

ВЛИЯНИЕ МОЩНЫХ ВИБРАЦИЙ НА СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКУЮ ЭМИССИЮ

Юрий Иванович Колесников

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, доктор технических наук, доцент, заведующий лабораторией, тел. (383)333-31-39, e-mail: kolesnikovyi@ipgg.sbras.ru

Евгений Андреевич Хогоев

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, тел. (383)333-34-19, e-mail: hoguevea@ipgg.sbras.ru

Виктор Сергеевич Селезнев

Геофизическая служба СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, доктор геолого-минералогических наук, директор, тел. (383)333-20-21, e-mail: sel@gs.nsc.ru

Алексей Александрович Брыксин

Сейсмологический филиал Геофизической службы СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, заместитель директора, тел. (383)330-39-14, e-mail: fater.gs@gmail.com

Приведены результаты натуральных экспериментов по изучению влияния сильных вибраций на сейсмоакустическую эмиссию. Обработка по алгоритму сейсмоземиссионной томографии показала, что после вибрационных воздействий в окрестности вибратора на глубинах до нескольких десятков метров образуются «шумящие» зоны, положение и длительность активизации которых могут изменяться со временем.

Ключевые слова: сейсмоакустическая эмиссия, мощный вибратор, ближняя зона.

THE INFLUENCE OF STRONG VIBRATIONS ON SEISMIC-ACOUSTIC EMISSION

Yury I. Kolesnikov

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptuyug Prospect, Doctor of Science, Associate Professor, tel. (383)333-31-38, e-mail: kolesnikovyi@ipgg.sbras.ru

Evgeny A. Hoguev

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptuyug Prospect, Ph. D., tel. (383)333-34-19, e-mail: hoguevea@ipgg.sbras.ru

Victor S. Seleznev

Geophysical Survey SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptuyug Prospect, Doctor of Science, Director, tel. (383)333-20-21, e-mail: sel@gs.nsc.ru

Alexey A. Bryksin

Seismological Branch of Geophysical Survey SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptuyug Prospect, Deputy Director, tel. (383)330-39-14, e-mail: fater.gs@gmail.com

The results of field experiments to study of strong vibrations influence on seismic-acoustic emission are presented. Processing with the algorithm of seismic emission tomography showed that after vibrations the «noisy» zones are formed near vibrator at the depths up to several tens meters with varying position and activity duration.

Key words: seismic-acoustic emission, powerful vibrator, near zone.

В работе [1] было показано, что после мощных вибрационных воздействий, производимых на геологическую среду вибрационным источником, в его ближней зоне на глубине до нескольких десятков метров появляются «шумящие» зоны. Активность сейсмоакустической эмиссии (САЭ) в этих зонах после последовательных сеансов вибраций возрастала, а после их окончания постепенно снижалась до фонового уровня. Характерной особенностью этих активизированных зон было то, что их положение и конфигурация от сеанса к сеансу почти не изменялись, возрастала лишь энергия излучения САЭ. Данные эксперименты были выполнены в октябре 2007 г. на Быстровском вибросейсмическом полигоне, расположенном на восточном берегу Новосибирского водохранилища (Обского моря), примерно в 50 км юго-западнее г. Новосибирска.

В июле 2014 г. были проведены повторные наблюдения на этом же полигоне с использованием того же мощного дебалансного вибратора, развивающего вибрационные усилия до 40–50 тонн в частотном диапазоне 5–15 Гц. Вокруг вибратора была выставлена сеть из 21 автономных цифровых станций Байкал-АС с сейсмоприемниками GS-One (рис. 1).

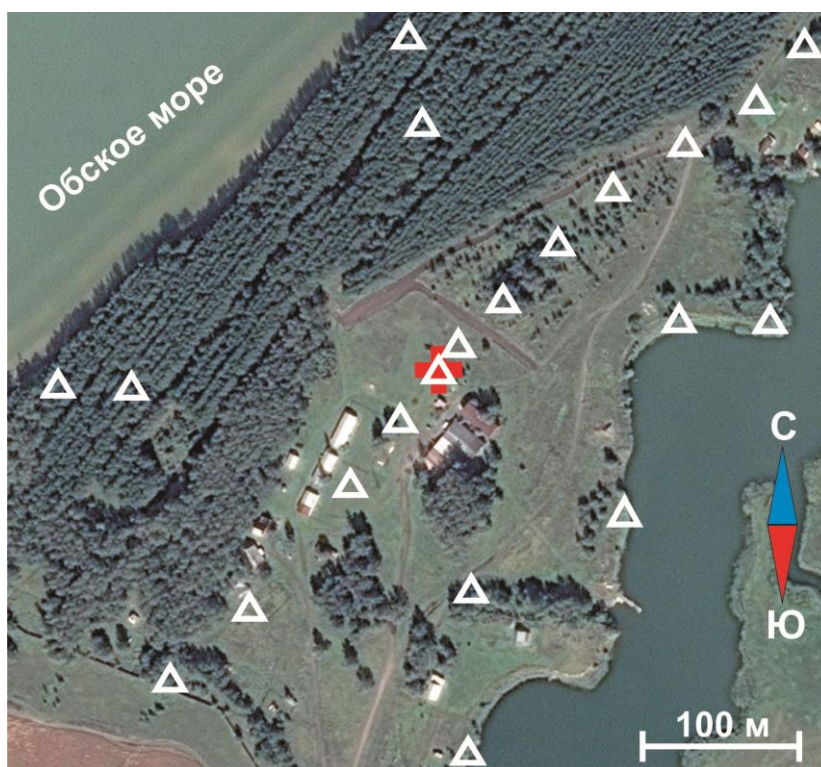


Рис. 1. Система наблюдений: крестом показано положение вибратора, треугольниками – пунктов наблюдения

Станции вели непрерывную синхронную запись с частотой дискретизации 500 Гц в течение примерно 30 часов, за время которой состоялось шесть сеансов вибраций длительностью от 9 (первый пробный сеанс) до 70 минут в различных режимах с непрерывно или скачкообразно меняющейся частотой в диапазоне 6.25–11.23 Гц. На рис. 2 время сеансов вибрации отмечено сплошными вертикальными полосами. Также на рисунке для одной из точек наблюдений показаны оценки энергии микросейсмических колебаний в относительных единицах, осредненные во временных интервалах по 8 с.

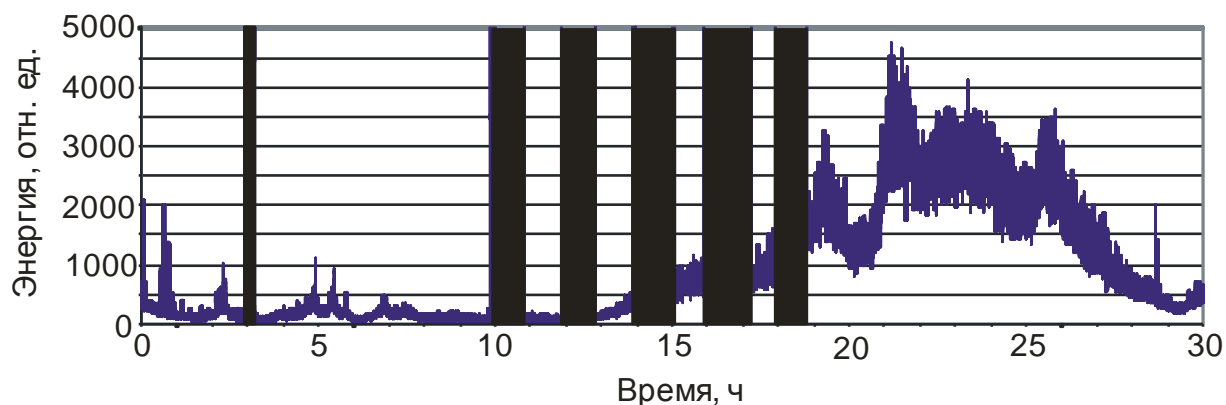


Рис. 2. Характер изменения средней энергии сейсмоакустической эмиссии. Сеансы вибрации обозначены сплошными вертикальными полосами

Как видно из рис. 2, энергия микросейсм после сеансов вибраций постепенно возрастает, а максимальная энергия наблюдается через несколько часов после прекращения работы вибратора. Примеры спектров микросейсм, зарегистрированных после окончания вибрационных воздействий, приведены на рис. 3.

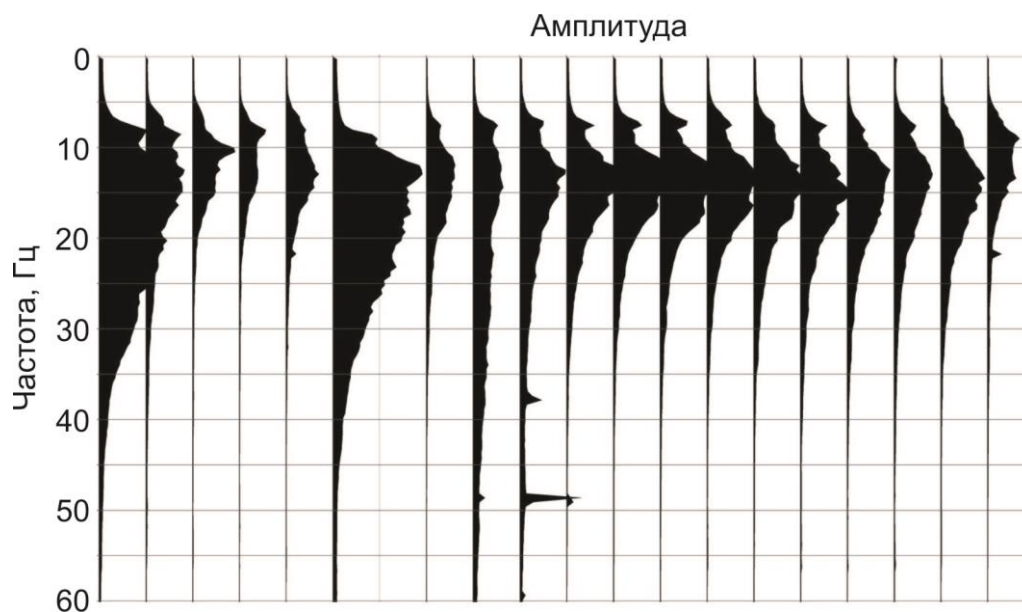


Рис. 3. Примеры спектров микросейсм после окончания вибраций

Непосредственно по графикам изменения энергии микросейсм со временем судить об их природе не представляется возможным, так как кроме воздействия мощных вибраций к усилению микросейсм могли приводить и другие факторы (ветер, волны на водохранилище, дождь и т.д.). Эффективным методом оценки эндогенной части микросейсм, в том числе сейсмоакустической эмиссии, вызываемой воздействиями на среду мощных вибраций, является сейсмоэмиссионная томография, успешно применяющаяся для изучения сейсмически активизированных зон [2–4].

Этот метод основан на суммировании зарегистрированных записей вдоль годографов, рассчитанных для множества предполагаемых источников, распределенных в изучаемом объеме среды (обычно в узлах кубической сетки). Скоростное строение среды при этом считается известным. В результате суммирования определяется мера подобия (сембланс) – отношение энергии суммарного сигнала к сумме энергий всех записей. Если для какого-либо предполагаемого источника сембланс превышает некоторое пороговое значение, считается, что из этой точки излучается когерентный сигнал.

Детально этот алгоритм рассмотрен, например, в работах [2, 4]. Там же предложено пороговым значением считать значение сембланса для полностью некоррелированного сигнала (единице, деленной на число каналов), увеличенного на 95 % доверительный интервал значений оценки некоррелированного волнового поля. В нашем случае такое пороговое значение составляет величину, близкую к 0.05.

На рис. 4 представлены примеры горизонтальных сечений сембланса, рассчитанного для глубин 40, 60 и 80 м по отрезкам микросейсмических записей длительностью 30 минут каждая, начиная с времен от начала регистрации 1 час, 9 часов и 19 часов. Как можно видеть, до начала вибрационных воздействий аномалий сембланса, превышающих пороговое значение, не наблюдается (рис. 4а). Практически отсутствуют они и через 4 часа после последнего сеанса вибраций (рисунки здесь не приводятся).

После остальных сеансов вибраций возникают зоны, в которых сембланс превышает пороговые значения. Все эти аномальные зоны прослеживаются на глубинах, по крайней мере до 80 м (пример – на рис. 4б). Хотя эти аномалии относительно невелики, но они статистически значимы – согласно [2, 4], в этих зонах с вероятностью 95 % находятся источники когерентных сигналов. Заметная аномалия наблюдается на глубине 40 м и после пробного, но перед основными сеансами работы вибратора – на 30-минутном отрезке времени, начиная с 9-часовой отметки (рис. 4б). Но на других глубинах эта аномалия отсутствует.

То, что наблюдаемые аномалии могут быть относительно устойчивыми во времени, подтверждает рис. 5, на котором приведены сечения сембланса для глубины 40 м, полученные по трем последовательным 10-минутным отрезкам записей, начиная с времени 15 ч. На всех трех сечениях наблюдаются однотипные диагональные аномалии, хотя имеются и отличия – в нижней левой четверти первого сечения и в верхней правой части последнего сечения наблюдаются аномалии, отсутствующие на двух других сечениях.

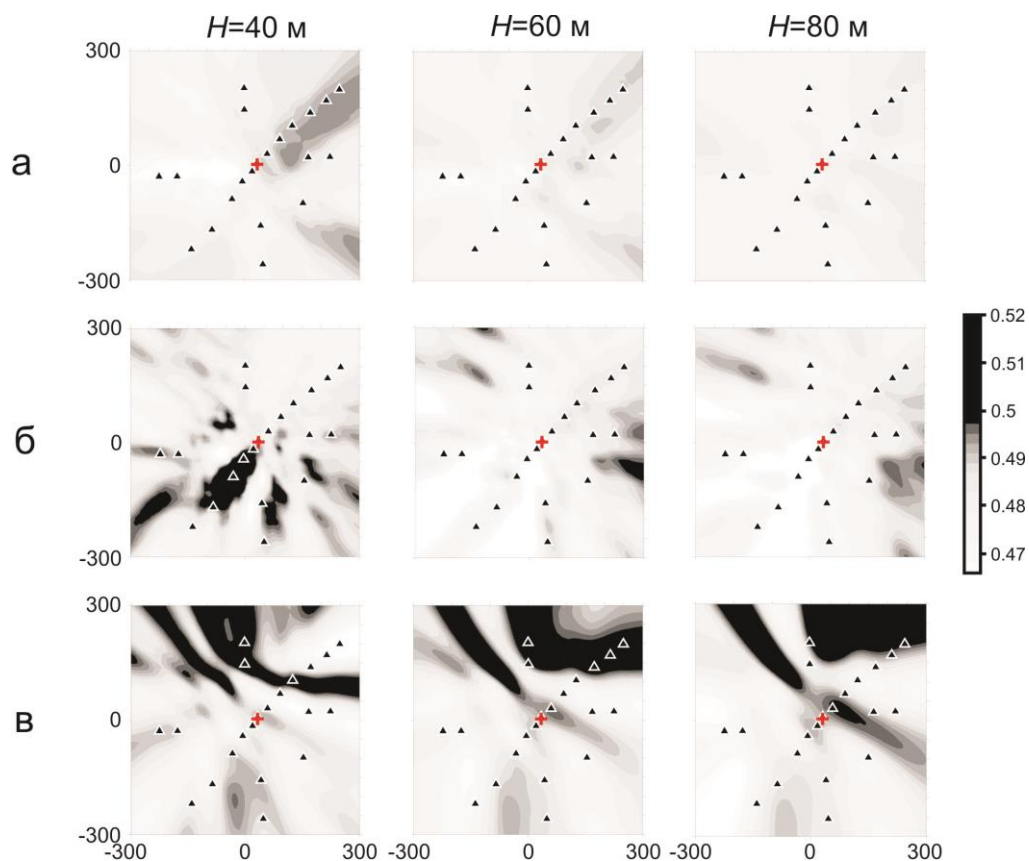


Рис. 4. Примеры горизонтальных сечений семблansa, рассчитанного для глубин 40, 60 и 80 м по 30-минутным записям микросейсм, начиная с времен от начала регистрации 1 час (а), 9 часов (б) и 19 часов (в)

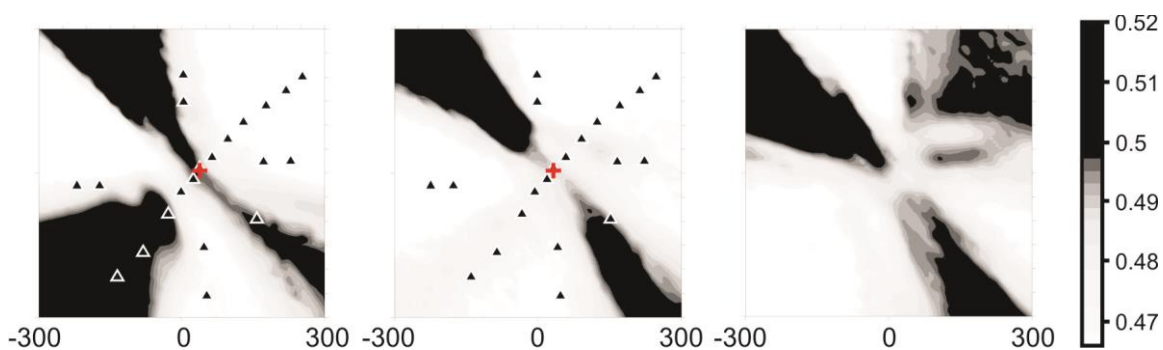


Рис. 5. Сечения семблansa, полученные по трем последовательным 10-минутным отрезкам записей, начиная со времени $t_n = 15$ ч

В целом нужно отметить, что аномальные зоны, зарегистрированные в данном эксперименте, в отличие от результатов, полученных в эксперименте 2007 г., не были локализованы в пространстве, а мигрировали от сеанса к сеансу работы вибратора. Причины этих различий предстоит выяснить при проведении дальнейших исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Колесников Ю. И., Хогоев Е. А., Хогоева Е. Е. Влияние мощных вибраций на сейсмоэмиссионные процессы в ближней зоне вибрационного источника // Триггерные эффекты в геосистемах: материалы второго Всероссийского семинара-совещания (Москва, 18-21 июня 2013 г.). – М.: ГЕОС, 2013. – С. 285–291.
2. Кугаенко Ю. А., Салтыков В. А., Сеницын В. И., Чебров В. Н. Локация источников сейсмического шума, связанного с проявлением гидротермальной активности, методом эмиссионной томографии // Физика Земли. – 2004. – № 2. – С. 66–81.
3. Хогоев Е. А., Колесников Ю. И. Применение сейсмоэмиссионной томографии для изучения геодинамически активных зон // Технологии сейсморазведки. – 2011. – № 1. – С. 59–65.
4. Tchegotareva I. I., Nikolaev A. V., Sato H. Seismic emission activity of Earth's crust in Northern Kanto, Japan // Physics of the Earth and Planetary Interiors. – 2000. – V. 120. – P. 167–182.

© Ю. И. Колесников, Е. А. Хогоев, В. С. Селезнев, А. А. Брыксин, 2015