

УДК 550.344

СЕЙСМИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ ГЛАВНОГО ЧИНГИЗСКОГО РАЗЛОМА ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛЛИГОНА

Мукамбаев А.С., Михайлова Н.Н.

Институт геофизических исследований, Курчатов, Казахстан

Изучена историческая и современная сейсмическая активность Главного Чингизского разлома, подтверждена его современная активность на всем протяжении от оз. Алаколь до хр. Муржик. Оценен сейсмический потенциал Чингиз-Алакольской сейсмогенерирующей зоны. Результаты работы имеют большое значение для оценки сейсмического риска на территории бывшего Семипалатинского Испытательного Полигона.

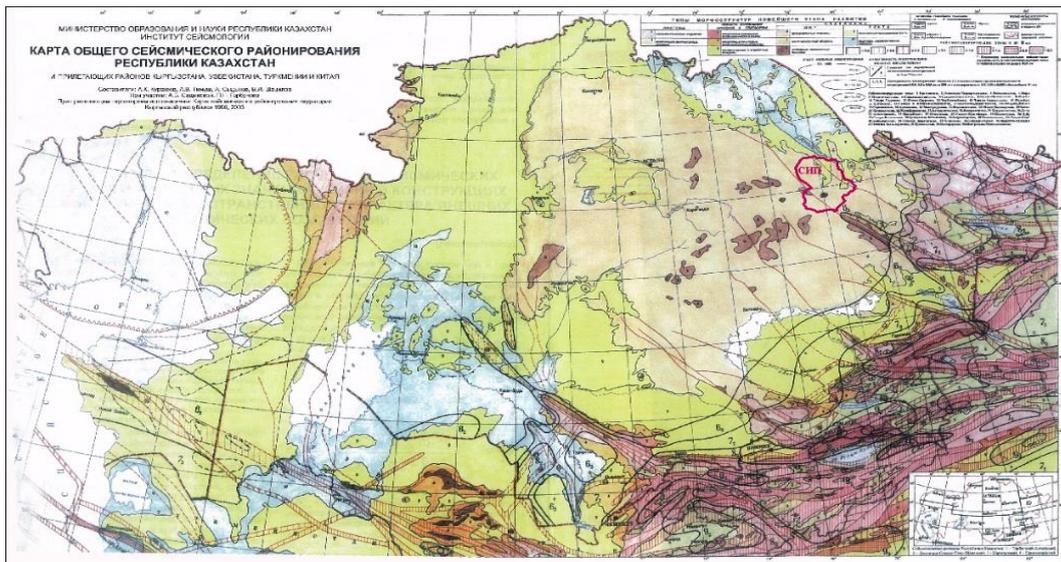


Рисунок 1. Карта общего сейсмического районирования территории Казахстана и сопредельных стран

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время действующей картой общего сейсмического районирования Казахстана является карта, включенная в Строительные нормы и правила Республики Казахстан «Строительство в сейсмических районах» (СНиП РК 2.03-30-2006) [1], составленная коллективом авторов Института сейсмологии Министерства науки – Академии наук Республики Казахстан в 2003г. (рисунок.1). Для её составления использован комплекс материалов, характеризующих геодинамические процессы, происходящие в недрах земной коры и верхней мантии: геолого-тектонические, геофизические, сейсмологические. В результате их совместного анализа выделены основные сейсмогенерирующие зоны, ответственные за возникновение в них очагов сильных землетрясений, оценен их сеймопотенциал в единицах магнитуд, рассчитаны области возможных сотрясений разной степени сейсмической интенсивности в единицах шкалы баллов MSK –64.

Однако последние данные по регистрируемым землетрясениям показали, что эта карта в ряде случаев не отражает реальную опасность некоторых районов Казахстана. Происходят землетрясения с

интенсивностью 6 и 7 баллов в местах, где они не ожидалось и которые считались асейсмичными. Такие события, например, произошли в Центральном (2001 г.), Западном (2008 г.) Казахстане. Одним из таких районов, отнесенных согласно карте ОСР к асейсмичным, является территория бывшего Семипалатинского испытательного полигона (СИП).

Ближайшие к СИП сейсмогенерирующие зоны – Иртышская, Чингиз-Алакольская и Жарминская, связанные с одноименными региональными разломами имеют сеймопотенциал по магнитудам $M=5-5,5$ (рисунок 2), но все эти зоны не доходят до СИП, заканчиваясь на юго-востоке от него. В работах по ОСР, например, в [2], эти зоны описаны очень кратко, так как отсутствуют достаточно детальные сейсмологические данные. Это связано с тем, что на протяжении десятилетий в этом регионе не проводились инструментальные наблюдения сетью сейсмических станций. Данные глобальных сетей наблюдений для этого района также были недоступны. По карте ОСР максимальная ожидаемая интенсивность сотрясений здесь не должна превышать 5 баллов по шкале MSK-64.

Однако следует заметить, что Главный Чингизский и Жарминский разломы прослеживаются и на территории СИП, пересекая его с юго-востока на северо-запад. Задачей настоящей работы было выяснение сейсмической активности Главного Чингизского разлома по историческим и современным данным в обоснование включения его и связанной с ним сейсмогенерирующей зоны в состав сейсмоопасных зон новой карты общего сейсмического зонирования (ОСЗ) Казахстана.

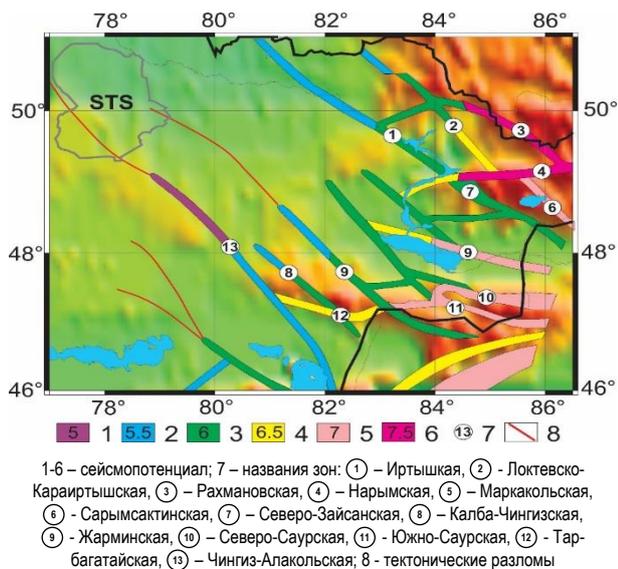


Рисунок 2. Сейсмогенерирующие зоны Тарбагатай-Алтайского региона

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ

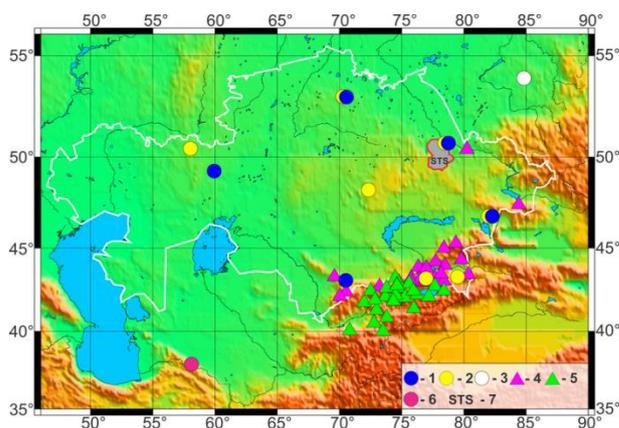
В последние десятилетия на территории Казахстана создана и функционирует новая цифровая сеть сейсмических станций РГП ИГИ, основными задачами которой является мониторинг ядерных испытаний и землетрясений во всем мире. Сейсмические станции РГП ИГИ характеризуются отличными условиями регистрации сейсмических сигналов, определяемыми низким уровнем сейсмических шумов в районе их расположения, а также расположением приборов в скважинах. Станции расположены в основном по периметру территории Казахстана (рисунок 3).

Данные этой системы используются для задач глобального мониторинга в Международных центрах данных при составлении мировых сейсмологических бюллетеней (REB, ISC, EMSC, ГС РАН) и проведения научных исследований специалистами разных стран (IRIS/DMC).

Безусловно, результаты работ этой системы используются и в решении задач оценки сейсмической опасности территории Республики, и для оперативного контроля за сейсмической ситуацией. Анализ данных сети станций мониторинга РГП ИГИ позволил установить наличие очагов землетрясений в различных местах, которые традиционно считались

«асейсмичными» на территории Казахстана или слабоактивными [3-6].

Первые обнаруженные события заставили более глубоко заняться изучением исторической сейсмичности территории СИП по материалам других центров данных и литературным источникам, что очень важно в аспекте оценки сейсмической опасности. Сотрудниками Центра данных РГП ИГИ проведен анализ ретроспективных исторических и новых данных цифровых станций мира. Наличие в Казахстане огромного архива исторических сейсмограмм с 20-х годов прошлого столетия позволило определить параметры ряда исторических землетрясений из различных районов Казахстана.



1 - сейсмические группы РГП ИГИ, 2 - трех компонентные станции РГП ИГИ, 3 - сейсмическая группа Залесово (Россия), 4 - Сейсмические станции СОМЭ МОН РК, 5 - Сейсмические станции КР, 6 - сейсмическая группа Алибек (Туркмения), 7 - территория бывшего СИП

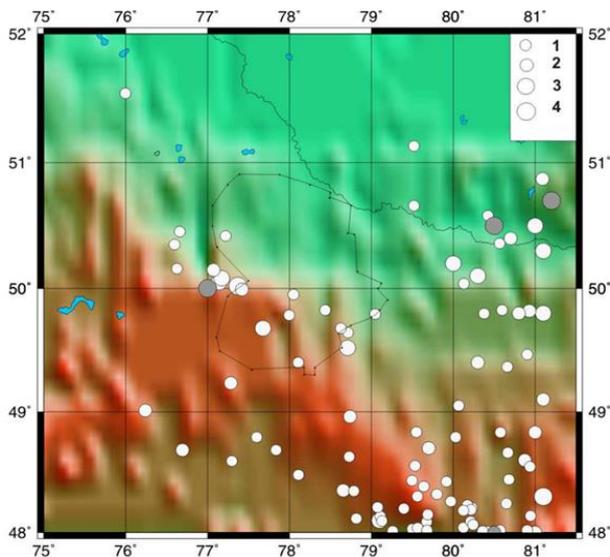
Рисунок 3. Карта сейсмических станций

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ СЕЙСМИЧНОСТИ, СВЯЗАННОЙ С ГЛАВНЫМ ЧИНГИЗСКИМ РАЗЛОМОМ

Были проанализированы данные об исторической сейсмичности района СИП по литературным источникам. В работах [7, 8] приведены сведения о сильных тектонических событиях из района СИП. Событие, которое произошло 28 сентября 1925 года, $t_0=21:42:40(\pm 20 \text{ с})$, $j=50(\pm 1^\circ)$, $l=77(\pm 1^\circ)$ расположено в районе Главного Чингизского разлома. Его магнитуда составила $M \sim 5.8 \pm 0.5$ (рисунок 4). Такое землетрясение способно вызвать в эпицентральной зоне колебания с интенсивностью в зависимости от глубины очага 7 и даже 8 баллов.

В более позднее время также обнаружены очаги землетрясений вблизи Семипалатинского испытательного ядерного полигона. По сейсмическим записям станций ИГИ НЯЦ РК 26 марта 1996 г. были выделены сигналы от землетрясения с магнитудой 4,7. Его эпицентр находился в непосредственной близости от массива Дегелен. Географически эта местность относится к северным склонам хребта Муржик, район глубинного Главного Чингизского разлома. В городе Курчатов это землетрясение ощущалось с интенсивностью 3 балла.

**СЕЙСМИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ ГЛАВНОГО ЧИНГИЗСКОГО РАЗЛОМА ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ
СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛЛИГОНА**



1 – mb <3; 2 – 3 ≤ mb ≤ 4; 3 – 4 ≤ mb; 4 – mb ≥ 5;
● – эпицентры до 1961 г., ○ – эпицентры после 1961 г.
Рисунок 4. Карта эпицентров исторических землетрясений из района СИП

Это событие вызвало большой интерес среди исследователей, занимающихся проблемами сейсмомониторинга ядерных взрывов, поскольку его эпицентр близок к эпицентрам проводившихся на полигоне ядерных испытаний. Детальный анализ записей позволил зарубежным специалистам убедиться, что это событие является землетрясением, обусловленным глубинными тектоническими процессами в земной коре. Ранее именно в этом районе уже было отмечено аналогичное землетрясение (20.03.1976, магнитуда 5,1 рисунок 5). Оно также подверглось тщательному анализу со стороны зарубежных ученых, направленному на выяснение природы этого события, т.е. на решение вопроса, не является ли это событие ядерным взрывом (например, [9]).

Для более детального исследования сейсмичности этого района с 2005 года в течение нескольких лет на территории СИП проводились полевые сейсмические наблюдения [10]. Было установлено, что наиболее активной зоной является район концентрации очагов землетрясений на западной границе СИП, связанной также с Главным Чингизским разломом. Но эти исследования были прекращены и в настоящее время не проводятся.

Последнее сильное землетрясение в этом районе произошло 20 января 2015 года в 15:30 по времени Астаны. В таблице 1 указаны основные параметры землетрясения по данным двух центров данных – ИГИ и NEIC (USGS). Все станции сети РГП ИГИ записали это землетрясение, самыми близкими к эпицентру землетрясения являлись станции Курчатова и Моканчи (рисунок 6).

Очаг землетрясения расположен в районе Главного Чингизского хребта в Чингиз-Алакольской сейсмогенерирующей зоне. Землетрясение ощуща-

лось на большой территории Казахстана на расстоянии от эпицентра до 300 км. В г. Курчатова оно проявилось с интенсивностью 4 балла, в г. Семей 2-3 балла, в г. Усть-Каменогорск 2 балла.

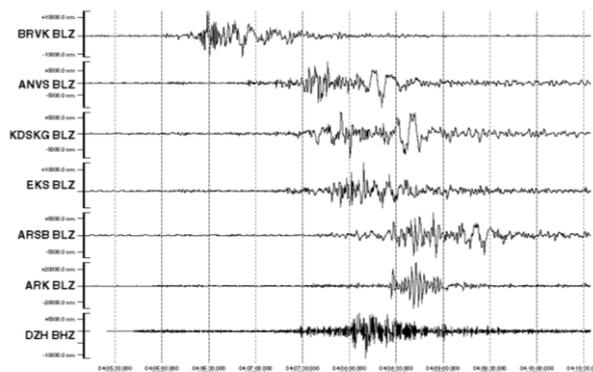


Рисунок 5. Сейсмограмма землетрясения 20.03.1976 г. в районе хребта Муржик. Ms=5.1, I0=5-6

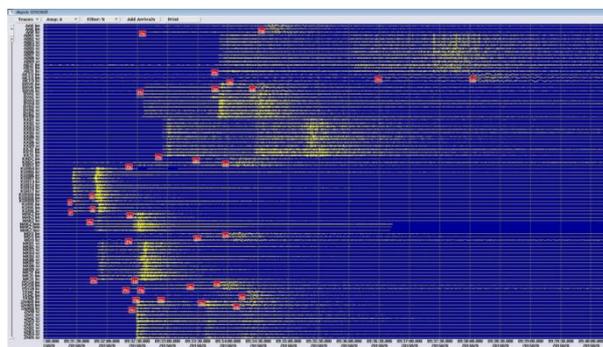


Рисунок 6. Запись землетрясения 20.01.2015 г. по станциям сети РГП ИГИ

Таблица 1. Основные параметры землетрясения 20 января 2015 года

Источник	Дата и время /GMT	с.ш.	в.д.	Глубина, км	mb	K
KNDC	2015-01-20 09:30:56.5	48.98°	78.76°	14.2	5.3	12.2
NEIC	2015-01-20 09:30:55.7	49.02°	78.83°	10	4.8	

22 января на имя руководителя Центра данных было получено письмо от акимата Абайского района с просьбой дать сведения об интенсивности сотрясений в некоторых населенных пунктах (Караул, Кенгирбай, Кокбай, Кундызды, Архат, Каскабулак, Медеу, Токтамыс, Саржал) Абайского района от землетрясения (рисунок 7). Определены расчетные значения интенсивности для перечисленных населенных пунктов (таблица 2) по уравнению макросейсмического поля (1):

$$I = bM_s - \gamma \lg \sqrt{\Delta^2 + h^2} + c \quad (1)$$

где Ms – магнитуда землетрясения, Δ – эпицентрально-расстояние, h – глубина гипоцентра, b, γ, c – региональные коэффициенты.

**СЕЙСМИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ ГЛАВНОГО ЧИНГИЗСКОГО РАЗЛОМА ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ
СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛЛИГОНА**

Таблица 2. Расчетная интенсивность в населенных пунктах Абайского района от землетрясения 20.01.2015г.

Населенные пункты	Эпицентральное расстояние, км	Баллы, MSK -64
Медеу	25	5-6
Караул	32	5
Кенгирбай	33	5
Токтамыс	42	5
Кокбай	47	5
Саржал	64	4
Кундызды	78	4
Архат	90	4
Каскабулак	96	4

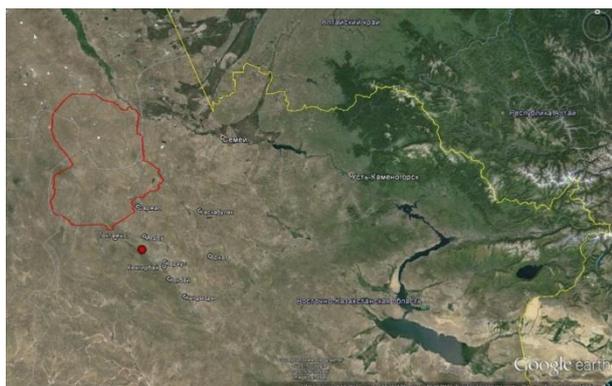


Рисунок 7. Карта расположения эпицентра землетрясения (красный кружок) 20.01.2015 г. и населенных пунктов, для которых определены расчетные значения интенсивности сотрясений

Главный Чингизский разлом и его сейсмический потенциал

Главный Чингизский разлом имеет северо-западное простирание и отличается прямолинейностью простирания. Он прослеживается на расстоянии, равном в общей сложности почти 600 км, протягиваясь от западных предгорий хр. Тарбагатай к восточному краю хр. Муржик. Таким образом, Главный Чингизский разлом пересекает всю территорию СИП. На северо-запад от хр. Муржик он приобретает несколько более меридиональное направление.

На крайнем юго-востоке разлом исчезает под рыхлыми отложениями Алакольской межгорной впадины, в пределах которой геофизическими методами этот разлом прослеживается еще на расстоянии 140 км, почти до границы КНР [12].

Главный Чингизский разлом относится к глубинным разрывным нарушениям первого порядка и имеет взбросо-сдвиговый характер с падением на юго-запад. Угол падения главных сместителей $70^{\circ} - 80^{\circ}$ (рисунок 8). Разлом представлен геоморфологический в виде уступов и разграничивает участки мелкосопочника от мелкогогорья. Зона разлома интенсивно рассланцована, некоторые участки окварцованы. Ширина зоны разлома достигает сотни метров [13]. Как показывают экспериментальные данные регистрации событий, Главный Чингизский разлом является активным на большом протяжении.

Главный Чингизский разлом отчетливо выделяется при дешифрировании снимка спутника LandSat (рисунок 9) протяженным и контрастным линейamentом, разделяющим участки разного цвета и мозаичности спектра. Это характерно для региональных разломов первого порядка, представляющим собой зону трещиноватости мощностью около 150 м. В горной местности он выражается рельефными уступами с превышением до 10 – 50 м, реже до 100 – 200 м (например, в районе Муржикских гор и хребта Хан-Чингиз).

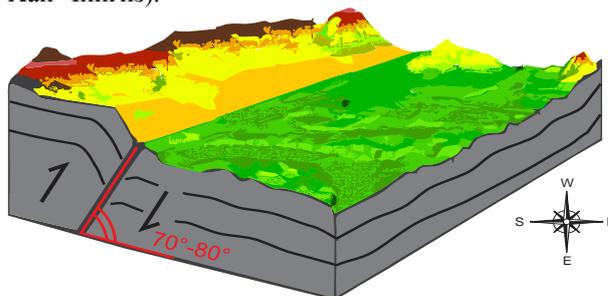


Рисунок 8. Схема Главного Чингизского разлома

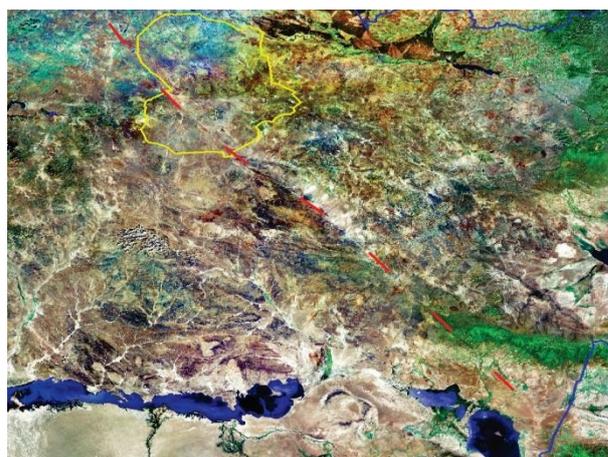


Рисунок 9. Главный Чингизский разлом на спутниковом снимке LandSat

Сейсмическими данными сети станций РГП ИГИ и центра данных показано, что как в историческом прошлом, так и в настоящее время, Главный Чингизский разлом является сейсмически активным на всем своем протяжении. Магнитуда событий может достигать значений 6. Этот факт, безусловно, должен учитываться при прогнозе сейсмических воздействий, что особенно важно в связи с функционированием уже существующих и строительством новых ответственных объектов на территории СИП.

Последние два года Центр данных участвует в создании новой карты общего сейсмического зонирования Казахстана. На этой карте Чингиз-Алакольская сейсмогенерирующая зона будет продлена на северо-запад через СИП (рисунок 9). Сейсмopotенциал этой зоны будет увеличен от 5 – 5,5 до 6 в единицах магнитуд. Это повлечет за собой расчет значений интенсивности и максимальных пиковых ус-

корений грунта, которые надо будет учитывать при строительстве объектов на территории СИП.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплексные данные по изучению исторической и современной сейсмичности, по дешифрированию космических снимков, тектонике и геологии позволили с достаточной достоверностью установить, что Главный Чингизский разлом представляет собой сейсмически опасный линеймент, который не был учтен на значительном протяжении в действующей

карте ОСР Казахстана. Новые данные переданы для учета в новой карте ОСЗ, где будет продлена зона влияния этого разлома, увеличен сейсмопотенциал связанной с ним сейсмогенерирующей зоны. Эти результаты имеют большое значение для оценки сейсмического риска на территории СИП. Необходимо продолжить на СИП прерванные детальные сейсмические наблюдения стационарной сетью сейсмических станций для мониторинга сейсмического режима этой зоны.

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП РК 2.03-30-2006. Строительство в сейсмических районах // ТОО «Издательство ЛЕМ». Алматы, 2006. - 80с.
2. Сейсмогенерирующие зоны Казахстана / А.В. Тимуш [и др.]. - ТОО «Хай Технолоджи». Алматы, 2012. - 80с.
3. Михайлова, Н.Н. Центральный и Восточный Казахстан / Н.Н. Михайлова, И.Н. Соколова // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году // М.: ГС РАН, 2003. - С. 89-91.
4. Михайлова, Н.Н. Новые данные о землетрясениях в асейсмичных районах Казахстана / Н.Н. Михайлова, И.Н. Соколова, А.И. Неделков // Геофизика XXI столетия: 2002 г.. Сборник трудов Четвертых геофизических чтений имени В.В. Федынского (28 февраля – 02 марта 2002 г. Москва). М.: Научный мир, 2003. - С. 251-255.
5. Беляшова, Н.Н. Центральный и Восточный Казахстан / Н.Н. Беляшова, Н.Н. Михайлова, И.Н. Соколова // Землетрясения Северной Евразии в 1996 году. М.: ГС РАН, 2002. - С. 71-75.
6. Михайлова, Н.Н. Шалгинское землетрясение в Центральном Казахстане 22.08.2001г. / Н.Н. Михайлова, А.И. Неделков [и др.] // Геофизика и проблемы нераспространения – Вып. 2 –Вестник НЯЦ РК, 2002. - С. 78-87.
7. Великанова, А.А. Изучение записей землетрясений с очагами в районе ядерных полигонов Центральной и Южной Азии / А.А. Великанова, А.Н. Узбеков // Вестник НЯЦ РК, 2013. – Вып.3. – С. 28 -136.
8. Чеканинский, И.В. Материалы о сейсмических явлениях в Семипалатинской губернии с 1760 по 1927 г. / И.В. Чеканинский // (по материалам Семипалатинского исторического архива).
9. Кондорская, Н.В. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР / Н.В. Кондорская, Н.В. Шебалин // ред. М. 1977 г.
10. Pooley, C.I. The seismic disturbance of 1976 March 20, 08.01.1994 t₀= 04h 15m39.659 φ=47.833 λ=67.451 h=20 km east Kazakhstan: earthquake or explosions? / C. I. Pooley, A. Douglas, R. G. Pearce // Geophys. J.R. Soc. -1983. - Vol.74. - P. 621-631.
11. Морговская, М.К. Изучение локальной сейсмичности семипалатинского испытательного полигона / М.К. Морговская, И.Н. Соколова [и др.] // Вестник НЯЦ РК, 2006. – вып.3. – С. 62 -69.
12. Самыгин, С.Г. Чингизский сдвиг и его роль в структуре Центрального Казахстана / С.Г. Самыгин // Труды геологического института АН СССР. М. Наука, 1974. – вып.253.
13. Комлев, А.В. Анализ факторов, способствующих миграции техногенных радионуклидов на территории юго- восточной части СИП / А.В. Комлев // Докл. Междунар. конф. молодых ученых и специалистов «Актуальные вопросы мирного использования атомной энергии», 6-8 июня. 2012. Алматы, Казахстан, ИЯФ, 2012. – С. 35-50.

СЕМЕЙ СЫНАУ ПОЛИГОНЫ АУМАҒЫ ҮШІН БАСТЫ ШЫҢҒЫС ЖАРЫЛЫМНЫҢ СЕЙСМИКАЛЫҚ ҚАУІПТІЛІГІ

Мукамбаев А.С., Михайлова Н.Н.

Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов, Қазақстан

Басты Шыңғыс жарылымның тарихи және қазіргі кездегі сейсмикалық белсенділігі зерделенген, Алакөл өзенінен Мыржық жотасына дейін қашықтығында оның қазіргі кездегі белсенділігі расталған. Шыңғыс-Алакөл сейсмоөндіру зонаның сейсмикалық әлеуеті бағаланған. Жұмыстың нәтижелері бұрын болған Семей сынау полигоны аумағында сейсмикалық қауіп-қатерді бағалау үшін маңызды болып келеді.

SEISMIC HAZARD OF THE MAIN CHINGIZ FAULT FOR THE TERRITORY OF SEMIPALATINSK TEST SITE

A.S. Mukambayev, N.N. Mikhailova

Institute of Geophysical Research, Kurchatov, Kazakhstan

The historical and contemporary seismic activity of the main Chingiz fault was investigated, its current activity at its whole extension from Alakol Lake to Myurzhyk ridge was confirmed. The seismic potential of Chingiz-Alakol seismic generating zone was estimated. The work results are very important for seismic risk estimation on the territory of the former Semipalatinsk Test Site.