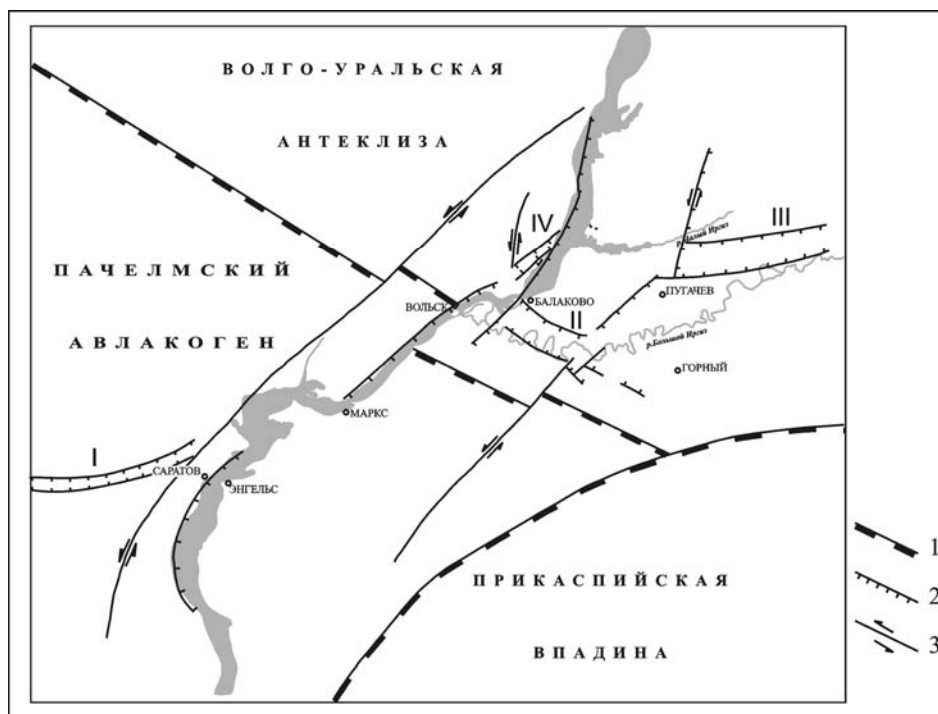


**САРАТОВСКИЙ ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ ПОЛИГОН****В.А. Огаджанов, М.Ю. Маслова, А.В. Огаджанов***Геофизическая служба РАН, г. Саратов, orhva@mail.ru*

Включение в наст. сб. обзора сейсмичности по новой территории предполагает прежде всего описание ее тектонического строения и геодинамики, которое дается ниже по обобщению А.В. Огаджанова [1], выполненному на основе материалов В.Я. Воробьева, Ю.В. Горшкова, В.Н. Зайонца [2], Ю.Г. Леонова, О.И. Гущенко, М.Л. Коппа, Л.М. Расцветаева [3], В.А. Огаджанова [4].

**Особенность тектонического строения** Саратовского участка Поволжья определяется сочленением крупных геоструктур Восточно-Европейской платформы: Прикаспийской впадины, Волго-Уральской и Воронежской антеклиз, Пачелмского авлакогена, системой Волжских дислокаций (рис. 1). Наиболее крупные и протяженные геоструктуры имеют преимущественно юго-восточное и северо-восточное простирание (Пачелмский авлакоген, системы Волжских дислокаций). С ними связано формирование основных разломов исследуемой территории, которые в совокупности с разломами субширотными и субмеридиональными определяют ее блоковое строение. Современная геодинамика Поволжья обусловлена активностью Волжских систем дислокаций северо-восточного простирания, именуемых зачастую Волжским, либо Волго-Камским разломом. Приволжская зона в полосе ~100 км является наиболее дислоцированной. Геодинамические процессы выражены в аномалиях новейших тектонических движений (до 900 м), современных движениях земной коры (до 10 мм/год и более). Зоны высоких горизонтальных градиентов аномалий новейших тектонических движений в плане имеют преимущественно северо-восточное простирание и совпадают с дислокациями Волжского разлома.



**Рис. 1.** Схема элементов тектоники Саратовского участка Поволжья по [1]

1 – крупная геоструктура; 2 – разлом с вертикальным смещением; 3 – разлом с горизонтальным смещением; I–IV – грабены (Елшано-Сергиевский, Балаковский, Иргизский и Терсинский соответственно).

По характеру сочленения дислокаций северо-восточного простирания со структурами юго-восточного простирания и субширотными можно сделать вывод, что эти дислокации имеют сдвиговый характер, расчлняя в ряде случаев указанные структуры на обособленные звенья. Среди них отметим Балаковский, Иргизский грабены, выраженные по поверхности кристаллического фундамента. Характерный разворот их восточных частей к северо-востоку может быть свидетельством зацепов блоков, движущихся в северо-восточном направлении. Показательно, что подобный разворот характерен и для Елшано-Сергиевского грабена.

Стратиграфический разрез осадочной толщи описываемого района выполнен отложениями комплексов пород от рифей-вендского времени до кайнозойского включительно. Архейский фундамент здесь скважинами не вскрыт, однако, основываясь на аналогии с прилегающими районами, а также исходя из данных геофизических исследований, можно предположить, что он имеет преимущественно метаморфический состав с отдельными включениями интрузий основного и кислого состава. Анализ характера распределения по площади отложений рифей-венда и их соотношений с кристаллическим фундаментом указывает на возможные перерывы в осадконакоплении в рифей-вендское время, что связано с интенсивными тектоническими движениями, обусловившими заложение разрывных нарушений.

Строение более молодого палеозой-мезозойского комплекса и его соотношение с рифей-вендским дает основание предполагать, что тектонические движения, начавшиеся в рифей-венде, продолжались и позже, обусловив дальнейшее формирование тектонических структур вплоть до новейшего времени. Наиболее крупные по амплитуде смещения по разломам представлены сбросами по поверхности кристаллического фундамента. Геофизические данные позволяют оценить амплитуду смещения дизъюнктивных дислокаций, ограничивающих некоторые грабены, например Балаковского, до 2–3 км. Вверх по разрезу амплитуда смещения по разломам уменьшается: максимальные амплитуды смещения по мезозойским отложениям составляют 400 м.

Особенности глубинного строения исследуемого участка Поволжья (рис. 1) связаны с наличием региональных зон разуплотнения в земной коре и верхней мантии. Можно предположить, что именно волноводы, обусловленные зонами разуплотнения Волго-Каспийской части Восточно-Европейской платформы, могут быть причиной дальнего действия землетрясений с очагами, расположенными в пределах складчатых сооружений Копетдага на эпицентральных расстояниях до 1500–1600 км. Только такое предположение может объяснить, по-видимому, отмеченное в [5, 6] аномальное усиление интенсивности сотрясений от Красноводского 1895 г. и Балханского 2000 г. землетрясений Копетдага на территории рассматриваемого участка Поволжья. Усиление интенсивности сотрясений проявляется на фоне общей тенденции повышения уровня подземных вод, активности экзогенных процессов и наличия тензочувствительных разломов. Реакция этих разломов на внешние воздействия приводит к провоцированию местной сейсмичности. Некоторые условия и закономерности проявления местной сейсмичности в регионе Поволжья изучены по результатам инструментальных наблюдений [4].

Прогнозная интенсивность сотрясений на территории Поволжья, согласно карте общего сейсмического районирования ОСР-97-С [8], доходит до 7 баллов на средних грунтах.

**Саратовский геодинамический полигон (СГП)** был создан с этой целью в 1999 г. в пределах координат:  $\varphi=51-53^{\circ}\text{N}$ ,  $\lambda=45-51^{\circ}\text{E}$  (рис. 3), где велась регистрация сейсмических событий группой станций Альфа-Геон. Основной его задачей является получение данных о местной сейсмичности в целях уточнения или подтверждения карты ОСР-97-С, которая рекомендована для учета при проектировании и эксплуатации особо ответственных объектов, плотность которых на территории Саратовского участка Поволжья достаточно велика.

Применяемая на этих станциях аппаратура с сейсмоприемниками СК-1П по своим параметрам и составу позволяет вести регистрацию сейсмических событий, определять временные и частотные параметры сейсмических колебаний. Частотный диапазон регистрирующего канала – 1÷14 Гц (рис. 4), частота оцифровки – 50 Гц. Выбор мест под станции осуществлялся на основании имеющихся геолого-геофизических материалов о глубинном строении и в соответствии с рекомендациями Федеральной системы сейсмологических наблюдений [9].

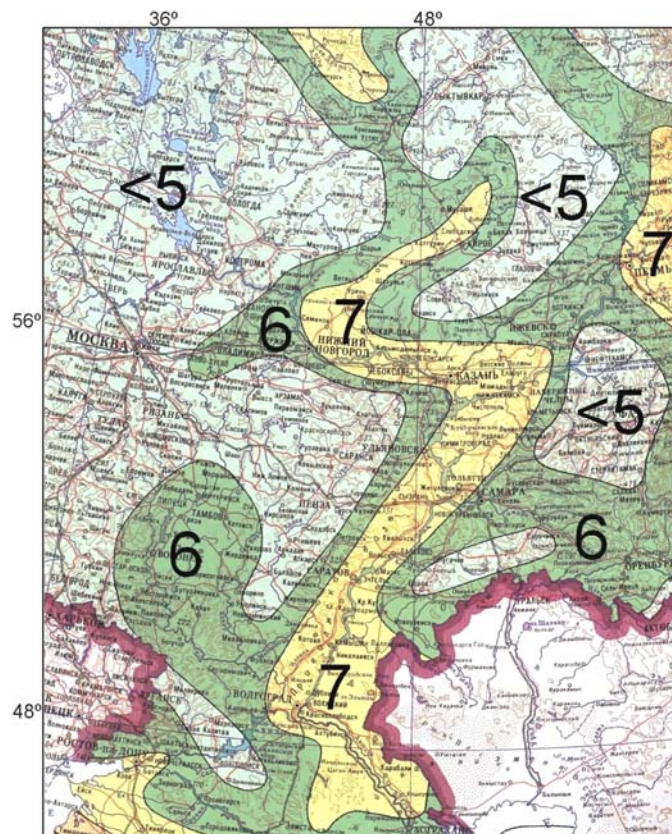


Рис. 2. Фрагмент карты ОСР-97-С из [8] для Поволжья

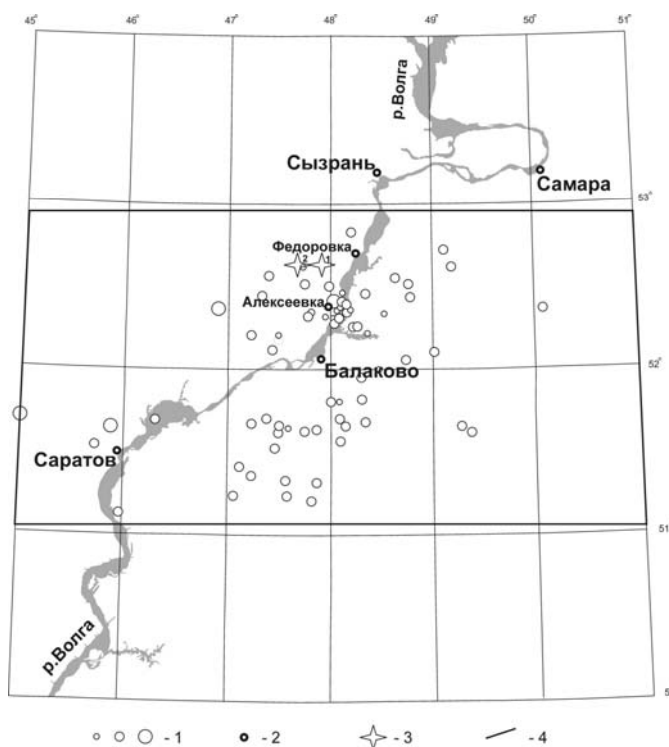


Рис. 3. Границы СГП и эпицентры локализованных сейсмических событий с октября 1999 г. по декабрь 2002 г.

1 – магнитуда ( $M=1-3$ ); 2 – населенный пункт; 3 – эпицентры двух исторических землетрясений, произошедших в 1839 г. (1) и 1885 г. (2); 4 – граница СГП.

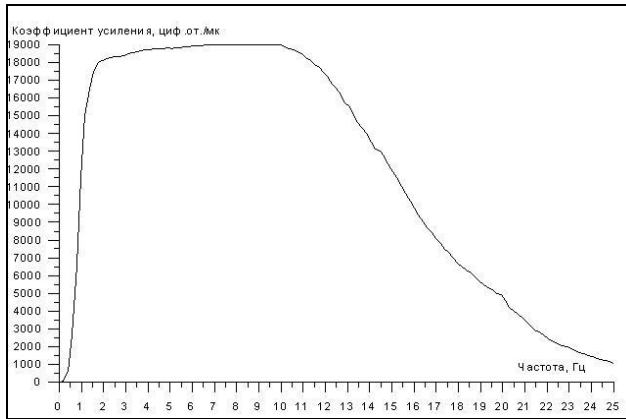


Рис. 4. Амплитудно-частотная характеристика станции Альфа-Геон

К общим требованиям относится низкий уровень микросейсмических помех. При анализе записей сейсмических событий особое внимание уделялось анализу фона микросейсм, так как он может в значительной мере исказить волновую картину колебаний грунта. Необходимо определить их уровень и спектральный состав, для чего они регистрировались в течение 3–5 минут по трем компонентам в дневное, вечернее и ночное время суток. Анализировались также записи помех в интервале от начала общей записи колебаний до момента вступления *P*-волн. В качестве примера приведен измеренный уровень микросейсм в трех пунктах СГП (табл. 1).

Для оценки среднего уровня помех на каждом из выбранных фрагментов записей определялся средний модуль амплитуды по времени. Затем проводилось усреднение по числу фрагментов. Максимальный уровень оценивался с использованием свойства нормальности распределения амплитуд микросейсмического фона (подтвержденное на 5% уровне значимости по критериям Колмогорова–Смирнова или Мартинеца–Иглевича).

Таблица 1. Уровень интенсивности фона микросейсмических помех на станциях «Матвеевка» (MAT), «Богородское» (BOG) и станции биохимической очистки (SBO)

Станция	MAT	BOG	SBO
Средний уровень шума, $\mu$	0.0110 Z	0.0134 Z	0.0205 Z
	0.0231 N	0.0153 N	0.0303 N
	0.0218 E	0.0130 E	0.0327 E
Максимальный уровень шума, $\mu$	0.0274 Z	0.0332 Z	0.0503 Z
	0.0570 N	0.0380 N	0.0756 N
	0.0523 E	0.0318 E	0.0805 E

**Сейсмические станции**, принадлежащие Нижне-Волжскому НИИ геологии и геофизики, начали свою работу 21 октября 1999 г. в семи населенных пунктах (рис. 5): Апалиха, Горяйновка, Хлебновка, Талалихино, Сухой Отрог, Красный Яр и на станции биохимической очистки (SBO), но две из них (Апалиха и Горяйновка) 9 марта 2000 г. были закрыты (табл. 2), после чего сеть была оптимизирована с расстановкой в пунктах SBO, Матвеевка, Балаково, Красный Яр, Богородское, Талалихино. Таким образом была реализована площадная расстановка шести станций с уменьшением среднего расстояния между ними с 20 до 12 км. 1 октября 2000 г. станция из г. Балаково была передислоцирована в пос. Новониколаевку (рис. 5, табл. 2).

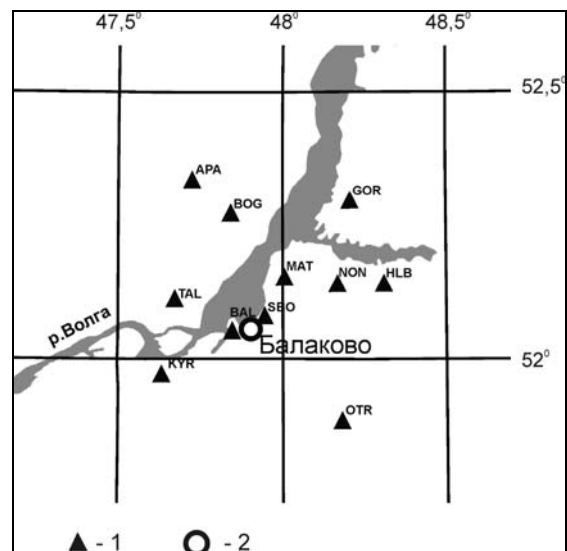


Рис. 5. Схема размещения сейсмических станций Альфа-Геон в пределах Саратовского геодинамического полигона в 1999–2002 гг.

1 – сейсмическая станция; 2 – населенный пункт Балаково.

**Таблица 2.** Сейсмические станции на территории Саратовского геодинамического полигона (в хронологии их открытия), действовавшие в 1999–2002 гг.

№	Станция		Дата		Координаты			Аппаратура	
	Название	Код	открытия	закрытия	$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$	$h_y, м$	Тип прибора	Компонента
1	Апалиха	APA	21.10.1999	09.03.2000	52.31	47.72	285	СК-1П	N, E, Z
2	Горайновка	GOR	21.10.1999	09.03.2000	52.28	48.22	32	СК-1П	N, E, Z
3	Хлебновка	HLB	21.10.1999		52.13	48.36	37	СК-1П	N, E, Z
4	Талалихино	TAL	21.10.1999		52.10	47.67	34	СК-1П	N, E, Z
5	Станция биохимической очистки	SBO	21.10.1999		52.08	47.94	38	СК-1П	N, E, Z
6	Красный Яр	KYR	21.10.1999		51.96	47.63	29	СК-1П	N, E, Z
7	Сухой отрог	OTR	21.10.1999		51.87	48.20	26	СК-1П	N, E, Z
8	Богородское	BOG	17.03.2000		52.25	47.83	41	СК-1П	N, E, Z
9	Матвеевка	MAT	17.03.2000		52.14	48.00	34	СК-1П	N, E, Z
10	Балаково	BAL	17.03.2000	01.10.2000	52.05	47.84	38	СК-1П	N, E, Z
11	Новониколаевка	NON	01.10.2000	16.05.2001	52.13	48.18	33	СК-1П	N, E, Z

Следует отметить, что все станции работали в триггерном режиме, настроенном на выявление сигнала с заданными параметрами. При этом входной сигнал проходит через блок анализа частотного спектра и фильтрации, который пропускает только определенный интервал частот, присущий искомому событию. Сигнал, прошедший через фильтр, поступает на блок пороговой обработки. Событие считается подлежащим записи в долговременное запоминающее устройство, когда  $STA(t)/LTA(t) > \gamma$ , где:

$\gamma$  - пороговый уровень;

$$STA(t) = \frac{1}{\tau_1} \int_{t-\tau_1}^t |A(\tau)| d\tau - STA - \text{среднее значение амплитуды сигнала во временном промежутке } \tau_1;$$

$A$  – амплитуда сигнала;

$$LTA(t) = \frac{1}{\tau_2} \int_{t-\tau_2}^t |A(\tau)| d\tau - LTA - \text{среднее значение амплитуды сигнала во временном промежутке } \tau_2.$$

Такой режим обусловлен тем, что далеко не все события, даже, казалось бы, достаточно сильные, могут быть зарегистрированы аппаратурой.

Показания со станций снимались примерно один раз в неделю и анализировались в лаборатории региональной и инженерной геофизики Нижневолжского НИИ геологии и геофизики (г. Саратов). Обработка записей сейсмических событий начинается с их качественного анализа. Необходимо определить, является ли землетрясение местным, близким или удаленным. Для этого, в частности, использовалась длительность  $\tau$  записи эффективной фазы колебаний грунта, равная промежутку времени от момента вступления  $P$ -волны до момента, когда уровень амплитуд колебаний на записи станет в 3–5 раз меньше максимальной, или же когда он уже не будет превышать уровня двойной амплитуды помех: местные землетрясения, как правило, слабые, и поэтому характеризуются небольшой длительностью  $\tau$  и высокочастотным составом колебаний (рис. 6).

Первичная отбраковка записей выполнялась визуально по отношению уровня полезного сигнала к уровню фона помех, в результате чего записи с высокоуровневыми помехами исключались. Последующие процедуры включают анализ фона микросейсмических помех, определение времен  $t_p$  и  $t_s$  прихода  $P$ - и  $S$ -волн, а также амплитуд смещений ( $\mu$ ) грунта в соответствии с амплитудно-частотной характеристикой (рис. 4), фильтрацию записей для получения четкой волновой картины, их спектральный анализ для отбора сейсмических событий.

**Определение гипоцентра землетрясения** при наличии данных трех и более станций осуществлялось аналитически в виде поиска вершины пирамиды при известных ребрах по выбранным станциям в предположении постоянства средних скоростей распространения волн в соответствии со скоростной моделью [1, 11–13] (табл. 3) и точного определения времен  $t_p$  и  $t_s$

прихода *P*- и *S*-волн. Также возможно приближенное определение гипоцентра путем решения вариационной задачи минимизации невязки в длинах произвольного числа ребер, направленных через гипоцентр. Для определения координат эпицентра необходимо знание прямоугольных координат всех станций. Оба варианта имеют программную реализацию.

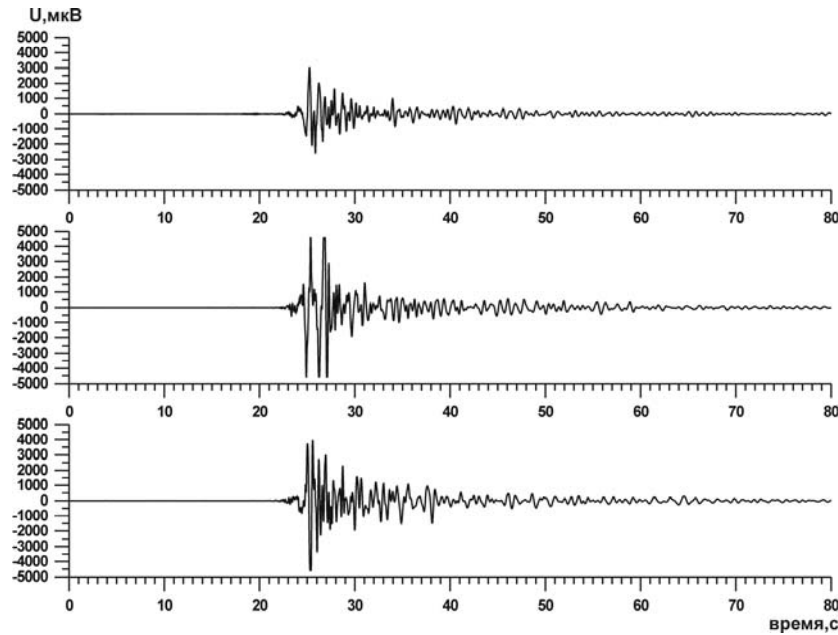


Рис. 6. Сейсмограмма местного землетрясения, зарегистрированного 9 февраля 2001 г. в 00<sup>h</sup>35<sup>m</sup>04<sup>s</sup> станцией «Богородское»

Таблица 3. Скоростные и плотностные разрезы литосферы Волго-Уральской антеклизы и Прикаспийской впадины

Название слоя	Предполагаемый состав слоя	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$v_p$ , м/с	$v_s$ , м/с	$h_1-h_2$ , км
Юго-восток Волго-Уральской антеклизы и север Прикаспийской впадины (по данным ГСЗ, КМПВ, МОВЗ, гравиразведки)					
Осадочный	терригенно-карбонатный	2.5–2.7	4250–5450	2120–2870	0
Докембрийский фундамент:					
1-й слой	метаморфический	2.75–2.85	6100–6300	3300–3400	2–13
2-й слой	магматический	2.75–2.85	6700–6800	3800	11–30
3-й слой	метаморфический	2.75–2.85	7000–7300	3700	20–32
4-й слой		2.75–2.85	7400–7700	3900–4100	26–40
Зона Мохоровичича (зона перехода от коры к мантии)	магматический	3.10–3.20	8000–8100	4600	35–46
1-й слой в мантии		3.00–3.05	8000–8400	4600	42–47
2-й слой в мантии		2.85	8400	4700	45–100
3-й слой в мантии		3.1	8200	4300	100–120
Западная часть Прикаспийской впадины (по данным профиля ГСЗ Элиста–Бузулук и гравиразведки)					
Осадочный слой	терригенно-галогенно-карбонатный	2.0–2.65	4900		0
1-й слой в фундаменте	метаморфический	2.65–2.75	6200–6700		5–25
2-й слой в фундаменте		2.65–2.75	6500		25–30
3-й слой в фундаменте		2.9	7100		30–40
1-й слой в мантии	магматический	3.15	8200–8300		32–50
2-й слой в мантии		3.02	8400–8700		45–60
3-й слой в мантии		2.85	8200		60–70
4-й слой в мантии			8400–8800		> 70

При 1–2 станциях локация сейсмического события проводилась в соответствии с Инструкцией [10] (определение разности  $t_s - t_p$ , азимута  $AZM$  на эпицентр, кажущегося угла выхода сейсмического луча  $\bar{e}$ ), когда координаты эпицентра землетрясения определяются по найденному эпицентральному расстоянию  $\Delta$  и азимуту  $AZM$ . При вычислении расстояния до гипоцентра была использована скоростная модель Саратовского геодинамического полигона, составленная на основе обобщения данных ГСЗ [11] и метода обменных волн землетрясений МОВЗ [12]. Кроме того, НВНИИГГ совместно с ЦРГГИ «Геон» проводил наблюдения МОВЗ на Саратовском полигоне в течение 1999–2001 гг. Были получены данные о скоростной характеристике, которые приведены в [13].

В случае противоречивости данных проводилась или корректировка времен прихода  $P$ - и  $S$ -волн, или отбраковка данных.

Для определения локальной магнитуды землетрясений была использована формула из [14]:

$$M_L = \lg A_S + \alpha \lg \Delta, \quad (1)$$

где  $A_S$  – максимальная амплитуда  $S$ -волн в микронах;  $\Delta$  – эпицентральное расстояние в км. При этом в соответствии с амплитудно-частотными характеристиками каналов сейсморегирующей аппаратуры следует произвести перевод амплитуд, зарегистрированных в единицах микровольт ( $\mu\text{В}$ ), в смещение грунта в микронах ( $\mu$ ).

Зная величину  $M$ , можно рассчитать макросейсмическую интенсивность сотрясений  $I^p$ , выраженную в баллах, которая характеризует степень сотрясения поверхности Земли и находящихся на ней объектов. С этой целью было использовано уравнение макросейсмического поля Н.В. Шебалина для Восточно-Европейской платформы [15]:

$$I(\Delta_i) = b M - v \lg \sqrt{\Delta_1^2 + h_1^2} + c, \quad (2)$$

где  $b=1.5$ ,  $c=3.0$ ,  $v=3.5$  – региональные коэффициенты.

Для иллюстрации обработки приведен пример одного из землетрясений (рис. 5), записанного 09.02.2001 г. на станции «Богородское» регистратором сейсмических сигналов Альфа-Геон. Единицы измерения амплитуд на сейсмограмме – микровольты ( $\mu\text{В}$ ). Максимальные амплитуды колебаний грунта по трем компонентам при рассматриваемом землетрясении приведены в табл. 4.

**Таблица 4.** Амплитуды смещения землетрясения 9 февраля на станции «Богородское»

Параметр	Составляющая		
	N	E	Z
Смещение, $\mu$ (см)	9.7 $\mu$ (0.00097) см	7.0 $\mu$ (0.0007) см	3.8 $\mu$ (0.00038) см

Качественный анализ записей позволяет оценить данное землетрясение как местное, т.к. оно имеет небольшую эффективная длительность  $\tau$  колебаний грунта ( $\tau=16-20$  с). Было зафиксировано четкое (i) вступление  $P$ -волн с довольно высокой частотой и такое же вступление поперечных  $S$ -волн, причем  $A_S \gg A_P$ . Оно неглубокое, т.к. амплитуды колебаний на  $Z$ -компоненте меньше таковых на горизонтальной.

Основные параметры очага землетрясения по данным одной станции, как отмечено выше, определялись согласно Инструкции [10]. Вычисления дали следующие результаты: эпицентральное расстояние –  $\Delta=36$  км, глубина очага –  $h=15$  км, момент возникновения землетрясения  $t_0=00^{\text{h}}35^{\text{m}}04^{\text{s}}$ , координаты эпицентра –  $\varphi=52.50^\circ\text{N}$ ,  $\lambda=47.75^\circ\text{E}$ .

Магнитуда землетрясения, согласно формуле (1), равна  $M=3.0$ . Интенсивность сотрясений в эпицентре  $I_0$ , определенная по (2) при  $\Delta=0$  км, равна  $I_0=3$  баллам, а на расстоянии  $\Delta=36$  км – 2 баллам.

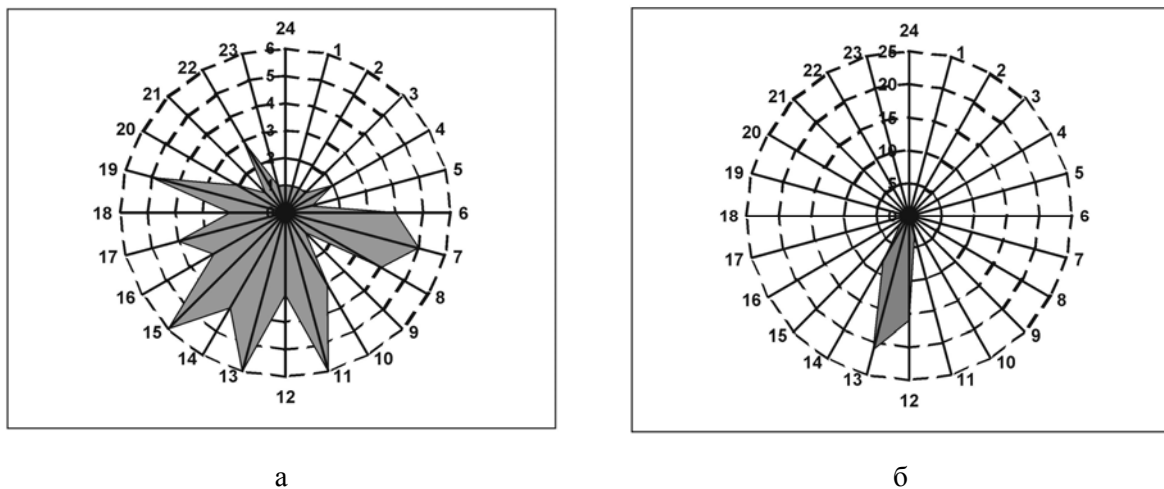
Амплитуды скоростей и ускорений вычисляются дополнительно (табл. 5), как первая и вторая производные от смещений грунта в табл. 4 по времени (велосиграммы и акселерограммы соответственно).

**Таблица 5.** Амплитуды скоростей и ускорений землетрясения 9 февраля 2001 г. на станции «Богородское»

Параметры	Составляющая		
	N	E	Z
Скорость, $\mu/c$ ( $см/с$ )	62 $\mu/c$ (0.0062) $см/с$	62 $\mu/c$ (0.0062) $см/с$	31.5 $\mu/c$ (0.0032) $см/с$
Ускорение, $\mu/c^2$ ( $см/с^2$ )	1435 $\mu/c^2$ (0.14) $см/с^2$	933 $\mu/c^2$ (0.09) $см/с^2$	650 $\mu/c^2$ (0.065) $см/с^2$

Должное внимание уделялось спектральному анализу зарегистрированных землетрясений, который проводится на основании амплитудно-частотных спектров Фурье, рассчитанных по программе быстрого преобразования Фурье. Спектры строятся отдельно для смещений, скоростей и ускорений колебаний частиц грунта (сейсмограмм, велосиграм, акселерограмм). При анализе спектра выделяются преобладающие частоты изменения кинематических параметров и определяются диапазоны значимых частот колебаний грунта.

Для отбраковки взрывов привлекались сведения о промышленных взрывах в карьерах Саратовской области в пределах СГП. При этом анализировались в первую очередь факты срабатывания станций Альфа-Геон, установленных в пунктах наблюдения. Подавляющее большинство зарегистрированных взрывов, как следует из диаграммы (б) на рис. 7, произведены в интервале 12<sup>h</sup>–14<sup>h</sup> местного времени. [Ред.: другие события, представленные фрагментом (а), хотя и не столь аномальны во времени, как взрывы, но и не случайны, т.к. распределены лишь в нижней части диаграммы, т.е. в дневное местное время суток, с 6<sup>h</sup> утра до 19<sup>h</sup> вечера, и поэтому большая часть из них не являются, скорее всего, землетрясениями. Однако, какие именно, определить невозможно.]



**Рис. 7.** Диаграммы распределения по времени суток землетрясений (а) и промышленных взрывов (б) за период с октября 1999 г. по декабрь 2002 г. (время местное)

На рис. 8 приведен типичный пример сейсмограммы взрыва, зарегистрированного на станции «Красный Яр». Существенное свойство записи этого взрыва – достаточно большая длительность  $\tau$  полезного сигнала, равная  $\tau \sim 70$  с. Это связано с тем, что при взрыве достаточно интенсивно проявляется группа поверхностных волн, удлиняющих запись, но которые у местного землетрясения или не проявляются, или проявляются слабее. Близкое землетрясение, как правило, имеет меньшую длительность записи. В целом выделение сейсмических фаз и их идентификация на записях взрывов затруднены из-за сложности волновой картины на близких расстояниях, связанной в основном с наложением многочисленных отражений при производстве группированных взрывов со сдвигом по времени. Однако замечено, что большинство записей взрывов содержат повторяющиеся интервалы смены преимущественной частоты зарегист-



рированного сигнала: на рис. 8 в первые 10 с от начала полезной записи –  $P$ - и  $S$ -волны; в следующие 12 с – вероятно, каналовые  $Lg$ -волны, отмеченные увеличением амплитуды по горизонтальным составляющим; в следующие 22 с – можно предположить, что это  $Rg$ -волны, начинающиеся с существенного понижения частоты; наконец, в последние 25 с регистрируются волны, сопровождающиеся повышением амплитуды низкочастотного сигнала.

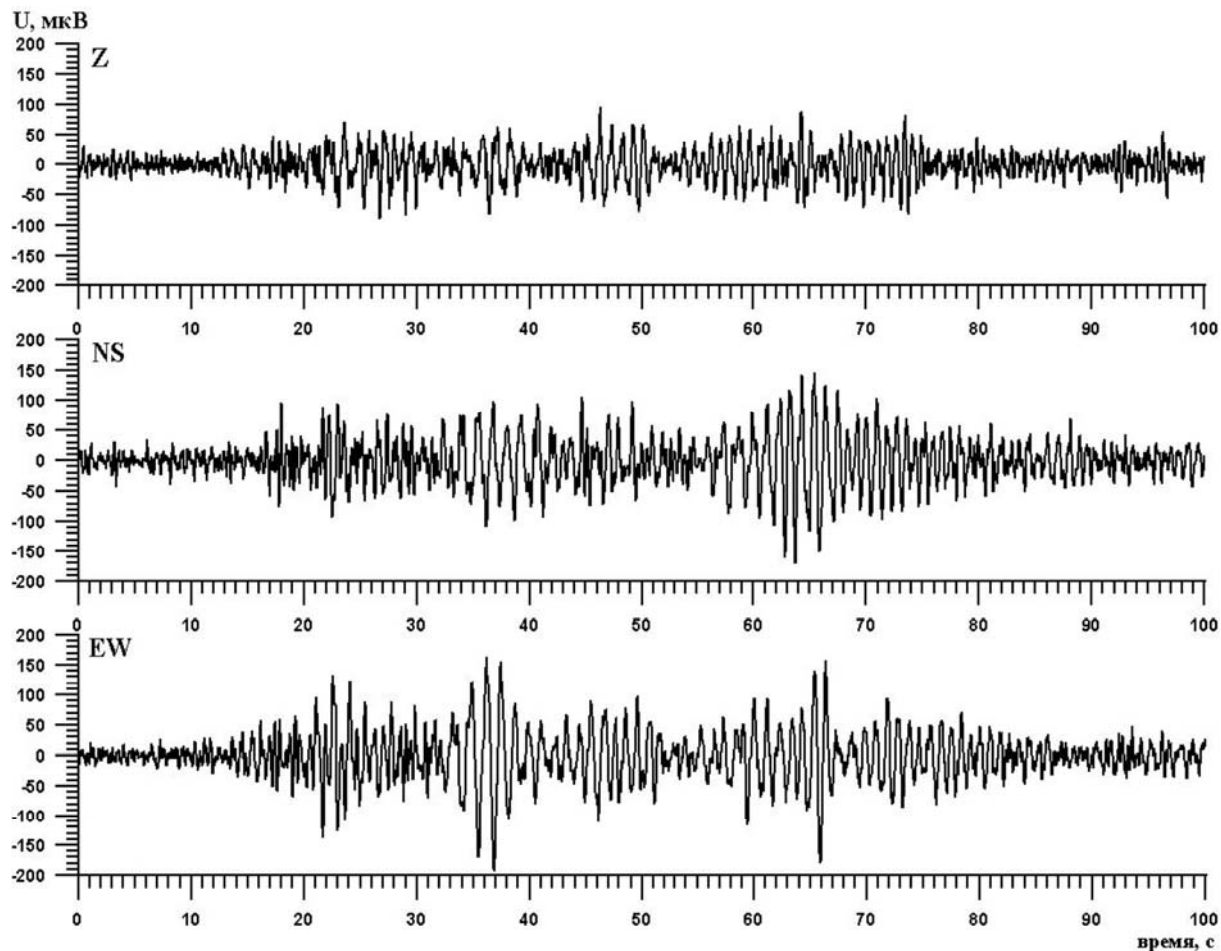


Рис. 8. Пример записи взрыва

Таким образом, записи взрывов, несмотря на возможность неоднозначной их трактовки, в ряде случаев содержат существенные особенности, позволяющие при их наличии принимать решение о правильной идентификации таких записей даже при отсутствии априорной информации о проведении взрывов.

**Результаты работ** с октября 1999 г. до конца 2002 г. были присланы в редколлегию в виде каталога [16], содержащего 69 локализованных событий предположительно типа «землетрясение». [Ред.: К сожалению, лишь одно из них записано на пяти станциях, два – на четырех, четыре – на трех, а 48 событий записаны только одной станцией и 14 – двумя [17]. При таких условиях глубины очагов практически неопределимы, в связи с чем их значения, присланные в оригинале каталога, почти не включены в публикацию [17] в наст. сб.]

По плотности эпицентров на рис. 3 выделена Алексеевская очаговая зона [13] южнее г. Хвалынска. Она находится в северной части Саратовской области и приурочена к зоне сочленения Терсинского грабена и Волжского сейсмогенного разлома, представляющего систему одноименных дислокаций вдоль р. Волги. Отметим, что ранее, в 1839 г., в 25 км севернее Алексеевской очаговой зоны, в с. Федоровка (рис. 3) произошло землетрясение [18], магнитуда которого  $M=5.3$ . [Ред.: По результатам более поздних изысканий, выполненных Р.Э. Татевосяном [19], « это событие не является тектоническим землетрясением, а с большой степенью вероятности оно является оползнем».]

## Л и т е р а т у р а

1. **Огаджанов А.В.** Физико-геологические модели сейсмогенерирующих неоднородностей земной коры Среднего и Нижнего Поволжья. Дис. канд. геол.-мин. наук. – Саратов: СГУ, 2007. – 110 с.
2. **Воробьев В.Я., Горшков Ю.В., Зайонц В.Н.** Карта новейшей тектоники Среднего и Нижнего Поволжья // Саратов: СГУ, 1981.
3. **Леонов Ю.Г., Гущенко О.И., Копп М.Л., Расцветаев Л.М.** Взаимосвязь позднекайнозойских напряжений и деформаций в Кавказском секторе Альпийского пояса и в его северном платформенном обрамлении // Геотектоника. – 2001. – № 1. – С. 36–59.
4. **Огаджанов В.А., Конценебин Ю.П., Назаров А.А., Огаджанов А.В., Соломин С.В.** «Уточнение сейсмической опасности в районе Балаковской АЭС с учетом современных норм и правил сейсмостойкого строительства и новых данных о сейсмичности Поволжья» (Отчет по теме). – Саратов: НВНИИГТ, 2002. – 220 с.
5. **Огаджанов В.А., Назаров А.А., Соломин С.В., Золотарёв А.И., Усанова А.В.** Проявления сейсмичности в пределах Урало-Поволжья 25 ноября и 6 декабря 2000 г. // Недра Поволжья и Прикаспия. – Июль, 2001. – Вып. 27. – С. 39–43.
6. **Огаджанов В.А.** О проявлениях сейсмичности в Поволжском регионе после сильных землетрясений в бассейне Каспийского моря // Физика Земли. – 2002. – № 4. – С. 48–54.
7. **Огаджанов В.А., Маслова М.Ю., Огаджанов А.В.** Основные результаты и направления исследований сейсмичности на территории Нижнего Поволжья // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Второй Международной сейсмологической школы. Пермь, 13–17 августа 2007. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 167–170.
8. **Уломов В.И., Шумилина Л.С.** Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97. Масштаб 1: 8 000 000. – М.: ИФЗ РАН, 1999. – 57 с.
9. **Федеральная система сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений** // Информационно-аналитический бюллетень. – 1995. – Вып. 1. – С. 73–74.
10. **Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР.** – М.: Наука, 1982. – 273 с.
11. **Сейсмические модели литосферы основных геосруктур территории СССР.** – М.: Наука, 1980. – 184 с.
12. **Померанцева И.В., Мозженко А.Н.** Сейсмические исследования с аппаратурой «Земля». – М.: Недра, 1977. – 250 с.
13. **Огаджанов А.В., Соломин С.В.** Физико-геологическая модель Алексеевской очаговой зоны землетрясений // Недра Поволжья и Прикаспия. – 2003. – № 35. – С. 39–41.
14. **Полтавцев С.И., Айзенберг Я.М., Кофф Г.Л., Уломов В.И.** Сейсмическое районирование и сейсмостойкое строительство (методы, практика, перспективы). – М.: ГУП ЦПП, 1998. – 259 с.
15. **Шебалин Н.В.** Об оценке сейсмической интенсивности // Сейсмическая шкала и методы измерения сейсмической интенсивности. – М.: Наука, 1975. – С. 87–109.
16. **Маслова М.Ю., Назаров А.А.** Каталог (оригинал) сейсмических событий Саратовского геодинамического полигона за 1999–2002 гг. – Обнинск: Фонды ГС РАН от 02.10.2007 г.
17. **Маслова М.Ю., Назаров А.А.** Саратовский геодинамический полигон, 1999–2002 гг. (См. раздел VI (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
18. **Огаджанов В.А., Чепкунас Л.С., Михайлова Р.С., Соломин С.В., Усанова А.В.** О каталоге землетрясений Среднего и Нижнего Поволжья // Землетрясения Северной Евразии в 1995 году. – М.: ГС РАН, 2001. – С. 119–127.
19. **Татевосян Р.Э., Мокрушина Н.Г.** Историческая сейсмичность Среднего Поволжья // Физика Земли. – 2003. – № 3. – С. 13–41.