

## СЕЙСМИЧНОСТЬ «АСЕЙСМИЧНЫХ» РАЙОНОВ КАЗАХСТАНА И ПРОБЛЕМЫ В ЕЁ ИЗУЧЕНИИ

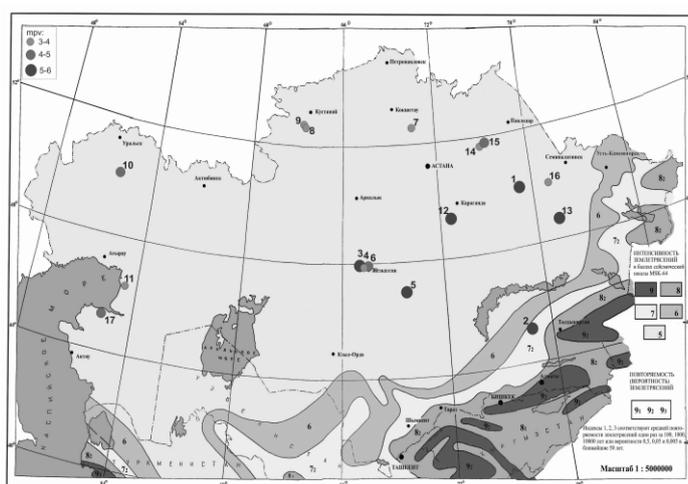
Михайлова Н.Н.

*Институт геофизических исследований Национального Ядерного Центра РК,  
г. Курчатов - г. Алматы, Казахстан*

**Аннотация.** В работе рассматривается вопрос изучения сейсмичности платформенных областей Казахстана, считавшихся ранее «асейсмичными», обсуждаются новые данные, полученные в связи с открытием сейсмических групп сети мониторинга Национального ядерного центра. Показаны достижения и проблемы в ее изучении.

**Введение.** В Казахстане традиционно на протяжении многих десятилетий сейсмоактивным считался юг, юго-восток и частично восток страны. Этот факт отражали и карты общего сейсмического районирования. Практически все станции, данные которых использовались при составлении каталога землетрясений, находились в пределах высокоактивного района на юго-востоке страны. Да и сам каталог составлялся в значительной степени субъективно, ограничиваясь строгими рамками района высокой сейсмичности – Северный Тянь-Шань и Джунгария. Сейсмические события в каталогах Казахстана из других районов практически отсутствовали. Развитие сетей происходило за счет новых сейсмических станций, которые, как правило, устанавливались в районах уже известных как высокосейсмичные. Но, когда происходили сильные землетрясения в неожиданных для сейсмологов местах, там срочно появлялись новые станции, корректировались карты ОСР. Так произошло в Казахстане в связи с Джамбулским (1971 г.), и Зайсанскими (1990 г.) землетрясениями.

На начало работ по изучению сейсмичности в платформенных областях Казахстана действующей картой общего сейсмического районирования Казахстана являлась карта, включенная в Строительные нормы Республики Казахстан «Строительство в сейсмических районах» (СНиП РК В.1.2.-4-98) [1] (рис. 1). Огромная территория Казахстана оставалась белым пятном в отношении сведений об ее сейсмичности.

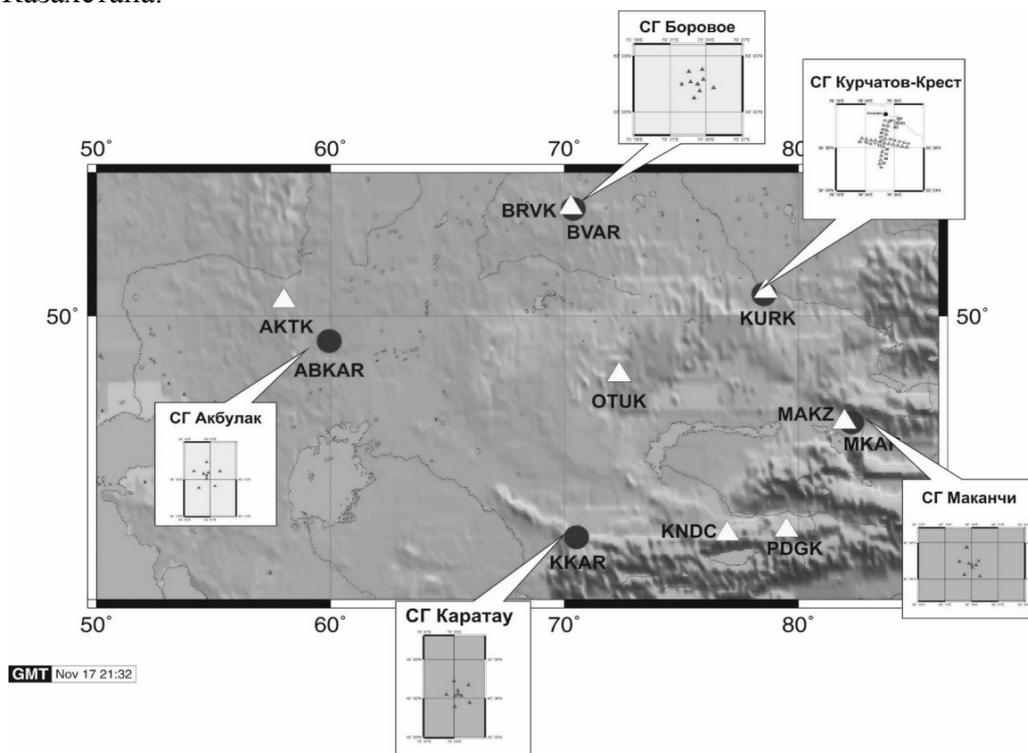


*Кружки – эпицентры землетрясений с  $m_b \geq 3,5$*

**Рис. 1.** Карта сейсмического районирования Казахстана 1998 г

Существенный сдвиг в вопросе сейсмического мониторинга всей территории Казахстана произошел после 1996 г.- года подписания Казахстаном ДВЗЯИ (Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний). По этому Договору в стране должны были быть построены объекты Международной системы мониторинга (IMS), причем их размещение не было связано с априорными представлениями о сейсмичности района. Задача сети IMS – это контроль выполнения ДВЗЯИ в отношении ядерных испытаний.

**Сеть наблюдений – ключевой момент в изучении сейсмичности «асейсмических» территорий.** Основные критерии при создании сети мониторинга МСМ – удачное расположение станции в конфигурации всей системы, тихое место с точки зрения уровня «сейсмических шумов», размещение аппаратуры в скважинах в коренных породах. К 2006 г. было построено и введено в эксплуатацию пять новых сейсмических групп (10 – 21 элемент в каждой группе) и одна трехкомпонентная станция, входящие в системы IMS ОДВЗЯИ и АФТАС. Кроме того, с 1994 г. были установлены три станции IRIS, позже еще три станции НЯЦ РК (рис. 2). Введен в строй в 1999 г. новый Центр обработки данных в г. Алматы, выполняющий функции Казахстанского национального центра данных (KNDC) в системе IMS. Начали составляться сейсмические бюллетени на всю территорию Казахстана и значительную часть приграничных стран Центральной Азии. Параллельно началась работа со ставшими доступными данными мировых центров по сбору информации по событиям на «асейсмичной» территории Казахстана.



*Кружки – сейсмические группы (конфигурация на выносных схемах), треугольники – сейсмические трехкомпонентные станции, звездочки – инфразвуковые станции*

**Рис. 2.** Сеть станций мониторинга НЯЦ РК

Уже первые годы работы новой системы [2] показали, что «асейсмичная» территория таковой не является. Здесь могут происходить достаточно сильные землетрясения, представляющие опасность для населенных пунктов и ответственных объектов. За небольшой исторический период произошли землетрясения с интенсивностью до 7-8 баллов в эпицентре на той территории, которая вообще не считалась сейсмичной. Это такие землетрясения, как Шалгинское землетрясение 22.08.2001 г. (Центральный Казахстан)  $M_s= 5.0$ ,  $I_o= 6$  баллов, Шалкарское землетрясение 26.04.2008 г. (Западный Казахстан)  $mb= 5.0$ ,  $M_s= 4.6$ ,  $I_o= 7-8$  баллов, Карагандинское землетрясение 21.06.2014 г. (Центральный Казахстан)  $mb = 5.3$ ,  $I_o = 5$  баллов, Чингизское землетрясение 20.01.2015 г. (Восточный Казахстан, близ Семипалатинского полигона)  $mb= 5.3$ ,  $I_o = 5-6$  баллов и другие. Начали регистрироваться сейсмические события в районах разработки жидких и твердых полезных ископаемых, таких как Тенгизское месторождение углеводородов, Жезказганское меднорудное месторождение, Экибастузское и Карагандинское угольные месторождения и др. На рис. 1 представлен далеко не-

полный перечень событий, эпицентры которых относятся к считавшейся ранее «асейсмичной» территории. Видно, что на столь обширной «асейсмичной» территории Казахстана землетрясения происходят в разных ее регионах, в разных условиях. «Асейсмичную» территорию уже уверенно можно назвать «слабосейсмичной».

### **Разнообразие природы землетрясений слабосейсмичной территории Казахстана.**

Отметим, что для изучения ряда этих событий были организованы специальные экспедиции с задачами построения карт изосейст и регистрации афтершоков. Кроме того, изучались все собранные записи по разным станциям, данные международных центров данных, механизмы очагов, СМТ, спектральные характеристики, делались выводы о наиболее вероятном механизме и плоскости разрыва, связи с конкретным разломом и др. Можно уверенно говорить о разнообразии природы регистрируемых в платформенной области Казахстана землетрясений.

*Во-первых*, это, конечно, тектонические землетрясения. Их глубины говорят о том, что это коровые землетрясения. Диапазон глубин достигает примерно 40 км. Примером тектонического события может быть Шалгинское землетрясение 2001 г. Глубина очага 8 км. Оно подробно изучено, работала эпицентральная экспедиция. Построен механизм очага [3]. Другим интереснейшим примером может быть и первое из необычных событий в платформенном районе - Баканасское землетрясение 1979 г. Изучено детально в силу ряда уникальных особенностей. Глубина очага 40 км подтверждена наличием глубинных фаз на записях далеких станций на телесеismicких расстояниях.

Природным событием, но несколько другой природы является Шалкарское землетрясение 2008 года в Западном Казахстане вблизи оз. Шалкар [4]. Район Шалкарского землетрясения находится в северной части Прикаспийской впадины, где чехол осадочных пород до кристаллического фундамента достигает 15–18 км. Важная особенность разреза чехла – наличие мощной (до 3–4 км в первичном залегании) соленосной толщи кунгурского возраста ( $P_1k$ ), разделяющей чехол на подсолевой и надсолевой структурно-формационные комплексы. В соответствии с изученными условиями в эпицентральной зоне, геологическими, тектоническими характеристиками считается, что это естественное тектоническое явление, связанное с карстовым процессом и активным соляным диапиризмом. Землетрясение неглубокое, зарегистрированы сильные инфразвуковые волны инфразвуковой станцией НЯЦ РК.

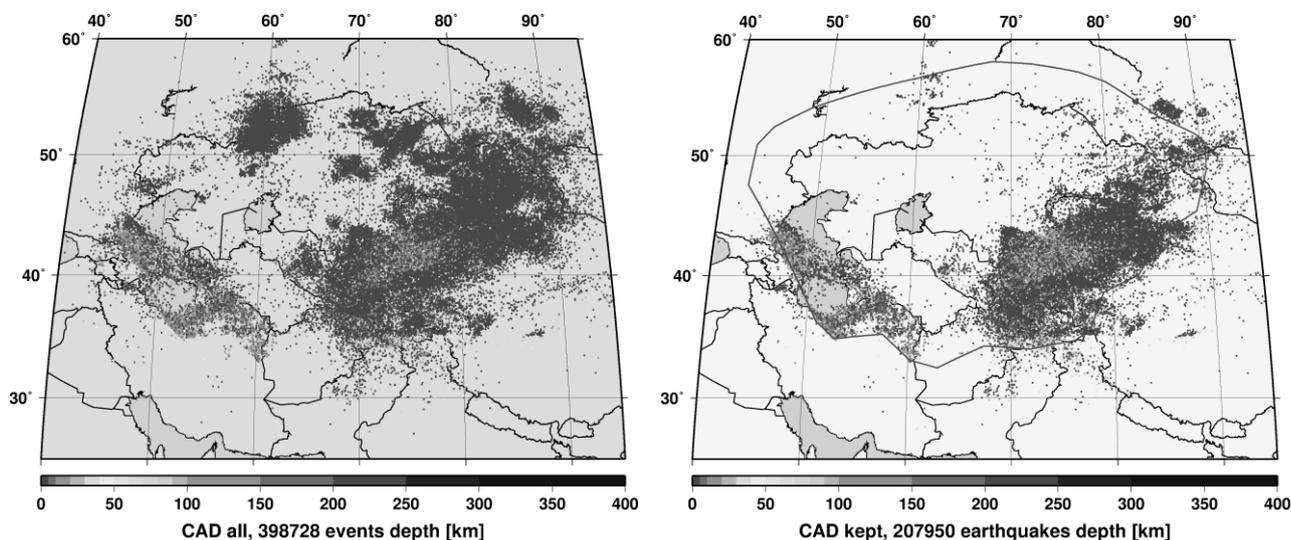
*Во-вторых*, это техногенные землетрясения. Казахстан богат полезными ископаемыми, их разработка ведется очень активно. Это и добыча жидких углеводородов и твердых полезных ископаемых. Техногенные землетрясения возникают в результате активной и продолжительной производственной деятельности при добыче полезных ископаемых. Сетью станций НЯЦ РК фиксируются многочисленные сейсмические события непосредственно в пределах месторождений, их гипоцентры четко локализованы и находятся в промышленном слое, из которого производится добыча нефти. Такова, например, ситуация в Тенгизе, где на фоне большого числа слабых толчков в последние годы регистрируются и довольно сильные ощутимые землетрясения. Имеются землетрясения, зарегистрированные в платформенной зоне вблизи месторождений или в пределах месторождений, где длительное время проводятся техногенные воздействия (горные работы, карьерные и подземные взрывы). Отличие рассмотренных сейсмических событий от природных тектонических состоит в том, что они, скорее всего, не произошли бы на территории данного района, если бы не было влияния и опосредованного участия техногенных факторов, которые становятся триггером таких коровых землетрясений.

Подобные землетрясения относят к техногенно-тектоническим [5] или природно-техногенным [6]. В.В.Адушкин отмечал: «Очаговые зоны таких землетрясений образуются как вблизи производства, так и на значительном расстоянии, которые определяются особенностями тектонического строения и изменившимися потоками энергии и флюида. Само землетрясение может произойти в любое время, без какой-либо связи с расписанием техноген-

ных воздействий. Основной вклад в энергию этих землетрясений вносят тектонические напряжения». Обычно такие землетрясения образуются в верхних слоях земной коры и сопровождаются высокой интенсивностью воздействий. К таким природно-техногенным землетрясениям можно отнести Жезказганскую серию сильных землетрясений, Карагандинские землетрясения, землетрясения близ г. Рудный в Северном Казахстане, землетрясения в Экибастузе и Каражыре и ряд других.

Проблемой является слежение за техногенной сейсмичностью имеющимися стационарными станциями. На платформенных территориях их количество никогда не будет удовлетворять задачам представительной регистрации слабых событий. Необходимо комплексировать данные постоянных станций и локальных сетей. Создаваемые на месторождениях специальные сети мониторинга позволяют не только контролировать техногенную сейсмичность, но и искать пути управления рисками возникновения техногенных землетрясений. Пример – сети на Тенгизе, Карачаганаке. С природно-техногенными событиями дело обстоит сложнее.

**Карьерные взрывы и проблема в изучении платформенной сейсмичности.** Для Казахстана проблемой является распознавание взрывов и землетрясений из-за огромного количества регистрируемых сетью НЯЦ РК карьерных взрывов. Так, за 10 последних лет в сейсмический бюллетень KNDC вошло 194 000 событий, из них 64 000 – это взрывы [7]. Известно, что ряд техногенных землетрясений происходит практически там же, где проводятся и взрывы. Идентификация природы событий в бюллетенях и каталогах – трудная и затратная по времени задача при рутинной обработке данных. Разрабатываются методы распознавания, совершенствуются технологии. Но надо понимать, что это необходимый и важный этап работ в рамках подготовки каталогов для изучения сейсмической опасности. На **рис. 3** показаны карты эпицентров по данным каталога Центральной Азии в международном проекте CASHA-BU, в результате которого создан каталог землетрясений Центральной Азии как основа для расчета карт сейсмической опасности [8]. Видно, как радикально меняется картина сейсмичности после идентификации и удаления карьерных взрывов. Основная работа по маркировке взрывов в каталоге в этом проекте выполнялась в KNDC.



**Рис. 3.** Карты эпицентров по каталогу CASHA-BU всех событий (слева) и только землетрясений (справа).

**Новые знания, полученные при изучении сейсмичности слабосейсмичных областей.** Информация, полученная за последние годы по регистрации и изучению событий на платформенной части Казахстана, позволила получить важные знания и выявить некоторые закономерности. Тезисно их можно свести к следующему:

- изменился взгляд на сейсмичность и сейсмическую опасность территории Казахстана. Часть этих данных использована при составлении новых карт сейсмического зонирования Казахстана 2006 г. и 2017 г.

- впервые получены интересные результаты по изучению напряженно-деформированного состояния Казахского щита по данным механизмов очагов, зарегистрированных сетью НЯЦ РК. Показано, что система напряжений на рассматриваемой территории Казахской платформы существенно отличается от наблюдаемой в хорошо изученной сейсмоактивной части Северного и Южного Тянь-Шаня. Система напряжений характеризуется условиями близгоризонтального сжатия и направлениями, согласующимися с направлениями движения альпийских геоморфоструктур [9, 10].

- выявлены закономерности в проявлении афтершоковой деятельности землетрясений в высокоактивной и слабосейсмичной зоне. При природных землетрясениях на платформе либо отсутствовали, либо наблюдались лишь единичные афтершоки, в активных районах Северного Тянь-Шаня, Джунгарии – регистрируется большое количество последующих толчков.

- платформенные области в целом отличаются более слабым поглощением сейсмических волн. Но имеются районы, где добротность ниже, чем на высокоактивном Северном Тянь-Шане. Так на территории Семипалатинского испытательного полигона в районе площадки Балапан выявлены области высокого поглощения. Там проводились мощные ядерные взрывы и проходят крупнейшие разломные зоны. Постоянная вибрация облегчала миграцию глубинных флюидов по разломным зонам.

### Литература.

1. Строительство в сейсмических районах (СНиП РК В. 1.2-4-98) // Комитет по жилищной и строительной политике Министерства энергетики, индустрии и торговли РК. Алматы, 1998. 39с.
2. Михайлова Н.Н. Важные результаты, полученные благодаря открытию сейсмических групп в Казахстане. // Вестник НЯЦ РК. – 2016. – Вып. 2. - С.23.
3. Михайлова Н.Н. Шалгинское землетрясение в Центральном Казахстане 22.08.2001 г./Михайлова Н.Н. Неделков А.И., Соколова И.Н., Казаков Е.Н., Беляшов А.В. //Геофизика и проблемы нераспространения: Вестник НЯЦ РК, 2002. Вып. 2(10). - С. 78-87.
4. Михайлова Н.Н. О природе Шалкарского землетрясения (Западный Казахстан, 26 апреля 2008 года) / Н.Н.Михайлова, А.Е.Великанов // Промышленность Казахстана, 12.2008-02.2009.
5. Masaki N., 2002. Determination of focal mechanism solution using initial motion polarity of P and Swaves. Physics of the Earth and Planetary Interiors. 130,0031–9201.
6. Адушкин В.В., Турунтаев С.Б.Техногенная сейсмичность–индуцированная и триггерная. Москва: ИДГРАН, 2015.- 364 с.
7. Мукамбаев А.С. Сейсмичность взрывных работ на территории Республики Казахстан. /Мукамбаев А.С. Михайлова Н.Н. // Вестник НЯЦ РК. – 2017. – Вып. 4. - С.124.
8. Bondar I., Mackey K., Berezina A., Mikhailova N. The Central Asia Comprehensive Seismic Bulletin // СТВТ Science and Technology Conference 2023 (SnT2023).Book of Abstracts.
9. Михайлова Н.Н. Сейсмичность и характер напряжённо-деформированного состояния в слабосейсмичных районах Казахстана. /Михайлова Н.Н., Полешко Н.Н. // Вестник НЯЦ РК. - 2013. - Вып. 2. -С.140-153.
10. Узбеков А.Н. Напряженно-деформированное состояние Казахского щита, по данным механизмов очагов землетрясений. /Узбеков А.Н., Полешко Н.Н. // Геодинамика и тектонофизика. – 2022. – Т. 13. – №1. – С. 1 – 11.