УДК 550.838

ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА СЕВЕРО-ТАРАТАШСКОГО УЧАСТКА ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ИССЛЕДОВАНИЯМ СКВАЖИН

Белоглазова Н.А., Баженова Е.А., Вдовин А.Г. – Институт геофизики УрО РАН, Екатеринбург

Аннотация. В статье описаны результаты комплексных измерений сигналов естественной геоакустической эмиссии и электромагнитного излучения горных пород в скважинах Северо-Тараташского участка. Анализ полученных данных позволил охарактеризовать геодинамическое состояние массивов горных пород в этом районе. Выделены интервалы повышенного трещинообразования и зоны накопления динамической напряженности.

Электромагнитное излучение, геоакустические сигналы, геодинамическое состояние горных пород.

GEODYNAMIC SITUATION OF THE NORTH-TARATASH SITE FOR GEOPHYSICAL RESEARCH OF WELLS

Beloglazova N.A., Bazhenova E.A., Vdovin A.G. – Institute of Geophysics UB of RAS, Yekaterinburg

Abstract. The results of complex measurements of signals of natural geoacoustic emission and electromagnetic radiation of rocks in wells of the North-Taratash area are described in the article. Analysis of the obtained data made it possible to characterize the geodynamic state of rock massifs in this region. We selected intervals of increased crack formation and accumulation area of dynamic tension.

Electromagnetic radiation, geoacoustic signals, geodynamic state of rocks.

Введение

К настоящему времени накоплен большой объем информации о динамике геофизических полей Земли и связи ее с изменением напряженно-деформированного состояния геологической среды, особенно для районов с активной тектоно-вулканической деятельностью (Бритков, 2004). Однако такая информация становится не менее актуальной и в тектонически спокойных районах при наличии там важных стратегических объектов, таких как атомные электростанции, подземные хранилища отходов ядерного производства, шахты и рудники, различные шламоотстойники и т. д.

Для контроля над геодинамической ситуацией в районе таких объектов создаются геодинамические полигоны, на которых проводятся регулярные измерения геофизических полей. На шахтах и рудниках организуются службы прогноза и мониторинговых наблюдений для обеспечения безопасности горнопроходческих работ. Комплекс геофизических методов для различных геодинамических ситуаций может меняться.

Так как скважина является чувствительным объемным деформометром и прямо отражает изменения напряженно-деформированного состояния геосреды, то скважинные измерения дают значительно больше информации по сравнению с поверхностными исследованиями.

В ходе оценки изменения динамического состояния геологической среды особый интерес представляют измерения геоакустических и электромагнитных сигналов. Горные породы и рудные тела при трещинообразовании излучают электромагнитные волны в широком диапазоне частот. Природа этого явления связана с перемещением дислокаций, несущих электрические заряды. Установлено, что процесс формирования электромагнитного излучения (ЭМИ) в горных породах отражает динамику зарождения и развития их структурного разрушения. По мере перехода разрушения с низшего энергетического уровня на более высокий, возрастают параметры ЭМИ (число импульсов, напряженность).

Для получения информации о неоднородности, нарушенности, напряженном состоянии, а также развивающихся в массиве горных пород динамических процес-

сах, используется их способность излучать акустические импульсы. При разрушении горных пород происходит развитие микро- и макротрещин, при этом возникает геоакустическая эмиссия (ГАЭ). По ГАЭ оценивают ударопрочность горных пород, контролируют состояние массива пород и процессы разрушения.

При проведении лабораторных исследований на моделях неоднородных сред, описанных в работе (Шамина, 2000), указывается, что при одноосном сжатии образцов известняка и искусственного материала, моделирующих неоднородную среду, происходит образование различных типов акустических волн, которые можно связывать с процессом трещинообразования. Причем показано, что ЭМИ возникает уже на первых стадиях нагружения, составляющих единицы и первые десятки процентов от разрушающих напряжений. В акустически возбуждаемых горных породах в лабораторных и натурных условиях ЭМИ наблюдается на границах контактирующих минеральных зерен, включений, прожилков и других неоднородностей.

При определении динамического состояния геологической среды результаты одновременных электромагнитных и геоакустических измерений в реальных условиях представляют значительный интерес для понимания физических процессов возникновения аномалий естественного электромагнитного излучения и геоакустических шумов. Такие измерения дают объективную оценку изменения напряженно-деформированного состояния массивов горных пород.

Результаты измерений и их интерпретация

В рамках выполнения проекта № 15-2-5-25 были проведены исследования в трех скважинах Северо-Тараташского участка Златоустовского горного района, относящемуся к западному склону Южного Урала и северной части Башкирского антиклинория. Среди пород Тараташского комплекса широко развиты амфиболиты, гранатовые амфиболиты, биотит-амфиболовые и биотитовые кристаллические сланцы. В зонах деформации все перечисленные породы претерпели приразломный дислокационный метаморфизм с образованием пород эпидот-амфиболитовой фации и, далее, фации зеленых сланцев. Куватальский рудный горизонт, к которому приурочен Северо-Тараташский участок, имеет очень сложное строение и состоит из чередующихся рудных и безрудных пластовых тел. Первые представлены магнетитовыми кварцитами и магнетит-гиперстеновыми кристаллическими сланцами, а вторые – пироксеновыми и пироксен-плагиоклазовыми кристаллическими сланцами, амфиболовыми, пироксеновыми и гранатовыми кварцитами (Андреев, 1995).

Исследование скважин проводилось при подъеме скважинного снаряда прибором МЭШ-42, поточечно с шагом 5 м. В интервалах детализации дискретность измерений сужалась до 1 м. Измерялись следующие параметры: сигналы ЭМИ на частотах 45 ($F1$), 80 ($F2$) и 120 ($F3$) кГц; вертикальная ($Z1$, $Z2$, $Z4$) и горизонтальная ($H1$, $H2$, $H4$) составляющие ГАЭ в частотных диапазонах 100–500 (1), 500–5000 (2) и 2500–5000 (4) Гц (Астраханцев и др., 2014).

На рис. 1 приведены результаты исследований в скважине № 1. По данным скважинной магнитометрии в разрезе выделяются интервалы массивного и вкрапленного магнетитового оруденения, представленного магнетитовыми кварцитами и вкрапленными магнетит-гиперстеновыми сланцами, соответственно. На диаграммах, представленных на рисунке, прослеживается четкая приуроченность падения уровня сигналов ЭМИ на частотах 45 ($F1$) и 80 кГц ($F2$) к интервалам массивного магнетитового оруденения. Известно, что магнетит является одним из самых проводящих минералов. В работе (Беспалько и др., 2005) лабораторными экспериментами установлено, что при импульсном акустическом возбуждении амплитудные параметры ЭМИ существенно зависят от проводимости горной породы. Наличие в горной породе высокопроводящих включений приводит к значительному сниже-

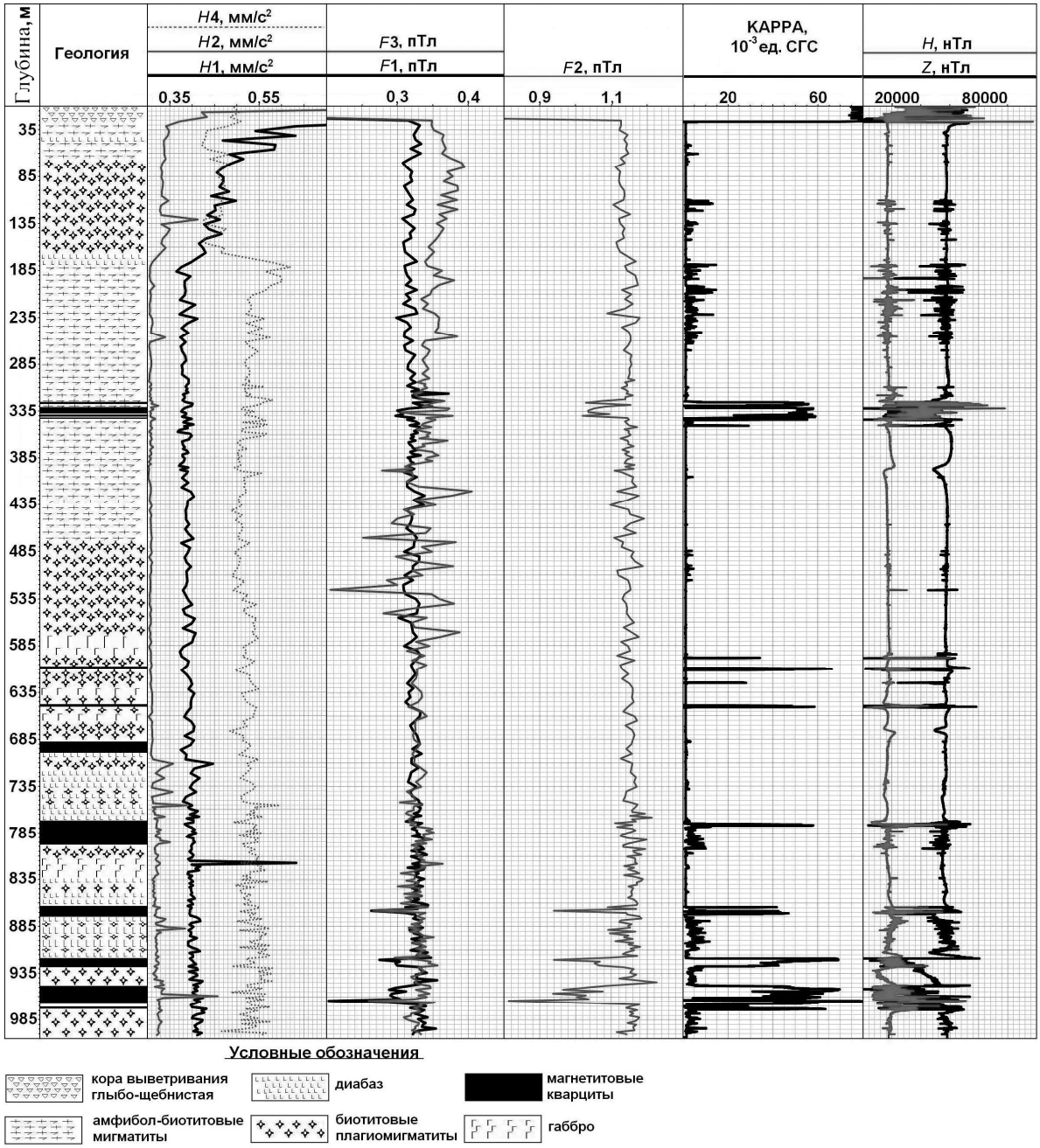

Рис. 1. Результаты комплексного геофизического исследования в скважине № 1

нию эффективности механоэлектрических преобразований. В той же работе показано, что при акустическом воздействии на образец магнетитовой руды с 10 % содержанием кварца, амплитудные параметры ЭМИ значительно увеличивались. Этим фактом можно объяснить то, что в зонах вкрапленного оруденения значения сигналов параметров *F*1 и *F*2 мало отличаются от фоновых. В интервале глубин 410–585 м на контакте амфибол-биотитовых мигматитов и биотитовых мигматитов на диаграмме ЭМИ на частоте 120 кГц (*F*3) выделяется интенсивная знакопеременная аномалия, отмечающая накопление динамической напряженности в зоне приразломного дислокационного метаморфизма. Фоновые значения и пониженная дифференцированность кривых ГАЭ свидетельствуют об отсутствии процессов интенсивного трещинообразования в этой зоне. В интервале глубин 740–1000 м наблюдается повышенная дифференцированность кривой *H*4 и повышение фоновых значений параметров

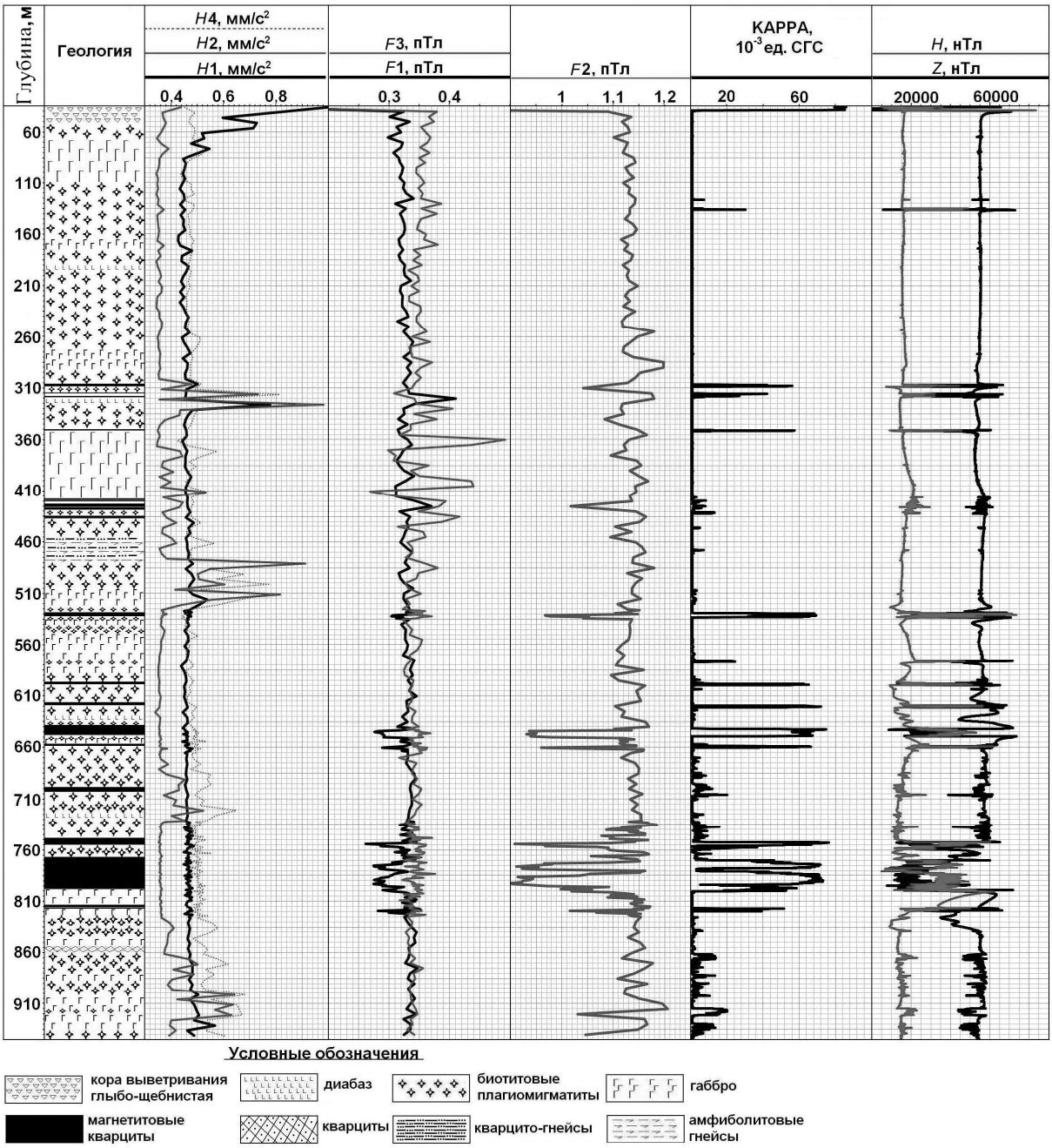

Рис 2. Результаты комплексного геофизического исследования в скважине № 2

*H*1 и *H*2, что скорее всего, вызвано интенсивным трещинообразованием в ближней зоне скважины.

На рис. 2 приведены результаты исследований в скважине № 2. По данным скважинной магнитометрии выделяются зоны магнетитовой вкрапленности и несколько пластов магнетитового оруденения малой мощности на глубинах 635, 655 и 900 м. В верхней части разреза скважины на диаграммах горизонтальных составляющих сигналов ГАЭ выделяются локальные аномалии разной интенсивности. Самая интенсивная аномалия сигналов ГАЭ во всех частотных диапазонах отмечается на глубине 220 м в зоне контактов амфибол-биотитовых мигматитов и габбро и вызвана, скорее всего, зоной обводнения в трещиноватых породах. На глубинах 275, 355 и 365 м наблюдаются локальные аномалии сигналов ГАЭ высокочастотного диапазона (*H*2, *H*4). Можно предположить, что эти аномалии обусловлены процессами интенсивного трещинообразования в амфибол-

биотитовых мигматитах. Далее, вплоть до забоя скважины сигналы ГАЭ близки к фоновым значениям, дифференцированность кривой *H*4 наблюдается в зоне контактов рудных интервалов и вмещающих пород.

Значения сигналов ЭМИ в верхней части разреза скважины близки к фоновым. В интервале глубин 390–535 м отмечается знакопеременная аномалия *F*3. Этот интервал можно охарактеризовать как динамически напряженный. Интервалы магнетитового оруденения на глубинах 635–900 м отмечаются повышенной дифференцированностью кривых ЭМИ на частотах 45 и 120 кГц (*F*1, *F*3) и интенсивной отрицательной аномалией ЭМИ на частоте 80 кГц (*F*2).

На рис. 3 представлены результаты измерений ГАЭ, ЭМИ, магнитной восприимчивости и составляющих геомагнитного поля в скважине № 3.

Измерения, проведенные в скважине № 3, находящейся в том же районе, показали аналогичные результаты. По данным скважинной магнитометрии выделяются участки магнетитовой вкрапленности и один маломощный пласт массивного оруденения на глубине 420 м. В верхней части

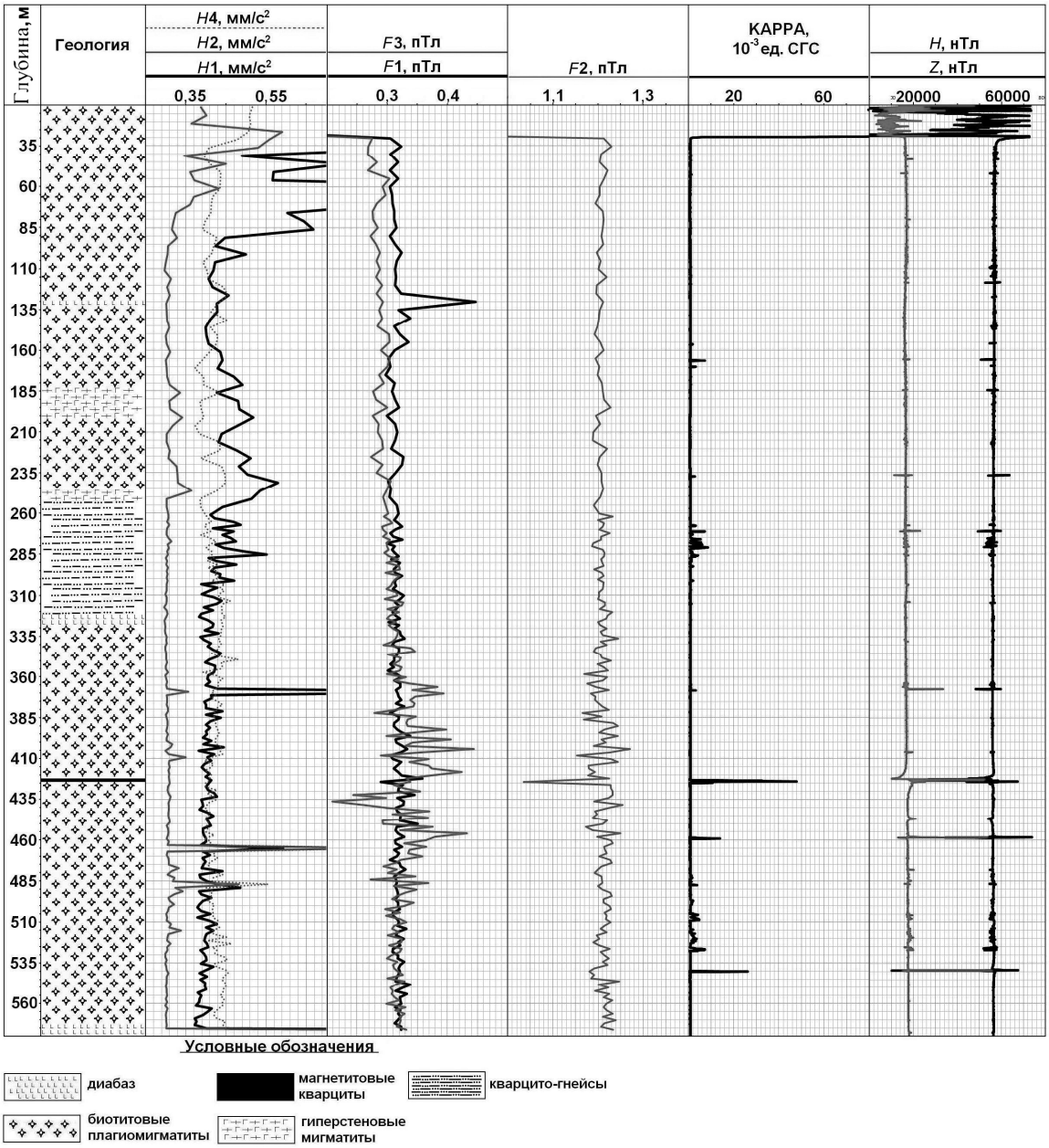

Рис. 3. Результаты комплексного геофизического исследования в скважине № 3

геологического разреза скважины до глубины 110 м наблюдаются интенсивные аномалии ГАЭ низкочастотного диапазона (*H*1) в зоне биотитовых плагиомигматитов. Такая аномалия может быть вызвана наличием фильтрационных процессов (вода, буровой раствор) в трещиноватых породах. На диаграммах ЭМИ интервал глубин 360–470 м отмечается знакопеременной аномалией параметра *F*3. При этом значения сигналов геоакустической эмиссии близки к фоновым (0,35 мм/с^2), что свидетельствует о высокой плотности пород. Выделяются лишь узкие локальные аномалии вверху и внизу выделенного интервала. По геологическому описанию, интервал с глубины 320 до 580 м однороден по составу и представлен тоже плагиомигматитами. Таким образом, выделенные аномалии ЭМИ могут свидетельствовать о тектонической напряженности в этой зоне, а локальные аномалии ГАЭ – о зонах интенсивного трещинообразования на контактах этой зоны с выше- и нижележащими породами.

Заключение

Одновременные измерения геоакустической эмиссии и электромагнитного излучения горных пород в естественном залегании на Северо-Тараташском участке позволило провести расчленение разреза по геодинамическому состоянию горных пород:

– выявлены зоны интенсивного трещинообразования;

– определены зоны обводнения в трещиноватых породах;

– выделены интервалы накопления динамической напряженности в зонах приразломного дислокационного метаморфизма горных пород.

По данным скважинных измерений комплекса геофизических методов (скважинная магнитометрия, ГАЭ и ЭМИ) были выделены зоны массивной и вкрапленной магнетитовой минерализации. Во всех исследованных скважинах зоны массивных руд отмечаются аномалиями магнитной восприимчивости горных пород и составляющих геомагнитного поля. Зависимость низкочастотных параметров ЭМИ (*F*1, *F*2) от содержания в породе магнитных минералов дает дополнительную информацию при разделении магнетитовой минерализации на массивную и вкрапленную (Вдовин, 2017). Массивные руды отмечаются отрицательными аномалиями ЭМИ – параметров *F*1, и особенно *F*2, интенсивность которых пропорциональна содержанию магнетита в породе. На слабую магнетитовую вкрапленность параметры ЭМИ практически не реагирует.

Работа выполнена в рамках инициативного проекта УрО РАН № 15-2-5-25.

Литература

Андреев Н.И. Тектоника Тараташского моноклинория структуры рудного поля и околорудные ореолы саткинских месторождений кристаллического магнезита (Южный Урал): Автореф. дис. … канд. геол.-минерал. наук. МГУ. М., 1995.

Астраханцев Ю.Г., Белоглазова Н.А., Баженова Е.А., Вдовин А.Г., Троянов А.К. Аппаратурно-программный комплекс для скважинных исследований напряженно-деформированного состояния среды // НТВ Каротажник. № 5 (239). 2014. С. 39–51.

Беспалько А.А., Яворович Л.В., Федотов П.И. Связь параметров электромагнитных сигналов с электрическими характеристиками горных пород при акустическом и квазистатическом воздействиях // Известия Томского политехнического университета. 2005. № 7. Т. 308. С. 18– 23.

Бритков Н.А. Электромагнитные излучения горных пород предупреждают … // Горная Промышленность. 2004. № 3. [Электронный ресурс]. URL: http://mining-media.ru/ru/ article/newtech/1383-elektromagnitnye-izlucheniya-gornykh-porod-preduprezhdayut (дата обращения: 10.05.2017).

Вдовин А.Г. Выделение титаномагнетитовых и железистокварцитовых руд по стволу скважины методом электромагнитного излучения // XVIII Уральская молод. науч. школа по геофизике: сб. науч. материалов. Пермь: ГИ УрО РАН, 2017. С. 25–28.

Шамина О.Г. Об особенностях спектров продольных и поперечных волн // Физика Земли. 2000. № 11. С. 35–39.