

УДК 550.343+550.372

ВЛИЯНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ГОРНЫХ ПОРОДАХ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕОАКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

© 2016 г. В.А. Гаврилов¹, И.А. Пантелеев²

¹ *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия*

² *Институт механики сплошных сред УрО РАН, г. Пермь, Россия*

Представлены результаты нового этапа исследований физических причин и механизмов влияния внешнего слабого переменного электрического поля с амплитудой напряженности порядка единиц мВ/м на интенсивность геоакустической эмиссии, регистрируемой в скважинах глубиной более 200 м. Теоретические оценки на основе простой модели двойного электрического слоя показывают, что модулирующее воздействие слабых электромагнитных полей звукового диапазона на интенсивность геоакустической эмиссии связано с изменениями сил вязкого трения между подвижной частью жидкого флюида и поверхностью твердой фазы двойного электрического слоя. Изменение сил вязкого трения в таких случаях происходит с частотой внешнего электрического поля и амплитудой, пропорциональной амплитуде напряженности поля. В масштабе макрообъема геосреды каждое периодическое уменьшение сил вязкого трения способствует увеличению числа актов движения твердой фазы относительно жидкого флюида под воздействием действующих механических напряжений.

Для реальной геосреды связь изменения интенсивности геоакустической эмиссии с изменением амплитуды напряженности воздействующего электромагнитного излучения при малой напряженности электрического поля имеет статистический характер и обуславливается тем, что регистрируемое геоакустическое излучение является суперпозицией излучений от значительного числа отдельных точечных источников геоакустической эмиссии, действующих одновременно в разных точках контролируемой геофоном “шумовой” зоны, радиус которой не менее первых сотен метров.

По результатам натурного эксперимента с откачкой воды из скважины делается вывод, что при изменениях градиента порового давления в геосреде изменение амплитуд откликов геоакустической эмиссии на внешнее электромагнитное излучение связано прежде всего с возникновением фильтрационных потоков в контролируемой геофоном “шумовой” зоне. При этом для пород с достаточно высокой проницаемостью и флюидонасыщенностью изменение амплитуд откликов геоакустической эмиссии могут быть обусловлено, в первую очередь, изменением суммарной площади контактирующей с жидким флюидом поверхности пород. Для плотных пород с низкой флюидонасыщенностью причины изменения амплитуд откликов геоакустической эмиссии при возникновении фильтрационных потоков связываются прежде всего с электрокинетическими процессами.

Полученные при проведении натурного эксперимента результаты качественно согласуются с данными многолетних комплексных скважинных измерений во временных окрестностях сильных землетрясений, для которых характерны значительное возрастание скорости деформирования геосреды и связанные с этим процессы перераспределения порового давления и интенсификации фильтрационных течений.

Ключевые слова: геоакустическая эмиссия, фильтрационные процессы, электромагнитное излучение, флюидонасыщенность, скважина, землетрясение.

Литература

- Антропов Л.И.* Теоретическая электрохимия: М.: Высшая школа, 1984. 519 с.
Власов Ю.А., Гаврилов В.А., Денисенко В.П., Федористов О.В. Телеметрическая система сети комплексного геофизического мониторинга // Сейсмические приборы. 2007. Вып. 44, № 2. С.32–38.

- Гаврилов В.А.* Физические причины суточных вариаций уровня геоакустической эмиссии // Докл. РАН. 2007. Т. 414, № 3. С.389–392.
- Гаврилов В.А.* О методе непрерывного мониторинга удельного электрического сопротивления горных пород // Сейсмические приборы. 2013. Т. 49, № 3. С.25–38.
- Гаврилов В.А., Богомолов Л.М., Закупин А.С.* Сравнение результатов скважинных геоакустических измерений с данными лабораторных и натуральных экспериментов по электромагнитному воздействию на горные породы // Физика Земли. 2011. № 11. С.63–74.
- Гаврилов В.А., Морозова Ю.В., Сторчеус А.В.* Вариации уровня геоакустической эмиссии в глубокой скважине Г-1 (Камчатка) и их связь с сейсмической активностью // Вулканология и сейсмология. 2006. № 1. С.52–67.
- Гаврилов В.А., Пантелеев И.А., Рябинин Г.В.* Физическая основа эффектов электромагнитного воздействия на интенсивность геоакустических процессов // Физика Земли. 2014. № 1. С.89–103.
- Дамаскин Б.Б., Петрий О.А.* Электрохимия. М.: Высшая школа, 1987. 295 с.
- Забарный Г.Н., Бурганов А.Б., Гайдаров Г.М.* Результаты поисковых работ на геотермальные ресурсы в г. Петропавловск-Камчатский, Камчатский комплексный отдел института ВНИПИ Геотерм. г. Петропавловск-Камчатский, 1990. 124 с.
- Лутиков А.И.* Оценка эффективного радиуса влияния источников эндогенного микросейсмического шума // Вулканология и сейсмология. 1992. № 4. С.111–115.
- Мироненко В.А.* Динамика подземных вод. М.: Изд-во МГГУ, 2005. 519 с.
- Николаевский В.Н.* Механика пористых и трещиноватых сред. М.: Недра, 1984. 232 с.
- Новый справочник химика и технолога. Электродные процессы. Химическая кинетика и диффузия. Коллоидная химия / Ред. С.А. Симанова. СПб.: АНО НПО “Профессионал”. 2004. 838 с.
- Отчет о результатах бурения на термальные воды поисковой скважины Г-1 на участке “Хлебо-завод” Петропавловской площади в 1986–1988 гг. Петропавловск-Камчатский. 1988. 193 с.
- Пархоменко Э.И.* Электрические свойства горных пород. М.: Наука, 1965. 164 с.
- Пархоменко Э.И., Бондаренко А.Т.* Влияние одностороннего давления на электрическое сопротивление горных пород // Изв. АН. СССР. Сер. геофиз. 1960. № 2. С.326–332.
- Ризниченко Ю.В.* Размеры очага корового землетрясения и сейсмический момент // Исследования по физике очага землетрясений. М.: Наука, 1976. С.9–26.
- Салем Р.Р.* Теория двойного слоя. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. 104 с.
- Титов К.В.* Электрокинетические явления в горных породах и их применение в геоэлектрике: Дис. ... д-ра геол.-мин. наук. СПб.: ВИРГ Рудгеофизика, 2003. 198 с.
- Фридрихсберг Д.А., Сидорова М.П.* Исследования связи явления вызванной поляризации с электрокинетическими свойствами капиллярных систем // Вести ЛГУ. Сер. Физика и химия. 1961. № 4. С.57–69.
- Хаврошкин О.Б.* Некоторые проблемы нелинейной сейсмологии. М.: ОИФЗ РАН, 1999. 286 с.
- Хаткевич Ю.М., Рябинин Г.В.* Гидрогеохимические исследования на Камчатке в связи с поиском предвестников землетрясений // Вулканология и сейсмология. 2006. № 4. С.34–42.
- Gavrilov V.A.* On the Mechanism of Variations in the Intensity of Geoaoustic Emission Caused under the Action of Audio-Frequency Electromagnetic Field // Russian Journal of Earth Sciences. 2014. V. 14, N 2. DOI: 10.2205/2014ES000541.
- Gavrilov V., Bogomolov L., Morozova Yu., Storcheus A.* Variations in geoaoustic emissions in a deep borehole and its correlation with seismicity // Ann. Geophys. 2008. V. 51, N 5/6. P.737–753.
- Gavrilov V.A., Panteleev I.A., Ryabinin G.V., Morozova Yu.V.* Modulating impact of electromagnetic radiation on geoaoustic emission of rocks // Russian Journal of Earth Sciences. 2013. V. 13, N 1. ES1002. DOI: 10.2205/2013ES000527.
- Chelidze T., Gvelesiani A., Varamashvili N., Devidze M.* Electromagnetic initiation of slip: laboratory model // Acta Geofizika Polonica. 2004. V. 52 (1). P.49–62.
- Revil A., Glover P.* Theory of ionic surface electrical conduction in porous media // Physical Review B: Condensed Matter and Materials Physics. 1997. V. 55. P.1757–1773. DOI: 10.1103/PhysRevB.55.1757.