

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 422 (2017), 74 – 79

A. Nurmagambetov

Kazakh national research technical university named after K. I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: nalkuat@mail.ru

THE ROLE OF PALAEOSEISMOLOGICAL DATA IN ASSESSMENT OF THE SEISMIC HAZARD IN KAZAKHSTAN

Abstract. The article is devoted to the use of palaeoseismological data in assessment of the seismic hazard in Kazakhstan. The main group of data on earthquakes, used in the preparation of maps of seismic zoning. It is particularly emphasized the importance of palaeoseismological data that complement the historical and current data on seismicity by identifying, describing and dating palaeoearthquakes large. It noted the low level of development palaeoseismological studies in Kazakhstan and offered the main directions of research.

Key words: earthquake, seismic hazard, seismic zoning, active fault, seismic dislocations, paleoseismology.

УДК 550.34

А. Нурмагамбетов

Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева,

Алматы, Казахстан

РОЛЬ ПАЛЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ ОЦЕНКЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ В КАЗАХСТАНЕ

Аннотация. Статья посвящена использованию палеосейсмологических данных при оценке сейсмической опасности территории Казахстана. Рассмотрены основные группы данных о землетрясениях, используемые при составлении карты сейсмического районирования. При этом особо подчеркнута важность палеосейсмологических данных, которые дополняют исторические и современные данные о сейсмичности путем выявления, описания и датирования крупных палеоземлетрясений. Отмечен слабый уровень развития палеосейсмологических исследований в Казахстане и предлагаются основные направления исследований.

Ключевые слова: землетрясение, сейсмическое районирование, сейсмодислокации, палеосейсмология, активный разлом, сейсмическая опасность.

Введение. Одна из важнейших задач современной сейсмологии – совершенствование методов оценки сейсмической опасности соответствующих территорий. Ныне эта задача стала особенно актуальной, поскольку действующие нормативные карты сейсмического районирования обладают определенными недостатками и промахами. Сильные землетрясения продолжают возникать неожиданно не только во времени, но и в пространстве, т.е. они продолжают происходить там, где их совсем не ожидали, или же их повторяемость не соответствует расчетной. К числу основных причин, снижающих качество карт сейсмического районирования, наряду с методическими недоработками, специалисты относят недостаточно полное привлечение исходных данных при их составлении [1].

Следуя основным принципам составления карты сейсмического районирования, при оценке сейсмической опасности необходимо учитывать три основные группы данных о землетрясениях: *доисторические, исторические и современные*. Каждая группа данных представляет большой самостоятельный интерес. Вместе с тем, дополняя друг друга, они имеют определяющее значение для конечного результата – оценки сейсмической опасности конкретной территории.

Доисторические данные о землетрясениях в классических трудах ученых часто называют палеосейсмологией, т.е. изучение доисторических землетрясений, главным образом их местоположение, время возникновения и величины [2, 4]. Необходимость использования палеосейсмологических данных при оценке сейсмической опасности вызвана, прежде всего, с расширением временной рамки и принципиальными возможностями использования сведений за большой срок времени.

Как известно, одной из проблем оценки сейсмической опасности любого региона является определение максимально возможного в нем землетрясения. Именно максимальные землетрясения, как бы редко они не происходили, определяют в первую очередь предельную силу воздействия на все сооружения данного региона. У сейсмологов эта проблема именуется проблемой M_{max} , то есть установление предельно возможных в определенном районе по магнитуде землетрясений. В этом отношении палеосейсмологические данные, с оценкой M_{max} представляют собой большой интерес не только для оценки ожидаемой сейсмической опасности, но и интервала повторения сильных землетрясений, ибо землетрясения постоянно повторяются там, где они когда-то происходили.

Основоположники палеосейсмологического метода – советские ученые-сибиряки предложили оригинальный способ находить места, где в прошлом происходили сильные внутриконтинентальные землетрясения с неглубокими очагами, но по разным причинам оставшиеся неизвестными [3, 4]. Однако только в отдельных районах Сибири метод полноценно использовался при сейсмическом районировании и, по ряду причин не получил должного развития в других регионах.

Значимый прогресс в этой области произошел за последние годы в рамках проекта «Землетрясения без границ» [5]. Участники проекта ведут работы по выявлению и изучению активных разломов в относительно стабильных континентальных областях с определением их возраста, хотя по сейсмостатистике в них отсутствуют сведения об исторических землетрясениях.

Таким образом, основное достоинство палеосейсмологических данных заключается в том, что они позволяют восстановить историю сильнейших землетрясений за период времени, сопоставимый и превышающий период повторяемости таких событий в одной очаговой зоне

Под *историческими* данными подразумеваются изучения землетрясений исторического периода, обеспеченные письменными сведениями по сильным землетрясениям (макросейсмические данные). Они несут наиболее важную информацию, являясь по существу для многих районов на сегодняшний день, единственной основой для количественной оценки максимального уровня сейсмической опасности.

Вместе с тем, систематизированные макросейсмические данные по землетрясениям характеризуют лишь очень небольшой отрезок времени, по существу с начала XX в. Это крайне малый временной интервал возможного изучения землетрясений. Первой капитальной сводкой (только макросейсмических данных) о землетрясениях территории бывшего СССР и сопредельных регионов следует считать каталог И. В. Мушкетова и А. П. Орлова [6]. Ясность и конкретность содержащихся в нем данных во многом определили возможность их использования для оценки численных параметров исторических землетрясений.

Современные данные о землетрясениях включают и макросейсмические, и инструментальные сведения о землетрясениях. Исторически макросейсмические приемы сложились раньше, но на современном этапе были предложены новые описательные шкалы для классификации землетрясений по их силе, методике обработки и анализа данных [7, 8].

История развития инструментальных сейсмических наблюдений берет свое начало с конца XIX века, когда еще в некоторых странах предпринимались попытки применить для наблюдений случайный набор сейсмической аппаратуры (приборы системы Боша, Мильна, Элрета, Цельнера и др.). С начала XX века (с 1907 г.) начинается организация сети сейсмических станций на территории России, а регулярные сейсмические наблюдения, в том числе на территории Казахстана, начинаются с 1927 г. С тех пор происходит дальнейшее повышение эффективной чувствительности сейсмических станций, расширение динамического и частотного диапазонов регистрируемых сигналов.

Таким образом, исторический и современный периоды изучения землетрясений, вместе взятые, составляют чуть больше 100 лет. Достаточный ли это срок для оценки сейсмической опасности? В действительности, никто не может сказать, какой период наблюдений считать достаточным, чтобы полагать, что в течение него сильнейшее землетрясение обязательно проявится. Ведь интервал повторения сильных землетрясений с $M > 7$ для разных зон может колебаться от десятков лет до 1,5–2 тыс. лет. Также на сегодняшний день известно, что в ряде регионов сейсмическая активность проявляется во времени не равномерно, а подвержена флуктуациям. Отсюда становится ясно насколько важно привлечение сведений о палеоземлетрясениях для наиболее полной и объективной оценки сейсмической опасности.

Исследования в Казахстане. Сейсмоактивный пояс Казахстана включает как области новейшего горообразования, где произошли сильнейшие землетрясения в конце XIX и начале XX вв., так и стабильные континентальные и платформенные области, которые относят к числу, так называемых, слабоактивных в тектоническом отношении. Проявления сейсмичности в них различны, и естественно, сейсмологическая изученность этой обширной территории неравномерна, как с точки зрения доисторического, так и исторического и современного этапов.

На Северном Тянь-Шане изучение сопутствующих разрушительным Верненскому 1887 г. и Кеминскому 1911 г. землетрясениям сейсмодислокаций (сейсмодислокации – любые гравитационные и разрывные деформации рельефа и горных пород, возникающие под воздействием сильных землетрясений [9]) успешно осуществлялось уже в начале прошлого столетия основоположниками сеймотектоники И. В. Мушкетовым и К. И. Багдановичем [10].

Более поздние подобные исследования в Казахстане обобщены в работе «Сейсмодислокации Южного Казахстана» [11]. Подавляющая часть этих исследований связана с территорией Северного Тянь-Шаня и частично Жонгарии (Джунгарии). В пределах Жонгарского Алатау хотя в обозримом прошлом не известны очаги крупных землетрясений, но как приведены в работе [11] «... широкое распространение сейсмодислокаций в пределах почти всей Джунгарии свидетельствует о том, что в недалеком прошлом они (крупные события) здесь происходили». На территории остальных горных регионов Казахстана, где широко развита система разнонаправленных разломов разной категории, достаточно убедительно свидетельствующих о высокой интенсивности неотектонических процессов, сейсмодислокации изучены слабо или вовсе не изучены.

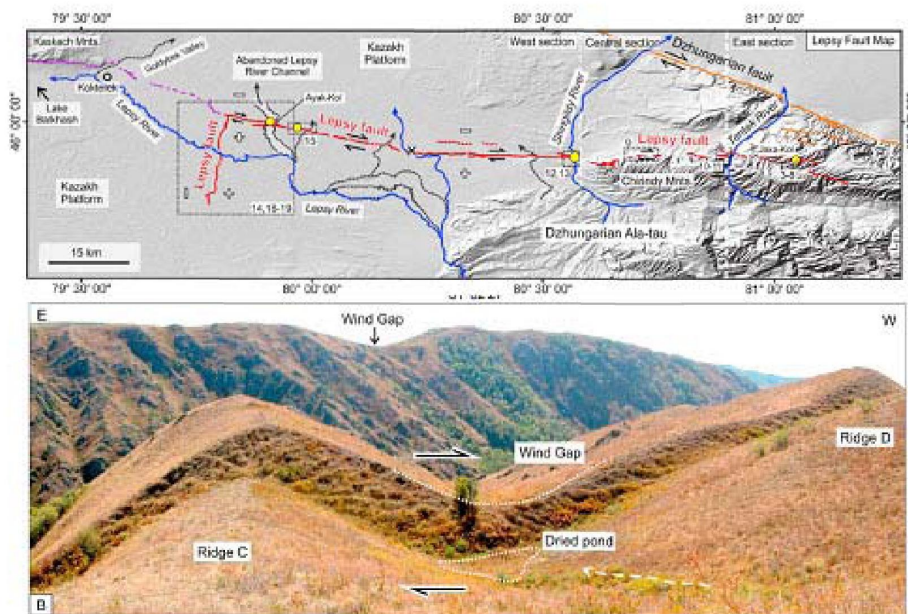


Рисунок 1 – Карта восточной части Лепсинского разлома (а) и вид с юга хребтов С и D, где четко виден 10-метровый вертикальный уступ и значительный сдвиг по латерали вправо (б) [13, 16]

Figure 1 – The map of the eastern part of Lepsinsk fault (a). View from the south ridge C and D. The 10-meter vertical step and the significant shift laterally to the right are clearly visible (b) [13, 16]

Особый интерес представляет оценка сейсмического потенциала слабоактивных платформенных областей Казахстана, где за последние годы зарегистрированы несколько сильных землетрясений [12]. Здесь исследователи наталкиваются на практическое отсутствие сведений о сильных землетрясениях прошлого и естественно, на отсутствие каких-либо зримых следов на поверхности. Однако, в настоящее время существуют и другие подходы при отсутствии видимого на поверхности сейсмогенерирующего разрыва [17].

Мы, выше упомянули об исследованиях, проводимых в рамках проекта «Землетрясения без границ». Цель этих исследований заключается в поиске и изучении активных поверхностных разрывов, в пределах которых в историческом прошлом происходили разрушительные землетрясения, но по сейсмостатистике отсутствуют сведения о них. О результатах этих исследований на территории Центральной Азии шел разговор на научно-практической конференции в г. Алматы 7–9 сентября 2016 г., организованной при поддержке фонда им. академика Ш. Есенова.

Участниками проекта был выполнен ряд исследований на территории Центральной Азии, в том числе и на территории Казахстана, который представляет большой интерес с точки зрения оценки сейсмической опасности [13-15 и др.]. Так, в пределах Лепсинского разлома (западное окончание Жонгарского Алатау) выявлен активный сегмент, протяженностью 120 км, где в недалеком геологическом прошлом, произошло несколько катастрофических землетрясений. Как пишут авторы «...расчеты размера землетрясения позволили авторам предположить, что последнее событие могло иметь максимальную магнитуду $M_w = 7,5-8,2$ и оно может оказаться тем самым самым сильным разрушительным землетрясением, которое произошло в 1715 г. в районе озера Балхаш в Джунгарии» [13,16]. Возможно, авторы имели ввиду землетрясение 1716 г., которое упоминается в [6]. До сих пор какие-либо сведения об этом землетрясении отсутствовали кроме летописных данных «... разрушен г. Аксу, ощущалось до Балхаша и Зайсана».

Лепсинский разлом является ярким примером того, что и другие разломы северо-западного направления, которые картируются на поверхности в этом регионе, могут продуцировать сильные землетрясения.

В частности, в пределах Жонгарского разлома, простирающегося на более чем 300 км от западного конца Жонгарских гор в северо-западном направлении [14], также выявлены участки возможного сильного палеоземлетрясения с магнитудой $M \geq 7$.

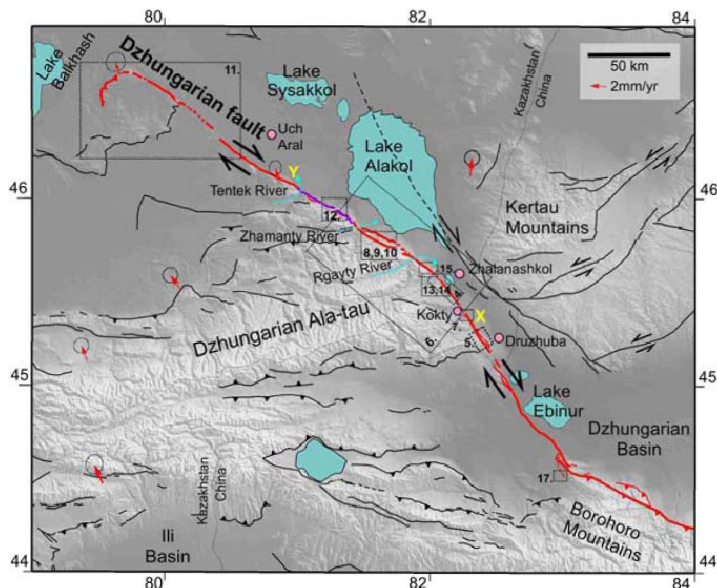


Рисунок 2 – Жонгарский разлом (Северо-Джунгарский).
Фиолетовая линия – возможный разрыв длиной 32 км в результате палеоземлетрясения [14]

Figure 2 – Zhongarsky fault (North Zhongar).
The purple line – possible rupture of the Paleoeartquakes 32 km long [14]

Определенные перспективы в области палеосейсмологических исследований на территории Казахстана имеются и в Прииртышье, на западных предгорьях Алтая, и на Мангышлаке [18].

Поиск и детальное изучение таких структур было бы важным для достоверной оценки сейсмической опасности территории Казахстана.

Заключение. Палеосейсмологический метод активно развивается, имеет хорошие возможности и перспективы в оценке сейсмической опасности, хотя до последнего времени данные о палеоземлетрясениях ставились под сомнение некоторыми исследователями. Остается только уделить этому вопросу должное внимание со стороны исследователей.

Ниже предлагаются основные направления развития палеосейсмологии в Казахстане.

1. Необходимо провести детальное картирование территории Казахстана, особенно южной части, на предмет выявления уже закартированных и новых палеосейсмодислокаций. Необходимо картировать дислокации разрывного и гравитационного типов (оползни, обвалы и др.).

2. Предварительно необходимо изучить всю имеющуюся аэрофото- и космодокументацию по территории с целью выявления наиболее пораженных участков, активных разрывов и т.д.

4. В районах детальных исследований необходимо проведение детального картирования уступов и других структур с использованием дифференциального GPS высокого разрешения.

5. В районах, где выявлены активные разломы, уступы и др. необходимо проведение тренчинговых работ по проходке траншей и описания стенок по специальной методике с отбором образцов на определение возраста древних событий.

6. В районах, где обнаружены крупные оползни, необходимо проведение работ по определению их возраста.

7. Наконец, собранные материалы должны быть обработаны с составлением детальных схем-диаграмм повторяемости событий, определения магнитуды древних событий по известным соотношениям и другим работам.

Проблема снижения сейсмической опасности и защиты от землетрясений имеет много сторон – научную, инженерную, экономическую и другие. На долю сейсмологов приходится, прежде всего, правильная оценка уровня сейсмической опасности. В этом отношении использование сведений о доисторических и исторических землетрясениях вместе с современными данными резко расширяют временные рамки, тем самым позволяют более обоснованно оценить уровень сейсмической опасности.

Автор признателен А. Л. Стром и К. Абдрахматову за полезные предложения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Уломов В.И. Об основных положениях и технических рекомендациях по созданию новой карты сейсмического районирования территории РФ // Сб. «Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии». – Вып. 2-3. – М., 1995. – С.9-26.
- [2] Хромовских В.С., Никонов А.А. По следам сильных землетрясений. – М.: Наука, 1984. – 144 с.
- [3] Солоненко В.П. Палеосейсмология // Изв. АН СССР. Физика земли. – 1973. – № 9. – С. 3-16.
- [4] Палеосейсмология / Под ред. Дж. Мак-Калпина. – Т. 1. – Научный мир. – 2011. – 560 с.
- [5] <http://ewf.nerc.ac.uk/>
- [6] Мушкетов И.В., Орлов А.П. Каталог землетрясений Российской империи. – Зап. РГО. 26. – СПб., 1893.
- [7] Медведев С.В. Определение балльности (интенсивности) землетрясений // Землетрясения в СССР. – М.: Из-во АН СССР, 1961. – С. 103-125.
- [8] Медведев С.В. Международная шкала сейсмической интенсивности // Сейсмическое районирование СССР. – М.: Наука, 1968. – С. 151-162.
- [9] Флоренсов Н.А. Очерки структурной геоморфологии. – М.: Наука, 1978. – 237 с.
- [10] Нурмагамбетов А. Сейсмическая история Алматы. – Алматы, 1999. – 62 с.
- [11] Гапич В.А., Тимуш А.В., Чабдаров Н.М. Сейсмодислокации Южного Казахстана. – Алма-Ата: Институт сейсмологии, 1989. – 52 с. – Деп. ВИНТИ 12.04.1989. № 2420-В89.
- [12] Михайлова Н.Н. Сейсмический мониторинг в Казахстане // Межд. конф. «Наука о землетрясениях и их рисках в Центральной Азии». – Алматы, 2016.
- [13] Grace E. Campbell, Richard T. Walker, K. Abdrakhmatov, J. Jackson, John R. Elliott, David Mackenzie, Timothy A. Middleton, Jean-Luc Schwenninger, (2015). Great earthquakes in low-strain-rate continental interiors: an example from SE Kazakhstan // Journal of Geophysical Research. 2015. doi:10.1002/2015JB011925.
- [14] Campbell G.E., Walker R.T., Abdrakhmatov K., Schwenninger J.L., Jackson J., Elliott J.R., Copley A. 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. – Vol. 118, 1–18, doi: 10.1002/jgrb.50367, 2013.
- [15] Abdrakhmatov K.E., Walker R.T., Campbell G.E., Carr A.A., Elliott A., Hillemann C., Hollingsworth J., Landgraf A., Mackenzie D., Mukambayev A., Rizza M.A., Sloan R.A. Rupture of the July 11th 1889 Chilik earthquake (Mw 8.0-8.3) in the Kazakh Tien Shan, 1 identified from remote-sensing, field survey, and palaeoseismic trenching. – 44 p.

- [16] Абдрахматов К.Е., Ельдеева М.С. Лепсинский разлом (Восточное Прибалхашье) и оценка сейсмической опасности // Известия НАН РК. – 2016. – Т. 5, № 419. – С. 92-98.
- [17] Никонов А.А. Палеосейсмологический подход при сейсмическом районировании и оценке сейсмической опасности // Сб. «Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии». – Вып. 2-3. – М., 1995. – С. 46-62.
- [18] Нурмагамбетов А. О сейсмичности и сейсмической опасности Мангыстауского региона // Доклады МН-АН РК. – Алматы, 1997. – № 1. – С. 47-53.

REFERENCES

- [1] Ulomov V.I. Ob osnovnykh polozheniyah i tehniceskikh rekomendacijah po sozdaniyu novoy karty sejsmicheskogo rajonirovaniya territorii RF // Sb. «Sejsmichnost' i sejsmicheskoe rajonirovanie Severnoj Evrazii». Вып. 2-3. М., 1995. P. 9-26 (in Russ.).
- [2] Hromovskih V.S., Nikonov A.A. Po sledam sil'nyh zemletrjasenij. М.: Nauka, 1984. 144 p. (in Russ.).
- [3] Solonenko V.P. Paleosejsmologija // Izv. AN SSSR. Fizika zemli. 1973. N 9. P. 3-16.
- [4] Paleosejsmologija / Pod red. Dzh. Mak-Kalpina. Vol. 1. Nauchnyj mir. 2011. 560 p. (in Russ.).
- [5] <http://ewf.nerc.ac.uk/>
- [6] Mushketov I.V., Orlov A.P. Katalog zemletrjasenij Rossijskoj imperii. Zap. RGO. 26. SPb., 1893 (in Russ.).
- [7] Medvedev S.V. Opredelenie ball'nosti (intensivnosti) zemletrjasenij // Zemletrjasenija v SSSR. М.: Iz-vo AN SSSR, 1961. P. 103-125 (in Russ.).
- [8] Medvedev S.V. Mezhdunarodnaja shkala sejsmicheskoy intensivnosti. Kn. Sejsmicheskoe rajonirovanie SSSR. М.: Nauka, 1968. P. 151-162 (in Russ.).
- [9] Florensov N.A. Ocherki strukturnoj geomorfologii. М.: Nauka, 1978. 237 p. (in Russ.).
- [10] Nurmagambetov A. Sejsmicheskaja istorija Almaty. Almaty, 1999. 62 p. (in Russ.).
- [11] Gapich V.A., Timush A.V., Chabdarov N.M. Sejsmodislokacii Juzhnogo Kazahstana. Alma-Ata: Institut sejsmologii, 1989. 52 p. Dep. VINITI 12.04.1989. N 2420-V89 (in Russ.).
- [12] Mihajlova N.N. Sejsmicheskij monitoring v Kazahstane // Mezhd. konf. «Nauka o zemletrjasenijah i ih riskah v Central'noj Azii». Almaty, 2016 (in Russ.).
- [13] Grace E. Campbell, Richard T. Walker, K. Abdrakhmatov, J. Jackson, John R. Elliott, David Mackenzie, Timothy A. Middleton, Jean-Luc Schwemmer, (2015). Great earthquakes in low-strain-rate continental interiors: an example from SE Kazakhstan // Journal of Geophysical Research. 2015. doi:10.1002/2015JB011925 (in Eng.).
- [14] Campbell G.E., Walker R.T., Abdrakhmatov K., Schwemmer J.L., Jackson J., Elliott J.R., Copley A. 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. Vol. 118. 1–18. doi:10.1002/jgrb.50367, 2013 (in Eng.).
- [15] Abdrakhmatov K.E., Walker R.T., Campbell G.E., Carr A.A., Elliott A., Hillemann C., Hollingsworth J., Landgraf A., Mackenzie D., Mukambayev A., Rizza M.A., Sloan R.A. Rupture of the July 11th 1889 Chilik earthquake (Mw 8.0-8.3) in the Kazakh Tien Shan, 1 identified from remote-sensing, field survey, and palaeoseismic trenching. 44 p. (in Eng.).
- [16] Abdrakhmatov K.E., El'deeva M.S. Lepsinskij razlom (Vostochnoe Pribalhash'e) i ocenka sejsmicheskoy opasnosti // Izv. NAN RK. 2016. Vol. 5, N 419. P. 92-98 (in Russ.).
- [17] Nikonov A.A. Paleosejsmologicheskij podhod pri sejsmicheskome rajonirovanii i ocenke sejsmicheskoy opasnosti // Sb. «Sejsmichnost' i sejsmicheskoe rajonirovanie Severnoj Evrazii». Вып. 2-3. М., 1995. P. 46-62 (in Russ.).
- [18] Nurmagambetov A. O sejsmichnosti i sejsmicheskoy opasnosti Mangystauskogo regiona // Doklady MN-AN RK. Almaty, 1997. N 1. P. 47-53 (in Russ.).

Ә. Нұрмағамбетов

Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

ҚАЗАҚСТАНДА СЕЙСМИКАЛЫҚ ҚАУІПТІЛІКТІ БАҒАЛАУДА ПАЛЕОСЕЙСМОЛОГИЯЛЫҚ ДЕРЕКТЕРДІ ПАЙДАЛАНУДЫҢ РОЛІ

Аннотация. Мақала Қазақстанда сейсмикалық қауіптілікті бағалауда палеосейсмологиялық деректерді пайдалануға арналған. Сейсмикалық аудандау картасын тұрғызу барысында пайдаланылатын жерсілкінісі жайлы басты деректер тобы қарастырылған. Осы тұрғыдан ежелгі (палео) ірі жерсілкіністерді тауып, оларды сипаттап және болған уақытын анықтау арқылы тарихи және заманауи мәліметтерді толықтыратын палеосейсмологиялық деректердің маңыздылығы аса зор екендігі айтылған. Қазақстанда палеосейсмологиялық зерттеулердің әлі де болса дамымағаны және осы саладағы зерттеу бағыттары келтірілген.

Түйін сөздер: жерсілкінісі, сейсмикалық аудандау, сейсмодислокациялар, палеосейсмология, белсенді жарылым, сейсмикалық қауіптілік.