

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ЛОКАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ МАЛОЙ ПОДЗЕМНОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ГРУППОЙ

Андрей Сергеевич Белоносов

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, тел. (383)330-87-42, e-mail: white@sscc.ru

Валерий Викторович Ковалевский

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, доктор технических наук, заместитель директора по научной работе, тел. (383)330-71-96, e-mail: kovalevsky@sscc.ru

Анастасия Глебовна Максимова

Новосибирский государственный университет, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2, студентка 3-го курса ММФ, e-mail: maks-nastya@yandex.ru

Анастасия Андреевна Галактионова

Новосибирский государственный университет, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2, студентка 3-го курса ММФ, e-mail: galakt95@mail.ru

Игорь Игоревич Тагильцев

Новосибирский государственный университет, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2, студент 3-го курса ММФ, e-mail: gannitgl@gmail.com

В работе изучается возможность применения поляризационного анализа для повышения надежности локации очагов микросейсмической эмиссии по данным мониторинга сейсмической группой из 6 трехкомпонентных сейсморегистраторов с площадной апертурой 2,5 км на 0,5 км, развернутой в штольне БНО ИЯИ РАН в Приэльбрусье.

Ключевые слова: подземная сейсмическая группа, поляризационный анализ трехкомпонентных сейсмических записей, локация сейсмических событий.

POLARIZATION ANALYSIS APPLICATION FOR SEISMIC EVENTS LOCATION BY SMALL UNDERGROUND SEISMIC ARRAY

Andrey S. Belonosov

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics, Siberian Branch of RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Lavrentiev Ave, Ph. D., Senior Researcher, tel. (383)330-87-42, e-mail: white@sscc.ru

Valery V. Kovalevsky

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics, Siberian Branch of RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Lavrentiev Ave, Doctor of Technical Sciences, Deputy Director, tel. (383)330-70-69, e-mail: kovalevsky@sscc.ru

Anastasia G. Maksimova

Novosibirsk State University, 630090, Russia, Novosibirsk, 2 Pirogova St., third-year student of Mechanics and Mathematics Department, e-mail: maks-nastya@yandex.ru

Anastasia A. Galaktionova

Novosibirsk State University, 630090, Russia, Novosibirsk, 2 Pirogova St., third-year student of Mechanics and Mathematics Department, e-mail: galakt95@mail.ru

Igor I. Tagiltsev

Novosibirsk State University, 630090, Russia, Novosibirsk, 2 Pirogova St., third-year student of Mechanics and Mathematics Department, e-mail: gannitgl@gmail.com

The feasibility of using polarization analysis for improving reliability of the microseismic emission's source location based on the monitoring data of underground seismic array of 6 three component seismic recorders with areal aperture 2.5 km by 0.5 km, deployed in a tunnel BNO INR in Elbrus region is considered in this work.

Key words: underground seismic group, polarization analysis of three-component array data, seismic events location.

В районе Эльбурского вулканического центра регистрируются слабые локальные сейсмические события, порождаемые геодинамическими процессами и вулканической активностью области вулкана, включая окружающие его разломные зоны. В этой связи, интерес представляет возможность разработки надежных алгоритмов локации очагов сейсмоакустической эмиссии по данным полевых измерений с использованием сейсмической антенны из нескольких трехкомпонентных (3С) датчиков, располагаемой в штольне Баксанской нейтринной обсерватории (БНО) в Приэльбрусье [1], [2].

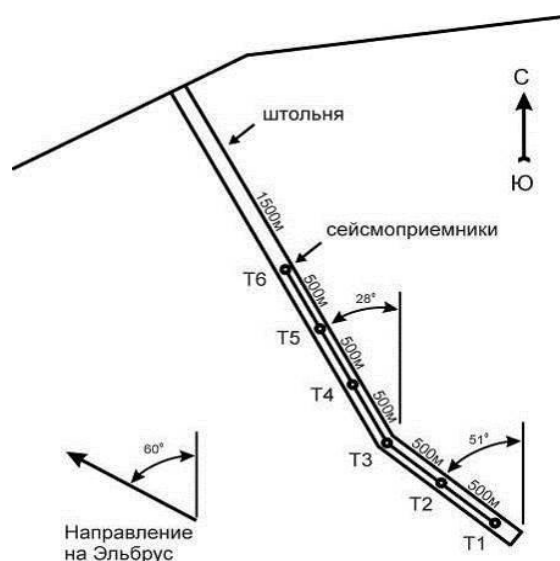


Рис. 1. Схема расположения сейсмоприемников сейсмической группы в штольне БНО ИЯИ РАН в плане

Использование такой антенны привлекательно в том плане, что она располагается внутри цельного скального массива, что обеспечивает низкий уровень техногенного шума и позволяет надежно регистрировать очень слабые локальные сейсмические события. Однако применение стандартных подходов, основанных на решении обратной кинематической задачи по относительным време-

нам вступлений продольных и поперечных волн, в данном случае накладывает существенные ограничения на точность и однозначность определения истинного положения источника сейсмического события: ввиду почти линейной геометрии сейсмической антенны, обратная кинематическая задача не имеет единственного решения. Это проявляется в наличии ложной симметричной области возможного положения источника [3–5].

В работе изучается возможность применения поляризационного анализа данных ЗС наблюдений, который позволяет определить направление прихода волны. Поскольку регистрация производится внутри цельного горного массива, это направление оправданно можно считать направлением на источник. Имея направления от двух и более «разнесенных» ЗС датчиков, в пространстве четко выделяется зона «пересечения» этих направлений, что позволяет исключить упомянутую ложную симметричную область.

В скользящем временном окне, размеры которого выбираются в зависимости от длины волны, по трехкомпонентным записям вычисляется амплитуда главной компоненты смещения частицы в волне. Мы рассматриваем трехкомпонентную случайную величину, которая имеет свои реализации для каждого момента t в выбранном окне. Собственные числа и вектора ковариационной матрицы полностью характеризуют величину и направленность осей мгновенного эллипсоида в момент времени t .

На рис. 2 приведен результат применения поляризационного анализа к фрагменту ЗС записи для сейсмоприемника Т6. Этому фрагменту отвечает сейсмическое событие, проиллюстрированное на рис. 3. X, Y, Z – компоненты записи, Pr – проекция ЗС трассы на главное направление, $teta$, phi – полярный и азимутальный углы вектора главного направления, Ell – график «эллиптичности», определяемой по формуле:

$$Ell = 1 - \left(\frac{\lambda_2 + \lambda_3}{2\lambda_1} \right)^n,$$

где $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ – собственные значения ковариационной матрицы, расположенные в порядке убывания.

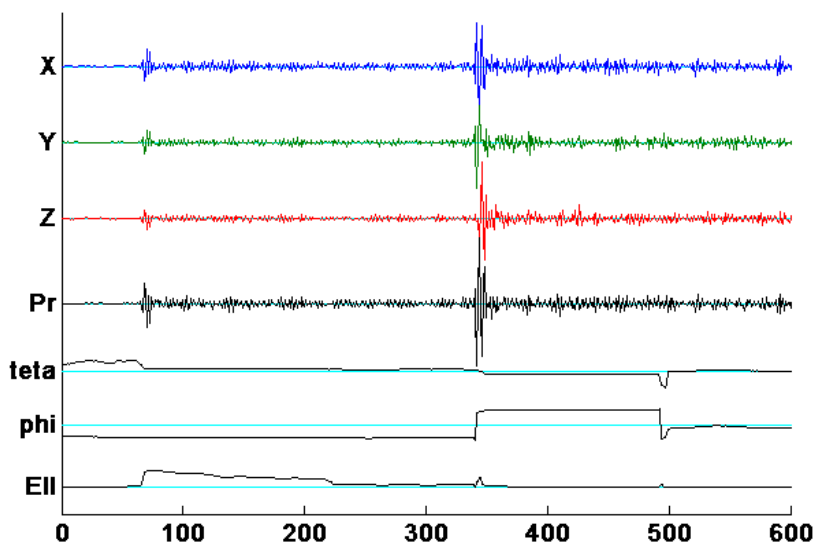


Рис. 2. Результат применения поляризационного анализа

Из рис. 3 видно, что источник сейсмического события располагается на дневной поверхности, а расстояние до него определено неверно из-за существенно завышенной оценки скоростей P/S волн. Скорее всего, это событие произошло в районе Баксанского ущелья, где располагается область пересечения пучков лучей, отвечающих главным направлениям для датчиков Т2, Т6.

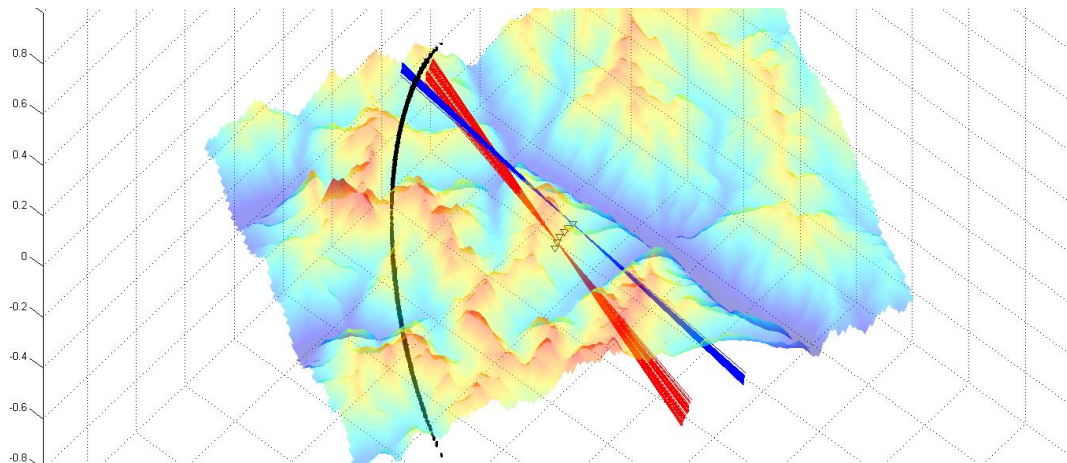


Рис. 3. Пространственная локализация сейсмического события на расстоянии 10,2 км, зарегистрированного подземной сейсмической группой, с использованием кинематических характеристик – относительных времен вступлений (зачерненная дугообразная область), и поляризационного анализа (пересекающиеся пучки лучей)

Рис. 4 относится к другому событию, которое по кинематическим характеристикам произошло предположительно на расстоянии 2,7 км от центра группы. Поляризационный анализ позволяет заключить, что источник этого события располагается на глубине внутри горного массива. Результат решения обратной кинематической задачи здесь также показывает, что значения скоростей P/S волн несколько завышены.

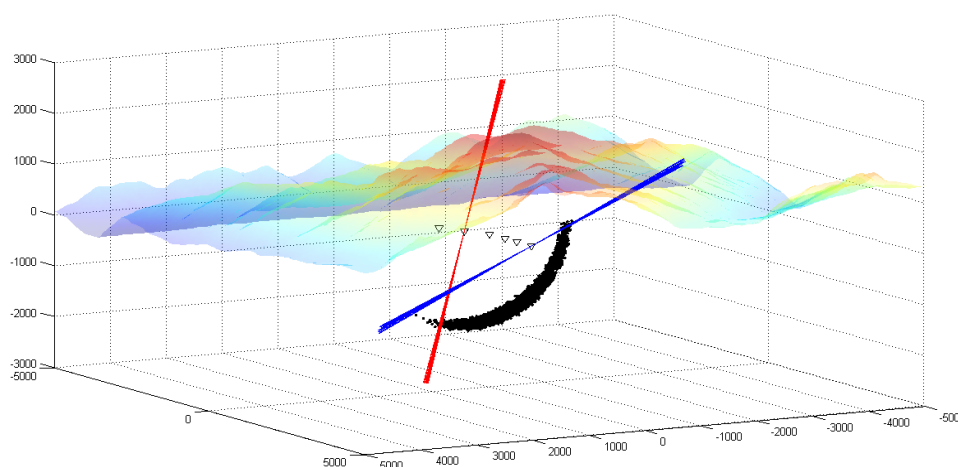


Рис. 4. Пространственная локализация сейсмического события на расстоянии 2,7 км

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 15-07-06821-а, № 14-07-00832, а также Новосибирского государственного университета.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Собисевич А. Л., Гриднев Д. Г., Собисевич Л. Е., Канониди К. Х. Аппаратурный комплекс Северокавказской геофизической обсерватории // Сейсмические приборы. 2008. Т. 44, № 1. С. 21–42.

2. Ковалевский В. В. О характеристиках подземной сейсмической группы в Приэльбрусье // Вестник НЯЦ РК – 2013. – № 2. – С. 18–23.

3. Ковалевский В. В., Белоносов А. С. Исследование параметров локализации сейсмических событий подземной сейсмической группой в Приэльбрусье // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск: СГГА, 2014. Т. 1. – С. 202–206.

4. Ковалевский В. В., Белоносов А. С., Авроров С. А., Якименко А. А. Локализация сейсмических событий в Приэльбрусье подземной сейсмической группой // Периодический Научно-технический журнал Национального ядерного центра республики Казахстан. Вестник НЯЦ РК - Курчатов, Казахстан - 2014 - Вып. 2 - С. 123–128.

5. Ковалевский В. В., Белоносов А. С. Экспериментальные работы с подземной сейсмической группой в Приэльбрусье. // Геофизические методы исследования земной коры: Матер. Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рожд. ак. Н.Н. Пузырева (Новосибирск, 8-13 декабря 2014 г) // СО РАН, ИНГГФ им А.А. Трофимука. Новосибирск: Изд-во ИНГГ СО РАН, стр. 161-165.

© А. С. Белоносов, В. В. Ковалевский, А. Г. Максимова,
А. А. Галактионова, И. И. Тагильцев, 2015