

ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ВЫБОРУ МЕСТА ДЛЯ НОВОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ГРУППЫ В ЗАПАДНОМ КАЗАХСТАНЕ

Исагали А.А.^{1,2}, Михайлова Н.Н.¹, Умирова Г.К.²
aydarovna.98@mail.ru

¹ Институт геофизических исследований Национального ядерного центра, г. Алматы, Казахстан

² Казахский национальный исследовательский технический университет, г. Алматы, Казахстан

Аннотация. Статья рассматривает степень изученности сейсмичности территории Казахстана с учетом обновленной карты зонирования по сейсмогенерирующим зонам 2017 года. Исследование акцентирует внимание на изменения в области активной сейсмичности в Западном Казахстане, которые вызваны как природными, так и техногенными факторами, последние из которых связаны с длительным освоением месторождений нефти и газа. Авторы обсуждают необходимость установки сети сейсмических станций для точного определения эпицентров землетрясений и вычисления параметров геодинамических событий.

Представлены результаты совместных исследований Мичиганского государственного университета (США) и Института геофизических исследований Национального ядерного центра Республики Казахстан. Особое внимание уделено установке Мангистауской временной сети сейсмических станций для выбора места новой сейсмической станции в Западном Казахстане и изучения сейсмичности региона. Обобщены результаты обработки данных с полевых станций, подчеркнута высокая эффективность станций в регистрации сейсмических событий и выявлении новых сейсмически активных зон. Демонстрируется необходимость создания стационарной сейсмической группы в Западном Казахстане для мониторинга как природных, так и техногенных землетрясений.

Ключевые слова: сейсмическая опасность, землетрясение, Западный Казахстан, сейсмические станции, геология, геофизика, сейсмология.

Введение. Традиционно территория Западного Казахстана относилась к слабосейсмичным зонам, что было отражено на карте сейсмического районирования Республики Казахстан, созданной в 2006 году. После выхода в 2017 году обновленной версии карты, в западной части Казахстана были выделены сейсмически активные зоны [1]. Из-за нехватки сейсмических станций в Западном Казахстане, все эти зоны не подтверждены надежными инструментальными сейсмическими данными. При этом имеются сведения о происходящих в Западном Казахстане достаточно сильных природных и техногенных землетрясений. Так, например, Шалкарское землетрясение в 2008 году было неожиданностью для сейсмологов, оно проявилось с интенсивностью 7 баллов и принесло значительный ущерб [2]. Сетью НЯЦ РК регистрируются техногенные землетрясения на территории Тенгизского месторождения и в других районах добычи последних ископаемых. Все это дает основание считать необходимым установить в этом районе новую современную станцию или сейсмическую группу, данные которой позволят достоверно оценить сейсмическую опасность.

Цель совместного эксперимента Мичиганского университета и ИГИ НЯЦ РК – изучение сейсмических условий регистрации сейсмических волн и выбор наилучшего места для будущей стационарной станции или сейсмической группы для получения новой информации о слабой локальной и региональной сейсмичности, сведения о которой впоследствии можно использовать для оценки сейсмической опасности Западного Казахстана. Актуальность исследований обосновывается тем, что в этой части РК никогда не

проводились стационарные наблюдения, поэтому направление исследований является новым и необходимым для территории изысканий.

Объектом исследования является юго-восточная территория Прикаспия, где установлена Мангистауская временная сеть сейсмических станций (сеть MSUAR). с целью изучения сейсмических условий для выбора места установки новой сейсмической станции и сейсмичности региона.

В 2016 году состоялся первый этап подобных работ, который длился с 19 августа по 12 сентября 2016 года. Целью работ было изучение характеристик сейсмического шума на 10 различных площадках. 10 сейсмических станций были установлены в Западной части Туранской плиты, из них 6 станций были установлены на плато Устюрт: одна – на плато Мангышлак, две были установлены вблизи гор Мангистау и одна на Кендирли-Каясанском плато (рисунок 1).

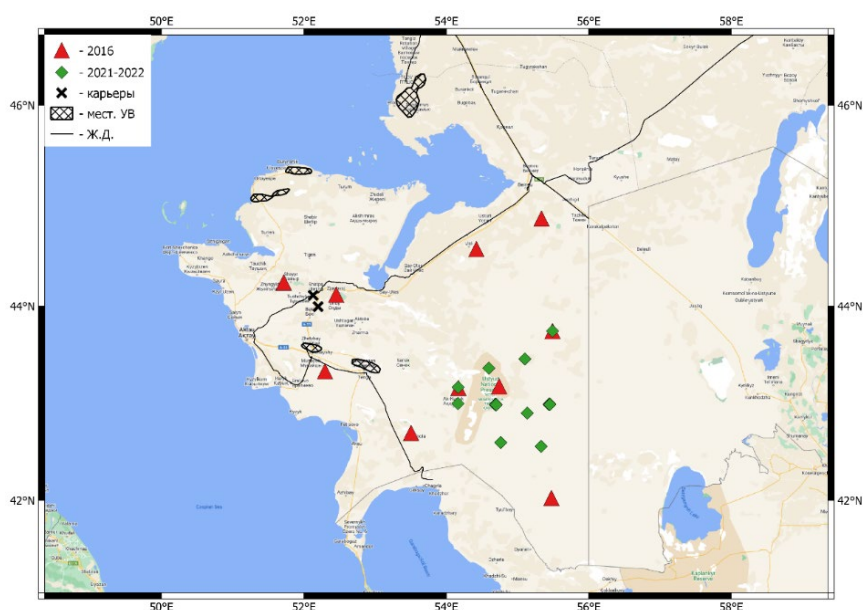


Рисунок 1 – Карта расположения полевых сейсмических станций во время эксперимента. Красные треугольники – сейсмические станции 2016 г.; зеленые ромбики – сейсмические станции 2021-2022 г. г.; сплошная оранжевая линия – крупные шоссе; черные линии – железные дороги; заштрихованные области – нефтегазовые месторождения; крестики – работающие карьеры

Второй этап работ проводился в Западном Казахстане в юго-восточной части Мангистауской области с восточной стороны п-ова Мангыстау (Мангышлак). В годовом интервале были установлены 16 сейсмических станций (рисунок 1, зеленые треугольники).

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 с форматом записи miniSEED и частотой дискретизации – 200 Гц.

Обработка данных. В Казахстанском Национальном центре данных (KNDC, Алматы) проведены работы по конвертации данных, создана полноценная база сейсмических записей в формате CSS3.0 (Center for Seismic Studies) [3], широко применяемом в мировой практике. Процесс обработки начинался с поиска сигналов от событий и интерпретации волновой картины записей. После идентификации типов сейсмических волн производились замеры времен вступлений каждой фазы, амплитуд A и периодов T . Такие действия проводились по всем станциям, зарегистрировавшим определенное событие.

Далее проводилась локализация источников сейсмических сигналов, определение их энергетических и магнитудных характеристик. Процесс обработки включал расчет спектральных моделей шумов и сравнение их с мировыми моделями шума [4].

Для обработки данных сети MSUAR использованы программы dbpick и dbloc2, входящие в пакет DATASCOPE. В программе dbpick проводилась визуализация волновых форм по всем станциям, проставление идентифицированных сейсмических фаз, фильтрация и замеры А и Т (на фильтре, аналогичном характеристике прибора СКМ).

Отдельно проводились эксперименты с обработкой по минигруппам, составленным из станций полевой сети. Всего было установлено три минигруппы (рисунок 2): MSA, MSI, MSU. Апертура всех групп была примерно одинаковой и составляла около 500 м. MSA работала с октября 2021 г. по апрель 2022 г.; MSI с апреля 2022 г. по октябрь 2022 г.; MSU с октября 2021 г. по октябрь 222 г.

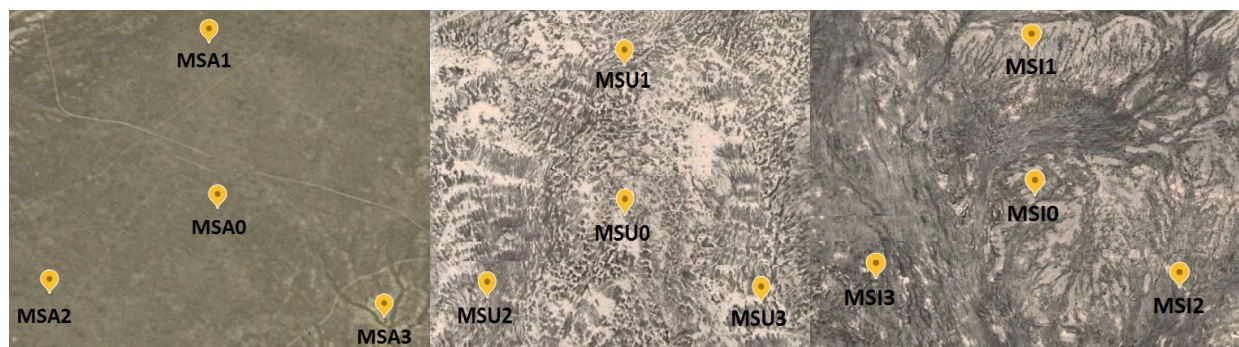


Рисунок 2 – Конфигурация сейсмических групп MSA, MSI, MSU

Для каждой минигруппы в период ее работы подобраны эталонные события с хорошо известными параметрами – эпицентром и глубиной. По ним оценивались азимуты по группе и сравнивались с истинными значениями. Применялся F-k-анализ для волн Р и S. Пример построения F-k-диаграммы по группе MSA приведен на рисунке 3. В качестве одного из эталонных событий использовано землетрясение на территории Азербайджана (Шемаха). Истинный азимут на эпицентр $Az_{ист}=245,167^{\circ}$ с.ш.; расчетный по минигруппе $Az=241,25^{\circ}$. Ошибка в определении азимута составила $\delta Az=3.917^{\circ}$.

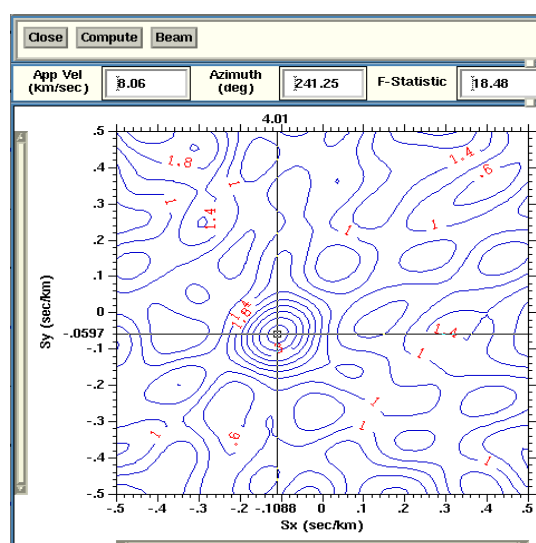


Рисунок 3 – Пример F-k диаграммы по группе MSA

Анализ параметров F-K-анализа для волн Р, Рn, Рg показал оптимальность фильтра 2-6 Гц. Для волн S, Sn, Lg эта полоса частот составила 0.5-3 Гц. В целом, выполненные

изыскания показали высокую трудо- и времяёмкость обработки разных сейсмических событий и позволили выделить некоторые общие особенности:

- параметры обработки для каждой станции подбираются индивидуально;
- все параметры нужно подбирать в зависимости от направления прихода волны и расстояния до источника;
- азимуты сейсмических событий во многих случаях определяются с большим разбросом, что, возможно, можно объяснить малой апертурой и недостаточным количеством станций.

Результаты определения азимутов по мини группам для землетрясения в Азербайджане 20.11.2021 г. и землетрясения на Тенгизе 03.05.2022 г. приведена в Таблице 1.

Таблица 1 – Результаты определения азимутов двух сейсмических событий по мини группам

Землетрясение в Азербайджане 20.11.2021	Стан- ция	Az. ист.	Az (P)		Az (S)		δAz (P)		δAz (S)	
	MSA	245,17	241,25		241,19		3,917		3,977	
	MSU	247,97	252,79		253,44		4,822		5,472	
Землетрясение на Тенгизе 03.05.2022	Стан- ция	Az. ист.	Az (Pn)	Az (Pg)	Az (Sn)	Az (Lg)	δAz (Pn)	δAz (Pg)	δAz (Sn)	δAz (Lg)
	MSI	339,82	342,23	335,12	346,05	338,96	-2,41	4,7	6,23	0,86
	MSU	335,86	328,46	336,28	314,12	315,37	7,40	0,41	21,74	20,49

Результаты обработки данных. В результате обработки данных полевых станций был составлен региональный бюллетень сейсмических событий (рисунок 4), в который вошли основные параметры 6 020-ти событий. Основная масса эпицентров сконцентрирована на Копетдаг-Балханской зоне активных разломов. К этой зоне приурочены наиболее сильные землетрясения. Сейсмическая активность также наблюдается на Эльбурской складчатой системе, в Мангышлак-Кызылкумской и Бандитуркестан-Гиссарской зоне разломов, а также в районе Гиндукуш [5].

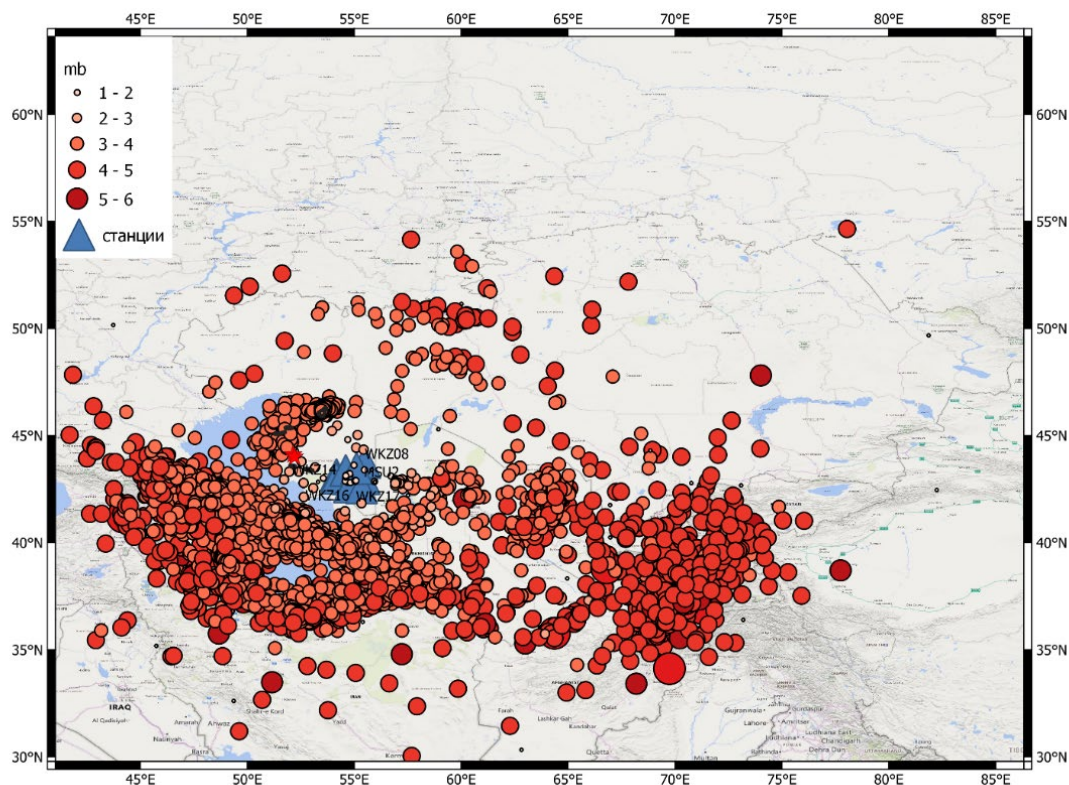


Рисунок 4 – Карта эпицентров сейсмических событий по данным ручной локализации

На рисунке 5 наблюдается область концентрации очень слабых сейсмических событий тектонической природы с магнитудой менее 2 на участке установки полевых станций в Мангистауской области, которая приурочена к крутому восточному борту впадины Карынжарык.

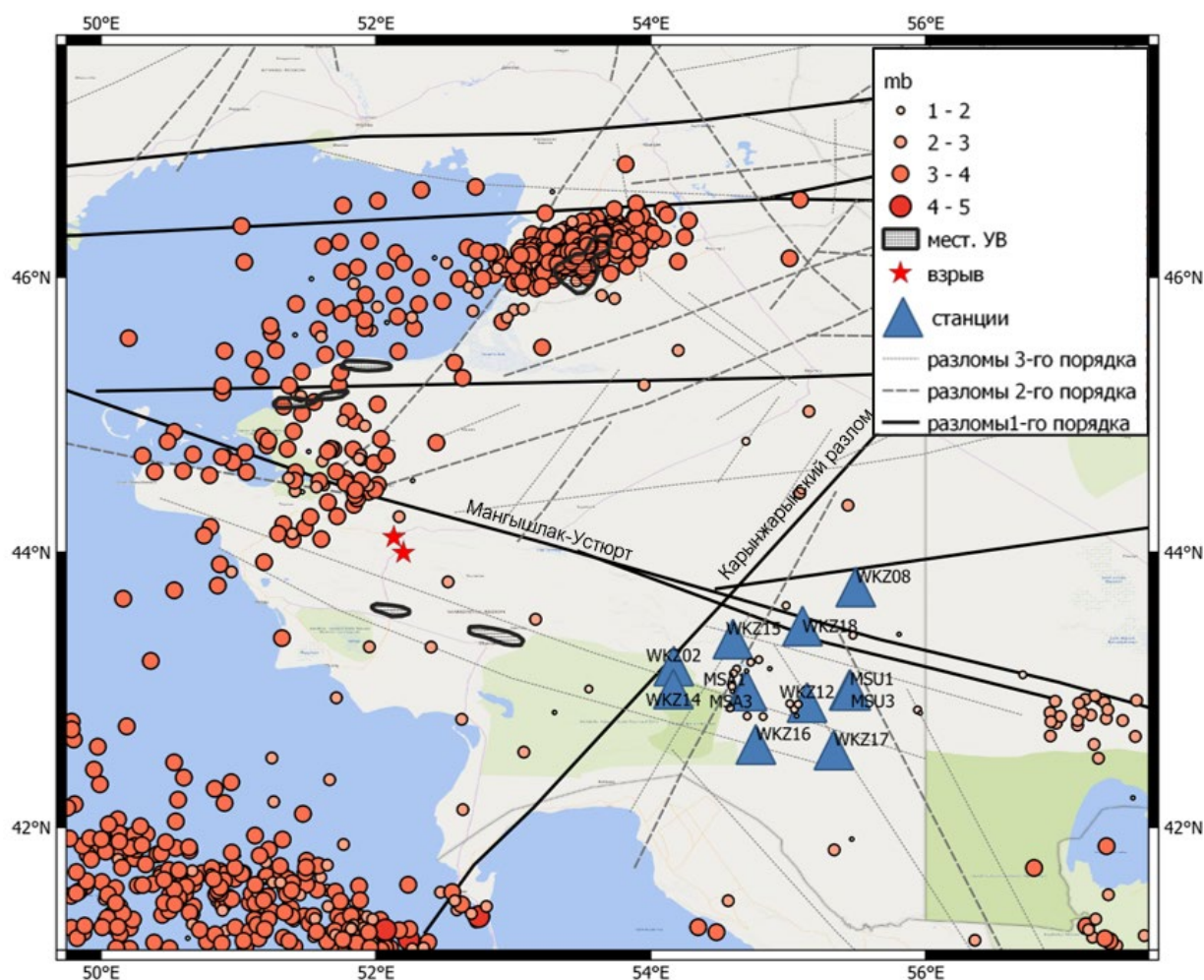


Рисунок 5 – Карта эпицентров сейсмических событий и тектоническая характеристика района

Также были зарегистрированы техногенные события по месторождениям Тенгиз, Бузачи, Прорва, Каражанбас, Каламкас и т. д. Район расположения сейсмических станций находится в зоне пересечения тектонических разломов северо-западного и северо-восточного направлений. Среди них отмечаются разломы первого порядка Мангышлакский (северо-западный) и Карынжарыкский (северо-восточный), который является продолжением Мугоджарского (Предуральского) разлома на юго-запад в Туранскую плиту. Остальные разломы являются второстепенными. Наиболее благоприятным местом для размещения стационарной сейсмической станции (или группы) является, по-видимому, юго-восточная часть расположения полевых станций, добротность геологической среды которой определяется меньшей тектонической нарушенностью.

Выводы. Данное исследование является значимым в контексте изучения сейсмической активности в регионе Западного Казахстана. Впервые полученные результаты изысканий расширяют наше понимание сейсмических процессов в этом районе и подчеркивают необходимость дальнейших мониторинговых исследований. Отмечено разнообразие сейсмических источников, включая тектонические землетрясения, техногенно-

индуцированные события в местах добычи углеводородных полезных ископаемых, а также взрывов в карьерах на месторождениях твердых полезных ископаемых.

Проведенный полевой эксперимент по регистрации сейсмических сигналов продемонстрировал высокую эффективность в регистрации как региональных, так и телесейсмических событий. За год работы было зарегистрировано значительное количество событий, что подтверждает активность сейсмических процессов в регионе. Кроме того, эксперимент позволил выявить новые, ранее неизвестные сейсмически активные зоны.

Найденные инструментальные сейсмологические подтверждения сейсмоопасных зон, выделенных ранее только по геофизическим данным, подчеркивают значимость сейсмического мониторинга в этом регионе. Результаты исследования подчеркивают необходимость создания стационарной сейсмической группы для мониторинга природных и техногенных землетрясений, а также взрывов, что поможет улучшить понимание и прогнозирование сейсмической опасности в Западном Казахстане

Литература

1. СП РК 2.03-30-2017. Строительство в сейсмических зонах.
2. Михайлова Н.Н., Великанов А.Е. О природе Шалкарского землетрясения (Западный Казахстан. 26 апреля 2008 года) // Промышленность Казахстана. 12. 2008 - 02. 2009. Вып. 6 (51) – 1 (52). С. 52-55.
3. Anderson J., Farrell W.E. et al. Center for seismic studies. Version 3 database: Schema reference manual. Technical report c 90-01. Arlington. 1990.
4. Peterson J. Observation and Modeling of Seismic Background Noise. Open-File Report 93-322, Albuquerque, New Mexico, 1993, 42 p.
5. Полетаев А.И. Сейсмотектоника зоны Главного Копетдагского разлома. М.: Наука. 1986. 131 с.