

УДК 550.344

К ПРОБЛЕМЕ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА

Мукамбаев А.С., Михайлова Н.Н.

Институт геофизических исследований НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

Приведены результаты изучения сейсмичности территории Западного Казахстана и Прикаспия с использованием современных данных, полученных сетью станций НЯЦ РК, и исторических данных мировых центров. Оценены поправки в значения координат эпицентров событий по данным сети НЯЦ РК для использования при создании сводного каталога землетрясений для территории Западного Казахстана. Построены карты эпицентров землетрясений региона за 1968 - 2009 гг. для оценки сейсмической опасности региона. Полученные данные могут быть использованы при составлении новых карт сейсмического районирования.

Актуальность изучения сейсмической опасности Каспия и Прикаспия связана с тем, что здесь ведется интенсивная разработка крупных месторождений углеводородного сырья. В последние годы в средствах массовой информации активно обсуждается вопрос о возможности сильных техногенных землетрясений. Однако по существу вопрос как об естественной, так и о техногенной сейсмичности района до сих пор остается открытым.

ХАРАКТЕРИСТИКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ ДЕЙСТВУЮЩЕЙ КАРТЫ ОСР РК

В настоящее время действующей картой общего сейсмического районирования Казахстана является карта, включенная в Строительные нормы Республики Казахстан «Строительство в сейсмических районах» (СНиП РК В.2.03.-30-2006) [1], составленные коллективом авторов Института сейсмологии Министерства образования и науки Республики Казахстан в 2003 г. (рисунок 1). В результате совместного анализа различных материалов (геологических, геофизических, тектонических, сейсмологических) выделены основные сейсмогенерирующие зоны, ответственные за возникновение в них очагов сильных землетрясений, оценен их сейсмический потенциал в единицах магнитуд, рассчитаны области возможных сотрясений разной степени сейсмической интенсивности в единицах шкалы баллов MSK –64.

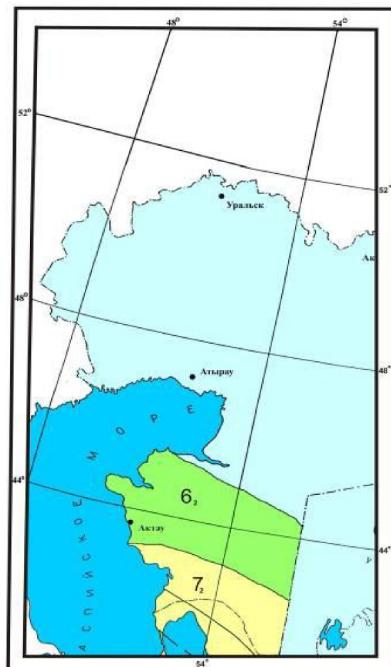


Рисунок 1. Западный Казахстан. Фрагмент карты сейсмического районирования [1]

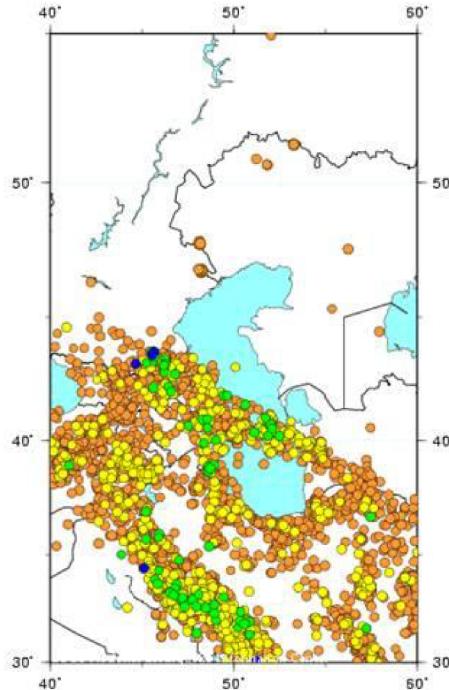
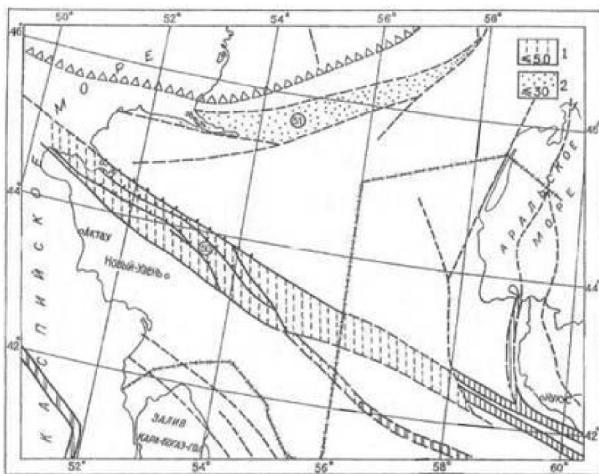


Рисунок 2. Эпицентры землетрясений в Прикаспийском регионе (каталог NEIC, 1973 - 2010 гг., $M \geq 3$)

Как правило, расчет сейсмических воздействий ведется от очагов, связанных с тектоническими структурами, расположенными за пределами Казахстана, например, Копетдаг-Кавказско-Крымской зоны разломов, секущей Каспийское море от Туркмении до Азербайджана. Эта зона отличается постоянно высокой сейсмической активностью, что видно, например, из рисунка 2. Ежегодно в пределах этой зоны происходит несколько сотен слабых и средних по силе землетрясений. Так, например, в ее восточной части произошло одно из сильнейших в Азии землетрясений – Красноводское 8.07.1885г. с $M=8,2$, которое на территории Казахстана проявилось интенсивностью до 6 баллов.



1, 2 - сейсмопотенциал в значениях магнитуды; цифра в кружке – номер зоны: 50 – Центрально-Мангышлакская, 51 – Южно-Эмбенская.

Рисунок 3. Сейсмогенерирующие зоны Прикаспийского региона

СЕТЬ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА И ПРИКАСПИЯ

В последние годы на территории Казахстана создана и функционирует новая цифровая сеть сейсмических станций Национального ядерного центра РК, основными задачами которой является мониторинг ядерных испытаний и землетрясений. Две станции, входящие в состав сети НЯЦ РК, расположены в Западном Казахстане (рисунок 4). Одна из них – сейсмическая группа Акбулак, - открыта в 2004 г. совместно с агентством АФТАК (США). Другая - широкополосная станция Актюбинск, работала как цифровая станция с 1994 г., а в 2005 г. была модернизирована и вошла в Международную систему мониторинга ОДВЗИИ как вспомогательная станция.

Мониторинг сейсмичности Каспийского моря и Прикаспия проводится сетями станций разных стран, расположенными в этом регионе (рисунок 4). Обработка данных этих сетей каждая страна ведет самостоятельно, поэтому отсутствует единый ката-

лог землетрясений для региона. Одной из целей проведенной работы было создание единого сейсмологического каталога для территории Западного Казахстана и Прикаспия. То же можно сказать и о скоростных моделях, применяемых при обработке данных сейсмического мониторинга. В Казахстане для этого используется мировая скоростная модель IASPEI 91 (International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior).

В соответствии с картой общего сейсмического районирования северная часть района Западного Казахстана и Прикаспия (рисунок 1) относится к асейсмичным районам, где максимальная интенсивность событий не превышает 5 баллов. Южная часть подвержена сотрясениям со стороны Копетдаг-Кавказско-Крымской зоны интенсивностью 6 - 7 баллов.

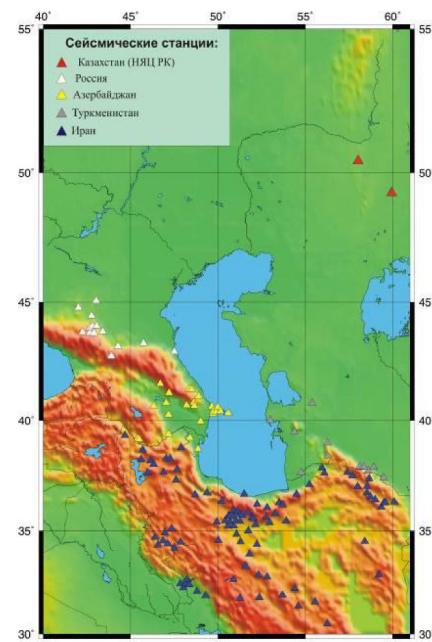


Рисунок 4. Карта сетей станций стран, расположенных в Прикаспийском регионе

лог землетрясений для региона. Одной из целей проведенной работы было создание единого сейсмологического каталога для территории Западного Казахстана и Прикаспия. То же можно сказать и о скоростных моделях, применяемых при обработке данных сейсмического мониторинга. В Казахстане для этого используется мировая скоростная модель IASPEI 91 (International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior).

СОСТАВЛЕНИЕ СВОДНОГО КАТАЛОГА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ 2006-2009ГГ

Мировые центры регистрируют в основном сильные события, происходящие на Каспии, тогда как слабые землетрясения регистрируются только региональными сетями. Однако расположение станций НЯЦ РК по отношению к изучаемому району является односторонним, что приводит к систематическим ошибкам локализации их гипоцентров. Для оценки этих ошибок была создана база данных эта-

лонных событий из каталогов REB (Reviewed event bulletin - каталог Международного Центра Данных), GSRAS (каталог Геофизической службы РАН) и KNDC (каталог Казахстанского национального центра данных) для территории, ограниченной координатами 46 - 56 с.ш. 38 - 46 в.д. (Каспий). Для этой территории отобраны парные события, т.е. события, зарегистрированные как в мировых центрах, так и сетью сейсмических станций Национального ядерного центра РК (таблица 1).

Для станций НЯЦ РК выявлены зоны с одинаковой погрешностью отклонений параметров эпицентра от истинных значений и найдены поправки по азимуту и по расстоянию. Затем в значения координат эпицентров, полученных в KNDC, были введены эти поправки и составлен объединенный каталог по данным KNDC, REB и GSRAS. В этот каталог вошли 545 событий (рисунок 5), из которых 156 зарегистрированы сетью станций НЯЦ РК.

Таблица 1. Фрагмент сопоставления данных из каталогов KNDC и REB

KNDC				REB				Расхождения				
шир.	долг.	дата	время	шир.	долг.	дата	время	Δ °	Az.	Baz.	гр.	
40,94	53,95	12/08/2006	1:59:39.688	40,30	52,91	12.08.2006	1:59:31.750	1,020	231,183	50,509	3	
40,61	54,00	1/20/2007	11:20:08.407	39,75	52,97	1.20.2007	11:19:58.340	1,166	223,185	42,52		
40,41	54,94	3/11/2007	14:44:46.139	39,83	53,51	03.11.2007	14:44:35.970	1,236	242,683	61,767		
40,77	54,70	4/28/2007	20:11:54.138	40,19	53,39	4.28.2007	20:11:49.500	1,151	240,551	59,705		
40,33	54,67	7/24/2007	18:56:05.355	39,65	53,93	7.24.2007	18:55:56.120	0,885	219,783	39,313		
								Ср. значение	1,09	231,477	50,76	
43,82	48,16	1/22/2007	3:14:38.832	42,84	47,73	1.22.2007	3:14:27.430	1,02	197,83	17,539		
43,60	47,53	8/05/2007	8:50:26.557	42,79	47,18	08.05.2007	8:50:14.040	0,84	197,747	17,509		
								Ср. значение	0,93	197,789	17,52	
42,53	49,78	1/11/2007	3:58:35.950	42,50	48,45	01.11.2007	3:58:35.060	0,98	268,734	87,838	1	
41,85	50,15	3/28/2007	18:13:23.059	41,23	48,62	3.28.2007	18:13:08.920	1,31	242,288	61,275		
41,16	53,02	4/21/2007	18:05:02.508	40,40	51,50	4.21.2007	18:04:46.870	1,39	236,882	55,893		
40,52	51,79	5/02/2007	19:14:34.749	39,81	49,89	05.02.2007	19:14:20.890	1,62	244,798	63,575		
41,00	53,39	5/11/2007	20:01:27.799	40,60	51,94	05.11.2007	20:01:18.380	1,17	250,4	69,46		
41,10	53,37	5/11/2007	20:42:30.495	40,52	52,02	05.11.2007	20:42:19.340	1,18	240,797	59,917		
41,19	53,40	5/26/2007	22:54:38.144	40,59	52,08	5.26.2007	22:54:32.310	1,17	239,437	58,578		
41,26	49,44	6/08/2007	5:54:41.875	40,77	47,93	06.08.2007	5:54:33.810	1,25	247,339	66,348		
42,82	49,66	6/30/2007	15:48:59.554	42,83	48,22	6.30.2007	15:48:50.900	1,06	270,941	89,968		
43,25	49,11	6/30/2007	20:20:46.472	42,91	48,21	6.30.2007	20:20:36.950	0,74	242,194	62,224		
43,29	49,04	6/30/2007	22:30:40.174	42,73	48,24	6.30.2007	22:29:40.860	0,80	226,903	46,361		
40,99	51,21	7/07/2007	16:00:27.371	40,50	50,01	07.07.2007	16:00:19.660	1,03	242,194	61,415		
42,29	49,92	7/24/2007	13:41:41.183	41,94	48,89	7.24.2007	13:41:33.970	0,84	245,472	64,787		
40,72	52,83	8/15/2007	1:42:26.444	40,22	51,40	8.15.2007	1:42:13.950	1,20	245,982	65,054		
40,93	49,05	8/23/2007	1:52:24.691	40,68	48,50	8.23.2007	1:52:22.840	0,48	239,638	59,281		
40,95	49,11	8/23/2007	6:03:33.711	40,63	48,48	8.23.2007	6:03:31.190	0,58	236,663	56,252		
								Ср. значение	1,05	245,041	64,26	2

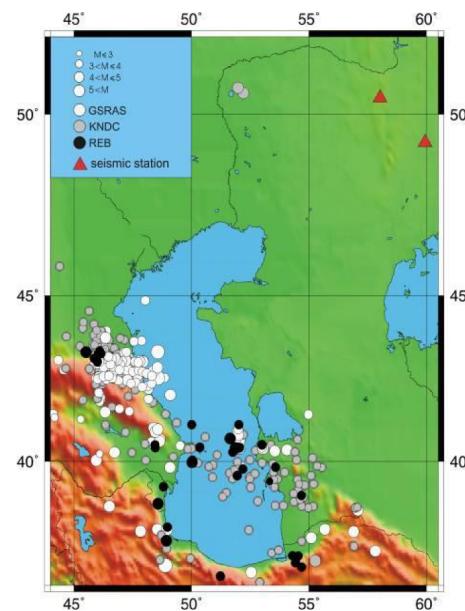


Рисунок 5. Прикаспийский регион. Карта эпицентров землетрясений по данным сводного каталога REB, GSRAS, KNDC

ИСТОРИЧЕСКАЯ И СОВРЕМЕННАЯ СЕЙСМИЧНОСТЬ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА И ПРИКАСПИЯ

Дополнительно к инструментальным наблюдениям изучены архивные данные по исторической сейсмичности региона. В каталогах мировых центров данных найдены сведения о сейсмических событиях в пределах Западного Казахстана и вблизи его границ с 1968 г. по 2004 г. Данные выбирались для территории, ограниченной координатами: 42° - 54° с. ш. и 50° - 60° в. д. независимо от магнитуды землетрясения. Детальный анализ событий позволил разделить их на 2 группы. В первую группу включены

события, признанные «недостоверными» - данные по которым получены при участии малого количества станций, расположенных на больших расстояниях от источника. Во вторую группу включены «достоверные» землетрясения - с высокой вероятностью локализации источника на исследуемой территории или вблизи нее, например, в западной части Приаралья, на территории Узбекистана, севернее Каспийского моря [4]. В таблицах 2 и 3 приведены сводные каталоги землетрясений по историческим данным мировых центров данных (таблица 2) и по данным сети НЯЦ РК (таблица 3) для территории Западного Казахстана и прилегающих территорий.

Таблица 2. Сводный каталог «достоверных» исторических землетрясений по данным глобальных сейсмических сетей (ISC, NEIC, REB)

N	Дата, GTM (м/д/г)	Время (t_0) GMT	Координаты		Магнитуда (m_b)	Источник	Примечание
			φ N	λ E			
1	10/13/1974	9:56:07.0	48.41°	53.59°	4.1	ISC, Уломов	Казахстан, Прикаспийская низменность
2	12/25/1975	22:09:13.0	50.37°	54.30°	-	ISC	Северная часть Западного Казахстана
3	2/06/1976	14:50:18.0	47.32°	53.28°	-	ISC, Уломов	Казахстан, Прикаспийская низменность
4	4/20/1976	9:02:28.0	46.13°	59.82°	-	ISC	Казахстан, север Арала
5	5/04/1976	8:56:25.0	42.66°	54.65°	-	ISC	Казахстан, Мангистау
6	6/26/1976	11:02:04.0	50.33°	51.02°	3.8	ISC	Казахстан, Прикаспийская низменность, южнее г. Уральска
7	11/05/1977	13:40:40.0	46.11°	51.64°	-	ISC	Казахстан, север Каспия
8	4/19/1985	13:53:58.0	44.49°	57.83°	4.7	ISC, NEIC, Уломов	Узбекистан, западнее Арала
9	5/14/1989	11:46:56.0	50.87°	51.3800°	4.5	ISC, NEIC	Казахстан, Прикаспийская низменность, южнее г. Уральска

Таблица 3. Каталог землетрясений Западного Казахстана, зарегистрированных станциями НЯЦ РК

N	Дата, GTM (м/д/г)	Время (t_0) GMT	Координаты		Магнитуда (m_{pva})	K
			φ N	λ E		
1	7/27/2005	22:24:15.5	45.939	59.844	2.4	5.9
2	10/03/2005	23:34:42.1	44.217	50.137	2.9	7.3
3	1/22/2006	3:32:14.2	43.047	58.789	3.1	7.6
4	4/16/2006	12:24:45.0	44.343	53.483	2.3	6.2
5	4/13/2007	14:13:40.5	47.321	59.827	2.7	6.5
6	12/12/2007	17:27:22.7	46.895	59.587	2.4	7.3
7	4/26/2008	13:14:50.1	50.570	51.790	5.3	11.1
8	7/18/2008	19:36:38.6	50.700	51.980	3.7	9.8
9	7/19/2008	05:40:02.1	49.824	51.722	2.5	6.0

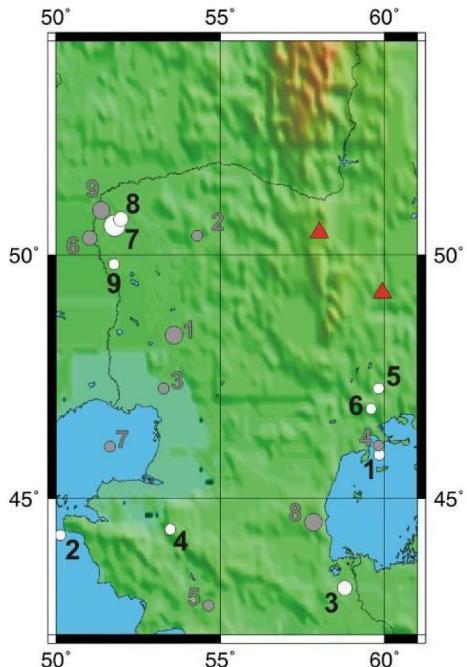
Карта эпицентров землетрясений из вышеприведенных каталогов дана на рисунке 7. Самым сильным за последние годы и принесшим значительный материальный ущерб явилось Шалкарское землетрясение 26 апреля 2008 г. (рисунок 7), произошедшее в Западном Казахстане в районе озера Шалкар (номер эпицентра 7 на рисунке 7).

В таблице 4 приведены основные параметры Шалкарского землетрясения по данным различных сейсмических сетей. Следует отметить, что в решениях всех мировых центров, приведенных в таблице 4, в качестве исходных данных использовались, в том числе, и данные станций НЯЦ РК.

Наиболее точным является решение NEIC (National Event Information Center - каталог Геологической службы США). Согласно ему, эпицентр оп-

ределен в 80 км к юго-востоку от города Уральск с восточной стороны солёного озера Шалкар, что совпадает с макросейсмическими данными (основные разрушения произошли в посёлке Рыбецх Теректинского района, где интенсивность сотрясений составляла 7 баллов). Через 3 месяца произошли два aftershock 18 -19 июля 2008 г (таблица 3, номера эпицентров 8, 9 на рисунке 6). Поскольку другие службы не имеют здесь полноценных сетей наблюдений, сведения об этих событиях в МЧС РК переданы только по данным станций НЯЦ РК.

Некоторые средства массовой информации отнесли Шалкарское землетрясение к техногенным, представляя его как последствие интенсивной добычи углеводородов в Прикаспийской впадине. По мнению некоторых учёных-сейсмологов Казахстана «...землетрясение в Западно-Казахстанской области связано с работами, ведущимися на Караганском нефтегазоконденсатном месторождении, которое находится в 140 км к СВ от озера Шалкар [5]. Однако обращает на себя внимание, что ранее (таблица 1) в исследуемом районе уже фиксировались два небольших землетрясения, – в 1976 и 1989 гг., близкие к Шалкарскому землетрясению 26.04.2008. Для последних по времени землетрясений - 14.05.1989 и 26.04.2008 гг., удалось собрать достаточно количество сейсмических записей и определить механизмы очагов, полученные Полешко Н.Н.



Кружок: залитой – землетрясение из таблицы 2;
не залиятой – землетрясение из таблицы 3

Рисунок 6. Карта эпицентров землетрясений в Западном Казахстане и на прилегающих территориях

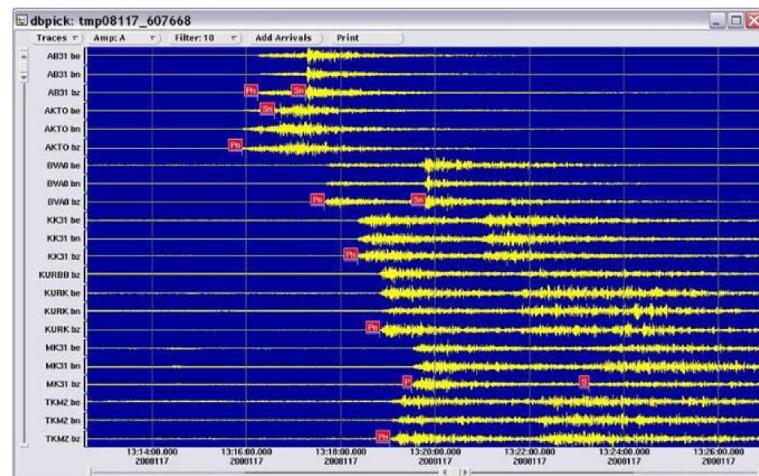


Рисунок 7. Шалкарское землетрясение 26 апреля 2008 г.
Сейсмограммы сейсмических станций НЯЦ РК

Таблица 4. Инструментальные определения параметров Шалкарского землетрясения по данным разных сейсмических сетей

Дата	Время в очаге (GMT)	Широта, N	Долгота, E	Глубина, км	Магнитуда		Источник
					m_b	M_s	
26.04.2008	13:14:51.40	50.785°	51.623°		4.7	4.6	REB(IDC)
	13:14:54.80	50.334°	52.497°		4.3		KNDC
	13:14:51.90	50.59°	51.86°	10	5.0		EMSC
	13:14:50.10	50.57°	51.79°	10	5.3		GSRAS
	13:14:52.00	50.46°	51.85°	10	5.0		NEIC

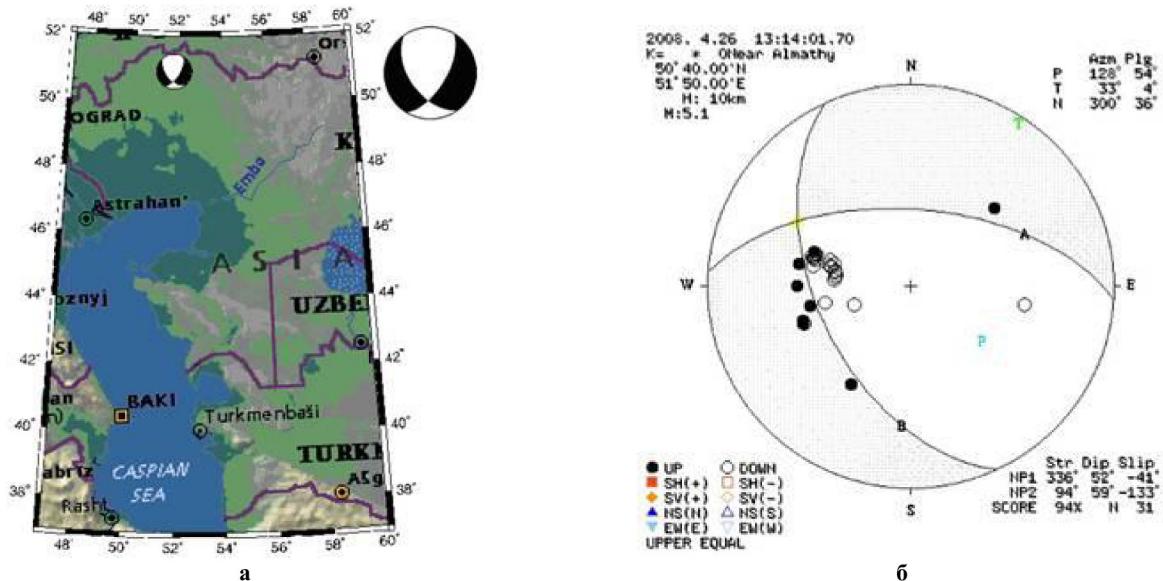


Рисунок 8. Механизмы очагов землетрясений, произошедших южнее г. Уральска: а - 14.05.1998 г.; б - 26.04.2008 г.

Тип подвижек в обоих очагах оказался одинаковым – сдвиго-сброс. Близки и другие характеристики механизмов, что может свидетельствовать об однотипной природе этих событий[6].

В [6] приведены подробные результаты изучения природы и описаны два процесса, которые могли стать причиной возникновения Шалкарского землетрясения.

ВЫВОДЫ

1. Составлен сводный каталог для Западного Казахстана и Прикаспия за 2006 - 2009 годы по данным трех сетей наблюдений: GSRAS, REB и KNDC.

2. Историческая сейсмичность и последние события 2008 г. в районе озера Шалкар свидетельствуют о том, что в исследуемом районе Западного Казахстана существует сейсмическая опасность, т.е. и

в будущем здесь также могут происходить подобные землетрясения.

3. Необходимо проведение более детальных сейсмологических наблюдений для изучения процессов, связанных с возникновением в этом районе как естественных, так и возможных техногенных землетрясений, а также уточнить действующую карту сейсмического районирования.

4. Вполне возможно влияние естественных тектонических землетрясений на возникновение техногенной сейсмичности на месторождениях углеводородов, расположенных в том же районе, и наоборот. Для мониторинга сейсмической ситуации в Западном Казахстане необходимо создать дополнительную сеть стационарных сейсмических станций, особенно вблизи крупных объектов разработки углеводородного сырья.

ЛИТЕРАТУРА

- Строительство в сейсмических районах (СНиП РК В. 1.2-4-48). Комитет по жилищной и строительной политике Министерства энергетики, индустрии и торговли РК / Алматы, 1998. – 39 с.
- Тимуш, А. В. Сейсмотектонические основы оценки сейсмической опасности Северного и Восточного Прикаспия / А. В. Тимуш // Прогноз землетрясений и глубинная геодинамика. Алматы: Эверо, 1997. – С. 408 - 418.
- Курскеев, А. К. Сейсмическое районирование Республики Казахстан / А.К. Курскеев [и др.] // Алматы, 2000. – 220 с.
- Sokolova, I. Seismicity of oilbearing regions of Kazakhstan according to data of NNC RK network / I. Sokolova, N. Mikhailova, A. Velikanov // Programme and abstracts the 7th General Assembly of ASC (24-27 Nov., 2008).
- ЛИТЕР - республиканская ежедневная газета РК за 7 мая 2008.
- Михайлова, Н. Н. К вопросу о природе Шалкарского землетрясения, произошедшего в западном казахстане 26 апреля 2008 года / Н. Н. Михайлова, А. Е. Великанов // Вестник НЯЦ РК, 2009. – Вып. 3. – С. 127 – 133.
- Михайлова, Н. Н. Новые данные о землетрясениях в асейсмических районах Казахстана. Геофизика XXI столетия.: Сб. тр. четвертых геофизических чтений им. В.В. Федынского / Н. Н. Михайлова, И. Н Соколова, А. И. Неделков // М.: Научный мир, 2003.

БАТЫС ҚАЗАҚСТАННЫҢ СЕЙСМИКАЛЫҚ ҚАУІПІН БАҒАЛАУ ПРОБЛЕМАСЫНА

Мукамбаев А. С.

ҚР ҰЯО геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов, Қазақстан

ҚР ҰЯО станциялар желісімен алынған қазіргі деректерін және дүниежүзілік орталықтардың тарихи деректерін пайдалануымен Батыс Қазақстан мен Каспий теңірегі аумағының сейсмикалығының зерделеу нәтижелері көлтірілген. Батыс Қазақстанның аумағы үшін жерсілкінулердің жинақы каталогын жасаудың пайдалану үшін ҚР ҰЯО желісінің деректері бойынша оқиғалардың эпиорталықтар координаттары мәндеріне түзетулері бағаланған. Аумактың сейсмикалық құпін бағалау үшін 1968-2009 жылдарына аумактағы жерсілкінулердің эпиорталықтарының картасы жасалған. Алынған деректері, сейсмикалық аудандаудың жаңа карталарын құрастыруында пайдалануына жарайды.

TO THE PROBLEM OF SEISMIC HAZARD ASSESSMENT IN WESTERN KAZAKHSTAN

A.C. Mukambayev

Institute of Geophysical Research NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

The work provides investigation results on seismicity of the western Kazakhstan and Caspian region using both current data of NNC RK network and historical data of the worldwide centers. Corrections were made in the coordinates of epicenters by means of NNC RK network data with the purpose to create a united catalogue of the earthquakes for the Western Kazakhstan territory. Maps of the earthquake epicenters of the region for 1968 - 2009 were plotted to assess seismic hazard of that territory. These results can be used to plot new maps of seismic zoning.