

*Работа выполнена благодаря финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (номер проекта 10-05-00753-а).*

## Л и т е р а т у р а

1. Губатенко В.П. Построение класса переменных электромагнитных полей для линейных изотропных сред //Недра Поволжья и Прикаспия. – 2011. – Вып.66. – С.70-77.
2. Губатенко В.П. Нахождение аналитических решений задач геоэлектрики на основе решения обратной задачи //Недра Поволжья и Прикаспия. – 2011. – Вып.67. – С.34-46.
3. Губатенко В.П., Московский И.Г. Применение обратной задачи для нахождения аналитических решений уравнений Максвелла //Известия Саратов. ун-та. Новая серия. – 2012. – Т.12. – Серия Науки о Земле. – Вып.2. – С.62-68.
4. Бердичевский М.Н., Дмитриев В.И. Магнитотеллурическое зондирование горизонтально-однородных сред. – М.: Недра, 1992. – 250 с.

УДК 550.34

## ОЩУТИМЫЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ВОЛГО-ПРИКАСПИЙСКОГО РЕГИОНА И ИХ ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ

© 2013 г. В.А. Огаджанов<sup>1</sup>, М.Ю. Маслова<sup>2</sup>, А.В. Огаджанов<sup>3</sup>

1 – ОАО "Атомэнергопроект"

2 – ФГУП "Нижне-Волжский НИИ геологии и геофизики"

3 – Геофизическая служба РАН

В тектоническом отношении рассматриваемая территория относится к восточной части древней Восточно-Европейской платформы, ограниченной с востока и юго-востока герцинскими геоструктурами Уральской геосинклинали, Туранской и Скифской плит. Соответственно Туранская и Скифская плиты с юго-запада ограничены Альпийскими складчатými структурами Кавказа и Копет-Дага. В пределах этой части платформы отмечена значительная ощутимость землетрясений как от очагов, расположенных в пределах альпийской складчатой области Кавказа, Каспийского моря, Западной Туркмении, так и от очагов, расположенных в областях герцинской и докембрийской систем. Ниже приводится описание наиболее ощутимых землетрясений, произошедших на региональных, по отношению к сейсми-

ческим станциям Саратовского геодинамического полигона (СПП), территориях.

*Землетрясение 8 июля 1895 года*

В карточном каталоге землетрясений (1991) сообщается о землетрясении 1895 г., охватившем большую площадь.

*Астрахань.* В начале 3 ч ночи, 27 июня (по старому стилю). Ряд коротких и слабых сотрясений, продолжительностью не более 2 с. Направление с юго-запада на северо-восток или с востока на запад. Качание висячих предметов, соборный колокол ударил 4 раза. Домашние птицы с криком просыпались. Суда, находившиеся в воде, испытывали как бы легкие удары в нижнюю часть корпуса. В некоторых домах со столов падали инструменты.

*Оренбург.* 3 ч ночи, 27 июня (по старому стилю). Заметное сотрясение почвы.

*Пенза.* 2 ч 20 мин ночи, 27 июня (по старому стилю). Слабое сотрясение, которое ощущали только немногие.

*Самара.* 2 ч 7 мин ночи, 27 июля (по старому стилю). Сотрясение в виде резких толчков, продолжавшихся несколько секунд, раза 2-3. Более сильные толчки были в Южной части города. Спящие просыпались. Кровати поднимались, некоторых выбрасывало из постели. Звенела посуда, отваливалась штукатурка.

*Саратов.* Ночь на 27 июля (по старому стилю). Чувствительные колебания почвы. Растворялись двери, двигалась мебель в домах. Животные беспокоились.

*Сызрань.* 2 ч 7 мин ночи, 27 июля (по старому стилю). Глухой удар, колебание почвы 4-5 минут. Многие спавшие проснулись.

Оценка интенсивности сотрясений этого землетрясения по шкале MSK-64 дает основание оценить интенсивность сотрясений в Самаре – 5-6 баллов, Саратове – 5 баллов, Оренбурге – 4 балла, Сызрани – 4 балла, Пензе – 3 балла.

#### *Землетрясения 25 ноября 2000 года*

Согласно срочным донесениям геофизической службы РАН 25 ноября 2000 г. произошли землетрясения в районе Каспийского моря.

Координаты эпицентра первого землетрясения 40,94 с. ш., 50,08 в. д., время в очаге (московское) основного толчка 21 ч 09 мин 09 с, магнитуда 6,4, интенсивность в эпицентре составила 7,5 баллов, на удалении от эпицентра, примерно в 350-400 км к северо-западу (города Буйнакск, Хасавюрт) – 2-3 балла. Координаты эпицентра второго землетрясения 40,73 с. ш., 50,19 в. д., время в очаге основного толчка 21 ч 10 мин 50 с, магнитуда 6,0, интенсивность в эпицентре составила 6 баллов.

В обозначенное время функционировало 5 станций СГП "Альфа-Геон". Расстояние от эпицентра Каспийского землетрясения до станций СГП в среднем 1250 км. В

результате предварительной оперативной обработки сейсмологической информации выделены сейсмические волны землетрясений: продольные (P), поперечные (S), поверхностные (L). Время вступления сейсмических волн первого землетрясения: P-волны – в 21 ч 11 мин 58 с, S-волны – в 21 ч 13 мин 36 с по московскому времени. Время вступления волн второго землетрясения выделяется менее уверенно. По вертикальной компоненте можно выделить вступление S-волны в 21 ч 15 мин 12 с. Результаты первичной обработки сейсмограмм показали, что зафиксированные колебания по L-волнам на горизонтальных компонентах имеют максимальную амплитуду 4583 мкВ при соответствующей частоте 0,61 Гц. Однако тракт записи станций в период регистрации землетрясения находился в состоянии перегрузки, что дает основание путем экстраполяции оценить возможную амплитуду колебаний в сторону увеличения примерно на 30 %.

Оценки динамических характеристик колебаний были выполнены для станций СГП. В результате пересчета определена величина смещения грунта, которая для L-волн равна 0,0062 см, для S-волны – 0,0049 см. С учетом удаленности очагов землетрясений и характера затухания сейсмических волн следует констатировать усиление интенсивности колебаний в районе СГП.

Конец записи волн зарегистрированных землетрясений на станциях СГП отмечен в 21 ч 17 мин 01 с. В 21 ч 53 мин того же дня сейсмическими станциями полигона зафиксировано время первого вступления поперечной сейсмической волны от другого, более слабого землетрясения с эпицентром в южной части Каспийского моря.

Первые сообщения об ощутимых сейсмических проявлениях в регионе Поволжья были получены 26 ноября примерно между 10 и 11 часами. Сведения поступили от

представителей Правительства Саратовской области. Сообщалось о сейсмических проявлениях в отдельных районах города Саратова 25 ноября 2000 г. примерно в 21 ч 25 мин по московскому времени. Анализ информации с сейсмических станций показал, что сейсмическое событие в 21 ч 25 мин на СГП не зарегистрировано. Был сделан дополнительный запрос в геофизическую службу РАН, согласно ответу, станциями федеральной сейсмологической сети сейсмическое событие в обозначенное время также зарегистрировано не было. Однако по сведениям официальных представителей Комитета по делам ГО и ЧС Саратовской области, а также из сведений, полученных непосредственно от жителей Саратова, следует, что в ряде районов города в указанное время были отмечены сейсмические проявления. В том числе жители, длительное время проживавшие в сейсмоактивных регионах, с уверенностью идентифицируют данные проявления с землетрясением. Эти проявления выразились в раскачивании висячих предметов (иногда достаточно сильным), падении отдельных вещей с полок, движении легкой мебели, дрожании оконных стекол и посуды в шкафах; более всего эти явления ощущались на верхних этажах зданий. Согласно сообщению местной прессы (газета "Саратовская панорама" за 29 ноября – 5 декабря 2000 г.) диспетчерами Саратовского "Водоканала" зафиксировано "...возросшее более чем в два раза количество порывов сетей..." в дни, следующие за 25 ноября. На территории Саратовской области ощутимые колебания были отмечены так же в городе Балаково.

Результаты запросов, сделанных в Комитеты по делам ГО и ЧС Астраханской, Волгоградской, Оренбургской, Пензенской, Самарской, Ульяновской областей, показали, что, согласно сведениям, поступившим по состоянию на 30 ноября 2000 г., сейсмические проявления отмечались также в Аст-

рахани и Самаре. В Астрахани 25 ноября примерно в 21 ч 20-25 мин (время московское) ощущались легкие колебания и толчки по всему городу. В одном из домов на десятом этаже появилась трещина. В Самаре 25 ноября в 21 ч 25-30 мин по московскому времени ощущались колебания в одном из микрорайонов в северной части города, а именно в нескольких домах на верхних этажах было отмечено качание висячих предметов и движение легкой мебели. Таким образом, интенсивность сотрясений в Астрахани, Балаково, Самаре и Саратове составила примерно 3-4 балла шкалы MSK-64.

#### *Землетрясение 6 декабря 2000 года*

Согласно срочным донесениям геофизической службы РАН 6 декабря 2000 г. произошло землетрясение в районе города Небит-Даг (Туркмения). Координаты эпицентра  $39,65^{\circ}$  с. ш.,  $54,71^{\circ}$  в. д. Время в очаге (московское) 20 ч 11 мин 05 с. Магнитуда 7,4, интенсивность в эпицентре составила 7,5 баллов, в Небит-Даге – 7, Красноводске – 6-6,5, Баку – 4,5, Нукусе – 4-5, Ашхабаде – 4-5, Махачкале, Избербаше – 3-4, Пятигорске, Бухаре, Самарканде, Карши, Харезме – 3, Ташкенте – 2-3.

В обозначенное время функционировало 3 станции СГП "Альфа-Геон".

Расстояние от эпицентра землетрясения до станций СГП в среднем 1550 км. В результате предварительной оперативной обработки сейсмологической информации выделены сейсмические волны землетрясений: продольные (P), поперечные (S), поверхностные (L). Время вступления сейсмических волн землетрясения на станции СГП: P-волны – в 20 ч 14 мин 15 с, S-волны – в 20 ч 16 мин 42 с, L-волны – в 20 ч 21 мин по московскому времени. Результаты первичной обработки сейсмограмм показали, что зафиксированные колебания по S-волнам на горизонтальных компонентах имеют максимальную амплитуду 4583 мкВ при

соответствующей частоте 0,75 Гц. Однако тракт записи станций в период регистрации землетрясения находился в состоянии перегрузки, что дает основание путем экстраполяции оценить возможную амплитуду колебаний в сторону увеличения более чем на 200 %.

Оценки динамических характеристик колебаний, выполненные для сейсмических станций СГП, показали следующее. В результате пересчета определена величина смещения грунта, которая для S-волны составляет не менее 0,0068 см.

Сообщения о землетрясении в регионе Поволжья были получены от представителей Правительства Саратовской области, сообщивших о сейсмических проявлениях, ощущавшихся во многих районах города Саратова 6 декабря 2000 г. примерно в 20 ч 16 мин по московскому времени. По сведениям официальных представителей Комитета по делам ГО и ЧС Саратовской области, а также из сведений, полученных непосредственно от жителей Саратова, следует, что в пределах города в указанное время были отмечены сейсмические проявления, выразившиеся в раскачивании висячих предметов (иногда достаточно сильном), падении вещей с полок, движении легкой мебели, дрожании посуды в шкафах и оконных стекол, что более всего ощущалось на верхних этажах зданий. Многие люди были перепуганы и выбегали из домов. В ряде случаев отмечены легкие повреждения зданий: появление небольших трещин в стенах и осыпание штукатурки с потолков. Наиболее существенные трещины образовались в зданиях табачной фабрики. Отмеченные макросейсмические проявления дают основание оценивать интенсивность сейсмических сотрясений в Саратове по шкале MSK-64 примерно в 5 баллов с усилением на отдельных участках до 6 баллов.

Результаты запросов, сделанных в комитеты по делам ГО и ЧС Астраханской,

Волгоградской, Оренбургской, Пензенской, Самарской областей, показали, что согласно сведениям, поступившим по состоянию на 8 декабря 2000 г., сейсмические проявления отмечались в населенных пунктах указанных областей. В Астрахани сейсмическое событие было отмечено в 20 ч 15 мин (время московское) и выразилось в качении люстр, расплескивании воды из аквариумов; на верхних этажах со столов падала посуда; из многоэтажных домов люди выбегали на улицу. В Волгограде ощутимые колебания отмечались только на верхних этажах домов, от седьмого и выше, и выражались в покачивании люстр и движении легкой мебели. В Оренбурге в высотных зданиях на последних этажах было отмечено движение легкой мебели. Сообщения о первых толчках в Оренбурге поступили в 20 ч 04 мин по московскому времени. В Пензе примерно в 20 ч 20 мин отмечено покачивание люстр. В Самаре примерно в 20 час 17 мин было отмечено раскачивание люстр, дребезжание посуды, перемещение легкой мебели. Направление колебаний, со ссылкой на данные сейсмической станции, в Альметьевске юго-западные – северо-восточные. Отмечено, что колебания в Самаре наиболее ощутимы были в домах, ориентированных длинной стороной в том же направлении.

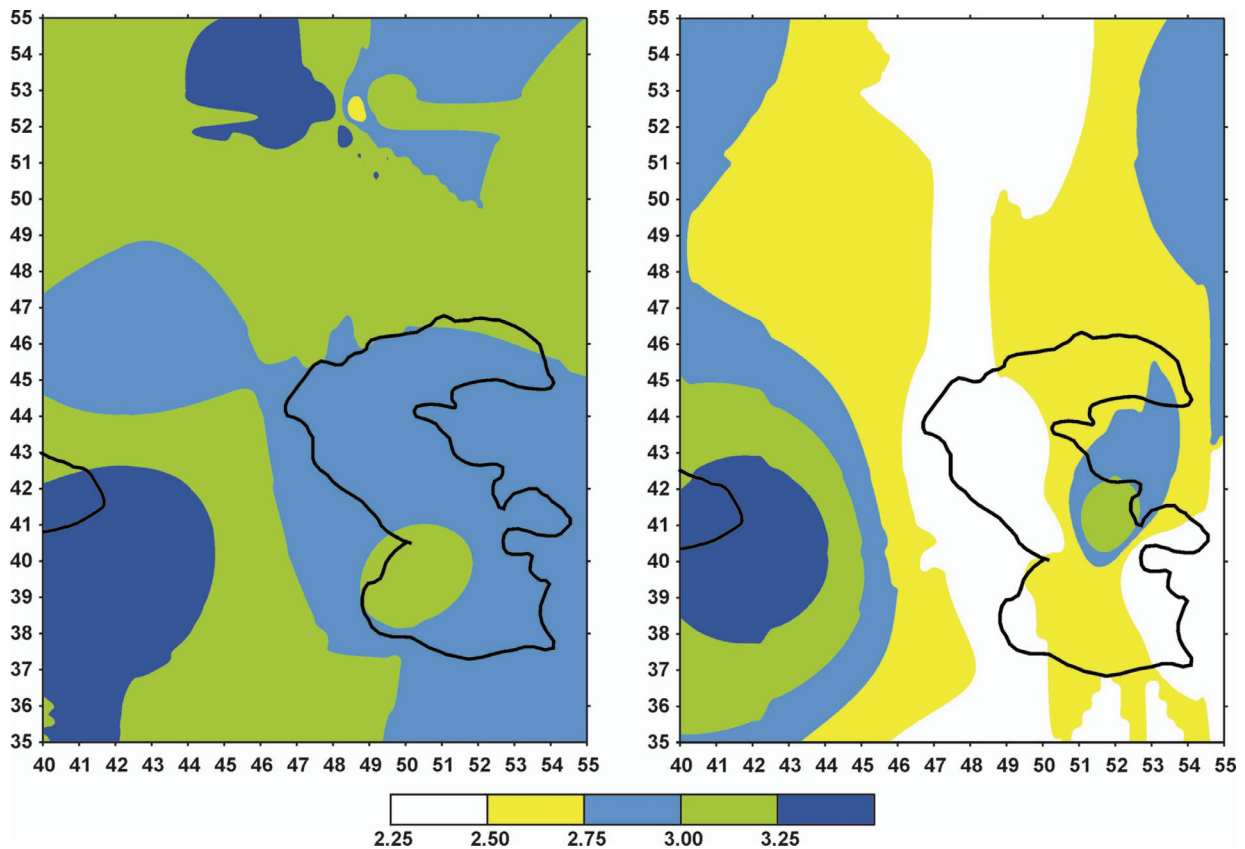
Анализ макросейсмической информации по городу Тольятти показал, что во многих его районах имело место беспокойство животных: кошки прятались, собаки металась и выли. У некоторых людей примерно за час до землетрясения отмечались головные боли, потемнение в глазах, головокружение, тошнота; дети плакали. При землетрясении люди спускались с верхних этажей, вставали возле несущих перекрытий. Массовое ухудшение самочувствия было отмечено в восточной части города, непосредственно примыкающей к зоне активного разлома Жигулёвских дислокаций, здесь

людей эвакуировали из домов. Ощущались импульсные толчки, люди падали с кроватей. Обращает на себя внимание схожесть указанных макросейсмических проявлений с таковыми в Самаре при Краснодарском землетрясении 1895 г.

Идентификация сейсмических проявлений в городах Астрахани, Волгограде, Самаре, Саратове, Тольятти, Пензе, Балаково и Оренбурге позволяет сделать вывод, что 6 декабря 2000 г. примерно в 20 ч 15-20 мин по московскому времени в данных пунктах имело место сейсмическое событие природного характера интенсивностью: в Саратове – 5-6 баллов, в Тольятти – 5-6, в Астрахани – 5, Балаково – 5, Самаре – 4-5, Волгограде – 4, Пензе – 3-4, Оренбурге – 4 [5].

Анализ значительного количества записей землетрясений по группе станций позволил сделать вывод, что при прочих рав-

ных условиях (магнитуда, эпицентральное расстояние, глубина очага) затухание сейсмических волн вдоль различных азимутальных направлений неодинаково. Оценка параметра, характеризующего коэффициент затухания сейсмических волн, показала, что вдоль меридионального направления, примерно  $46-52^\circ$ , величина коэффициента затухания сейсмических волн минимальна (рис.1). Анализ сейсмограмм сейсмической станции (с.с.) "Саратов" показал, что амплитуды продольных и поперечных волн при соизмеримых магнитудах и эпицентральных расстояниях землетрясений, как правило, больше вдоль азимутальных направлений  $120-240^\circ$  [2]. На рисунке 2 в качестве примера показаны записи трех землетрясений с очагами в земной коре: из южной Греции – азимут относительно с.с. "Саратов" составляет  $241^\circ$ , южного Ирана – азимут  $154^\circ$  и из



**Рис.1.** Распределение коэффициента затухания волн землетрясений в восточной части Европейской плиты в интервалах литосферы: слева до 20 км, справа – более 20 км



Таджикистана – азимут  $114^{\circ}$ . Согласно сводкам службы срочных донесений Геофизической службы РАН, для землетрясений Греции и Таджикистана магнитуды  $m_b = 5,6$  при эпицентральных расстояниях землетрясения в Таджикистане 2433 км, а в Греции – 2450 км, для землетрясения южного Ирана  $m_b = 6,0$  при эпицентральных расстояниях 2782 км. На рисунке 3 показаны первые вступления Р-волн указанных землетрясений в едином вертикальном масштабе. При сопоставимости магнитуд с эпицентральными расстояниями амплитуды волн всех трех землетрясений, зарегистрированных на с.с. "Саратов", должны быть практически одинаковы. Однако из сравнения приведенных записей видно, что максимальные амплитуды

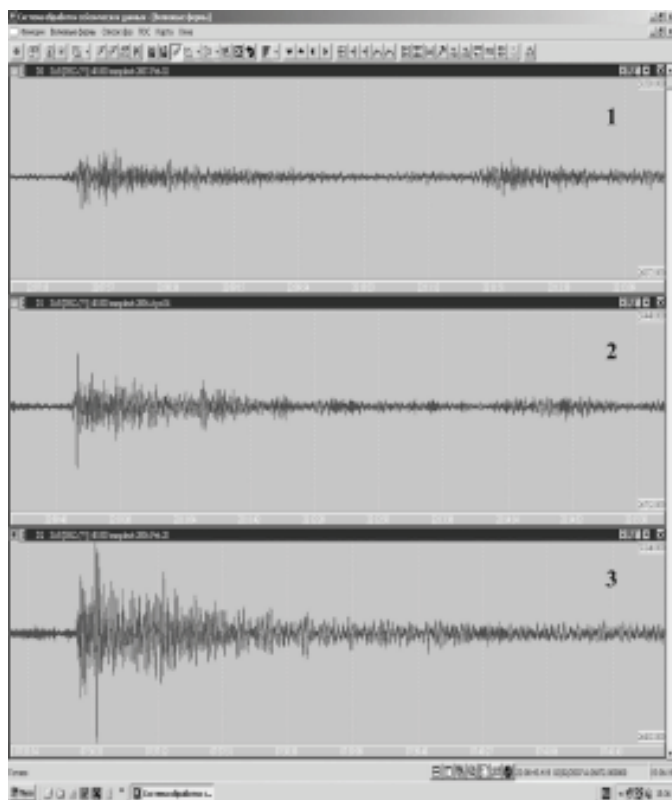
Р-волн этих землетрясений существенно отличаются, а именно для землетрясения Таджикистана максимальная амплитуда Р-волны по вертикальной составляющей в три раза меньше амплитуды Р-волны землетрясения в Греции и в шесть раз меньше амплитуды Р-волны землетрясения в южном Иране. Из этого можно сделать вывод, что затухание сейсмических волн удаленных землетрясений вдоль различных азимутальных направлений от с.с. "Саратов" неодинаково (рис.1).

Меридиональное направление, совпадающее с зоной аномально низкого затухания сейсмических волн, имеет неоднородность, выделенную по зоне сочленения аномалий геоида по гармоникам 10 степени (рис.4). Изложенное позволяет сделать вывод, что данная степень генерализации аномалий может отражать неоднородности нижней части земной коры и верхней мантии. Сопоставление положения указанной неоднородности с эпицентрами землетрясений, при которых на СГП наблюдались аномально высокие амплитуды сейсмических волн, показывают, что все эти эпицентры, а также сейсмическая станция "Саратов" находятся либо в пределах меридиональной неоднородности, либо в непосредственной близости от нее.

Показательно также, что эпицентры описанных выше ощутимых землетрясений с очагами в пределах платформенной части расположены вдоль данного меридионального направления. Все изложенное выше свидетельствует о том, что меридиональная неоднородность является сейсмогенерирующей и сеймопроводящей.

#### *Шалкарские землетрясения*

Шалкарская сейсмоактивная зона расположена на северо-западе Республики Казахстан. За инструментальный



**Рис.2.** Вертикальные составляющие сейсмограмм землетрясений, зарегистрированных сейсмической станцией "Саратов". 1 – Таджикистан 02.02.2007; 2 – Греция 04.04.2006; 3 – южный Иран 28.02.2006 (положение эпицентров в соответствии с нумерацией, приведенной на рисунке)

## Сильные землетрясения Шалкарской сейсмоактивной зоны

№	Дата	Время	Широта	Долгота	Н	М	I <sub>0</sub>	Источник
1	1976.07.26	11:02:04	50.30	51.00	-	3.8		[3]
2	2008.04.26	13:14:50	50.56	51.82	10	5,3	6-6,5	ССДГС РАН
3	2008.07.18	19:36:40	50.73	52.00	-	4.2		ССДГС РАН
4	2011.12.30	23:58:18	50.79	51.60	-	4.1		ССДГС РАН

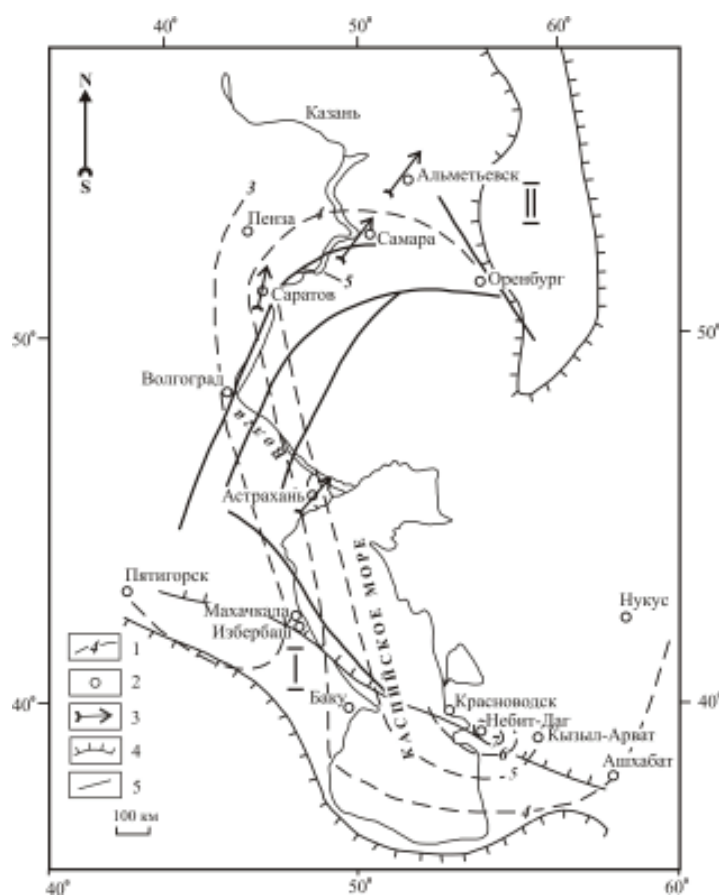
период наблюдений здесь зарегистрированы сейсмические события магнитудой от 3,8 и более. За период с 2008 по 2011 гг. в этой сейсмоактивной зоне произошло три землетрясения магнитудой более 4 (табл.).

Район возникновения землетрясений приурочен к внутренней прибортовой зоне северной части Прикаспийской впадины. На этом участке отмечены пересечения дислокаций трех преобладающих направлений: северо-восточного, субширотного и субмеридионального.

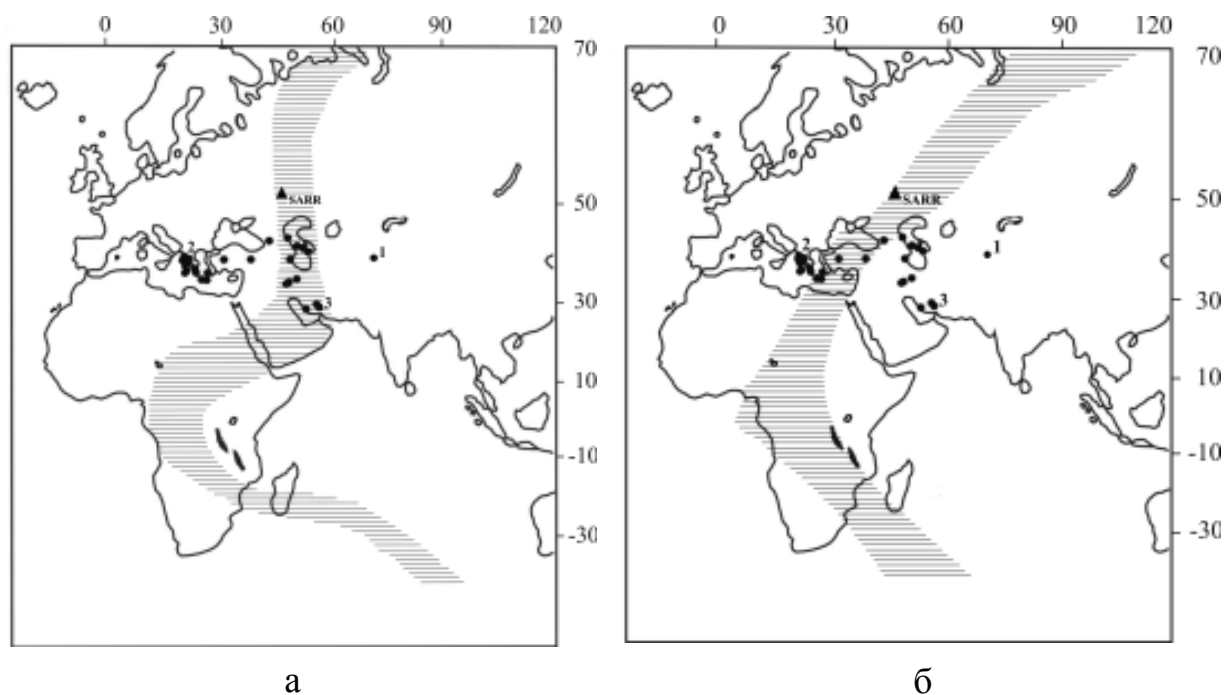
Наиболее крупными из субширотных дислокаций являются дислокации северного борта Прикаспийской впадины и Центрально-Прикаспийского авлакогена (рис.5). Субмеридиональная дислокация выражена в структуре кристаллического фундамента и осадочной толщ разломами с вертикальным и горизонтальным смещением.

Участок пересечения дислокаций этих трех направлений и определяет положение очаговой зоны Шалкарских землетрясений. Согласно тектонической схеме, опубликованной в работе [3], участок расположения эпицентров находится в зоне позднекайнозойской деформации, по своей кинематической характеристике представляющей левосторонний сдвиг со сбросом, имеющий северо-восточное направление.

Преобладающее направление структур мантии в пределах Прикаспийской впадины северо-восточное, однако в районе расположения эпицентров, в северной прибортовой зоне, простираение структур мантии



**Рис.3. Изосейсты Балханского землетрясения 2000 года по [2, 5].** 1 – изосейсты с указанием интенсивности в баллах шкалы MSK-64; 2 – пункты, где определена интенсивность сотрясений; 3 – направления колебаний при землетрясении; 4 – основные геоструктурные элементы: I – Кавказ, II – Урал; 5 – разломы мантии



**Рис.4.** Положение сквозных неоднородностей востока Европейской и Африканской плит, выделенных по планетарным гравитационным аномалиям, полученным из анализа движения искусственных спутников Земли. а – генерализация по гармоникам 10 степени; б – генерализация по гармоникам 3 степени. На схемах черными точками показаны эпицентры землетрясений, при которых отмечались аномальные увеличения амплитуд сейсмических волн на с.с. "Саратов" (SARR), (кроме землетрясения под номером 1). Нумерация трех землетрясений соответствует нумерации их сейсмограмм на рис.2

меняется с северо-восточного на субширотное. Поднятия мантии приурочены к осевой части регионального гравитационного минимума. Этот гравитационный минимум компенсируется поднятием низкоплотного слоя мантии, имеющего амплитуду 15-17 км. Верхняя граница указанного низкоплотного слоя находится примерно в интервалах глубин 45-48 км.

Землетрясение 26 апреля 2008 г. произошло в 13 ч 14 мин вблизи озера Шалкар Западно-Казахстанской области Республики Казахстан, в нескольких километрах от населенных пунктов Шалкар и Рыбцех. Наиболее крупный населенный пункт Республики Казахстан – город Уральск – находится примерно в 70 км к северу.

Параметры гипоцентра этого землетрясения были получены в Службе срочных донесений ГС РАН по первым вступлениям

P-волн на 34 станциях, расположенных на расстоянии 2,1-93° и равномерно распределенными азимутально. Магнитуда землетрясения была оценена по объемным волнам и составила  $m_b = 5,3$ . Такое же значение магнитуды получено по результатам обработки записи землетрясения с.с. "Саратов". Позднее по поверхностным волнам Рэлея, зарегистрированным на пяти станциях – "Аркти", "Кисловодск", "Обнинск", "Ловозеро" и "Пулково", определена магнитуда  $m_s = 4,7$ . В дальнейшем в ГС РАН по обмену поступили данные ряда международных центров: IDC (Международный центр СТВТО, Вена, Австрия), NEIC (Национальный центр о землетрясениях, США), KNDC (Национальный центр данных, Казахстан), а также результаты стационарной обработки некоторых станций ГС РАН. Особо важное значение имело получение записей ближайшей станции



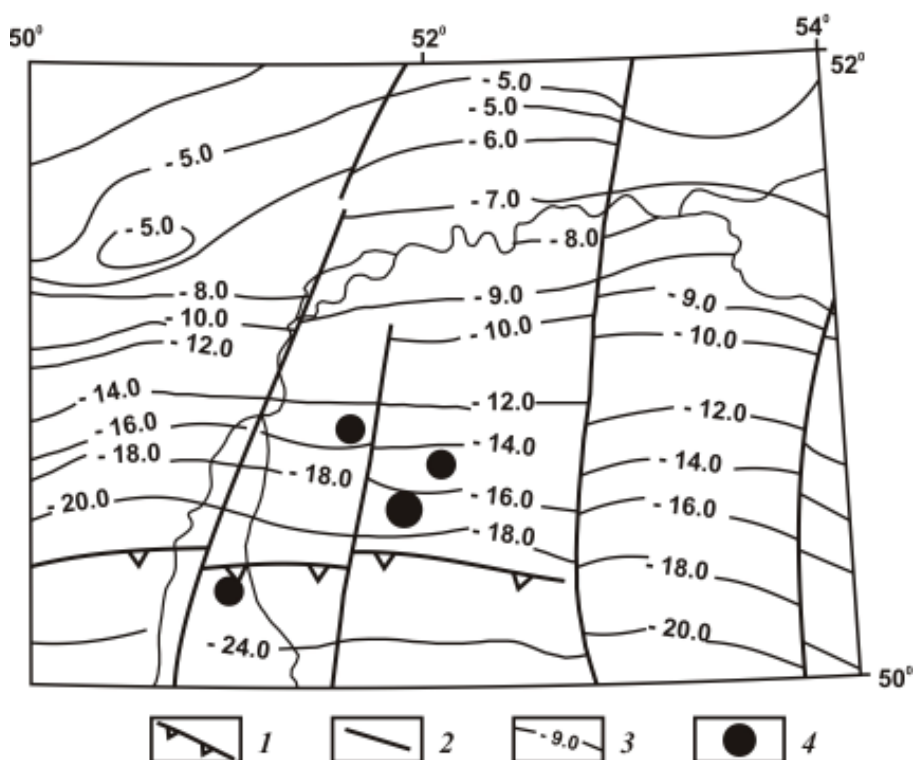
"Оренбург", эксплуатируемой совместно с Оренбургским научным центром УРО РАН [7]. Глубина очага по данным этих агентств составляет 0-10 км. Дополнительные исследования по поиску и интерпретации глубинных фаз, проведенные Варшавским агентством (WAR), дали основание для увеличения глубины очага до 18 км.

Макросейсмическая информация была получена от оперативных дежурных и служб мониторинга МЧС Самары, Оренбурга и Уральска. Кроме того, для территории Казахстана использована информация из газеты "Казахстан сегодня" от 29.04.2008 г. Согласно этим сообщениям в городах Шалкар и Рыбцех на территории Казахстана после землетрясения образовались сквозные трещины в глинобитных и саманных домах, частично разрушены печи, осыпалась штукатурка и известь с потолков. В здании школы постройки 1959 года также имеются трещины в стенах. Такие повреждения

могут быть вызваны сотрясениями интенсивностью не менее 6-ти баллов по шкале MSK-64.

Согласно отчету Института сейсмологии и СОМЭ, проведено макросейсмическое обследование эпицентральной зоны Шалкарского землетрясения, результаты которого позволили уточнить интенсивность в населенных пунктах. В эпицентральной области землетрясение проявилось интенсивностью в 7 баллов по шкале MSK-64.

В 7-балльную зону попали поселки Рыбцех и Шалкар. В поселке Рыбцех в аварийном состоянии находятся сельская школа и 11 жилых домов, сильные повреждения получили 70 зданий. Материал несущих стен школы – жженный кирпич и шлакобетон, а жилые дома построены из самана. В поселке Шалкар получили сильные повреждения 5 домов, остальные здания имеют повреждения различной степени. В 6-балльную зону попали поселки Ер-



**Рис.5. Структурно-тектоническая позиция Шалкарских землетрясений 2008 года.**  
 1 – северный борт Центрально-Прикаспийского грабена, 2 – разломы архейского фундамента, 3 – изогипсы по кровле кристаллического фундамента, 4 – эпицентры землетрясений

сары и Сарыюмир. В эпицентральной области, между поселками Рыбцех и Шалкар, проявились водно-песчаные гейзеры, которые выстроены в линию субширотного направления. По свидетельству очевидца, фонтаны били на высоту до одного метра. По линии длиной в 20 км обнаружено 9 конусов от песчано-водных гейзеров [1]. В Уральске повсеместно были отмечены качание всяких предметов, дребезжание оконных стекол и посуды – 4-5 баллов. В Оренбурге на верхних этажах зданий двигалась мебель и раскачивались всякие предметы – 3-4 балла. В Самаре отмечено качание всяких предметов только на верхних этажах зданий в северной части города – 2-3 балла. Время описанных ощутимых сотрясений точно определить не представляется возможным, однако сообщения о данных макросейсмических проявлениях в службы МЧС соответствующих городов поступали в период от 17 ч 20 мин до 17 ч 50 мин московского времени. В пункте Двоенка Саратовской области, где находится сейсмическая станция "Саратов", и в Саратове ощутимых сотрясений отмечено не было. Схема изосейст землетрясения показана на рисунке 6.

Альметьевское землетрясение

Землетрясение произошло 29 мая 2008 года в юго-восточной части республики Татарстан в 11 ч 03 мин. Координаты эпицентра по данным ССД ГС РАН – 55,05 N; 52,24 E. Альметьевское землетрясение 29 мая произошло вблизи городов Альметьевск, Лениногорск, Бугульма. Расчетная интенсивность сотрясений в эпицентре землетрясения, согласно сообщению ССД ГС РАН, составляет 4-4,5 баллов, магнитуда  $m_b = 3,9$ .

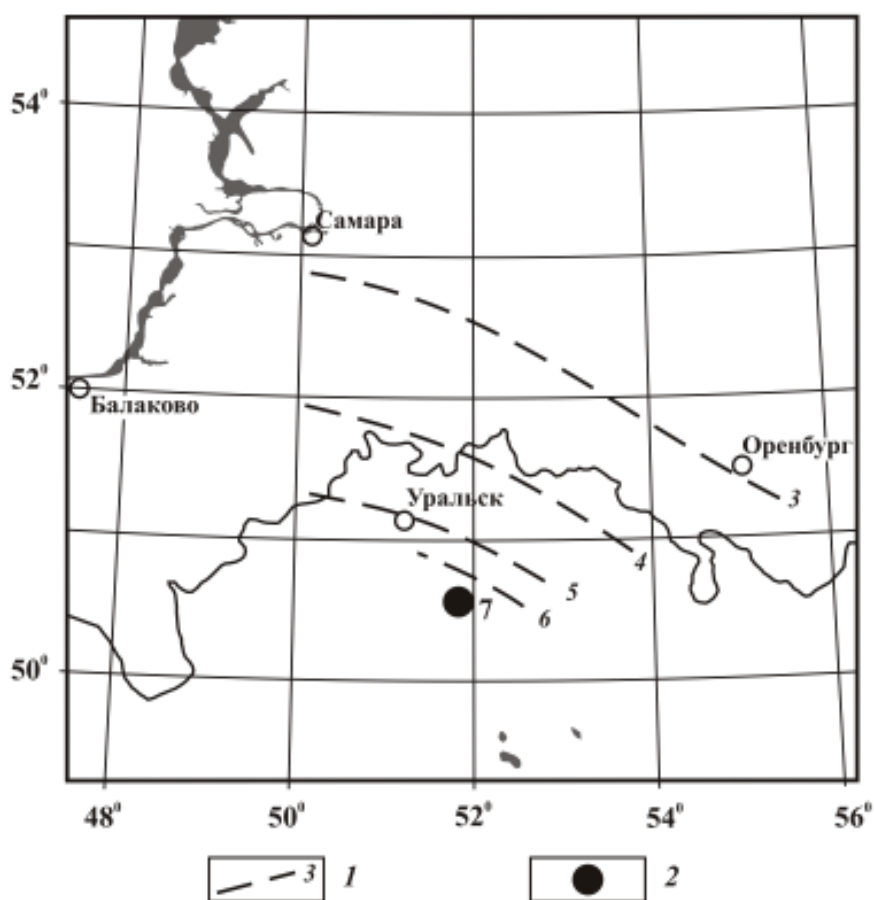


Рис.6. Схема изосейст Шалкарского землетрясения 26 апреля 2008 года. 1 – изосейсты землетрясения в баллах шкалы MSK-64, 2 – эпицентр землетрясения

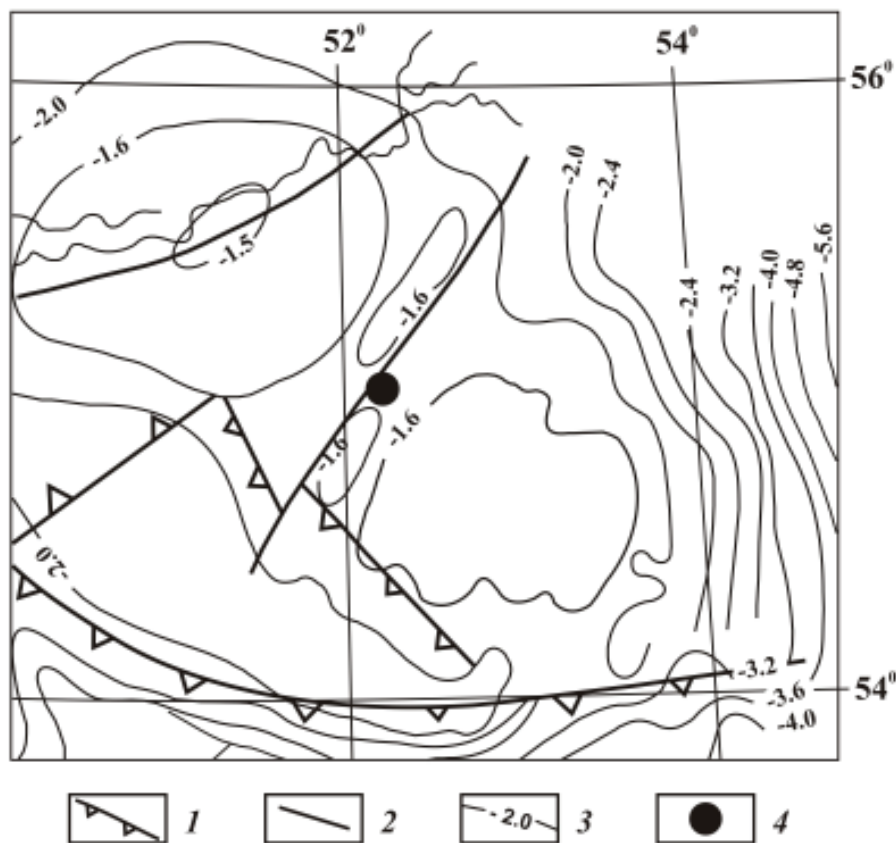
Район возникновения землетрясения тектонически приурочен к Татарскому своду. Глубина поверхности кристаллического фундамента в данном районе изменяется в диапазоне 1,5-2,0 км. Выделяется серия дизъюнктивных дислокаций северо-восточного простирания, представляющих, возможно, сдвиги с незначительным вертикальным смещением (рис.7). Согласно данным, приведенным в работе [8], в верхах кристаллического фундамента Татарского свода по данным сейсморазведки и бурения выделяются зоны разуплотнения.

По данным газеты Казанские ведомости от 03.06.2008 выпуск 104 в Альметьевске произошли более ощутимые толчки. Первый толчок случился глубокой ночью. Его почувствовали лишь неспящие. Второй

произошел в 15 ч 3 мин. У людей было ощущение, что пол в помещениях задвигался под ногами. С полок сыпались предметы, раскачивались люстры, люди были перепуганы. Меньше всего силу толчка почувствовали жители микрорайонов 1, 2. Тем не менее и там люди до позднего вечера стояли на улице, боясь заходить в дома.

Указанная выше макросейсмическая информация дает основание оценить интенсивность сотрясений в Альметьевске в 4-5 баллов шкалы MSK-64.

По данным информационного агентства Татаринформ (от 29 мая 2008 г.) в Лениногорском, Черемшанском, Азнакаевском районах жителями ощущались слабые колебания почвы в течение 3-5 мин, сравнимые с передвижением тяжелых транспорт-



**Рис.7. Структурно-тектоническая позиция Альметьевского землетрясения 2008 года.** 1 – разломы кристаллического фундамента с вертикальным смещением, 2 – разломы кристаллического фундамента с неустановленным смещением, 3 – изогипсы по кровле архейского фундамента, 4 – эпицентр землетрясения

ных средств. Это дает основание оценить интенсивность сотрясений в этих районах на 3-4 балла шкалы MSK-64. В Главном управлении МЧС России по Республике Татарстан пояснили, что после 15 ч 05 мин по московскому времени толчки практически затихли.

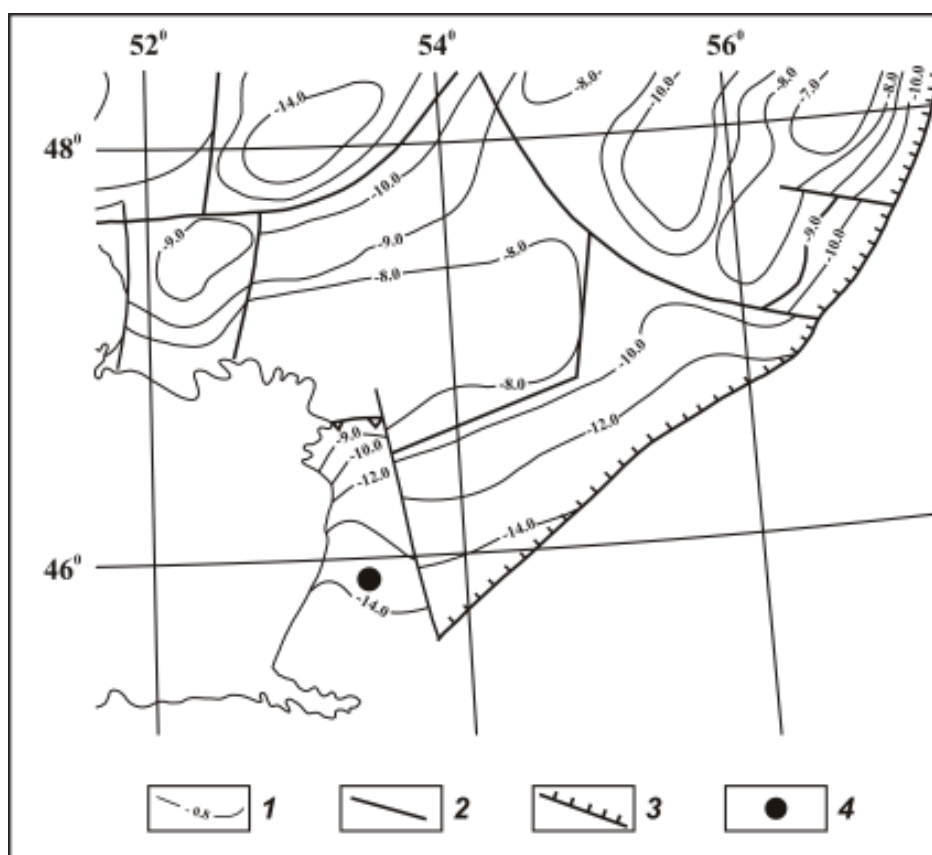
*Тенгизское землетрясение*

Произошло 21 февраля 2011 г. на территории западного Казахстана в 9 ч 3 мин в районе нефтегазового месторождения Тенгиз. По данным ССД ГС РАН магнитуда землетрясения составляет 4,3, глубина 20 км.

Очаговая зона землетрясения приурочена к зоне сочленения докембрийской и герцинской плит, имеющей на данном участке субширотное простирание. Здесь

указанная зона сочленения пересечена субмеридиональным грабенообразным погружением кристаллического фундамента, восточный борт которого ограничен субмеридиональным разломом. Вблизи этого разлома и находится эпицентр землетрясения (рис.8).

По информации Л. Сулейменовой (газета "Ак Жайык", 22 февраля 2011 г.) землетрясение интенсивностью в 4 балла по шкале MSK-64 было распознано по легкому дребезжанию и колебанию предметов, посуды и оконных стекол, скрипу дверей и стен. На Тенгизе толчки ощутили работники, занятые на промысле, то есть непосредственно на территории Тенгизского месторождения. По их словам, они наблюдали, как кресло катается само по себе.



**Рис.8. Структурно-тектоническая позиция Тенгизского землетрясения 2011 года.**  
 1 – изогипсы по кровле кристаллического фундамента, 2 – разломы кристаллического фундамента, 3 – юго-восточный борт Прикаспийской впадины, 4 – эпицентр землетрясения

*Основные результаты и выводы*

С 2000 по 2011 гг. на востоке Европейской плиты зарегистрирована серия ощутимых землетрясений. В 2008 г. было зарегистрировано самое сильное за весь период инструментальных наблюдений Шалкарское землетрясение магнитудой 5,3. Показательно, что ранее землетрясение (Фёдоровское, 1839) с фактически идентичными параметрами ( $M = 5,3$ ,  $H = 10$ ,  $I_0 = 8$ ) предполагалось нами в правобережной части Саратовского Поволжья по результатам анализа историко-архивных данных [4].

Различие в интенсивности сотрясений между Фёдоровским землетрясением (равной 8 баллов) и Шалкарским (7 баллов) вполне объяснимо, учитывая то, что эпицентр Фёдоровского землетрясения приурочен к зоне развития оползневых процессов правобережной части реки Волги. Возникновение на Шалкарском участке за период инструментальных наблюдений четырех землетрясений магнитудного уровня около 4 и более и в течение двух месяцев двух землетрясений с магнитудами 5,3 и 4,2 свидетельствует о достаточно высоком сейсмическом потенциале Шалкарской очаговой зоны. Это обстоятельство свидетельствует также и о возможности возникновения в регионе землетрясений магнитудного уровня, превышающего наблюдаемые значения (5,3), что ранее нами было аргументировано на основе анализа историко-архивных данных [4]. Очаги землетрясений приурочены к тектоническим структурам направлений ЮЗ-СВ и С-Ю, связанных со сквозными планетарными неоднородностями литосферы. Данный факт необходимо учитывать при проведении работ по уточнению общего сейсмического районирования в пределах востока Европейской плиты.

## Л и т е р а т у р а

1. Габсатарова И.П. и др. Восточно-Европейская платформа, Урал и Западная Сибирь //Землетрясения в России в 2008 году. – Обнинск, ГС РАН, 2010. – С.20-25
2. Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы. – Петрозаводск: изд-во "КарНИИЦ", 2007. – Т.1. – 380 с.
3. Взаимосвязь позднекайнозойских напряжений и деформаций в Кавказском секторе Альпийского пояса и в его северном платформенном обрамлении /Ю.Г. Леонов, О.И. Гущенко, М.Л. Копп, Л.М. Расцветаев //Геотектоника. – М.: Наука, 2001. – № 1. – С.36-59.
4. О каталоге землетрясений Среднего и Нижнего Поволжья /В.А. Огаджанов, Л.С. Чепкунас, Р.С. Михайлова и др. Землетрясения Северной Евразии в 1996 году. – М.: Наука, 2001. – С.119-127.
5. Огаджанов В.А. Проявления сейсмичности в Поволжье после сильных землетрясений в бассейне Каспийского моря //Физика Земли. – 2002. – № 4. – С.48-54
6. Огаджанов В.А., Маслова М.Ю., Огаджанов А.В. Саратовский геодинамический полигон //Землетрясения Северной Евразии в 2002 году. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 255-264
7. Огаджанов В.А., Чепкунас Л.С., Габсатарова И.П. Шалкарское землетрясение 26 апреля 2008 года //Связь поверхностных структур земной коры с глубинными: материалы XIV межд. конф. – Петрозаводск, 2008.
8. Трофимов В.А. Сейсморазведка МОГТ при изучении строения докембрийского фундамента востока Русской плиты. – Москва: Недра, 1994. – 90 с.
9. Bowin C. Global gravity maps and the structure of the Earth //The utility of Regional gravity and Magnetic Anomaly Maps /Edit. W.J. Hinze. Soc. of Exploration. Geophysicists/Oklahoma. – 1985. – PP.88-101.