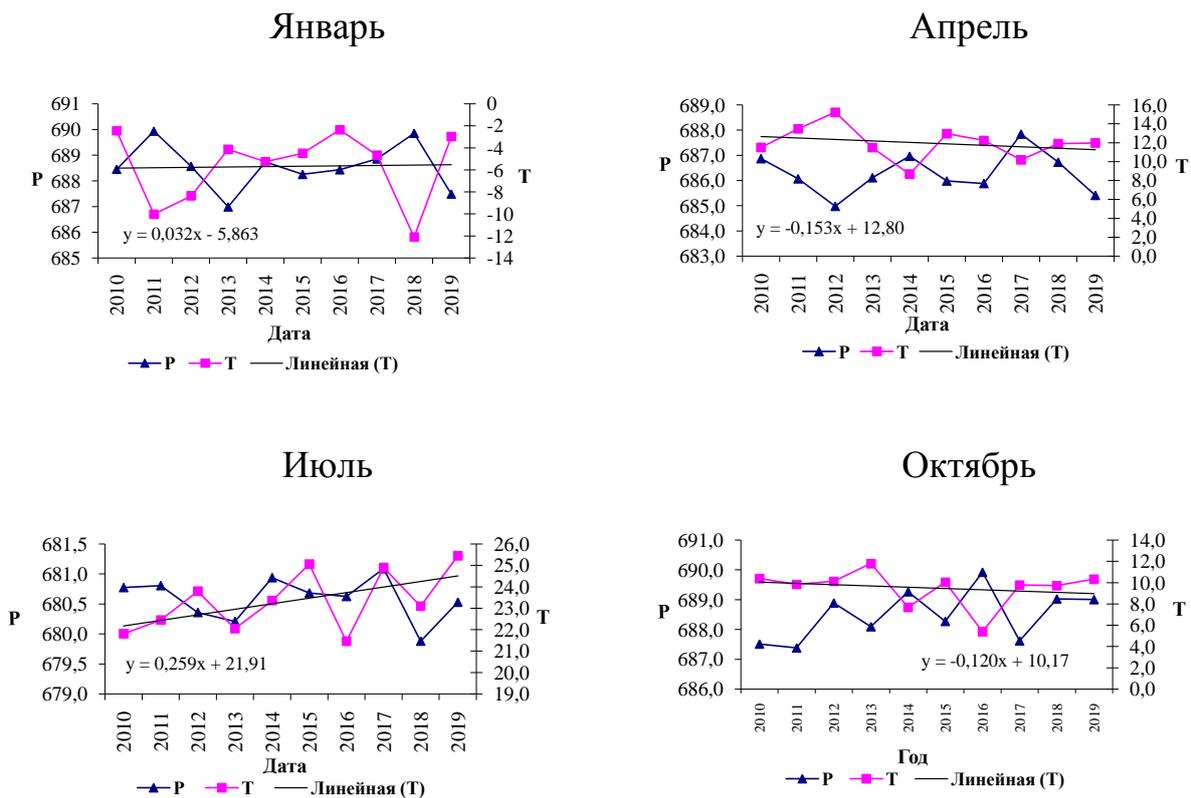


Рисунок 1 – Временной ход среднегодовых значений температуры воздуха за срединные месяцы сезонов года за период с 2010 – 2019 гг. на биостанции Ботсад

Из рисунка 1 видно, что сезонный ход метеополей отражает общую тенденцию динамики атмосферных параметров с некоторыми среднемесячными вариациями, характерными для данного пункта наблюдений, что полностью соответствует годовому ходу температуры воздуха и характеру распределения ее по территории Казахстана [7]. Максимум температуры воздуха приходится на июль 2019 года ( $25,5^{\circ}\text{C}$ ), а минимум на январь 2018 года ( $-12,8^{\circ}\text{C}$ ), коэффициент линии тренда положительный в январе и июле месяце, что свидетельствует, о том что температура возростала на  $0,03^{\circ}\text{C}$  и  $0,3^{\circ}\text{C}$  за 10 лет соответственно, а в апреле и октябре имеет отрицательные значения, то есть температура в эти месяцы понижалась на  $0,2^{\circ}\text{C}$  и  $0,1^{\circ}\text{C}$  за 10 лет. Данная тенденция сохраняется на всех станциях Алматинского прогностического полигона.

При анализе данных наблюдений и выделении биопредвестников землетрясений наиболее важно выяснить природу аномалий в поведении животных с учетом и устранением влияния «помехообразующих» факторов – атмосферных процессов. В этой связи, нами проанализированы материалы этологических наблюдений за период (2010-2019 гг.), полученных на станциях – («Ботсад», «Бурундай», «Казачка», «Курты» и «Чилик») Алматинского прогностического полигона, в результате выше изложенного анализ атмосферных факторов показал хорошую сходимость результатов измерений на пунктах биологических наблюдений, что очень важно для повышения прогнозной эффективности системы сейсмобиомониторинга на основе результатов измерений высокого качества.

### Литература

1. Серазетдинова Б.З. Сейсмобиология: теория, методы, практика прогноза землетрясений. Алматы: «Эверо». 2012. 364 с.
2. Казахская ССР: краткая энциклопедия. Т.2: Алма-Ата / Гл. ред. Р. Н. Нургалиев — Гл. ред. Казахской советской энциклопедии, Алма-Ата: 1988. С. 69-71.
3. Чернявский Е.А. Атмосферно–электрические предвестники землетрясений // Метеорология и гидрология в Узбекистане. 1955. Т. 57. № 3. – С. 317-327.
4. Воинов В.В., Гуфельд И.Л., Кругликов В.В. Эффекты в ионосфере и атмосфере перед Спитакским землетрясением // Ионосферные предвестники землетрясений. 1988. Т. 24. № 3. – С. 96-101.
5. Арифлулова И.И., Нью В.А., Суровцева Н.В. Анализ вариаций активности курбентамок и ее зависимости от атмосферных и космических факторов в системе сейсмобиомониторинга в зоне сейсмического риска // Материалы докладов XI Международной конференции молодых ученых и студентов: «Современные техника и технологии в научных исследованиях»: сб. статей. – Бишкек, 2019. – С. 39-42.
6. Бекбаулиева Н.Н., Нью В.А. Анализ влияния внешних факторов сейсмически уязвимого региона Казахстана на активность животных в системе сейсмобиомониторинга вблизи г. Алматы. // Материалы докладов VIII Международной конференции молодых ученых и студентов: «Современные техника и технологии в научных исследованиях»: сб. статей. – Бишкек, 2016. – С. 62-66.
7. Утешев А.С. Климат Казахстана. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – С.225-274.

Ню В.А., Суровцева Н.В., Арифурова И.И

## СЕЙСМОБИОЛОГИЯЛЫҚ МОНИТОРИНГ ЖҮЙЕСІНІҢ МЕТЕОРОЛОГИЯЛЫҚ ФАКТОРЛАРЫН ТАЛҒАУ

**Аңдатпа:** Бұл жұмыста Алматыдағы болжамдық полигондарында 2010-2019 жылдарда биологиялық станцияларында (Ботсад, Бурундай, Казачка, Шілік және Күрті биологиялық бақылау пункті) метеорологиялық көрсеткіштерге динамикасына егжей-тегжейлі талдау жасалынды. Зерттеу нәтижесінде олардың жылдар және айлар бойынша ілгерілеу тенденциясын көрсететін графиктер құрастырылып, сызықтық тенденциялардың коэффициенттері берілген, сондай-ақ есептелген статистикалық сипаттамалар: орташа квадраттық ауытқу  $\sigma$ , жиілікті бөлу сипаттамалары - асимметрия  $A_s$ , жануарлар белсенділігінің аномальды вариацияларының метеофакторлардың әсеріне тәуелділігін одан әрі анықтау мақсатында эксцесс  $Ex$  пайдаланды.

**Түйін сөздер:** метеорологиялық көрсеткіштер, зерттеу объектілері, статистикалық сипаттамалары, биополигон, сейсмикалық биомониторинг.

Nyu V.A., Surovtseva N.V., Arifulova I.A

## ANALYSIS OF METEOROLOGICAL FACTORS IN THE SYSTEM OF SEISMOBIOMONITORING

**Abstract.** In this paper, a detailed analysis was carried out of the dynamics of meteorological parameters at biological stations (Botsad, Burundai, Kazachka, Chilik and Kurty) of the Almaty prognostic polygon for 2010-2019. As a result of the study, graphs showing the trend of their course over the years and monthly were constructed, linear trend coefficients are presented, and statistical characteristics are calculated: the average annual value of the parameters, the standard deviation  $\sigma$ , the characteristics of the frequency distribution - asymmetry  $A_s$ , excess  $Ex$  in order to identify the dependence of abnormal variations in animal activity due to the impact of meteorological factors further.

**Key words:** meteorological parameters, statistical characteristics, biopolygon, seismobiomonitoring

УДК: УДК 550.34:004.94:534.6

Нуржумаев Н. О.

ТОО «Институт сейсмологии» МЧС РК

## ОБОБЩЕНИЕ ОПЫТА ПО СОЗДАНИЮ СИСТЕМЫ РАННЕГО ОПОВЕЩЕНИЯ О СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ Г. АЛМАТЫ

**Аннотация:** Приведены результаты исследований для территории Алматинского сейсмоопасного региона которые являются основой для создания

автоматизированной системы раннего предупреждения (АСРП) о сильном землетрясении направленной на обеспечение сейсмической безопасности одного из крупнейших городов Республики Казахстан – г. Алматы. Построены спектральные модели шума по станциям и суточные вариации шума (для дневного и ночного времени). Даны рекомендации по типу сейсмического оборудования для оснащения проектируемой сети станций АСРП.

**Ключевые слова:** автоматизированная система раннего предупреждения о землетрясениях, территория г. Алматы

Одной из мер, направленных на снижение ущерба от землетрясения, является организация автоматизированной системы раннего предупреждения (далее - АСРП) о сильном землетрясении, способной заранее предупредить население о надвигающейся катастрофе, производить отключение газо- и электроснабжения, производить аварийную остановку железнодорожного транспорта и метрополитена, производить блокировку опасных производственных процессов и т.д. Система АСРП будет иметь сеть станций (около ~30 установок), задачами которой являются:

- обнаружение Р-волны сильного землетрясения;
- обработка записей, с целью определения магнитуды толчка, расстояния, времени прихода разрушительной S-волны;
- передача сигнала о приближении S-волны.

Работа АСРП осуществляется в автоматическом режиме, время реакции системы от регистрации колебания до выдачи сообщения составляет 2-3 секунды.

Одним из основных элементов при разработке системы АСРП является изучение сейсмичности и особенностей сейсмического режима. Результаты такого изучения используются при выделении зон ВОЗ разных максимальных магнитуд; оценке максимального землетрясения в ближайшие годы для данного пункта; для расчета сотрясений на земной поверхности и т.д. Карты эпицентров землетрясений являются одними из основных среди исходных материалов для изучения особенностей пространственного распределения сейсмичности. Для рассматриваемой территории с учетом представительности землетрясений за разные сроки наблюдений построены карты эпицентров землетрясений: 1 – с  $M \geq 4,8$  с древнейших времен (250 г. до нашей эры) по 2019 г. (рисунок 1). Видно, что подавляющее большинство эпицентров образуют три достаточно узкие линейные зоны – Северо-Тянь-Шаньскую, Джунгарскую и Юго-восточную. Особенно высокосейсмичными являются районы хребтов Заилийский, Кунгей Алатау, а также восточная часть Киргизского хребта, в пределах которых располагаются очаги сильнейших землетрясений (Беловодское 1885 г.,  $M=6,9$ ; Верненское 1887 г.,  $M=7,3$ ; Чиликское 1889 г.,  $M=8,3$ ; Кеминское 1911 г.,  $M=8,2$ ; Кемино-Чуйское 1938 г.,  $M=6,9$ ; Жаланаш-Тюпское 1978 г.,  $M=6,8$ ; Байсорунское 1990 г.,  $M=6,3$ ). Менее активным является хр. Кетмень, где максимальная магнитуда наблюдаемых землетрясений не превышает 6,5. Сейсмическая активность Северо-Тянь-

Шаньской зоны усилилась с начала 70-х годов, когда после более чем 30-летнего периода затишья произошел целый ряд землетрясений с  $M=5,5-6,8$ .

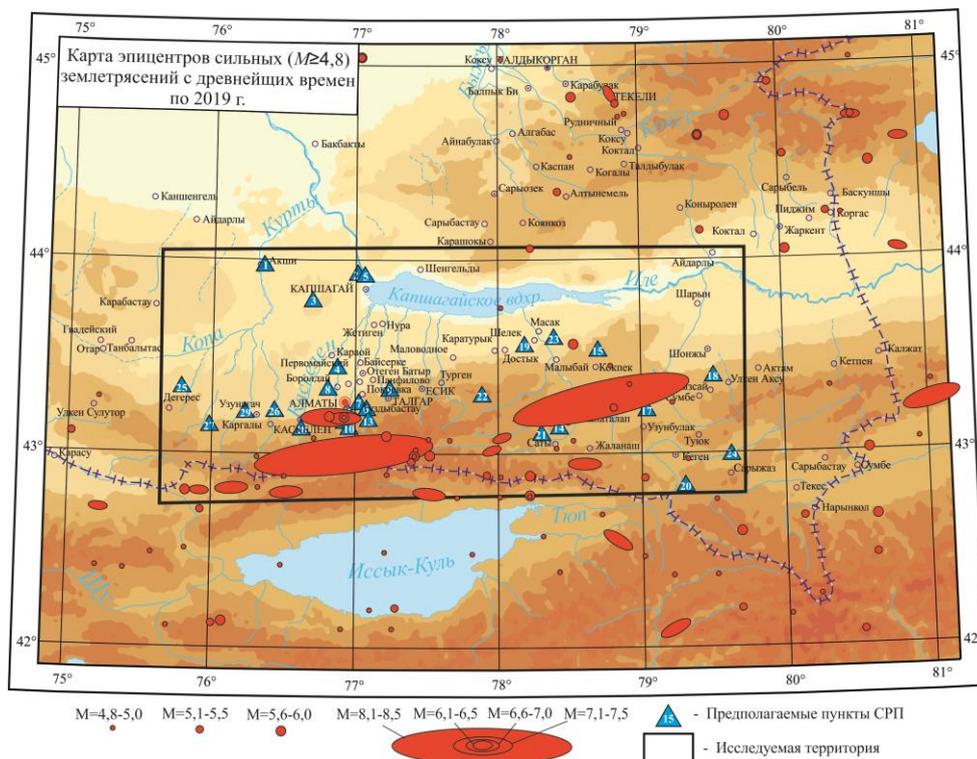


Рисунок 1. - Карта эпицентров сильных ( $M \geq 4,8$ ) землетрясений с древнейших времен по 2019 г.

Таблица 1 – Сведения о станциях

№	Наименование станции	Координаты		Тип прибора		Высота (Н) м.	Место установки	Порода фундамента
		широта	долгота	сейсмометр	дигитайзер			
1	Тянь-Шань	43.042	76.946	SP400RN	DAS6120	3480	сейсмопавильон, на постаменте	коренные
2	Кастек	43.043	75.965	SP400RN	DAS6120	1520	сейсмопавильон, на постаменте	коренные
3	Майтобе	43.130	76.429	SP400RN	DAS6120	1050	сейсмопавильон, на постаменте	коренные
4	Саты	43,056	78,408	SP400RN	DAS6120	1400	сейсмопавильон, на постаменте	суглинки
5	Талгар	43.248 7	77.223 7	SP400RN	DAS6120	1200	сейсмопавильон, на постаменте	коренные
6	Дегерес	43.242	75.771	СМ-3КВ	МАРС-3	1340	сейсмопавильон, на постаменте	суглинки
7	Медеу	МЕО	42.755 79.284	СМ-3КВ		2240	сейсмопавильон, на постаменте	глина с камнем
8	Шелек	43.529	78.373	СМГ-6ТД	DM24	760	сейсмопавильон, на постаменте	суглинки
9	Медео	МNG	42.755 79.284	СМ-3КВ		2240	сейсмопавильон, на постаменте	глина с камнем

Для определения мест размещения станций АСРП на полигоне, по каждой станции создавались выборки из не менее 20 фрагментов часовых сейсмических записей без сильных региональных и телесеизмических событий. Отдельно формировались данные для изучения дневного и ночного шума. Дневным периодом считалось местное время от 7 до 19 часов, ночным – от 19 до 7 часов. Анализировались отдельно записи по каждой компоненте сейсмических станций. По набору медианных спектров оценивается спектр регистрирующих каналов и сравнивается с мировыми моделями сейсмического шума. Для расчета спектральной плотности сейсмического шума применялась методика, предоставленная сотрудниками Кольского филиала ГС РАН с применением программы PNP. Для изучения уровня сейсмического шума проведены следующие исследования применительно ко всем станциям: изучение спектральных моделей шума по станциям; изучение суточных вариаций шума (для дневного и ночного времени суток). Исследования спектральных моделей и суточных вариаций шума проведены для станций, указанных в таблице 1 и представленных на рисунке 2.

Определение оптимального соотношения сейсмического шума и полезного сигнала. Приводится пример исследования уровня сейсмического шума, выполненного для сейсмической станции «Тянь-Шань» (TNS). Станция расположена в Алматинской области, Карасайском районе, выше Большого Алматинского озера (БАО). Основные источники помех: - дорога, с очень малой проходимостью на расстоянии 1 км; - Большое Алматинское озеро находится в 3 км; - озеро Иссык-Куль на расстоянии 50 км.

На рисунке 4 приведены кривые СПМ для вертикальной и горизонтальных компонент станции TNS. Как видно из рисунка, кривые всех трех компонент характеризуются практически одинаковым уровнем. Незначительная разница в высокочастотном диапазоне 0.1-1 с, расхождение составляет 1-3 дБ. Кривая СПМ близка к линии модели низкого шума.

Изучение вариации шума для дневного и ночного времени (рисунок 5) суток показывает полную идентичность, что означает удаленность станции от источников антропогенного шума.



Рисунок 2 - Действующие станции на с. Саты и Дегерес

На рисунке 3 представлена схема расположения станций системы раннего предупреждения. Расстояние между пунктами от 10 до 20 км.

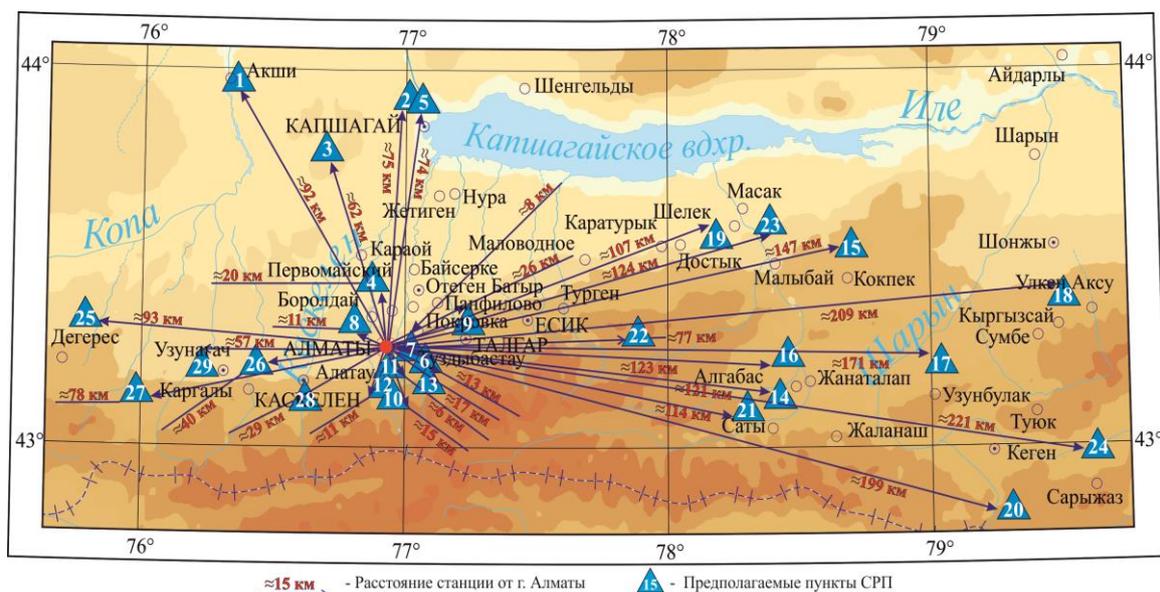


Рисунок 3 - Схема расположения станций

Спектральная плотность шума тяготеет к нижнеуровневой модели сейсмического шума и станцию TNS можно отнести к категории чувствительных станций. Оценка параметров сейсмического шума станции «Тянь-Шань» свидетельствует о ее хороших возможностях для мониторинга сейсмических событий различной природы.

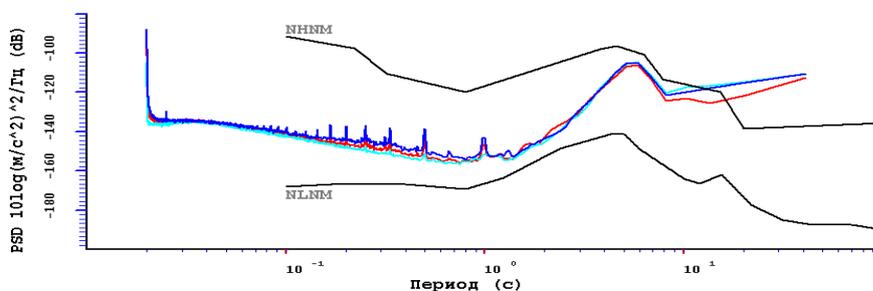


Рисунок 4 - Сравнение кривых СПМ, построенных для трех компонент (канал Z—красного цвета, канал E—синий, канал N—голубой).

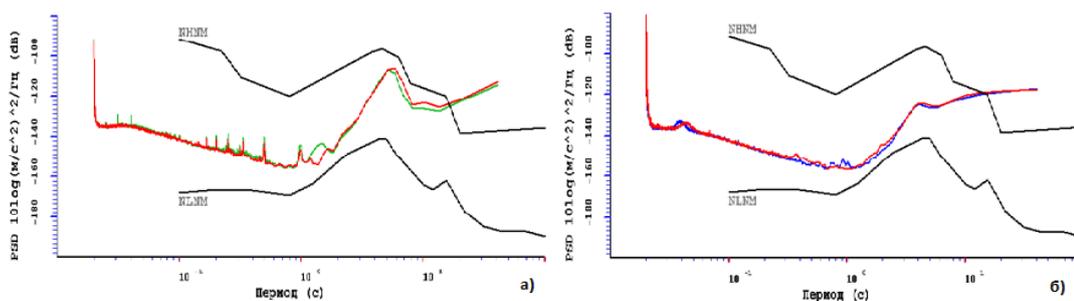


Рисунок 5 - Сравнение СПМ шума для дневного и ночного времен суток: а) Z компонента; б) N компонента.

Размещение на территории города Алматы современной цифровой системы раннего предупреждения о сильном землетрясении даст возможность принять экстренные превентивные меры и снизить ущерб от сильного или разрушительного землетрясения.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Тимуш А.В. Альпийские тектонические структуры и сейсмичность // Сейсмическое районирование Республики Казахстан. Алматы: Эверо, 2000. С. 129-133.
- 2 Чедия О.К. Морфоструктуры и новейший тектогенез Тянь-Шаня. Фрунзе: Илим, 1986. 314 с.
- 3 Тимуш А.В. Деформационные структуры земной коры и локализация землетрясений // Доклады АН РК. 1992. №5. С. 55-59.
- 4 Ержанов Ж. С., Калмурзаев К.Е., Нерсесов И.Л. Жаланаш-Тюпское землетрясение 25 марта 1978 года // Вестник АН КазССР, 1978. №10. С. 38-44.
- 5 Сейсмическое районирование Казахстана / Уразаев Б.М., Акишев Т.А., Нурмагамбетов А., Досымов А., Малинин Е.Г., Попов К.А., Розенблат М.М., Сыдыков А. Алма-Ата, 1979. 119 с.
- 6 Земная кора в сейсмоактивных районах Казахстана. Ержанов Ж.С., Курскеев А.К., Тимуш А.В., Чабдаров Н.М. Алма-Ата. 1982. 232 с.
- 7 Садыкова А.Б., Сыдыков А. Сейсмичность Казахстана и прилегающих территорий / В кн. «Геодинамика и сейсмичность литосферы Казахстана». Алматы. 2007. С. 225-236.
- 8 Садыкова А.Б. Сейсмическая опасность территории Казахстана. Алматы: Хай Текнолоджи. 2012. 267 с. ISBN: 978-601-06-2063-6.

**Нуржумаев Н. О.**

#### **АЛМАТЫ ҚАЛАСЫНДАҒЫ КҮШТІ ЖЕР СІЛКІНІСТЕРІ ТУРАЛЫ ЕРТЕ ХАБАРЛАУ ЖҮЙЕСІН ҚҰРУ ЖӨНІНДЕГІ ТӘЖІРИБЕНІ**

**Андатпа.** Мақалада Қазақстан Республикасының ең ірі қалаларының бірі – Алматы қаласының сейсмикалық қауіпсіздігін қамтамасыз етуге бағытталған күшті жер сілкінісі туралы ерте хабарлаудың автоматтандырылған жүйесін (ЕХАЖ) құру үшін негіз болып табылатын Алматы сейсмоқауіпті өңірінің аумағы үшін жүзеге асырылған зерттеулердің нәтижелері ұсынылған. Ерте хабарлау жүйесін құру қиратушы сейсмикалық толқынның Алматы қаласына жақындағаны туралы автоматты режимде алдын-ала хабар дабыл алуға мүмкіндік береді.

Сейсмикалық және сейсмикалық режимнің ерекшеліктерін зерттеу ЕХАЖ жүйесін әзірлеудегі негізгі элементтердің бірі болып табылады. Оларды зерттеудің нәтижелері барлық кезеңдерде пайдаланылады: жер сілкінісі ошақтарының пайда болу аймақтарындағы әртүрлі ең жоғары магнитудаларды бөлу кезінде; осы тармақ үшін таяу жылдардағы ең жоғары жер сілкінісін бағалау кезінде; жер бетіндегі сілкіністерді есептеу үшін және т. б. Жағдайларда пайдаланылады. Сондай-ақ зерттелу аймағының құрылымы, негізгі геологиялық құрылымдар, шоғырландырылған іргетастың тектоникалық құрылымы, аймақтың құрылымдық және белсенді ақаулары туралы мәліметтер қарастырылып келтірілген, бұл ЕХАЖ жобалау үшін қажет болып табылады.

**Түйін сөздер:** ерте ескерту жүйесі, жер сілкінісі, сейсмикалық, сейсмикалық режим

**Nurzhumaev N. O.**

**Generalization of the experience  
of creating an early warning system for strong earthquakes in Almaty**

**Abstract.** The results of studies for the territory of the Almaty seismically hazardous region are presented, which are the basis for the creation of an automated early warning system (AEEW) about a strong earthquake aimed at ensuring the seismic safety of one of the largest cities in the Republic of Kazakhstan - Almaty. Spectral noise models were built for stations and daily noise variations (for daytime and nighttime). Recommendations are given on the type of seismic equipment to equip the planned network of AEEW stations..

**Keywords:** automated earthquake early warning system, territory of Almaty

УДК 550.348(574)

**Турашова Ж.Е., Сартаев Д.Т., Әділхан Б.Н.**  
ТОО «Институт сейсмологии МЧС РК»

## **АНАЛИЗ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИЙ ПО УРОВНЮ СОХРАННОСТИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ОСВОЕНИЯ (на примере города Алматы)**

**Аннотация.** Проводились работы по разработке характеристики геологического строения, тектонических, геоморфологических, гидрогеологических, геодинамических условий, состава и физико-механических свойств грунтов применительно к различным типам фундаментов, включая техногенные насыпные и намывные грунты, для выявления оценочных критериев и их граничных условий для заданных видов строительства.

**Ключевые слова:** инженерно-геологические изыскания, выработка, скважины, свойства грунтов, просадочность.

В 2014-2016 годах проводились комплексные исследования по сбору инженерно-сейсмической основы для составления карты сейсмического микрозонирования территории г. Алматы согласно Договору № 24-14 от 14.04.2014г. ТОО КазГИИЗ и ТОО «Институт сейсмологии». Проводились инженерно-геологические и инструментальные геофизические работы выполненных ТОО «КазГИИЗ» в результате чего была получена инженерно-сейсмическая основа изучаемой территории для составления карты сейсмического микрозонирования [1, с.4]. Инженерно-геологические изыскания включали полевые, лабораторные и камеральные работы с целью сбора и систематизации материалов инженерно-геологических изысканий прошлых лет с изучением геолого-литологического строения буровыми работами для определения физико-механических свойств грунтов. В результате работ по составлению инженерно-геологической основы были составлены карты фактического материалов масштаба 1:25 000

Для составления карты в основном были использованы работы прошлых лет, дополненные выработками исследованными в 2014 году по данному заказу. Карта состоит из паспортов с описанием всех вынесенных на неё выработок и

полным комплексом лабораторных испытаний грунтов и подробной пояснительной таблицей [1, с.6].

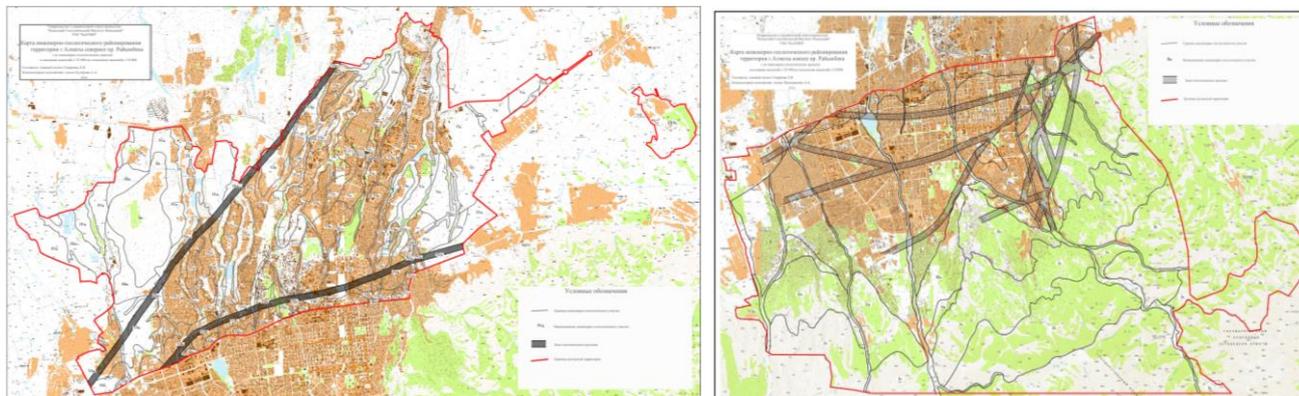


Рисунок 1 - Карта инженерно-геологического районирования территории г.Алматы в кондиции масштаба 1:25 000 [2, Г.п №1; 4, Г.п №1]

Инструментальные геофизические исследования выполнялись для изучения скоростных характеристик грунтов до 10 метров и 30 м.

По результатам полученных данных были составлены Карта скоростей распространения поперечных волн в 10-ти метровой толще грунтов и Карта скоростей распространения поперечных волн в 30-ти метровой толще грунтов в масштабе 1:25 000 [1, с.5].

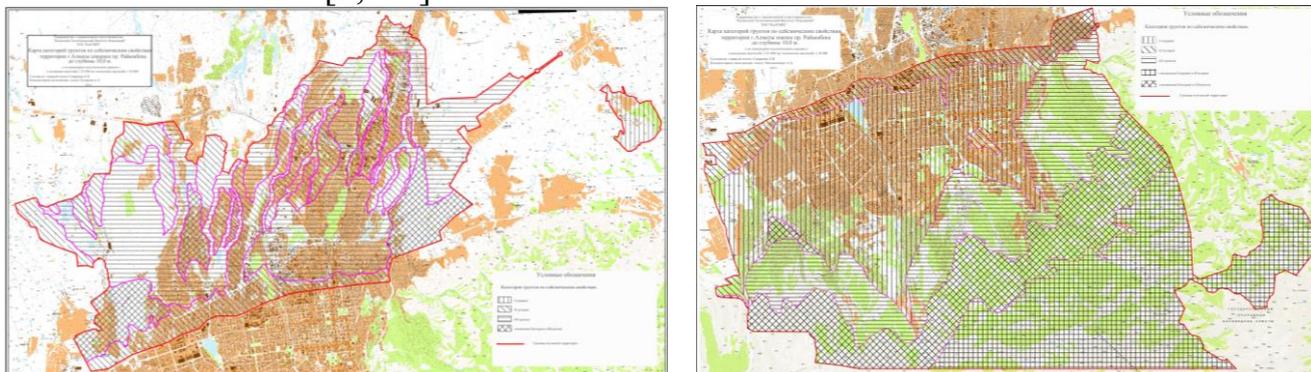


Рисунок 2 - Карта категории грунтов по сейсмическим свойствам территории г.Алматы до глубины 10 м [2, Г.п №2; 4, Г.п №2]

В процессе полевых работ пробурено 68 скважин. Бурение осуществлялось ударно-канатным способом, диаметром 168 мм, глубиной по 20,0-30,0м с общим объемом буровых работ 1847 п.м [1, с.6].

Из скважин для изучения физико-механических свойств глинистых грунтов были отобраны образцы ненарушенной структуры (монолитов) и образцы грунтов нарушенной структуры для определения гранулометрического состава.

Всего собрано 2089 анализов физико-механических свойств глинистых грунтов. В точках, где мощность суглинков превышает 4-5 м, определен тип грунтовых условий по просадочности. Толща суглинков была разбита на слои.

Для каждого слоя определены просадочные свойства суглинков при бытовом давлении и рассчитана суммарная величина просадки [1, с.12].

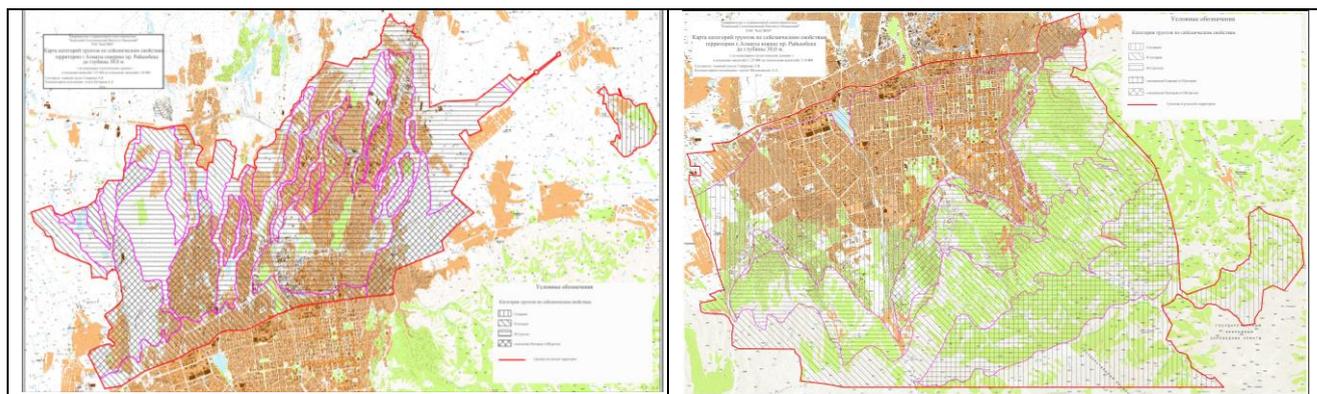


Рисунок 3 - Карта категории грунтов по сейсмическим свойствам территории г.Алматы до глубины 30 [2, Г.п №3; 4, Г.п №3]

Определение типа грунтовых условий по просадочности выполнено на графиках. Всего по результатам лабораторных испытаний глинистых грунтов из материалов инженерно-геологических изысканий прошлых лет построено 41 график.

При выделении участков приняты следующие интервалы глубин залегания уровня грунтовых вод: участок I – уровень грунтовых вод (УГВ) залегает на глубинах более 10,0 м; участок 2 – УГВ залегает в интервале глубин 5,0-10,0 м; участок 3 – УГВ залегает на глубинах 3,0-5,0 м; участок 4 – УГВ залегает на глубинах 2,0-3,0 м; участок 5 – УГВ залегает на глубинах 0,0-2,0 м [1, с.26].

Районы обозначаются римской цифрой, подрайоны – строчной буквой после индекса района, участки – арабской цифрой, расположенной справа и ниже индекса подрайона.

Оценка сейсмических свойств грунтов проведена путем определения категорий грунтов по сейсмическим свойствам согласно СНиП РК 2.03-30-2006, табл. 4.1. по инженерно-геологическим данным [6, с.44].

Категория грунтов определялась для отдельных выработок на основе данных о строении разреза в интервале глубин до 10,0 м и глубин до 30,0 м с учетом значений основных физических характеристик грунтов. Учитывались следующие характеристики грунтов: для суглинков, супесей – показатель консистенции и коэффициент пористости; для песков – номенклатурный вид, плотность, влажность или насыщенность водой; для крупнообломочных – петрографический состав обломочного заполнителя, плотность и влажность. При этом использовались значения характеристик, полученные непосредственно в той выработке, для которой определялась категория грунта.

В пределах территории исследования выделено четыре типа территорий с преобладанием следующих категорий грунтов по сейсмическим свойствам:

I (первая); II (вторая); III (третья) и территории распространения смешанной категории грунтов I(первая) и II (вторая), II (вторая) и III (третья).

Учитывая сравнительно мелкий масштаб Карты (1:25 000) до глубин 10 м и некондиционность Карты до глубин 30 м при строительстве значение категории грунтов по сейсмическим свойствам подлежит уточнению по материалам детальным работ, выполненным на каждой конкретной площадке строительства.

Без производства работ принимается худшее значение категории по сейсмическим свойствам.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ОТЧЕТ по теме: « Комплексные изыскания по подготовке инженерно-сейсмической основы для составления Карты сейсмического микрозонирования территории г.Алматы севернее пр. Райымбека» Том I – Текст, Алматы, 2014.

2. ОТЧЕТ по теме: « Комплексные изыскания по подготовке инженерно-сейсмической основы для составления Карты сейсмического микрозонирования территории г.Алматы севернее пр. Райымбека» Том III – Графические приложения, Алматы, 2014.

3. ОТЧЕТ по теме: « Комплексные изыскания по подготовке инженерно-сейсмической основы для составления Карты сейсмического микрозонирования территории г.Алматы от пр. Райымбека до Государственного Национального природного парка «Иле-Алатауы» (ГНПП «Иле-Алатауы») Том I – Текст, Алматы, 2015.

4. ОТЧЕТ по теме: « Комплексные изыскания по подготовке инженерно-сейсмической основы для составления Карты сейсмического микрозонирования территории г.Алматы от пр. Райымбека до Государственного Национального природного парка «Иле-Алатауы» (ГНПП «Иле-Алатауы») Том III – Графические приложения, Алматы, 2015.

5. Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрозонирование. Общие положения. Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства регионального развития Республики Казахстан. Астана, 2013.

6. СНиП РК 2.03-30-2006, Алматы, 2006.

**Турашова Ж.Е., Сартаев Д.Т., Әділхан Б.Н.**

#### **АУМАҚТАРДЫҢ ИНЖЕНЕРЛІК-ГЕОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЛАРЫН ҚҰРЫЛЫСТЫ ИГЕРУ ҮШІН САҚТАЛУ ДЕҢГЕЙІ БОЙЫНША ТАЛДАУ (Алматы қаласы мысалында)**

**Аңдатпа.** Топырақтың геологиялық құрылымының сипаттамаларын, тектоникалық, геоморфологиялық, гидрогеологиялық, геодинамикалық шарттар, іргетастардың әртүрлі түрлеріне, соның ішінде, техногендік көлемді және аллювиалды топырақтарға қатысты құрамы мен физикалық-механикалық қасиеттерін әзірлеу, бағалау критерийлері мен оларды анықтау, берілген құрылыс түрлері үшін шекаралық шарттар бойынша жұмыстар жүргізілді.

**Түйін сөздер:** инженерлік-геологиялық зерттеулер, игеру, құдықтар, топырақ қасиеттері, шөгінді.

**Turashova Zh.E. , Sartayev D. T., Adilkhan B. N.**

#### **ANALYSIS OF ENGINEERING AND GEOLOGICAL CONDITIONS OF TERRITORIES BY THE LEVEL OF PRESERVATION FOR CONSTRUCTION DEVELOPMENT (on the example of the city of Almaty)**

**Abstract.** Work was carried out to develop characteristics of the geological structure, tectonic, geomorphological, hydrogeological, geodynamic conditions, composition and physical and mechanical properties of soils in relation to various types of foundations, including technogenic bulk and alluvial soils, to identify evaluation criteria and their boundary conditions for given types of construction.

**Keywords:** engineering and geological surveys, development, wells, soil properties, subsidence.

УДК 550.348(574)

Әділхан Б.Н., Сартаев Д.Т., Турашова Ж.Е.  
ТОО «Институт сейсмологии» МЧС РК

## АВТОЗАПРАВОЧНЫЕ СТАНЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ Г. АЛМАТЫ КАК ОЧАГИ ВТОРИЧНЫХ СЕЙСМОБУСЛОВЛЕННЫХ ФАКТОРОВ

**Аннотация.** Автозаправочные станции в городской среде известны как одна из существующих и потенциальных опасностей, которые в соответствии с их централизованной пожарной нагрузкой могут иметь большое значение для безопасности. Город Алматы располагает более 200-ми действующими заправочными станциями, что сопряжено с взрывоопасностью и возможностью аварий. Показано, что на территории города 40 из 200 автозаправочных станций находятся на тектонических разломах. В результате возможного девятибалльного землетрясения с эпицентром в районе города, в случае выдавливания емкостей с бензином на поверхность, из-за их прорывов и утечек бензина могут возникнуть десятки очагов сильных пожаров.

**Ключевые слова:** Оценка рисков, пожар, заправочная станция, городская среда, землетрясение.

В самом общем понимании, сейсмическая опасность – это угроза разрушения зданий, повреждения имущества, а также нанесения вреда жизни и здоровью людей. Очевидно, что вопросы, касающиеся раннего предупреждения возникновения стихии, методов и механизмов предотвращения или минимизации разрушений, являются одними из наиболее актуальных при строительстве объектов в сейсмоопасных районах. Алматы является самым крупным городом в Казахстане, где сосредоточены промышленные и гражданские объекты. Пугает высокая плотность застройки в Алматы, а в последние годы не выполняется требование “желтой” линии: расстояние между домами должно быть таким: высота здания плюс одна пятая часть здания. Еще один из множества нерешенных вопросов - как быть с автомобильными пробками на дорогах и скоплением машин на подъездных путях к зданиям. Практика показывает: при ликвидации пожаров в высотных зданиях у пожарных больше времени уходит на то, чтобы подобраться к очагу пожара. А

если произойдет землетрясение, то подъехать к разрушенным зданиям будет вообще невозможно.

На Северном Тянь-Шане одно из крупнейших землетрясений произошло в 1911 году (Кеминское,  $M=8.2$ ). В Алматы (бывший г. Верный) было разрушено более 600 домов, а также 3 тысячи коммерческих помещений, складов и других нежилых зданий, а 300 домов получили повреждения фундаментов, печей и штукатурки. Толчки также вызвали ряд оползней, которые стали причиной смерти многих людей. Погибло 452 человека, а еще 740 человек получили ранения.



Рисунок 1 – Разрывы в земной коре на территории г. Алматы (бывший г. Верный) при Кеминском землетрясении 1911г

В соответствии с действующей картой сейсмического районирования Казахстана, город Алматы расположен в 9-ти бальной зоне. Территорию города пересекают 5 тектонических разломов (рисунок 2). Наибольшую сейсмическую опасность для города представляет Заилийский разлом (диагональный), проходящий вдоль ул. Аль-Фараби, через антенное поле, пл. Республики, пересечение ул. Абая и Кунаева, по ул. Казыбек—Би, через Парк культуры на восток. Разлом в широтном направлении проходит по ул. Джандосова, Тимирязева, Сатпаева, Фурманова—на северо-восток. Северный разлом проходит с запада через оз. Сайран (плотина), вдоль ул. Виноградова, Кабанбай-Батыра на гр. города, по ул. Казыбек—Би к Парку культуры и отдыха на восток. Алматинский разлом проходит с запада, через пересечение ул. Саина и пр. Райымбека, вдоль ул. Рыскулова до ул. Сейфуллина, затем севернее 700—800 м по ул. Райымбека, далее через территорию на севере Медеуского района, который делит город на 2 части. Северо-Западный разлом проходит вдоль западной границы города через поселки Кок-Кайнар, Ожет, Карасу и далее на северо-восток.

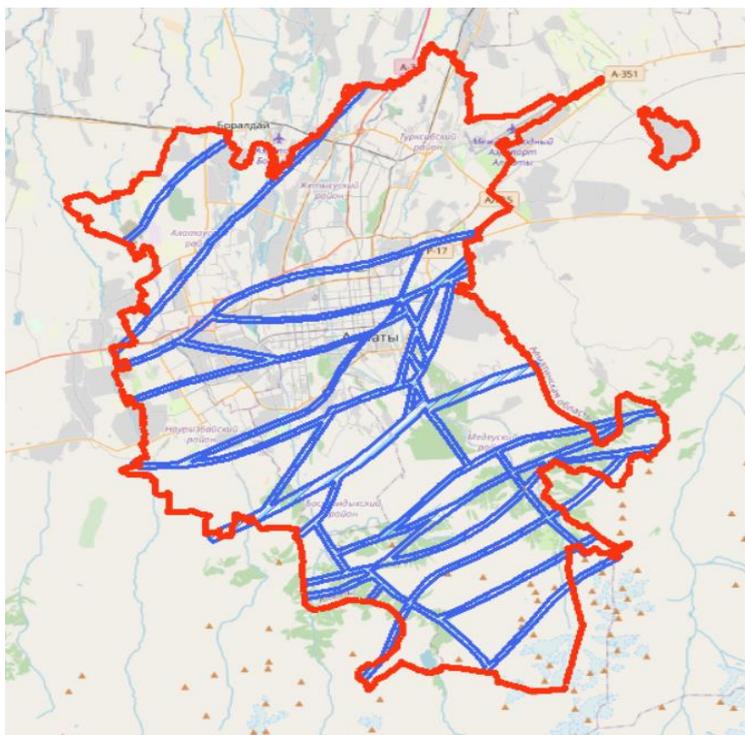


Рисунок 2 – Карта разломов на территории г. Алматы

Для установления потенциально возможных очагов пожаров и взрывов на территории города как вторичных сейсмообусловленных факторов антропогенного характера, были установлены местонахождение и название около 350 автозаправочных станций на территории г. Алматы (рисунок 3). Рассматриваемая проблема в условиях существующей застройки города Алматы и строительства автозаправочных станций на улицах в непосредственной близости от жилых и общественных зданий является острейшим вопросом, которых не раз поднимали в прессе.

При сильном землетрясении, в случае выдавливания емкостей с бензином на поверхность, их прорывов и утечек бензина на территории города, если учесть, что на каждой автозаправочной станции сосредоточено до 50-60 тонн горюче-смазочных материалов, могут возникнуть десятки очагов сильных пожаров. Сколько будет выброшено в атмосферу города угарного газа от многочисленных пожаров никто никогда не считал, но считается, что количество жертв и материальный ущерб может увеличиться вдвое. При этом, считают специалисты, будут уничтожены более 40 промышленных предприятий, множество детских садов, школ, других учебных заведений и общественных зданий. Следует также отметить, что строительство ряда автозаправочных станций произведено на тектонических разломах (более 40 автозаправочных станций) или в непосредственной близости к ним, которые является дополнительным осложняющим фактором. Острота рассматриваемой проблемы углубляется еще и тем, что строительство автозаправочных станций и ряда жилых массивов осуществлена с нарушением строительных норм – близкое расположение автозаправочных станций к жилым домам и общественным зданиям, не соблюдение так называемой «красной линии», узкие улицы. В случае пожаров и взрывов автозаправочных станций

распространение пожаров будет происходить по асфальтным улицам, естественный уклон и практическая ровная поверхность которых, а также сосредоточение автомобилей на несанкционированных автостоянках вдоль улиц, многократно увеличат зону распространения пожаров, что значительно затруднит работу спасателей и бригад скорой помощи по ликвидации последствий землетрясения.

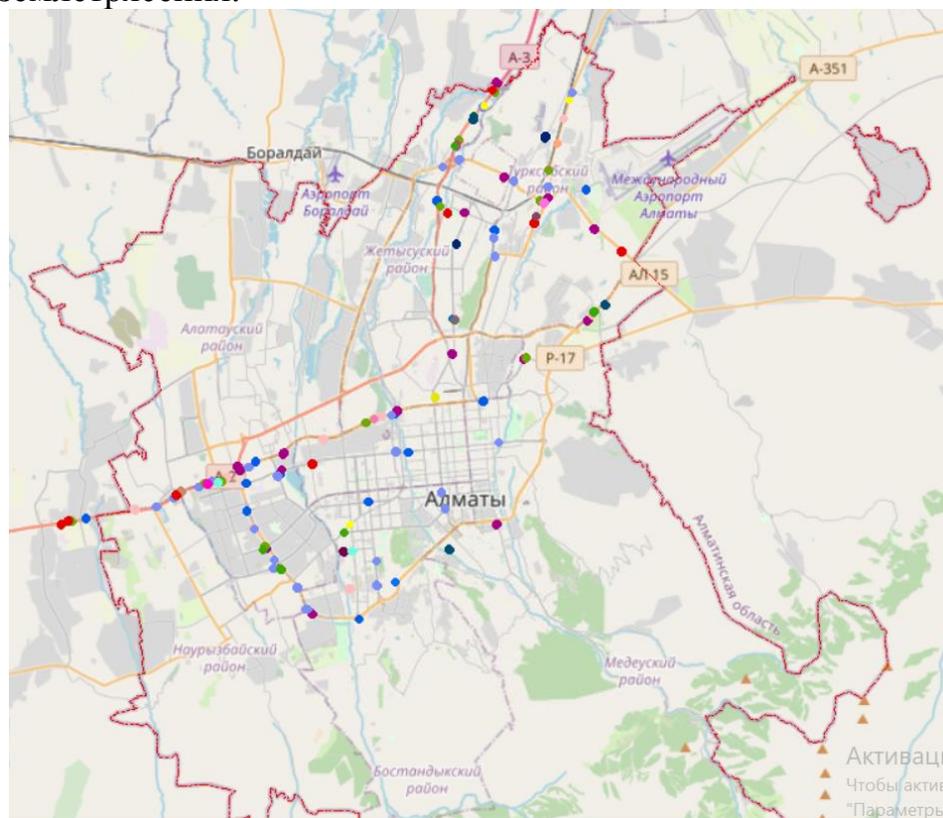


Рисунок 3 - Карта автозаправочных станции города Алматы

Таким образом, в результате возникновения разрушительного землетрясения, в г. Алматы может сложиться следующая обстановка:

- образование пожаров и очагов возгорания.
- источниками пожаров и взрывов явится утечка газа, разлив нефтепродуктов в районах размещения автозаправочных станции (АЗС);
- возникновение масштабных очагов возгорания на нефтебазах с разливом горюче – смазочных материалов.

При возгораниях только на каждой третьей заправке на участках города размером 2х2 км возникнет более 70 крупных пожаров на АЗС, не считая других источников возгорания. Это наиболее тяжкий вариант развития событий, но нельзя же сказать, что он не может произойти и тем более сбрасывать его со счетов.

Исходя из вышесказанного, в целях обеспечения допустимого уровня безопасности на АГЗС необходима разработка комплекса требований сейсмобезопасности с учетом специфики эксплуатации различных типов АГЗС (АГНКС, АГЗС, МТАЗС), а так же внесения изменений в нормативно-правовую базу.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Узбеков А.Н., Полешко Н.Н. Изменение в сеймотектонической обстановке в районе площади исследовательского атомного реактора ВВР-К ИЯФ по результатам изучения механизмов очагов последних лет. Вестник НЯЦ РК выпуск 4, декабрь 2016.
2. A.V. Sadykova, A. Sydykov, G.G. Stiharnaya, A.M. Danabayeva, Probabilistic assesment of the initial seismicity of Almaty city due to microzoning of its territory. News of the national academy of the Republic of Kazakhstan series of geology and tehncial sciences number 425(2017), 79-92.
3. Халиков Д.К. - Уроки землетрясения в Японии и сейсмическая безопасность города Алматы, Вестник Кокшетауского технического института МЧС Республики Казахстан № 2, 2011.
4. Belinda Ulfa Aulia, Widya Utama, Putu Gde Ariastita, Location Analysis for Petrol Filling Station Based on Stakeholders' Preference and Seismic Microzonation [Procedia - Social and Behavioral Sciences](#) 14 July 2016, Pages 115-123.
5. Курскеев, А.К. Общее сейсмическое районирование территории Казахстана / А.К. Курскеев, А.В. Тимуш, А.С. Сыдыков, В.И. Шацлов // Карта ОСР территории Казахстана. Объяснительная записка. – Алма-Ата, 2003. – С. 84.
6. Полешко Н.Н., Досайбекова С. Сеймотектоническая обстановка по данным механизмов очагов землетрясений Джунгаро-Северо-Тянь-Шаньского региона Казахстана // Вестник АО «КазНИИСА» Наука –2016. –№4(9). –25–33.
7. Полешко, Н. Н. Механизмы очагов землетрясений и сеймотектоническая деформация земной коры Северного Тянь-Шаня и Жонгарии: дис...канд. г.м. наук: 25.00.10: защищена 24.04.2009: утв. 07.10.2009 / Н.Н. Полешко // Алматы, 2009.– С. 135.
8. Абдуллаев А.У., Есенжигитова Е.Ж., Жунисбеков Т.С., Мухамадиев А.О., Борисов В.Н., Турабаева Ж.Т. Проявление гидрогеохимических аномалий слабых землетрясений в Алматинском сейсмоактивном районе. 2022г.. Труды Международной научно-практической конференции, посвященной к 115-летию член-корр. АН КазССР А.Ж. Машанова и 100-летию Академика АН КазССР Ж.С. Ержанова. 567-573.
9. Турашова Ж.Е., Сартаев Д.Т., Әділхан Б.Н. Анализ инженерногеологических условий территорий по уровню сохранности для строительного освоения (на примере города Алматы). Труды Международной научно-практической конференции, посвященной к 115-летию член-корр. АН КазССР А.Ж. Машанова и 100-летию Академика АН КазССР Ж.С. Ержанова. 573-585.

Әділхан Б.Н., Сартаев Д.Т., Турашова Ж.Е.

### АЛМАТЫ ҚАЛАСЫНЫҢ АУМАҒЫНДАҒЫ АВТОЖАНАРМАЙ ҚҰЮ СТАНЦИЯЛАРЫ ҚАЙТАЛАМА СЕЙСМИКАЛЫ ШАРТТЫ ФАКТОРЛАРДЫҢ ОШАҚТАРЫ РЕТІНДЕ

**Андатпа:** Қалалық ортадағы жанармай құю станциялары қолданыстағы және ықтимал қауіптердің бірі ретінде белгілі, олардың орталықтандырылған өрт жүктемесіне сәйкес қауіпсіздік үшін үлкен маңызға ие болуы мүмкін. Алматы қаласында жұмыс істеп тұрған 200-ден астам жанармай құю станциялары бар, бұл жарылыс қаупі мен авариялар мүмкіндігімен байланысты. Қала аумағында 200 автожанармай құю станциясының 40-ы тектоникалық жарылымдарда екендігі көрсетілген. Қала ауданында эпицентрі бар тоғыз балдық жер сілкінісінің нәтижесінде, бензині бар сыйымдылықтар жер бетіне Сығылған жағдайда, олардың жарылуы мен бензиннің ағып кетуіне байланысты ондаған қатты өрт ошақтары пайда болуы мүмкін.

**Түйін сөздер:** Тәуекелдерді бағалау, өрт, жанармай құю станциясы, Қалалық орта, жер сілкінісі.

## GAS STATIONS ON THE TERRITORY OF ALMATY AS CENTERS OF SECONDARY SEISMIC -RELATED FACTORS

**Abstract.** Gas stations in an urban environment are known as one of the existing and potential hazards that, according to their centralized fire load, can be of great importance for safety. The city of Almaty has more than 200 operating gas stations, which is associated with explosion hazard and the possibility of accidents. It is shown that 40 out of 200 gas stations in the city are located on tectonic faults. As a result of a possible nine-point earthquake with an epicenter near the city, in the case of squeezing gasoline tanks to the surface, dozens of hotbeds of severe fires may occur due to their breakthroughs and gasoline leaks.

**Keywords:** Risk assessment, fire, gas station, urban environment, earthquake.

Калинин В.М.,<sup>1</sup> Белослюдцев О.М.<sup>2</sup>

## ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ – КРАТКОСРОЧНЫЕ ПРЕДВЕСТНИКИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА АЛМАТИНСКОМ ПРОГНОСТИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ

**Аннотация.** Приведены основные сведения о методике гидрогеодинамических и гидрогеохимических исследований на Алматинском прогностическом полигоне, показаны методы анализа временных рядов гидрогеологических данных режимных наблюдений для выделения краткосрочных предвестников землетрясений. Получен ряд примеров надежных краткосрочных предвестников.

**Ключевые слова.** Землетрясения, мониторинг, прогноз, внешние факторы, параметры подземных вод, аномалии.

### Введение

Подземные воды являются своеобразными поверхностными индикаторами, отражающими особенности геологического развития неотектонической активизации отдельных регионов. Процессы подготовки землетрясений находят своё отражение в гидрогеологическом режиме подземных вод. В мировой практике гидрогеологические методы признаны одними из наиболее эффективных при разработке методов краткосрочного прогноза сильных землетрясений. Изучению режима подземных вод в сейсмоопасных регионах уделяется значительное внимание во многих странах – Россия, Китай, Япония, США, Италия, Узбекистан, Киргизия и др. Гидрогеологические методы прогноза землетрясений основаны на выделении аномалий в динамическом и температурном режиме, а также в вариациях химического состава подземных вод и спонтанных газов в период предшествующий землетрясениям. Сейсмологическая опытно-методическая

<sup>1</sup>Ведущий гидрогеолог. ТОО «СОМЭ МЧС РК», Алматы, Казахстан

<sup>2</sup> Главный научный сотрудник. Кандидат ф-м.н. Институт сейсмологии МЧС РК, Алматы, Казахстан

экспедиция проводит гидрогеологические наблюдения с целью поиска предвестников сильных землетрясений на Алматинском прогностическом полигоне более 40 лет. Объектом исследования являются подземные воды. По пространственному расположению они подразделяются на два типа: трещинные, трещинно-поровые воды палеозойского фундамента и пластовые воды мезо-кайназойских отложений. По генетическому признаку подразделяются на азотные термы кристаллических массивов тектонических трещин, азотные термы пластового типа мезо-кайназойских отложений и холодные воды тектонических трещин зоны континентального засоления. В настоящее время на 12 пунктах проводятся наблюдения за гидрогеодинамическим режимом подземных вод, изменениями их химического и газового состава, а также влияющими атмосферными параметрами. (Рис 1).



Рис. 1 – Схема расположения гидрогеохимических станций на Алматинском прогностическом полигоне

**Методика исследований.** Круглогодичные ежесуточные наблюдения проводятся на гидрогеологических станциях, расположенных непосредственно на водопунктах. Анализ проб спонтанного газа, отбираемых на этих станциях, выполняется в химико-аналитической лаборатории экспедиции. Наблюдения проводятся за следующими параметрами: Q(дебит), Н(уровень), Н<sub>р</sub>(индикатор расхода), Р скв. (давление в скважине), Т° С воды, Т° С возд. (температура воздуха в лабораторном помещении, в надкаптажном помещении и атмосферного воздуха), Р атм. (атмосферное давление), газовый фактор, рН, Eh, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>, OH<sup>-</sup>, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Cl<sup>-</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, F<sup>-</sup>, H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>, He раст., He спонт., CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, Rn. Набор наблюдаемых параметров на некоторых станциях отличается в зависимости от типа вод, условий наблюдения и технической оснащённости станций. Столь большой набор наблюдаемых параметров вызван недостаточностью информативности результатов наблюдений по одному параметру, исходя из предположения, что в этом случае характеристика геохимического и гидрогеологического состояния среды в области формирования очага землетрясения будет более полной [1-3]. Основные принципы проведения гидрогеологических наблюдений приняты при

организации полигона остались неизменными. Благодаря этому получены многолетние временные ряды вариаций параметров. К наблюдениям проводимым с целью поиска предвестниковых эффектов землетрясений предъявляется ряд специфических требований. Во-первых, это достаточная чувствительность и точность измерений. Что определяется техническими характеристиками применяемой аппаратуры и методиками измерений. Во-вторых, достоверность получаемой информации, что проверяется проведением различного вида контроля.

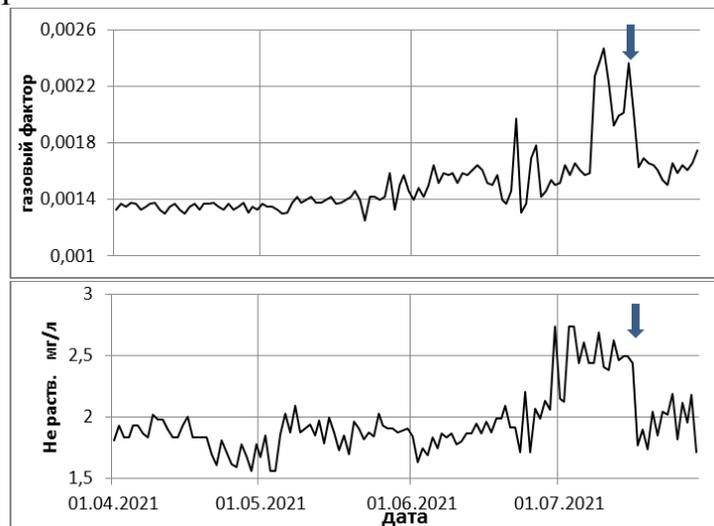
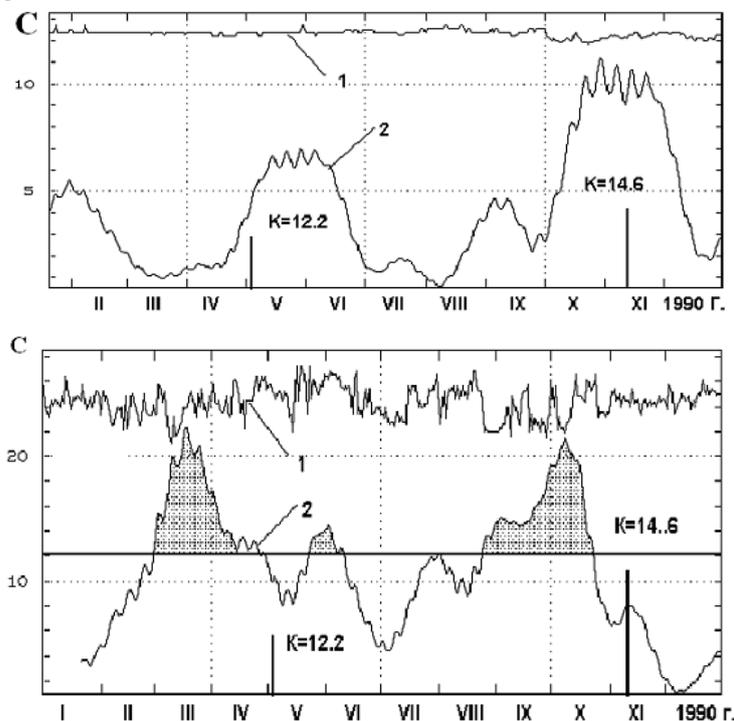


Рис. 2 – Графики вариаций параметров наблюдаемых на станции Тау-Тургень перед землетрясением 15.07.2021,  $K=11$



1 – наблюдаемые значения; 2 – аномальная компонента

Рис. 3 – Примеры выделения предвестниковых сигналов в вариациях содержания  $Cl$ -иона (а) и  $H_4SiO_4$  (б) на станции Тау-Тургень перед Байсорунским землетрясением с  $K=14.6$  12.11.1990 г.

В третьих, высокая дискретность и непрерывность наблюдений, что определяется в первую очередь автоматизацией, а также техническими возможностями проведения измерений. В четвёртых, оперативность обработки и передачи получаемой информации, это также связано с процессом автоматизации наблюдений и техническими возможностями используемых средств связи. За время существования режимной сети совершенствовались аппаратное оснащение, методика наблюдений и система связи. Методика поисков предвестников землетрясений основана на выделении сигналов, обусловленных физическими процессами в зонах подготовки землетрясений при изменении напряженно-деформированного состояния геологической среды, влияющего на термодинамические параметры гидрогеологических систем. Задача обнаружения предвестника в гидрогеологических полях представляется как задача выделения полезного сигнала на фоне помех. Как пример амплитудной аномалии приводится график изменений наблюдаемых параметров на станции Тау-Тургень перед землетрясением произошедшим 15.07.2021 года в 15 км. от станции с магнитудой 4.0. (Рис. 2).

Однако, часто выделение аномалий-предвестников при визуальной интерпретации наблюденных параметров, вносит элемент субъективизма в результаты, которые могут быть интерпретированы разными специалистами неоднозначно. Сами наблюдаемые параметры имеют значительные по величине периодические вариации различных периодов - от многолетних до периодов, исчисляемых первыми часами. Некоторые из этих вариаций, могут быть приняты за прогностические аномалии. И наоборот, слабые предвестниковые аномалии могут быть заглушены сильными сезонными вариациями или долговременным трендом[4]. Анализ и истолкование материалов многолетних наблюдений на стационарных пунктах сводится к анализу частотного состава регистрируемого временного ряда и исследованию пространственно-временных особенностей и информативности каждой из выделенных гармоник для целей прогноза землетрясений. Временные ряды данных режимных гидрогеологических данных не являются стационарными. То есть, среднее и дисперсия исходных данных не могут быть приняты как опорные при выделении прогностических аномалий, вследствие своей случайной неустойчивости. После приведения исходных рядов к стационарному виду (удаление трендов, выбросов, ступеней и масштабирование), было обнаружено наличие в спектрах данных вариаций с периодами характерными для большинства геофизических процессов – гармоники с периодами около 28 и 14 суток. Это позволило применить к ним методику анализа временного хода именно этих колебаний. Влияние постоянно действующей короткопериодной компоненты учитывается путём составления уравнений линейной регрессии в скользящем окне. В связи с тем, что на некоторых временных интервалах в режиме подземных вод наблюдается влияние деформационных процессов, коэффициенты регрессионного уравнения изменяются. Используя уравнение регрессии, составленное для временных рядов, содержащих 28- и 14-суточные гармоники, полученные при полосовой фильтрации, удаётся выделить

аномалии в этих временных рядах перед землетрясениями средней силы (Рис/3). Для этого рассчитываются среднее и дисперсия для временных участков сейсмически спокойных периодов, и определяется доверительный интервал «среднее+2 $\sigma$ ». Выход значений за пределы этого интервала считается аномалией с вероятностью 0.9 [5].

Таким образом, использование данных режимных гидрогеологических наблюдений совместно другими методами изучения естественных полей Земли позволяет более эффективно контролировать состояние сейсмической активности на Алматинском прогностическом полигоне.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Киссин И.Г. Флюиды в земной коре: Геофизические и тектонические аспекты. – 2-е изд., испр. и доп./ И.Г. Киссин; (отв.ред. Ю.Г. Леонов); Инст. физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. – М.: Наука, 2015. – 328 с.
2. Вартанян Г.С. Гидрогеологические методы исследований тектонических напряжений. Сов. геология. 1991, №9.
3. Барсуков В.Л., Варшал Г.М., Гаранин А.В., Замокина Н.С. (1985) Значение гидрогеохимических методов для краткосрочного прогноза землетрясений // Сб. Гидрогеохимические предвестники землетрясений М. «Наука». 182 с.
4. Барсуков В.Л., Беляев А.А., Бакалдин Ю.А., Игумнов В.А., Ибрагимова Т.Л., Серебренников В.С., Султанходжаев А.Н. Геохимические методы прогноза землетрясений // Москва. «Наука». 1992.
5. Калинин В.М., Белослюдцев О.М. (2003) Учёт влияния режимобразующих факторов при поиске гидрогеодинамических предвестников на Алматинском прогностическом полигоне Сб. Проблемы предотвращения последствий разрушительных землетрясений // Алматы «Эверо». 2001. 212 с..

Калинин В.М., Белослюдцев О.М.

#### АЛМАТЫ ҚАЛАСЫ БОЛЖАМДЫҚ ПОЛИГОНЫНДАҒЫ ЖЕР СІЛКІНІСТЕРІ КЕЗІНДЕГІ ҚЫСҚА МЕРЗІМДІ ГИДРОГЕОЛОГИЯЛЫҚ АНОМАЛИЯЛАР

**Аннотация.** Алматы болжамдық полигонындағы гидрогеодинамикалық және гидрогеохимиялық зерттеулер әдістері туралы негізгі мәліметтер, жоғарыда аталған бақылау барысында жүргізілген гидрогеологиялық талдаулардың уақыт қатарларын анықтау әдістері. Перспективті қысқа мерзімді прекурсорлардың бірқатар мысалдары алынды.

**Түйін сөздер.** Жер сілкінісі, мониторинг, болжам, сыртқы факторлар, жер асты суларының параметрлері, ауытқулар.

Kalinin V.M., Beloslyudtsev O.M.

#### SHORT-TERM HYDROGEOLOGICAL ANOMALIES OF EARTHQUAKES AT THE ALMATY PROGNOSTIC POLYGON

**Abstract.** The basic information about the methodology of hydrogeodynamic and hydrogeochemical studies at the Almaty prognostic poligone is given, methods for analyzing the time series of hydrogeological data of regime observations for identifying short-term earthquake precursors are shown. A number of examples of reliable short-term precursors have been obtained.

**Keywords.** Earthquakes, monitoring, forecast, external factors, groundwater parameters, anomalies.

**Мухамадеева В.А.**

Научный сотрудник

**Имашев С.А.**

Кандидат физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник

**Рыбин А.К.**

Доктор физ.-мат. наук, Директор

Научная станция Российской академии наук, г. Бишкек

## **О ВАРИАЦИЯХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И МАГНИТНОГО ПОЛЕЙ В ПЕРИОД АКТИВИЗАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ПРИМЕРЕ СЕРИИ КЕГЕТИНСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ**

**Аннотация.** В статье рассматриваются некоторые результаты электромагнитного мониторинга и геомагнитных наблюдений в период активизации сейсмических процессов в пределах Бишкекского геодинамического полигона (Северный Тянь-Шань). Приводится краткая характеристика сейсмической обстановки на исследуемой территории, анализируется связь вариаций параметров геофизических полей с произошедшими землетрясениями.

**Ключевые слова:** электромагнитное зондирование, геомагнитные наблюдения, землетрясение, кажущееся удельное электрическое сопротивление, модуль полного вектора магнитного поля, аномалия, вариация, эпицентр, гипоцентр.

Электромагнитное поле имеет высокую чувствительность к процессам изменения напряженно-деформированного состояния геосреды, связанным, в том числе, с землетрясениями. По опыту многолетних наблюдений Научной станции РАН в г. Бишкеке, вариациями электромагнитного поля могут сопровождаться этапы подготовки землетрясений, момент самого землетрясения и постсейсмические процессы. В течение многолетнего электромагнитного мониторинга, проводимого с 1987 года на Бишкекском геодинамическом полигоне (БГП) методом зондирования становлением поля в дальней зоне (ЗСД) на 6 стационарных и 14 рядовых пунктах наблюдений (рисунок 1), получена информация о вариациях в пространстве и во времени такой характеристики поля как кажущееся удельное электрическое сопротивление  $\rho_{\tau}$  [1, 2].

Анализ временных рядов кажущегося сопротивления свидетельствует о том, что существуют определенные трудности в интерпретации данных: достаточно часто встречаются аномалии  $\rho_{\tau}$ , не связанные с сейсмическими событиями, во временных рядах постоянно присутствуют незначительные вариации, вызванные большим количеством слабых землетрясений с классом

$K=6\div 8$ , и порой невозможно однозначно определить, с подготовкой каких событий связаны те или иные аномальные изменения электрического поля.

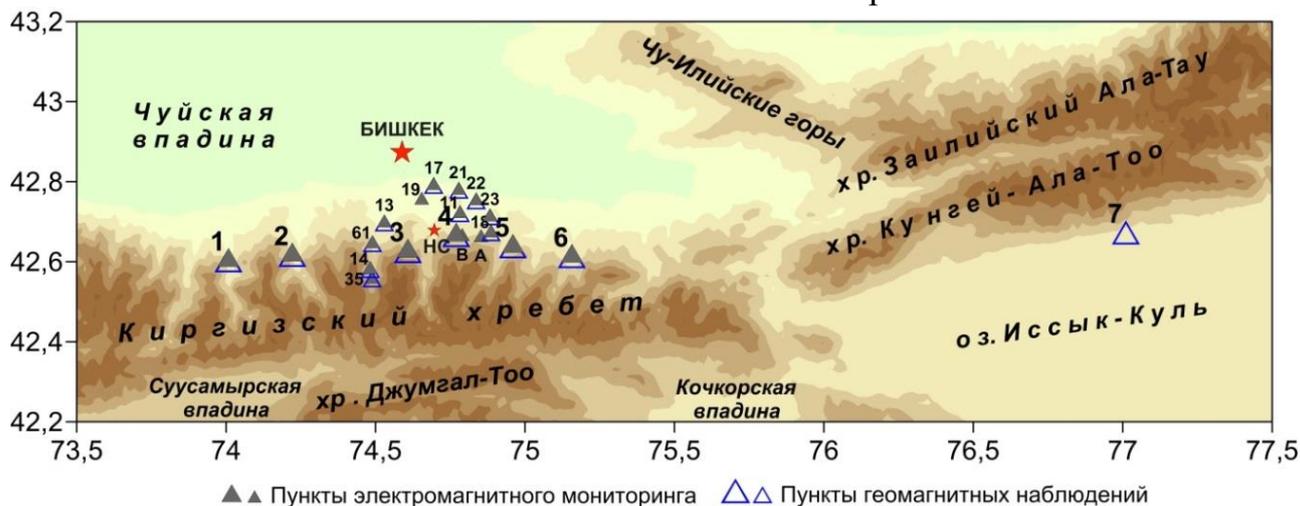


Рисунок 1— Сеть электромагнитного мониторинга с совмещенными с ней пунктами геомагнитных наблюдений. Стационарные пункты ЗСД: 1-Аксу; 2-Шавай; 3-Чункурчак; 4-Таш-Башат; 5-Иссык-Ата; 6-Кегеты. Рядовые пункты ЗСД: 11-Норуз; 13-Кашкасу; 14-Ала-Арча средняя; 17-Ала-Тоо; 18-Тогузбулак; 19-Скважина 1152 (11520); 21-Дачи; 22-Серафимовка нижняя; 23-Серафимовка верхняя; 35-Ала-Арча верхняя; 61-Шлагбаум; А-Алмаз; В-База

Однако в некоторые периоды наблюдений происходящие значимые изменения  $\rho_{\tau}$  могут быть связаны с конкретными сейсмическими событиями, как, например, с серией Кегетинских землетрясений в апреле 2017 года, названных так по находящемуся в крайней восточной части сети электромагнитного мониторинга одноименному поселку Кегеты (рисунок 2).

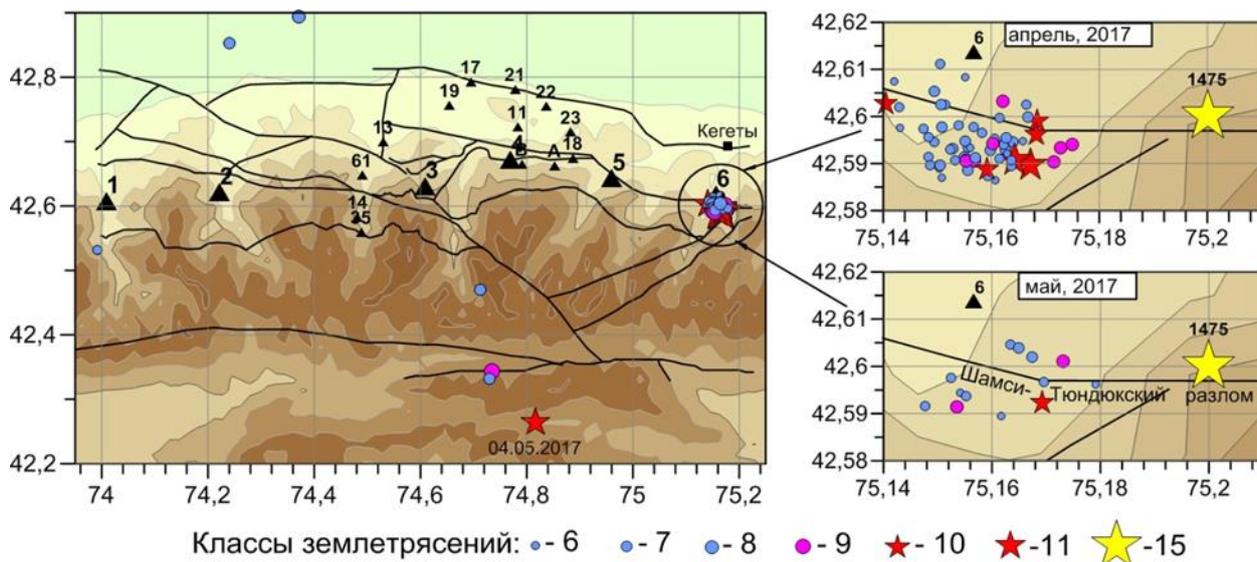


Рисунок 2 — Тектоническая схема БГП с вынесенной на нее и сейсмичностью в апреле-мае 2017 г. и пунктами электромагнитного

мониторинга (желтой звездочкой обозначен эпицентр исторического Баласагунского землетрясения (1475 г.,  $M=6.4$ ))

Сейсмическая обстановка 21 апреля 2017 г. у села Кегеты оказалась, в некотором смысле, уникальной: здесь произошло два землетрясения с  $K=11.68$  (00:41:52) и с  $K=11.55$  (00:55:44), которые сопровождались серией форшоков и афтершоков. Всего же было зафиксировано 76 афтершоков (62 из них только в первые сутки) с энергетическими классами от 6 до 10.5 и продолжительностью 224 дня [3].

Следует заметить, что прежде рассматриваемый район характеризовался слабой сейсмической активностью. С конца 2015 года наметился ее рост, который продолжился в 2016 г. и достиг своего пика весной 2017 г. (рисунок 3).

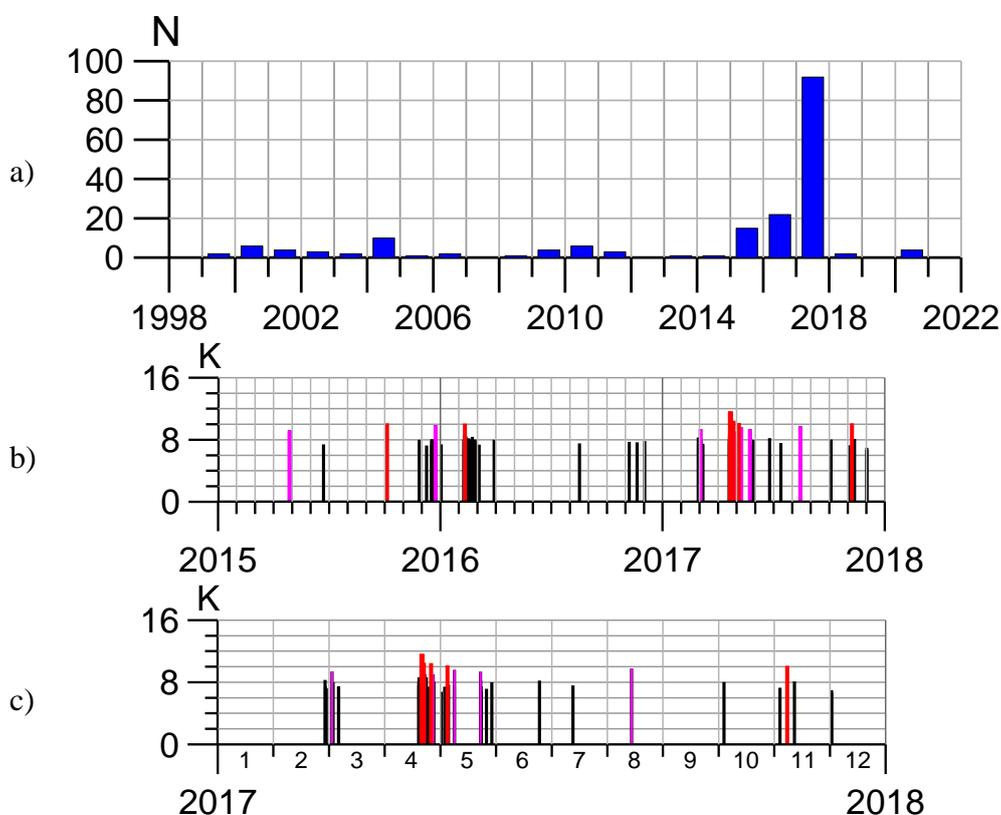


Рисунок 3 — Гистограмма распределения сейсмических событий (в радиусе 5 км от эпицентра главного события 21.04.17 г.) в период с 1999 по 2017 гг. (а) и распределение сейсмических событий по годам (б) и месяцам (с) в очаговой зоне Кегетинских землетрясений. На шкале сейсмичности слабые землетрясения выделены черным цветом. Розовым и красным цветом выделены соответственно землетрясения с классом  $9 \leq K < 10$  и  $K \geq 10$

Локализация гипоцентров главных землетрясений, имевших место 21 апреля 2017 г. вблизи с. Кегеты, и их афтершоков происходила преимущественно в интервале глубин от 11 до 15 км вдоль плоскости Шамси-Тюндюкского разлома, а эпицентры рассматриваемых событий были

сконцентрированы в большинстве своем во взброшенном южном крыле указанного разлома.

По всей видимости, возросшая сейсмическая активность в предгорной зоне Киргизского хребта в районе с. Кегеты в начале 2017 г. была связана с подвижками по Шамси-Тюндюкскому разлому и разрядкой накопившихся в земной коре напряжений. Изменение состояния геологической среды, связанное с подготовкой и последующей реализацией сейсмических событий в районе с. Кегеты, отразилось в виде аномальных вариаций  $\rho_t$  разного знака, различной степени интенсивности и продолжительности на всех стационарных и рядовых пунктах зондирования.

Наиболее заметно вариации  $\rho_t$  проявили себя на пунктах Алмаз и База с веерной и крестообразной приемными установками соответственно (на каждом из пунктов имеется по 4 приемных диполя  $MN$ , ориентированных по сторонам света через  $45^\circ$ ) с установлением нового фонового уровня  $\rho_t$ .

На рисунке 4 в качестве примера представлены временные ряды  $\rho_t$  для нижних горизонтов разреза (диапазон глубин примерно 10-15 км).

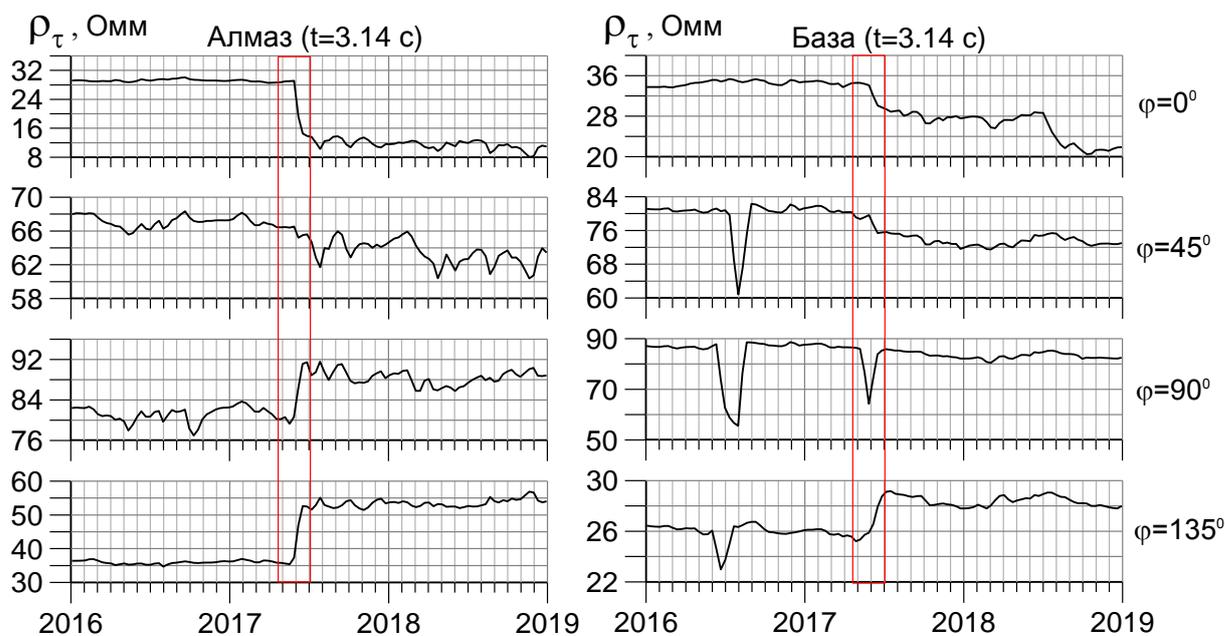


Рисунок 4 — Фрагменты временных рядов для рядовых пунктов Алмаз и База для нижних горизонтов разреза (время становления  $t=3.14$ с) при различных ориентировках приемных диполей  $MN$  ( $\varphi$ )

Изменения напряженно-деформированного состояния среды, связанные подготовкой Кегетинских землетрясений, нашли свое отражение и в аномальных вариациях геомагнитного поля (рисунок 5).

Вариации магнитного поля, предшествующие известным событиям в районе с. Кегеты, наблюдались на всех без исключения пунктах наблюдений. Примерно за неделю до основных толчков (событий 11-го класса) на всех графиках  $\Delta T$  по всем станциям сети отмечается минимум разности модуля полного вектора магнитного поля, т.е. происходит спад значений  $\Delta T$  на

величину от 0,6% до 10% относительно начала 2017 г. Резкое возрастание  $\Delta T$ , достигающее максимума в середине мая, связано, по всей видимости, с последующим афтершоковым процессом от двух основных толчков и отражает некий суммарный эффект от более чем 60 афтершоков.

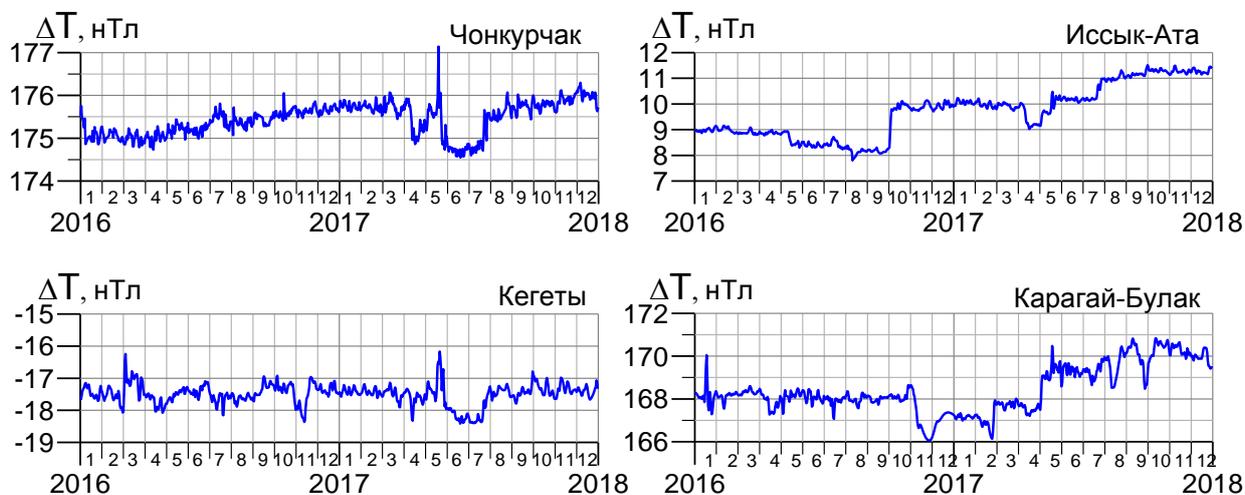


Рисунок 5 — Фрагменты временных рядов разности полного вектора  $\Delta T$  геомагнитного поля для некоторых стационарных пунктов геомагнитного мониторинга с круглосуточным режимом наблюдения

Серия сейсмических событий в апреле 2017 г. в районе с. Кегеты способствовала появлению вариаций магнитного поля и установлению нового фонового уровня  $\Delta T$  в самой удаленной точке сети геомагнитного мониторинга – станции Карагай-Булак, расположенной на северном берегу озера Иссык-Куль, на расстоянии 150 км от эпицентральной зоны рассматриваемых землетрясений.

**Заключение.** Серия Кегетинских землетрясений в апреле 2017 г., связанная с изменениями напряженно-деформированного состояния объема геосреды, охватившая всю территорию, где расположены пункты сети электромагнитного мониторинга, нашла отражения в аномальных вариациях, как кажущегося удельного электрического сопротивления  $\rho_t$ , так и разностей величины геомагнитного поля  $\Delta T$  и привела в отдельных случаях к существенным изменениям физических характеристик геосреды, в частности, к установлению нового фонового уровня как  $\rho_t$ , так и  $\Delta T$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Баталева Е.А., Мухамадеева В.А. Комплексный электромагнитный мониторинг геодинамических процессов Северного Тянь-Шаня (Бишкекский геодинамический полигон) / *Geodynamics & Tectonophysics*. 2018. Т. 9, № 2. С. 461-487.
2. Bogomolov L, Bragin V, Fridman A, Makarov V, Sobolev G, Polyachenko E, Schelochkov G, Zeigarnik V, Zubovich A 2007 Comparative analysis of GPS, seismic and electromagnetic data on the central Tien Shan Territory / *J. Tectonophysics*. N 431. P. 143–151.
3. Muhamadeeva V A and Sycheva N A 2018 About the aftershock processes accompanying moderate and weak earthquakes in the territory of the Bishkek geodynamic proving ground and in its vicinities / *J. Geosystems of transition zones*. N 3. P. 2165–80.

Мухамадеева В.А., Имашев С.А., Рыбин А.К.

**КЕГЕТИ ЖЕР СІЛКІНІСТЕРІНІҢ СЕРИЯЛАРЫ МЫСАЛЫНДА  
СЕЙСМИКАЛЫҚ ПРОЦЕСТЕРДІ ЖАНДАНДЫРУ КЕЗЕҢІНДЕГІ ЭЛЕКТР ЖӘНЕ  
МАГНИТ ӨРІСТЕРІНІҢ ӨЗГЕРУІ ТУРАЛЫ**

**Аңдатпа.** Мақалада Бішкек геодинамикалық полигонының (Солтүстік Тянь-Шань) шегіндегі сейсмикалық процестерді жандандыру кезеңіндегі электромагниттік мониторинг пен геомагниттік бақылаулардың кейбір нәтижелері қарастырылады. Зерттелетін аумақтағы сейсмикалық жағдайдың қысқаша сипаттамасы келтіріледі, геофизикалық өрістер параметрлерінің вариацияларының орын алған жер сілкіністерімен байланысы талданады.

**Түйін сөздер:** электромагниттік зондтау, геомагниттік бақылау, жер сілкінісі, айқын электрлік кедергі, магнит өрісінің толық векторының модулі, аномалия, вариация, эпицентр, гипоцентр.

Mukhamadeeva V.A., Imashev S.A., Rybin A.K.

**ON VARIATIONS IN THE ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS DURING THE  
ACTIVATION OF SEISMIC PROCESSES ON THE EXAMPLE OF THE SERIES OF  
KEGETA EARTHQUAKES**

**Abstract:** The article discusses some results of electromagnetic monitoring and geomagnetic observations during the period of activation of seismic processes within the Bishkek geodynamic test site (Northern Tien Shan). A brief description of the seismic situation in the study area is given, the relationship between variations in the parameters of geophysical fields and earthquakes is analyzed.

**Key words:** electromagnetic sounding, geomagnetic observations, earthquake, apparent electrical resistivity, total magnetic field vector modulus, anomaly, variation, epicenter, hypocenter.

