

УДК 550.348(574)

Михайлова Н.Н.¹, Исагали А.А.²

¹ Филиал «Институт геофизических исследований» Республиканского государственного предприятия «Национальный ядерный центр»
(г. Алматы, Казахстан)

²Satpayev University (г. Алматы, Казахстан)

НОВЫЕ ДАННЫЕ О СЕЙСМИЧНОСТИ ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА

Аннотация. В данной статье представлены результаты обработки записей полевых станций (16 станций сети MSUAR), полученных Институтом геофизических исследований Национального Ядерного Центра РК в сотрудничестве с Мичиганским Государственным университетом США в Западном Казахстане. Целью исследований было изучение условий сейсмической регистрации и сейсмичности территорий Западного Казахстана для уточнения оценки сейсмической опасности и выбора места для новой эффективной станции в мониторинге землетрясений и ядерных взрывов. В результате исследований станции сети MSUAR продемонстрировали высокую чувствительность в регистрации региональных и телесейсмических событий. Эксперимент позволил выявить новые сейсмически активные зоны и подтвердить сейсмоопасные зоны, выделенные ранее на основе геофизических данных. Результаты исследования подчеркивают необходимость создания стационарной сейсмической группы в Западном Казахстане для мониторинга природных и техногенных землетрясений.

Ключевые слова: сейсмическая опасность, землетрясение, техногенные землетрясения, Западный Казахстан, асейсмичный район, сейсмические станции.

БАТЫШ КАЗАКСТАН АЙМАГЫНЫН СЕЙСМИКАЛУУЛУГУ ТУУРАЛУУ ЖАҢЫ МААЛЫМАТТАР

Кыскача мазмуну. Бул макалада АКШнын батыш Казакстандагы Мичиган мамлекеттик университети менен биргеликте Казакстан Республикасынын Улуттук ядролук борборунун геофизикалык изилдөө институту тарабынан алынган талаа станциясынын жазууларын (MSUAR тармагынын 16 станциясы) иштетүүнүн натыйжалары келтирилген. Изилдөөлөрдүн максаты сейсмикалык коркунучка баа берүүнү тактоо жана жер титирөөлөргө жана ядролук жарылууларга мониторинг жүргүзүүдө жаңы натыйжалуу станция үчүн жерди тандоо жана Батыш Казакстандын аймактарынын сейсмикалуулугун изилдөө болгон. MSUAR станциясынын изилдөөлөрүнүн натыйжасы регионалдык жана телесейсмикалык окуяларды каттоодо жогорку сезимталдыкты көрсөттү. Эксперимент жаңы сейсмикалык активдүү зоналарды аныктоого жана мурда геофизикалык маалыматтардын негизинде бөлүнгөн сейсмикалык кооптуу зоналарды тастыктоого мүмкүндүк берди. Изилдөөнүн жыйынтыктары табигый жана техногендик жер титирөөлөргө мониторинг жүргүзүү үчүн батыш Казакстанда стационардык сейсмикалык топ түзүү зарылдыгын баса белгилейт.

Негизги сөздөр: сейсмикалык коркунуч, жер титирөө, техногендик жер титирөө, Батыш Казакстан, асейсмикалык район, сейсмикалык станциялар.

NEW DATA ON SEISMICITY IN WESTERN KAZAKHSTAN

Abstract. The article presents the results of processing field station recordings (16 stations of the MSUAR network) obtained by the Institute of Geophysical Research of the

National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan in collaboration with Michigan State University, USA, in Western Kazakhstan. The aim of the research was to study the seismicity of the Western Kazakhstan region to refine the assessment of seismic hazard and select a location for a new effective station for monitoring earthquakes and nuclear explosions. As a result of the research, the MSUAR stations demonstrated high sensitivity in detecting regional and teleseismic events. The experiment helped identify new seismically active zones and confirm previously identified seismically risk zones based on geophysical data. The research findings underline the need for establishing a permanent seismic group in Western Kazakhstan to monitor natural and man-made earthquakes.

Keywords: seismic risk, earthquake, man-made earthquakes, Western Kazakhstan, aseismic region, seismic stations.

Введение

В последние годы в средствах массовой информации и научной среде много говорится о возможности сильных землетрясений в Западном Казахстане, особенно в связи с активной добычей углеводородного сырья в этом регионе. Территория Западного Казахстана относится к слабосейсмичным областям Казахстана. По карте сейсмического районирования Республики Казахстан, вошедшей в «Строительные нормы и правила РК» (СНиП РК 2.03-30-2006), территория Западного Казахстана считалась асейсмичной [1]. Но в 2017 году вышла обновлённая версия карты, на которой в западной части Казахстана выделены сейсмогенерирующие зоны (СП РК 2.03-30-2017, «Строительство в сейсмических районах»). Однако, из-за отсутствия сейсмических станций в южной части Западного Казахстана, эти зоны не подтверждены надёжными инструментальными сейсмическими данными. Имеются сведения о происходящих в Западном Казахстане отдельных, достаточно сильных, природных и техногенных землетрясениях. Всё это даёт основание считать необходимым установить в этом районе новую современную станцию, данные которой позволят достоверно оценить сейсмическую опасность [2].

Институт геофизических исследований НЯЦ РК в сотрудничестве с Мичиганским Государственным университетом (США) в последние годы проводил двухэтапный эксперимент с помощью сети полевых сейсмических станций в Западном Казахстане. Цель эксперимента – изучение сейсмических условий регистрации сейсмических волн и выбор наилучшего места для будущей стационарной станции или сейсмической группы. Первый этап работ проведён в 2016 г. Этот этап охватывал период длительностью 1 месяц. Его результаты описаны в работах [3] и [4]. Основное внимание в них сосредоточено на изучении скоростной модели среды района и спектральных характеристик сейсмических шумов.

Второй этап наблюдений проводился в течение года. Для нас он важен тем, что проведена полная обработка всех данных с составлением сейсмического бюллетеня, что дает возможность изучения современной сейсмичности этого региона. На рисунке 1 показана общая карта расположения сейсмических станций двух казахстанских организаций – ИГИ НЯЦ РК и СОМЭ МЧС РК. Кругом отмечен район, где устанавливались станции во время полевого эксперимента.

Методы исследования

На первом этапе работ в 2016 году 10 сейсмических станций были установлены в Западной части Туранской плиты, из них 6 станций были установлены на плато Устюрт, одна - на плато Мангышлак, две - вблизи гор Мангыстау и одна на Кендирили-Каясанском плато (рисунок 2, красные треугольники) [4].

Второй этап работ проводился в Западном Казахстане в юго-восточной части Мангыстауской области с восточной стороны от полуострова Мангыстау (Мангышлак).

Продолжительность наблюдений один год - с сентября 2021 года по октябрь 2022 года. Всего было установлено 16 сейсмических станций (рисунок 2, зелёные ромбы).

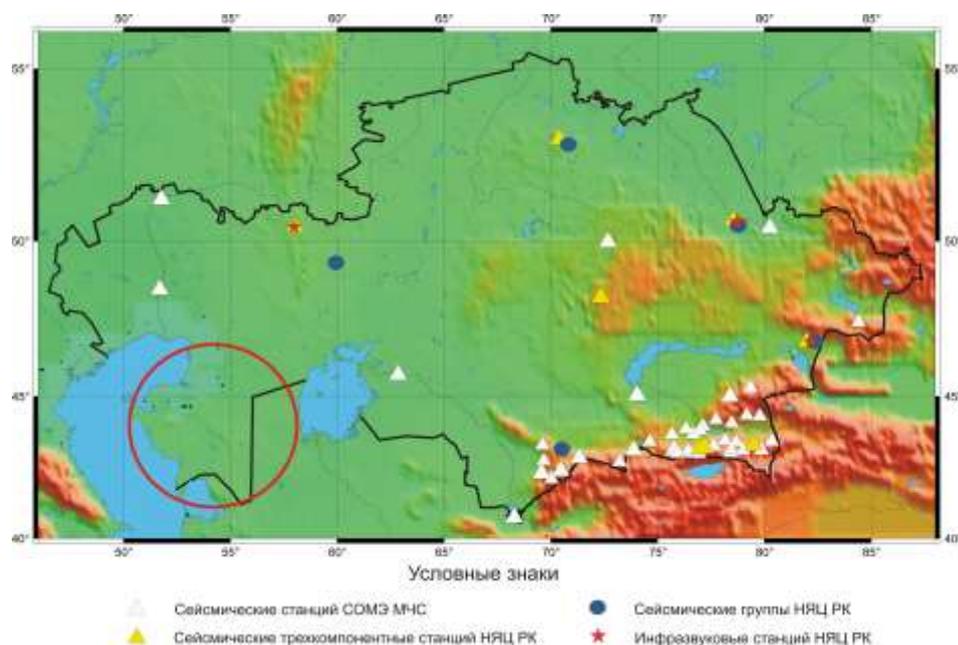


Рисунок 1. Карта расположения сейсмических станций НЯЦ РК и СОМЭ МЧС РК (2023 г.).

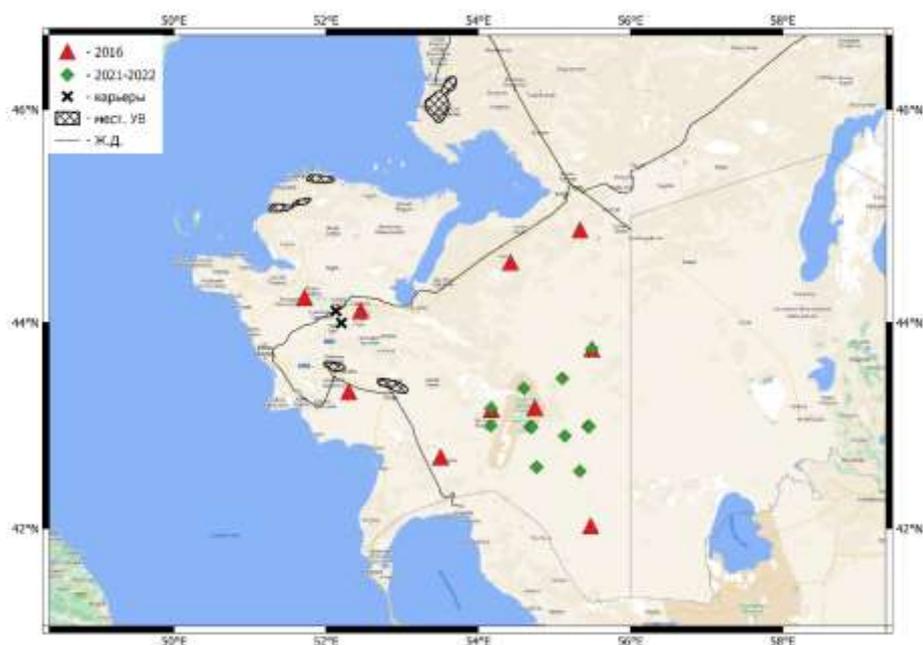


Рисунок 2. Карта расположения полевых сейсмических станций во время эксперимента.

Полевые работы по установке станций проводились совместной командой казахстанских и американских специалистов под руководством ассоциированного профессора Мичиганского Государственно Университета Кевина Макки.

На всех 16 пунктах был установлен стандартный комплект приборов, состоящий из дигитайзера Qanterra Q330 и трёхкомпонентного широкополосного сейсмометра STS-2.

На всех станциях выставлялись одинаковые параметры регистрации: формат записи – miniSEED, частота дискретизации – 200 Гц. Каждый квартал было организовано

посещение станций, снятие данных и передача их в Центр данных в г. Алматы для обработки и анализа.

Обработка данных

Проведена конвертация данных полевых сейсмических станций MSUAR в формат CSS3.0, широко используемый в мировой практике [5]. Процесс обработки включал расчёт спектральных моделей шумов и сравнение их с мировыми моделями шума [6], обнаружение сигналов от событий, интерпретацию волновой картины и идентификацию типов сейсмических волн. Затем проводились кинематическая и динамическая обработка записей - замеры времен вступлений различных сейсмических фаз, амплитуд и периодов на всех станциях, зарегистрировавших события. Далее осуществлялась локализация источников сейсмических сигналов и определение их энергетических и магнитудных характеристик. Для обработки данных использовались программы *dbpick* и *dbloc2* из пакета DATASCOPE. Приведены примеры обработки различных сейсмических событий на разных расстояниях от сети полевых станций.

Локальные события. Для поиска сигналов от локальных событий использовался фильтр с центральной частотой 10 Hz. Обработка событий заключалась в проставлении вступлений фаз (прямые P- и S- волны), замеров амплитуды и периодов на фильтре СКМ, а также локализации источников. На рисунке 3 показана обработка локального землетрясения, которое произошло 11 января 2022 г., $t_0=23:37:17$, и карта расположения эпицентра.

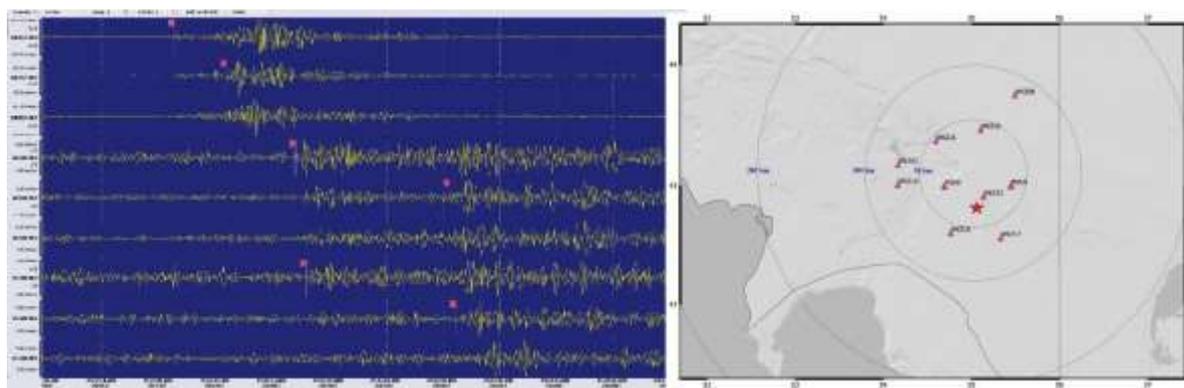


Рисунок 3. Сейсмограмма локального землетрясения и карта расположения эпицентра.

Региональные события. Для поиска региональных событий использовались фильтры с центральными частотами 5.0 Hz и 10 Hz. После идентификации и проставления региональных фаз (Pn, Pg, Sn, Lg) замеры амплитуды и периодов также производились на фильтре СКМ. На рисунке 4 приведён пример регионального события 24 января 2022 г., $t_0=22:54:32$, из района Копетдагского разлома.

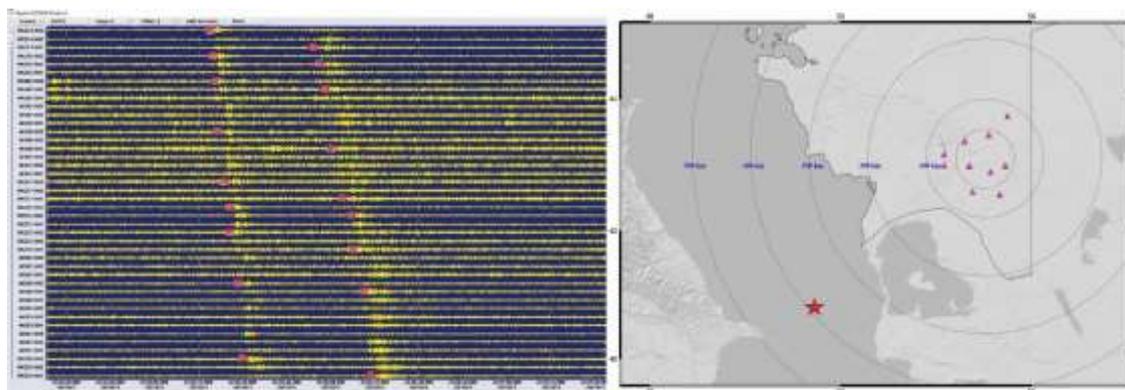


Рисунок 4. Сейсмограмма регионального землетрясения и карта эпицентра.

Телесеismicкие события. Для поиска сигналов от далёких событий использовался фильтр с центральной частотой 2.5 Hz. Обработка далёких телесеismicких событий заключалась в проставлении вступлений и замере А и Т первых вступлений Р-волн и ассоциации зарегистрированного события с бюллетенем IDC (Международного центра данных ОДВЗЯИ) REB. Локализация не производилась, а основные параметры события брались для ассоциированного события из бюллетеня IDC REB. На рисунке 5 приведены волновые формы телесеismicкого землетрясения 7 февраля 2022 г., $t_0=21:26:48$ ($m_b=3.5$) из района Индонезии. Расстояние до станций составляет 8318 км.

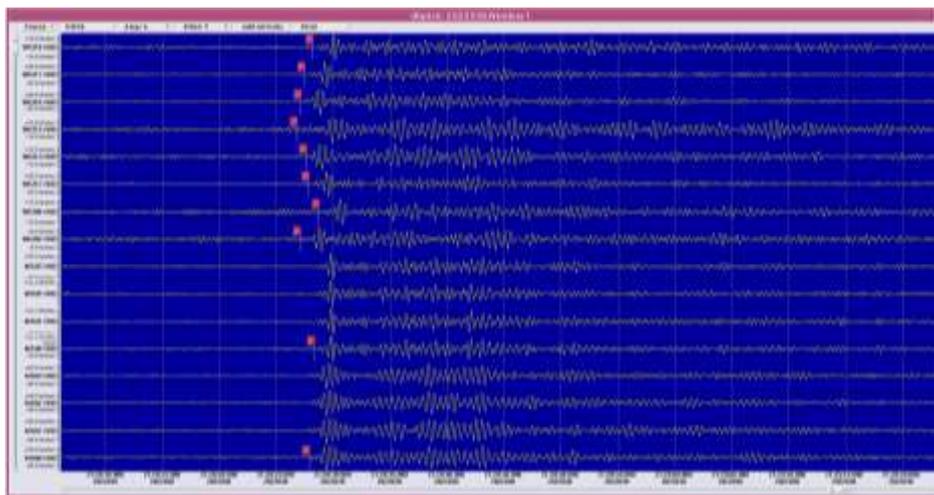


Рисунок 5. Сейсмограмма телесеismicкого землетрясения из района Индонезии.

Результаты

В результате обработки данных полевых станций был составлен региональный бюллетень сейсмических событий (рисунок 6), в который вошли основные параметры 6527 событий. Основная масса эпицентров сконцентрирована в Копетдаг-Балханской зоне активных разломов. К этой зоне приурочены наиболее сильные землетрясения. Сейсмическая активность также наблюдается в Эльбурской складчатой системе, в Мангышлак-Кызылкумской и Бандитуркестан-Гиссарской зоне разломов, в районе Гиндукуш [8, 9].

Наблюдается скопление эпицентров в районе северо-восточной части побережья Каспийского моря, что связано с разработкой месторождений углеводородов. Кроме того, хорошо зафиксированы карьерные взрывы на территориях Центрального Узбекистана, Западного Казахстана в местах добычи твёрдых полезных ископаемых (рисунок 6).

Большой интерес представляет собой группа слабых землетрясений, зарегистрированная непосредственно в пределах периметра выставленной группы станций, свидетельствующих об активности территории, выделенной на карте сейсмического зонирования – Центрально – Мангышлак - Устюртской сейсмогенерирующей зоны с $M_{max} \leq 5.0$. Концентрация очень слабых сейсмических событий тектонической природы с магнитудой менее 2 на участке установки полевых станций свидетельствует о необходимости проведения постоянного мониторинга за этой зоной.

Полевыми станциями в период проведения эксперимента были зарегистрированы сейсмические сигналы от землетрясений из различных регионов Земли. На рисунке 7 приведена карта всех зарегистрированных землетрясений, ассоциированных с бюллетенем IDC REB.

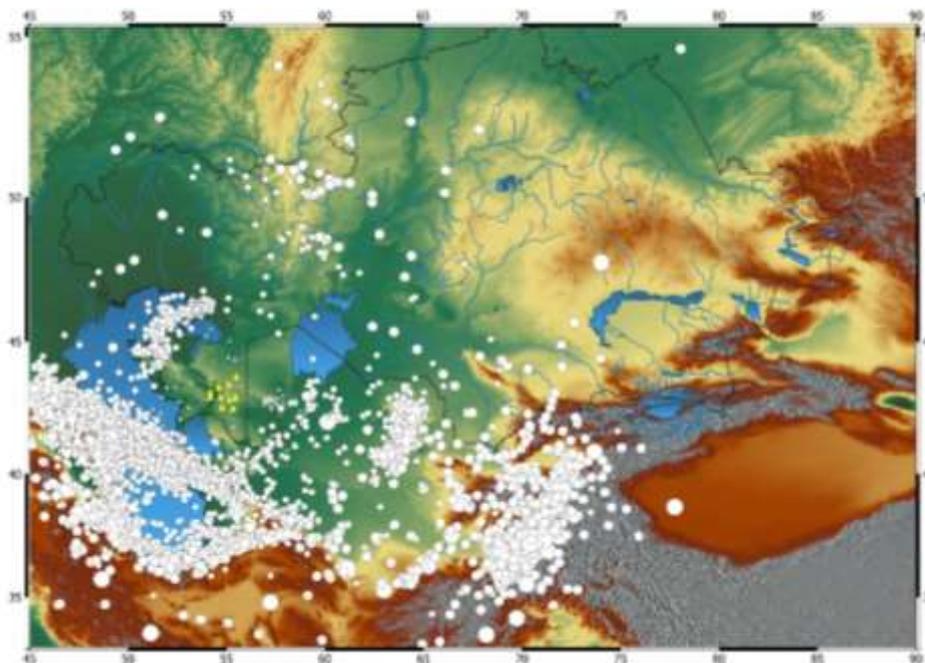


Рисунок 6. Карта эпицентров сейсмических событий по данным ручной локализации.

Обсуждение результатов

Сравнивая данное исследование с аналогами, следует отметить его значимость в контексте получения совершенно новых инструментальных данных по изучению сейсмической активности в регионе Западного Казахстана. Полученные результаты расширяют понимание сейсмических процессов в этом районе и подтверждают важность проведения дальнейших мониторинговых исследований. Обнаружены сейсмические источники разной природы – тектонические землетрясения, техногенно-индуцированные события в местах добычи углеводородных полезных ископаемых, взрывы в карьерах на месторождениях твердых полезных ископаемых.

Дальнейшее развитие исследований в Западном Казахстане целесообразно проводить в направлении расширения сети сейсмических станций, создания новой чувствительной современной сейсмической группы в районе полевой сети MSUAR и проведения длительного мониторинга сейсмической активности в регионе. Однако, это связано со значительными финансовыми вложениями в создание инфраструктуры в районе группы, приобретением дорогостоящего оборудования, спутниковых каналов передачи информации в реальном времени и управлением сетью.

Заключение

Результаты работы сети MSUAR позволили зарегистрировать и проанализировать значительное количество сейсмических событий, включая региональные и телесеизмические события. Всего за год работы было зарегистрировано 6527 региональных и 4981 телесеизмических события.

Эксперимент позволил выявить некоторые новые сейсмически активные зоны и подтвердил активность известных ранее, но выделенных по геолого-геофизическим данным. В целом, проведенные работы по установке и обработке данных сети MSUAR внесли значительный вклад в изучение сейсмической активности в рассматриваемом регионе и открыли перспективы для начала сейсмического мониторинга за техногенной и природной сейсмичностью для обеспечения сейсмической безопасности.

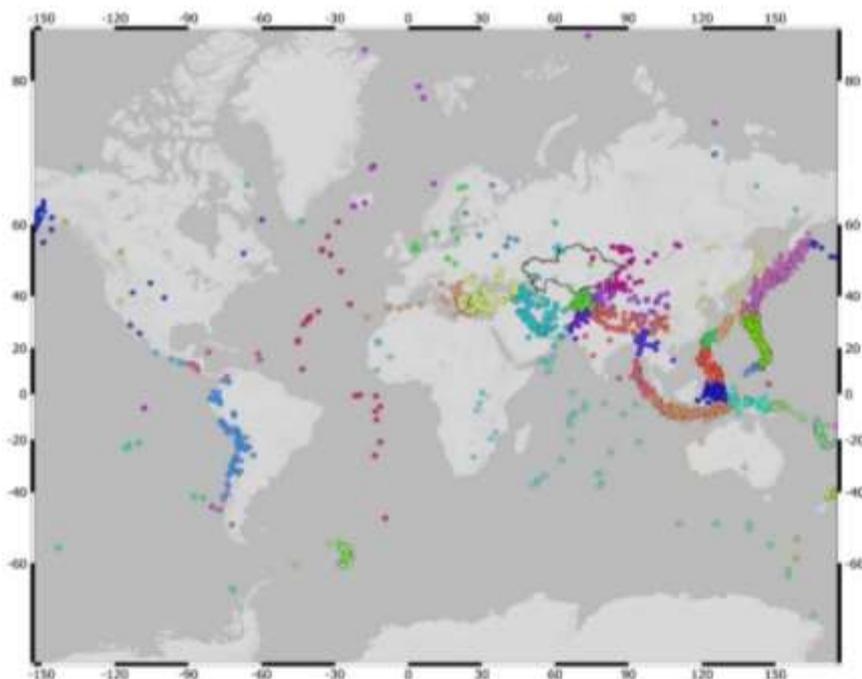


Рисунок 7. Карта эпицентров сейсмических события, ассоциированных с каталогом ISC REB.

ЛИТЕРАТУРА

1. Курскеев А.К., Тимуш А.В., Шацлов В.И. и др. Сейсмической районирование Республики Казахстан. – Алматы: 2000. 220 с. (на казахском языке).
2. Михайлова Н.Н, Неделков А.И., Аристова И.Л. Разработка рекомендаций по размещению вновь открываемых сейсмических станций на территории Казахстана. //Отчёт по договору № 77 с Институтом сейсмологии, Алматы 2003. (на русском языке).
3. Martinetti L.B. Crustal structure of the Mangistau region, Western Kazakhstan// Michigan State University, thesis. – Michigan State University, 2019 г., 97 с. (на английском языке).
4. Mackey, K., I. Sokolova, D. Burk, A. Abishev, A. Belyashov, and R. Jih (2017). A Seismic Noise Survey of Western Kazakhstan. СТВТО: Science and Technology Conference 2017. ТЗ.1-Р5. (на английском языке).
5. J. Anderson, W.E. Farrell et al. Center for seismic studies. Version 3 database: schema reference manual. // Technical report с 90-01, Arlington, 1993. (на английском языке).
6. Peterson, J. Observation and Modeling of Seismic Background Noise. Open-File Report 93- 322, Albuquerque, New Mexico, 1993- 42 pp. (на английском языке).
7. Землетрясения Северной Евразии. – Обнинск, 2021. –№ 24. – 375 с. (на русском языке).
8. Полетаев А.И. Сейсмоструктура зоны Главного Копетдагского разлома. // Наука. – Москва, 1986 г., 131 стр. (на русском языке).
9. Бекжанов Г. Р., Кошкин В. Я., Никитченко И. И. Геологическое строение Казахстана. // Академия минеральных ресурсов РК, Алматы, 2000. – 396 с. (на русском языке).

Рецензент к.ф-м.н. Фролова А.Г.