

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 419 (2016), 92 – 98

K. E. Abdrakhmatov, M. S. Yeldeyeva

The Institute of Seismology, Almaty, Kazakhstan

**LEPSY FAULT (EASTERN PRIBALKHASHIE)
AND SEISMIC HAZARD ASSESSMENT**

Abstract. New data show that within the Eastern Kazakhstan, in the distant geological past, there have been several catastrophic earthquakes, intensity up to 9–10 points at the epicenter. This fact must be taken into account when assessing the seismic hazard of the region in the future.

Lepsy fault break gives us a vivid example of how the active faults of northwest trending, intruding into the body of the Kazakh platform, can produce strong earthquakes. It is possible that other faults of the north-east direction, which are mapped on the surface, may also be active in the Quaternary period, but we can not see such evidence in connection with the extremely long intervals of recurrence of such events, allowing erosion and accumulation of sediment, eliminate or to dump the certificate of such movements on the surface.

Keywords: the latest faults, active faults, digital map, pull-apart basin.

УДК 528.8:629.78

К. Е. Абдрахматов, М. С. Ельдеева

ТОО «Институт сейсмологии», Алматы, Казахстан

**ЛЕПСИНСКИЙ РАЗЛОМ (ВОСТОЧНОЕ ПРИБАЛХАШЬЕ)
И ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ**

Аннотация. Новые данные показывают, что в пределах Восточного Казахстана, в недалеком геологическом прошлом, произошло несколько катастрофических землетрясений, интенсивностью до 9–10 баллов в эпицентре. Этот факт необходимо учитывать при оценке сейсмической опасности этого региона в будущем.

Лепсинский разлом дает нам яркий пример того, как активные разломы северо-западного простирания, вторгающиеся в тело Казахской платформы, могут продуцировать сильные землетрясения. Вполне возможно, что и другие разломы северо-восточного направления, которые картируются на поверхности, тоже могут быть активны в четвертичное время, но мы не можем видеть такие свидетельства в связи с весьма продолжительными интервалами повторяемости таких событий, что позволяло эрозии и или аккумуляции осадков, устранять или захоронять свидетельства таких движений на поверхности.

Ключевые слова: новейшие разломы, активные разломы, цифровая карта, pull-apart впадины.

Введение. Одной из примечательных особенностей Южного Казахстана является наличие серии новейших разломов, которые начинаются от орогенической области (Тянь-Шань и Джунгарский Алатау) и протягиваются в северо-западном направлении, вспарывая тело Казахской платформы (Восточно- и Западно-Джунгарские, Джалаир-Найманский, Каратауский разломы) (Суворов, 1963, 1973, Войтович, 1969, Курские, Тимуш, 1987 и др.) Однако, несмотря на достаточно хорошую выраженность указанных разломов в рельефе, имеется весьма мало доказательств того, что эти разломы были активны в течение позднего плейстоцена-голоцена и еще меньше свидетельств того, что в пределах этих разломов происходили сильные сейсмические события. Именно поэтому оценка сейсмической опасности этих разрывных структур часто занижена, а

некоторые из таких разломов вообще не учтены при подобных исследованиях. Одним из таких дизъюнктивов, не учтенных при оценке сейсмической опасности указанного региона является Лепсинский разлом.

Одним из первых на этот разлом обратил внимание К. В. Курдюков (1956), который дал описание современного тектонического уступа, пересекающего старое русло р. Лепсы, в районе пос. Марья (старое русло Жолдыбек). Указанный исследователь считал, что, по всей видимости, Лепсинский взброс образовался не одновременно на всем своем протяжении. Вначале разлом не пересекал наиболее старого русла р. Лепсы (русло Чиликты). При одном из периодов активности разлом пересек указанное русло, а затем уже в историческое время, разлом пересек русло Жолдыбек. К. В. Курдюков считал, что Лепсинский разлом развивался, вероятно, в основном отдельными толчками, разделенными значительными спокойными промежутками времени. Одним из важных выводов является вывод о том, что альпийские разломы не прекратили своей деятельности и продолжают развиваться.

Следом за К. В. Курдюковым, В. В. Галицкий (1957) описал район пос. Марья и заметил, что хорошая сохранность уступа русла доказывает, что разрыв произошел совсем недавно, вероятно в историческое время (не более 2000–3000 лет назад) и, несомненно, в один прием – почти мгновенно. А. В. Тимуш (2011) подробно описал геоморфологические аномалии в этом районе, связанные с системами неотектонических нарушений.

Однако, как указывалось выше, несмотря на очевидное сейсмотектоническое происхождение уступа, этот факт не был учтен при оценке сейсмической опасности территории Южного Казахстана, и более того – Лепсинский разлом не указан как новейший (а тем более как активный!), почти на всех существующих схемах сейсмического районирования этой территории. Отметим, что согласно карте сейсмического районирования территории Казахстана, максимальная интенсивность сотрясений в этом районе оценивается не более 7–8 баллов.

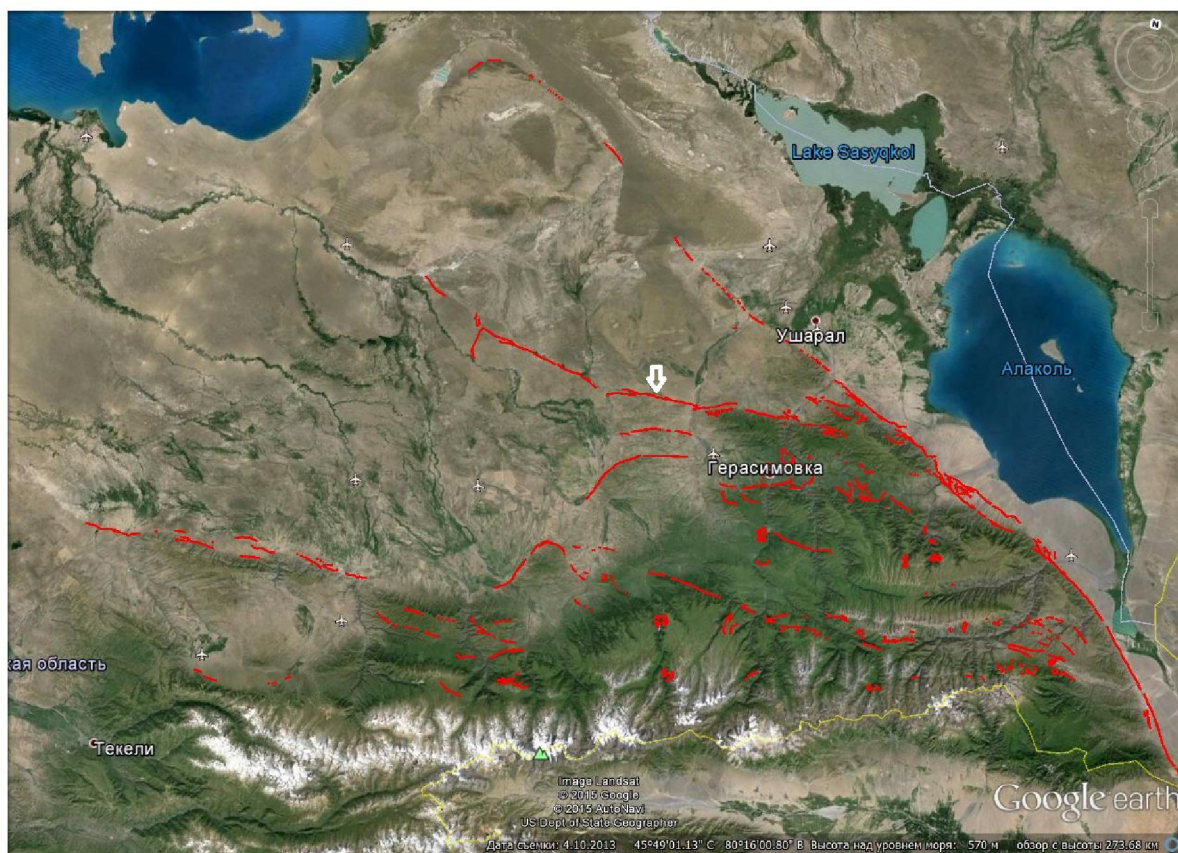


Рисунок 1 – Карта активных разломов северного борта Джунгарского Алатау. Лепсинский разлом показан белой стрелкой

Figure 1 – Map of active faults in the northern edge of Dzhungarian Alatau. Lepsy fault is shown by a white arrow

Во время полевых исследований 2014–2015 гг. в составе международной группы (G. E. Campbell, R. T. Walker, J. R. Elliott, D. Mackenzie, T. Middleton – все Кембриджский и Оксфордский Университеты, Англия; К.Е.Абдрахматов – ИС НАН Кыргызская Республика, Ельдеева М. С. – ИС МОН Республика Казахстан) мы обследовали линию Лепсинского разлома почти на всем протяжении.

Лепсинский разлом протягивается примерно на 120 км от гор Чиринды у северного подножия Джунгарского Алатау в северо-западном направлении, пересекая равнинную часть Казахской платформы и резко «обрубаясь» коротким разломом северо-восточного направления. 10-ти метровый вертикальный уступ почти непрерывно прослеживается в позднеплейстоценовых отложениях на протяжении почти 120 км, виден на космических снимках и протягивается, вероятно, и далее, в том же направлении, однако на этом отрезке мы не обнаружили свидетельств современных смещений.

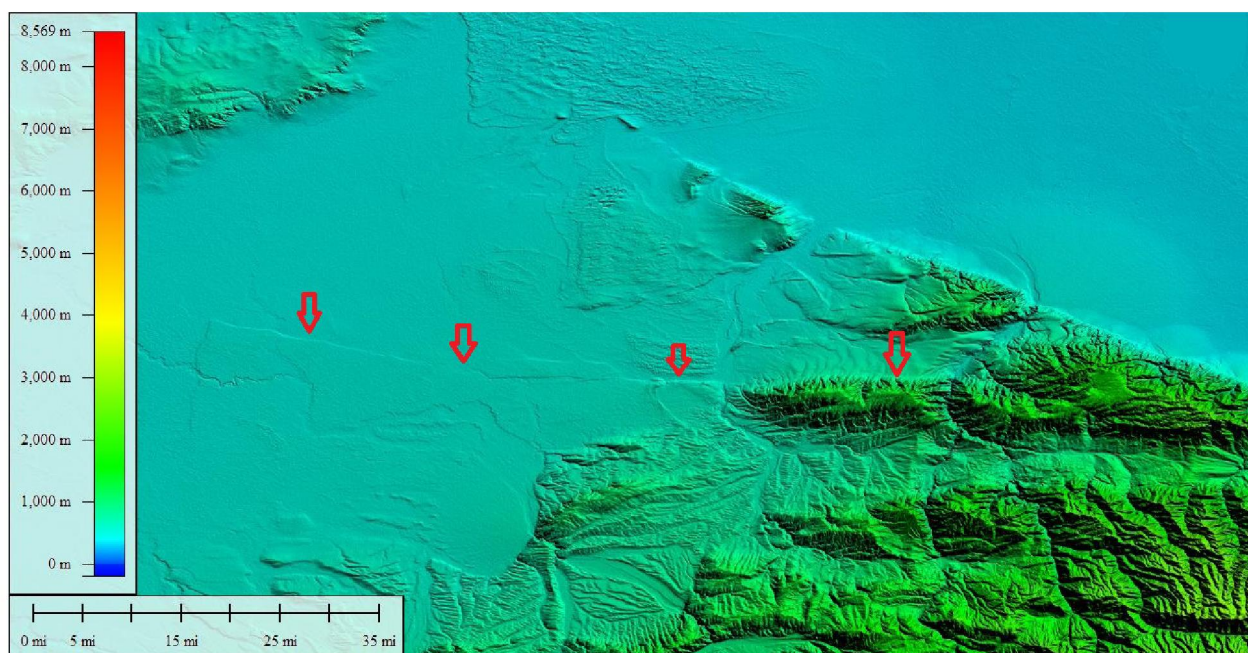


Рисунок 2 – Цифровая карта рельефа вдоль Лепсинского разлома, который показан красными стрелками

Figure 2 – Digital relief map Lepsey along the fault, which is shown by red arrows

На восточном окончании разлом не доходит примерно 10 км до важнейшего в этом районе Джунгарского сдвига, протяженностью до 300 км, ограничивающего Джунгарский Алатау. Судя по всему, Лепсинский разлом является ответвлением этого регионального разлома.

Весьма важным фактом в этом районе является то, что активный сегмент здесь не наследует новейший разлом, который протягивается здесь вдоль гор Чиринды, а в районе долины р.Тентек поворачивает в юго-восточном направлении, становясь почти параллельным основному Джунгарскому разлому и пересекает полого падающий в северном направлении пенеплен. Общая протяженность активного участка Лепсинского разлома, включая равнинную часть и сегмент, который протягивается вдоль гор Чиринды, составляет около 150 км.

Полевые замеры смещений в районе озера Джакыкколь показывают, что вертикальное смещение достигает 9–10 м, а горизонтальные смещения колеблются в пределах 4±2 м.

Другой участок, где были проведены детальные замеры смещений, расположен между долинами рр. Тентек и Шингильды. Вертикальное смещение в этом районе в среднем колеблется около 5–8 метров, а горизонтальное – около 7±2 метра. Принимая во внимание, что в этом районе уступ сформирован в аллювиальных отложениях, а в районе Джаксыколь в палеозойских образованиях, мы предполагаем, что возраст уступа в этом районе имеет такой же возраст, если не моложе.

Северо-западнее долины реки Шингильды рельеф становится равнинным и 9–10 метровый уступ Лепсинского разлома становится заметным.

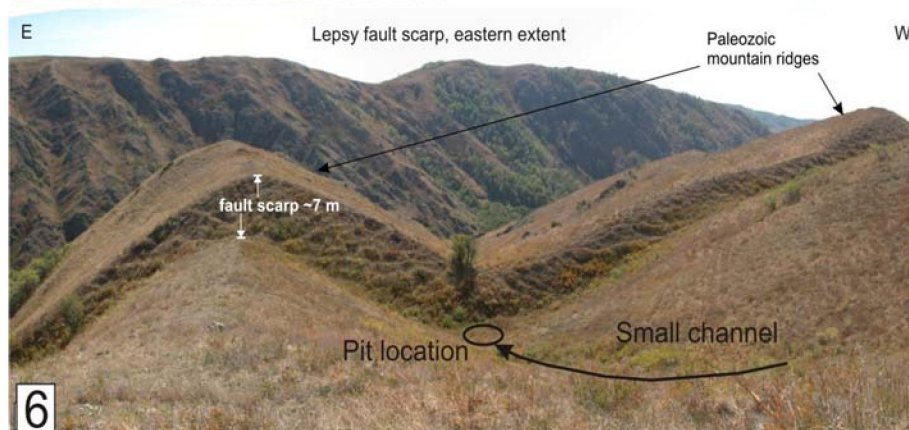


Рисунок 3 – Фото уступа в районе Джасыкколь. Вид на юг в направлении вниз по течению, где русло подпружено уступом. Смещение отрогов и русел сухих саев свидетельствует о право сдвиговых смещениях крыльев разлома. Фото Грэйс Кемпбелл

Figure 3 – Photo Djasykkol ledge in the area. View of the south in the downstream direction, which dammed the channel ledge. Offset spurs and dry riverbeds says shows dextral fault displacements of the wings. Photo made by Greys Kempbell

Левосторонние, эшелонировано расположенные впадины-западины, размерами от 300 м до 3000 м длиной, имеющие характер “pull-apart” впадин, хорошо развиты вдоль уступа разлома. Расположение указанных впадин также указывает на правостороннее смещение по разлому.

Возле озера Аякколь разлом разветвляется на две ветви, одна из которых имеет высоту 5,6±1,5 м (северная ветвь) и 2±1 м (южная ветвь). Оба уступа имеют поднятое южное крыло. Южная ветвь подставляется левосторонне и протягивается в южном направлении на 3,6 км, где пересекается разломом широтного направления высотой до 5,6±1,5 м. Этот разлом, высотой до 2 метров, пересекает брошенную долину р. Лепсы, но не сохранился в русле самого канала.



Рисунок 4 – Pull-apart впадины вдоль Лепсинского разлома. Их расположение свидетельствует о правосторонних смещениях крыльев разлома. Изображение из GoogleEarth

Figure 4 – Pull-apart cavities along Lepsy fault. Their position indicates dextral fault displacements of the wings. Picture from GoogleEarth

Наблюдения показывают, что русло главным образом врезано в поднятое (южное) крыло, представленное двухметровым уступом, что свидетельствует о том, что река была способна течь и после события, сформировавшего уступ. Южный уступ, в который врезалась река и сохраняла прежнее направление, сформировался в течении более раннего события (или событий) чем основной уступ высотой 5,6+1,5 м, пересекая который, река не врезалась даже в древние речные отложения. Таким образом, учитывая тот факт, что в восточном направлении оба уступа соединяются в единый уступ, высотой до 10 м, мы можем утверждать, что этот уступ образовался в результате, по меньшей мере, двух сейсмических событий.

Исходя из этого, не совсем ясно, был ли уступ высотой 5–10 м в центральной части разлома или уступ высотой 10 м в восточной части разлома сформированы при одном и том же землетрясении. Ответ на этот вопрос могли бы дать датировки событий.

Наши наблюдения показывают, что Лепсинский разлом, по крайней мере, в его западной части, сгенерировал два землетрясения в голоцене. Разлом был обновлен по всей длине и современное вертикальное смещение составляло до 7 м, а горизонтальное – 1–6 метров. Общая протяженность смещения составляло до 120 км.

За последние 20–30 лет в мировой сейсмологии укрепились представления о важнейшей роли палеосейсмологических данных при оценке долговременной сейсмической опасности, обуславливаемой событиями редкой повторяемости (раз в 1000–10000 лет) (McCalpin, 1996). В большинстве районов мира, особенно там, где исторические сведения имеются за небольшой промежуток времени, именно палеосейсмологические данные позволяют наиболее объективно оценивать величину (магнитуду) редких сильных землетрясений и их период повторяемости

Это нашло свое подтверждение в случае Суусамырского землетрясения 1992 г., в эпицентральной зоне которого обнаружены при разломные уступы, образовавшиеся при аналогичных событиях в прошлом, хотя за исторический период до 1992 г. в этой зоне не было известно ни одного сколько-нибудь сильного землетрясения (Абдрахматов и др., 2007). Аналогичные примеры известны и в других районах мира. Так, ретроспективный анализ космических и аэрофотоснимков, сделанных до разрушительного Нефтегорского землетрясения 1995 г. на Сахалине ($M = 7.3$), показал наличие следов предшествующих голоценовых подвижек по Верхне-Пильтунскому разлому (Bulgakov, et.,al.,2002), к которому был приурочен очаг этого землетрясения. Чуйское землетрясение 2003 г. ($M = 7.5$) в Горном Алтае также произошло в районе, считавшемся относительно слабосейсмичным, однако за несколько лет до этого там были выявлены следы сильных голоценовых землетрясений (Rogozhin, Platonova, 2002).

Эти и другие аналогичные примеры (LiYong et., al., 2009; Densmore, et., al., 2007) наглядно демонстрируют, что отсутствие сведений о сильных землетрясениях за последние несколько сотен лет в тектонически активном районе ни в коей мере не может являться достаточным основанием для суждения о низком уровне сейсмической опасности.

Основной метод оценки магнитуд палеоземлетрясений (и, соответственно, сейсмического потенциала сейсмогенерирующих зон) базируется на известных соотношениях между магнитудой (M_s или M_w) и протяженностью сейсмогенных разрывов и величиной максимальной подвижки по ним (McCalpin, 1996).

Поскольку в условиях сильно расчлененного рельефа, с активно развивающимися склоновыми процессами зачастую невозможно проследить сейсмогенный разрыв, последняя подвижка по которому произошла сотни или тысячи лет тому назад, на всей его протяженности, в качестве основного параметра для оценки магнитуд палеоземлетрясений, ранее произошедших в пределах исследуемых зон разломов, использовалась именно величина единовременной подвижки. Такая оценка магнитуды более надежна, так как изменчивость величины смещения по простиранию, характерная для сейсмогенных разрывов [Стром, Никонов, 1999, McCalpin, 1996, Vakov, 1996] может привести к тому, что на малоамплитудных участках разрыв либо не сохранится, либо, как произошло при Суусамырском землетрясении 1992 г., проявится на дневной поверхности на отдельных коротких отрезках в виде разрывов со значительной амплитудой, разделенных километровыми промежутками. Из-за этого оценки магнитуды по протяженности выявляемых в поле палеосейсмогенных разрывов обычно занижены по сравнению с оценками по амплитуде подвижки по этим нарушениям.

С другой стороны, соотношения между протяженностью сейсмогенных разрывов и магнитудой также позволяют оценивать максимальную магнитуду землетрясения, которое может быть связано с рассматриваемой сейсмогенерирующей структурой. Поскольку очевидно, что горизонтальная протяженность очага (очагового разрыва) не может превосходить общую протяженность сейсмогенерирующего разлома, максимальная магнитуда землетрясения, возможного в пределах конкретной зоны разломов оценивается в предположении, что эта зона может вскрыться при отдельном событии на всю ее длину (с учетом кинематики подвижки, оказывающей существенное влияние на эти соотношения (Стром, Никонов, 1999).

Необходимо учитывать, что зависимости между параметрами разрывов и магнитудой землетрясений, на основании которых выведены регрессионные соотношения, приведенные характеризуются значительными разбросами исходных значений (McCalpin, 1996).

Протяженность активного сегмента Лепсинского разлома составляет около 120 км. Величина единовременного вертикального смещения (по всей видимости, при сильном сейсмическом событии) составляет около 7 м. Подставляя данное значение в известное соотношение (Wells, Coppersmith, 1994) получаем магнитуду M_w рассматриваемого древнего землетрясения равную 8. Таким образом, указанные параметры, при предварительном рассмотрении, могут быть сравнимы с поверхностными параметрами Кеминского землетрясения 1911 года, магнитуда которого составляла около 8,3.

Таким образом, предварительные данные показывают, что в пределах Восточного Казахстана, в недалеком геологическом прошлом, произошло несколько катастрофических землетрясений, интенсивностью до 9–10 баллов в эпицентре. Этот факт необходимо учитывать при оценке сейсмической опасности этого региона в будущем.

Лепсинский разлом дает нам яркий пример того, как активные разломы северо-западного простирания, вторгающиеся в тело Казахской платформы, могут продуцировать сильные землетрясения. Вполне возможно, что и другие разломы северо-восточного направления, которые картируются на поверхности, тоже могут быть активны в четвертичное время, но мы не можем видеть такие свидетельства в связи с весьма продолжительными интервалами повторяемости таких событий, что позволяло эрозии и или аккумуляции осадков, устранять или захоронять свидетельства таких движений на поверхности.

Принимая во внимание наличие нескольких таких разломов имеющих примерно такую же сеймотектоническую позицию как Джунгарский и Лепсинский разломы, необходимо принимать во внимание возможную реактивацию таких разломов с возникновением разрушительных землетрясений в будущем.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Галицкий В.В. Роль молодой тектоники в формировании хребта Каратау // Изв. АН КазССР. Сер. Геол. – 1956. – Вып. 24. – С. 36-44.
- [2] Курдюков К.В. Лепсинский взброс – современное смещение земной коры в восточном Прибалхашье // Известия АН СССР. Сер. Геологическая. – 1956. – № 5. – С. 22-28.
- [3] Тимуш А.В. Сеймотектоника литосферы Казахстана. – Алматы, 2011. – 590 с.
- [4] McCalpin J.P. (Ed.), *Paleoseismology*. Academic Press. – San Diego, 1996. – 588 p.
- [5] Абдрахматов К.Е., Томпсон С., Уилдон Р. Активная тектоника Тянь-Шаня. – Бишкек: Илим, 2007. – 72 с.
- [6] Bulgakov P.F., Ivaschenko A.I., Kim, ChunUn, Sergeev K.F., Streltsov M.I., Kojurin A.I., Besstrashnov V.M., Strom A.L., Suzuki Y., Tsutsumi H., Watanabe M., Ueki T., Shimamoto T., Okumura K., Goto, Kariya, Y. 2002. Active faults of Sakhalin // *Geo-tectonics*. – 36. – P. 227-246.
- [7] Rogozhin E.A., Platonova, S.G. Strong earthquake focal zones of Russian Altai in Holocene. – M., 2002. 130 p. (in Russian).
- [8] Li Yong, Huang Runqiu, Alexander L. Densmore, Chan Lung Sang. Investigations on the active tectonics and surface ruptures of the Wenchuan Earthquake // In: Proceedings of the ISRM-Sponsored International Symposium on Rock Mechanics: “Rock Characterisation, Modelling and Engineering Design Methods” SINOROCK, 2009.
- [9] Densmore A.L., Ellis M.A., Li Y., Zhou R., Hancock G.S., Richardson N. Active tectonics of the Beichuan and Pengguan faults at the eastern margin of the Rinetan Plateau // *Tectonics*. – 2007. – 26. – TC4005. – doi: 10.1029/2006TC0011987
- [10] Стром А.Л., Никонов А.А. Распределение смещений вдоль сейсмических разрывов и учет неравномерности подвижек при палеосейсмологических исследованиях // *Вулканология и сейсмология*. – 1999. – № 6. – С. 47-59.
- [11] Vakov A.V. Relationships between earthquake magnitude, source geometry and slip mechanism // *Tectonophysics*. – 1996. – 261. – P. 97-113.
- [12] Wells D.L., Coppersmith K.J. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement // *Bull. Seism. Soc. Am.* – 1994. – 84. – P. 9741002.

REFERENCES

- [1] Galickij V.V. Rol' molodoy tektoniki v formirovanii hrebta Karatau // *Izv. AN KazSSR. Ser. Geol.* 1956. Vyp. 24. P. 36-44.
- [2] Kurdjukov K.V. Lepsinskij vzbros – sovremennoe smeshhenie zemnoj kory v vostochnom Pribalhash'e // *Izvesti AN SSSPR. Ser. Geologicheskaja.* 1956. N 5. P. 22-28.
- [3] Timush A.V. Sejsmotektonika litosfery Kazahstana. Almaty, 2011. 590 p.
- [4] McCalpin J.P. (Ed.), *Paleoseismology.* Academic Press. San Diego, 1996. 588 p.
- [5] Abdrahmatov K.E., Tompson S., Uildon R. Aktivnaja tektonika Tjan'-Shanja. Bishkek: Ilim, 2007. 72 p.
- [6] Bulgakov P.F., Ivaschenko A.I., Kim, ChunUn, Sergeev K.F., Streltsov M.I., Kojurin A.I., Besstrashnov V.M., Strom A.L., Suzuki Y., Tsutsumi H., Watanabe M., Ueki T., Shimamoto T., Okumura K., Goto, Kariya, Y. 2002. Active faults of Sakhalin // *Geotectonics.* 36. P. 227-246.
- [7] Rogozhin E.A., Platonova, S.G. Strong earthquake focal zones of Russian Altai in Holocene. M., 2002. 130 p. (in Russian).
- [8] Li Yong, Huang Runqiu, Alexander L. Densmore, Chan Lung Sang. Investigations on the active tectonics and surface ruptures of the Wenchuan Earthquake // In: Proceedings of the ISRM-Sponsored International Symposium on Rock Mechanics: "Rock Characterisation, Modelling and Engineering Design Methods" SINOROCK, 2009.
- [9] Densmore A.L., Ellis M.A., Li Y., Zhou R., Hancock G.S., Richardson N. Active tectonics of the Beichuan and Pengguan faults at the eastern margin of the Rinetan Plateau // *Tectonics.* 2007. 26. TC4005. doi: 10.1029/2006TC0011987
- [10] Strom A.L., Nikonov A.A. Raspredelenie smeshhenij vdol' sejsmicheskikh razryvov i uchet neravnomernosti podvizek pri paleosejsmologicheskikh issledovaniyah // *Vulkanologija i sejsmologija.* 1999. N 6. P. 47-59.
- [11] Vakov A.V. Relationships between earthquake magnitude, source geometry and slip mechanism // *Tectonophysics.* 1996. 261. P. 97-113.
- [12] Wells D.L., Coppersmith K.J. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement // *Bull. Seism. Soc. Am.* 1994. 84. P. 9741002.

К. Е. Абдрахматов, М. С. Ельдесева

«Сейсмология институты» ЖШС, Алматы, Қазақстан

**ЛЕПСІ ЖАРЫҚШАҒЫ (ШЫҒЫС БАЛХАШ)
ЖӘНЕ СЕЙСМИКАЛЫҚ ҚАУІП-ҚАТЕРДІ БАҒАЛАУ**

Аннотация. Жаңа мәліметтер бойынша ерте геологиялық заманда Шығыс Қазақстан шегінде қарқындылығы 9–10 балл эпицентрінде бірнеше апатты жер сілкіністер болған. Бұл фактіні осы аймақтың сейсмикалық қауіп-қатерін бағалауда болашақта ескерілуі керек.

Қазақ платформасында жайғасқан солтүстік-батыс жайылымының белсенді жарықшақтары сияқты күшті жер сілкіністердің болуына қоздыратынына Лепсі жарықшағы бізге айқын мысал береді. Солтүстік-шығыс бағытындағы басқа да жарықшақтардың жер бетінде карталанатын төрттік кезеңде оның белсенді болуы мүмкін, бірақ өте ұзақтық аралықтарымен сондай оқиғалардың қайталануына байланысты және жер бетіндегі осындай қозғалыстардан эрозиялар мен шөгінділердің шоғырлануының жоюлануы мен көмілінуіне жағдай туғызуының арқасында біз ондай айғақтарды көре алмаймыз.

Түйін сөздер: өте жаңа жарықшақтар, белсенді жарықшақтар, сандық карта, pull-apart ойпаттары.