

ISSN 2304-9081

Учредители:
Уральское отделение РАН
Оренбургский научный центр УрО РАН

Бюллетень
Оренбургского научного центра
УрО РАН
(электронный журнал)



2014 * № 2

On-line версия журнала на сайте
<http://www.elmag.uran.ru>

© М.Ю. Нестеренко, А.В. Бухвалова, 2014

УДК 502.7:504.058

М.Ю. Нестеренко, А.В. Бухвалова

**ВЫЯВЛЕНИЕ И ТРАССИРОВАНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКИХ И
ТЕХНОГЕННЫХ НАРУШЕНИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ
НА ОСНОВЕ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

Оренбургский научный центр УрО РАН, Отдел геоэкологии, Оренбург, Россия

Цель. Разработка подхода к выявлению и трассированию нарушений геологической среды на основе сети сейсмических станций. *Материалы и методы.* Исследование экраняющих свойств разломов проводится на основе определения взаимосвязи скоростей смещения грунта, с помощью разработанного в Отделе геоэкологии ОНЦ УрО РАН программного средства, реализованного на основе оценки взаимосвязи временных рядов скоростей смещений грунта с учетом задержки. *Результаты.* Показана научная новизна предложенного метода и возможность использования вероятностного подхода к выявлению и трассированию нарушений в земной коре с помощью сети сейсмических станций. *Заключение.* Тектонические и техногенные нарушения приводят к изменениям свойств и параметров сейсмических волн.

Ключевые слова: сейсмика, техногенная сейсмичность, природная сейсмичность, обработка сейсмограмм.

M.Yu. Nesterenko, A.V. Bukhvalova

**IDENTIFICATION AND TECTONIC AND ROADING OF DISTURBANCES
GEOLOGICAL ENVIRONMENT BASED SEISMOLOGICAL DATA**

Orenburg Scientific Centre UrB RAS, Department of Geoecology, Orenburg, Russia

Aim. Develop an approach to the identification and tracing of violations of the geological environment based on a network of seismic stations.

Materials and methods. Investigation of the shielding properties of faults is based on determining the interrelations between ground motion, using the developed in the Department of Environmental Geoscience OSC UB RAS software tool, implemented on the basis of the assessment on time series velocity displacement of soil, taking into account the delay.

Results. Displaying scientific novelty of the proposed method and the possibility of using a probabilistic approach to identifying and tracing disturbances in the Earth's crust through a network of seismic stations.

Conclusions. Tectonic and technological defects lead to changes in the properties and parameters of seismic waves.

Key words: seismic, technogenic seismicity, natural seismicity, the processing of seismograms.

Введение.

Большинство исследований тектонического строения платформенных территорий основываются на разработанной А.В. Пейве (1971), В.В. Белосовым (1975), Н.А. Беляевским (1981), В.Е. Хаиным (1985), В.И. Дюниным (2000) и поддерживаемой другими учеными блоково-слоистой модели земной коры. Максимальные градиенты напряжений наблюдаются на границах блоков, где наиболее часто наблюдаются деформации и подвижки земной коры, обуславливающие землетрясения [1, 2]. Согласно подходу Г.Г. Кочаряна и А.А. Спивака (2003), исследуемый участок земной коры рассматривается как система иерархически соподчиненных структурных блоков. При этом предполагается, что прочность межблоковых промежутков каждого из рангов существенно ниже эффективной прочности структурного блока этого же ранга. Деформирование пород в массиве рассматривается как последовательная (поэтапная) разгрузка упругонапряженных блоков при их дифференциальных подвижках вдоль поверхностей ослабления прочности (межблоковых промежутков). Поэтому при обеспечении геодинамической безопасности важно выявление тектонических и техногенных нарушений.

Существует множество методов выделения тектонических нарушений на основе сейсмических критериев [3]:

1. Анализ сейсмической информации.
2. Составление топонимических схем.
3. Построение временных палеоразрезов по профилям.
4. Составление карт изохрон.
5. Использование различных сопутствующих аномалий геологического разреза.
6. Использование других видов геолого-геофизической информации для обоснования выделения тектонических нарушений: программы, улучшающие отношение сигнал-помеха, увеличивающие разрешенность записи; различные виды миграции временного разреза в различных сейсмогеологических условиях; новые способы представления информации такие, как модификации Гилберт-преобразования (мгновенные фазы, мгновенные амплитуды, разрезы псевдоакустического каротажа), разрезы в униполярной форме (TRABS), цветные разрезы, временные срезы – результат пространственной сейсморазведки, спектрально-временной анализ (СВАН) и др.

Однако на большей части территорий данные исследования не проводились в связи с их трудоемкостью и высокой стоимостью. Доказано [1, 2], что большая часть сейсмических событий тяготеют к тектоническим и техногенным нарушениям. В связи с этим большое значение имеют данные об уровне естественной и техногенной сейсмичности территории.

Принципы выявления нарушений геологической среды.

Соприкосновение двух блоков земной коры приводит к тому, что упругие возмущения из одной среды переходят в другую. Следовательно, между деформациями и напряжениями частиц, которые расположены в соседних блоках, существует определенная связь, ослабевающая при переходе (за счет экранирующих свойств разлома). Вид и сила (теснота) этой связи устанавливается физическими свойствами среды.

Различные горные породы характеризуются различными скоростями распространения упругих волн. Параметр скорости определяется упругими константами и плотностью горной породы, а они в свою очередь зависят от минерального состава, пористости, трещиноватости и глубины залегания [4]. В следствии этого была поставлена задача выявления и трассирования с помощью сети сейсмических станций тектонических и техногенных нарушений с учетом экранирующих свойств тектонических разломов и нарушений по отношению к сейсмическим волнам.

Исследование экранирующих свойств разломов проводится на основе определения взаимосвязи скоростей смещения грунта, с помощью программного средства, реализованного на основе оценки взаимосвязи временных рядов скоростей смещений грунта с учетом задержки [5, 6].

Применение данного метода, основано на расчете коэффициентов корреляции с учетом лага [7]:

$$r_{U_{x_j} U_{y_{i+l}}} = \frac{\sum_{i=1}^{n-l} U_{x_i} U_{y_{i+l}}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n-l} U_{x_i}^2 \cdot \sum_{i=1}^n U_{y_i}^2}},$$

где $r_{U_{x_j} U_{y_{i+l}}}$ – коэффициент парной корреляции колебаний с лагом равным l ;

l – лаг, $l = \overline{0, p}$;

x_i и y_j – тренды временных рядов, $i, j = \overline{0, n}$;

U_{x_i} и U_{y_j} – отклонения отдельных уровней от трендов.

В качестве переменной временного ряда принимаем скорость смещения грунта, зарегистрированную каналом на сейсмостанции в течение определенного промежутка (отсчета) времени или амплитуду спектра.

Сеть «Газ-сейсмика» к 2014 году состоит из 6 стационарных и двух передвижных сейсмических станций. Для выполнения поставленной задачи необходимо анализировать взаимосвязь сейсмограмм сейсмических станций, расположенных по одну и по разные стороны тектонического или техногенного нарушения, это позволит выявлять и уточнять их положения. На рисунке показано схематическое расположение сейсмических станций относительно Оренбургского разлома.

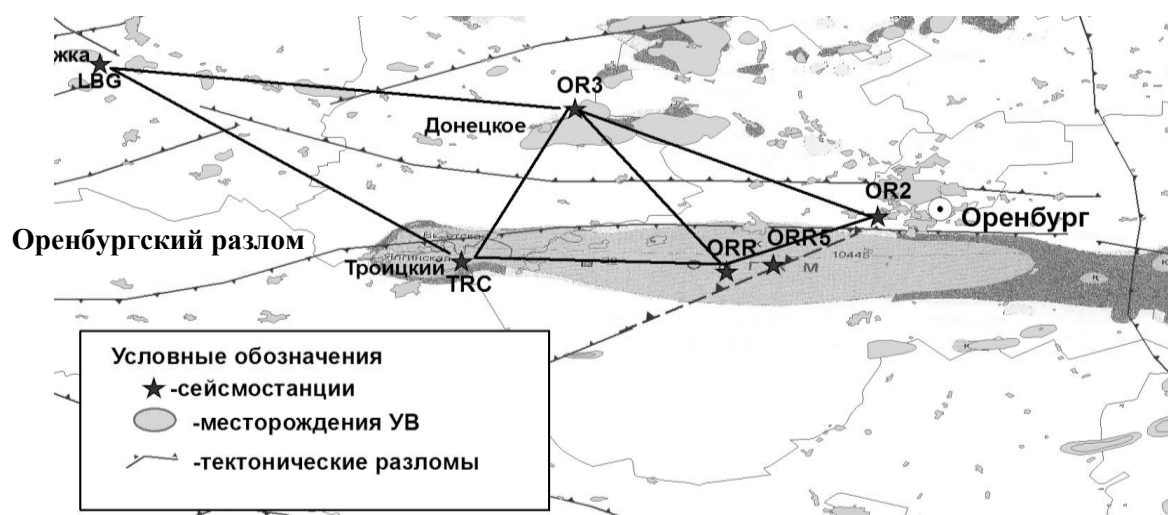


Рис. Схема расположения сейсмических станций относительно разлома.

Результаты.

В таблицах 1 и 2 представлены результаты вычисления коэффициентов корреляции рядов скоростей смещений грунта (сейсмограмм), зарегистрированных одновременно всеми каналами сейсмостанций (TRC, ORR, OR2 и OR3) с учетом временной задержки (лага) в случайные промежутки времени. Под временной задержкой понимаем разницу во времени прихода волны (временной лаг) на две различные сейсмические станции, которая может быть оценена величиной $\Delta t = \frac{\Delta s}{v}$, где Δs - разница эпицентральных расстояний на двух сейсмических станциях, v – скорость сейсмической волны. Следовательно, корреляция между амплитудами скоростей смещения должна наблюдаться с соответствующей задержкой Δt .

Таблица 1. Значения корреляции для станций с одной стороны от разлома

№	Каналы: Z – вертикальный; N – горизонтальный, ориентированный с се- вера на юг; E – горизонтальный, ориентированный с востока на запад	TRC и ORR (расположены по одну сторону от разло- ма)		OR2 и OR3 (расположены по одну сторону от разло- ма)	
		лаг, сек	коэф. кор.	лаг, сек	коэф. кор.
1	Z	0	0.99	0.1	0.68
	N	0	0.98	0.02	0.99
	E	0	0.99	0.02	0.98
2	Z	0	0.99	0.02	0.50
	N	0	0.99	0.02	0.98
	E	0	0.99	0.1	0.99
3	Z	0	0.99	1.9	0.12
	N	0	0.99	1.94	0.15
	E	0	0.99	0.64	0.18
4	Z	0	0.99	0	0.70
	N	0.02	0.98	0	0.99
	E	0.04	0.97	0.02	0.99

Таблица 2. Значения корреляции для станций по разные стороны от разлома

№	Каналы: Z – вертикальный; N – горизонталь- ный, ориентиро- ванный с севера на юг; E – горизонталь- ный, ориентиро- ванный с востока на запад	TRC и OR2 (расположены по разные стороны от разлома)		TRC и OR3 (расположены по разные стороны от разлома)		ORR и OR2 (расположены по разные стороны от разлома)		ORR и OR3 (расположены по разные стороны от разлома)	
		лаг, сек	коэф. кор.	лаг, сек	коэф. кор.	лаг, сек	коэф. кор.	лаг, сек	коэф. кор.
1	Z	0.34	0.2	1	0.23	0.74	0.2	0.98	0.22
	N	0.42	0.38	0.64	0.26	0.92	0.09	0.18	0.06
	E	0.78	0.14	0.02	0.19	1	0.38	0.46	0.23
2	Z	-	-	-	-	1.88	0.14	1.84	0.14
	N	-	-	-	-	0.76	0.19	1.64	0.20
	E	-	-	-	-	1.8	0.25	0.58	0.20
3	Z	-	-	-	-	0.48	0.24	0.44	0.23
	N	-	-	-	-	0	0.98	0.66	0.22
	E	-	-	-	-	0	0.97	0.98	0.27
4	Z	-	-	-	-	1.76	0.19	0.36	0.15
	N	-	-	-	-	1.04	0.23	0.36	0.11
	E	-	-	-	-	1.82	0.10	1.72	0.28

Заключение.

В результате выполненных исследований тесная корреляционная связь выявлена почти в 80% (47 из 60) случайно выбранных участков сейсмограмм, зарегистрированных одновременно на станциях TRC, ORR, OR2 и OR3, расположенных по одну сторону от разлома, а незначительная корреляция наблюдалась в более 85% (87 из 102) участков сейсмограмм. Следовательно, тектонические разломы и нарушения имеют экранирующие свойства по отношению к сейсмическим волнам, и связь между характеристиками сейсмических волн, зарегистрированными сейсмометрами, расположенными по одну сторону разлома, существенно сильнее, чем между сейсмометрами – по разные его стороны. Это позволяет сделать вывод о возможности использования вероятностного подхода к выявлению и трассированию разломов и техногенных нарушений в земной коре с помощью сети сейсмических станций.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Нестеренко М.Ю.* Геоэкология недр нефтегазоносных районов Южного Предуралья. Екатеринбург: УрО РАН, 2012. 137 с.
2. *Нестеренко М.Ю.* Научно-методологические основы исследования и мониторинга геоэкологического состояния недр в районах активной нефтегазодобычи (на примере Южного Предуралья): Автореф. дисс. ... д-ра геол.-мин. наук Наук. Екатеринбург, 2012. 42 с.
3. *Соколов А.Г.* Выделение и трассирование тектонических нарушений по данным сейсморазведки и прогнозирование приразломных ловушек в платформенном Оренбуржье. Оренбург: ОГУ, 2010. 107 с.
4. *Гурвич И.И., Боганик Г.Н.* Сейсмическая разведка: Учебник для вузов. - 3-е изд., перераб. М.: Недра, 1980. 551 с.
5. *Нестеренко М.Ю., Бухвалова А.В., Пелагеин А.А.* Распознавание слабо-энергетических сейсмических событий при изучении техногенной сейсмичности // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки». 2012. 2 (34): 75-81.
6. *Нестеренко Ю.М., Нестеренко М.Ю., Никонорова О.А., Бухвалова А.В.* Программа для ЭВМ «Автоматизированная система распознавания слабо энергетических сейсмических событий» // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2011617503 от 27 сентября 2011 г.
7. *Бокс Дж.* Анализ временных рядов: Прогноз и управление. М.: Мир, 1974. 324 с.

Поступила 5.06.2014 г.

*(Контактная информация: **Нестеренко Максим Юрьевич** - докт. геол.-мин. наук, зав. лабораторией Отдела геоэкологии ОНЦ УрО РАН; n_mu@mail.ru; **Бухвалова Анастасия Владимировна** - ведущий инженер Отдела геоэкологии ОНЦ УрО РАН, г. Оренбург; bukh_a@rambler.ru; почтовый адрес: Россия, 460014, г. Оренбург, ул. Набережная, 29).*