

Опыт применения комплекса геофизических и геохимических методов на территории Центрально-Импilahтинского рудопоявления

Балабан С.Е., Черемазова Е.В., Кашкевич М.П., Сергеев А.В.
СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия, next88@inbox.ru

На основе этого комплекса возможно проведение поисковых и разведочных работ месторождений, характеризующихся слабоконтрастными аномалиями в геохимических полях и сложностью их геологического определения, с выяснением параметров их образования, элементов залегания, что является в дальнейшем развитием экспрессного комплекса поисковых геохимико-геофизических методов.

Based on this complex of methods it is possible to develop prospecting and exploration works of deposits, characterized by low-contrast geochemical anomalies and the complexity of the geological definition, the elucidation of the parameters of genesis, elements of the occurrences, which is a further development of the express complex search geochemical and geophysical methods.

Территория Импилахтинского полигона является базовым объектом для проведения учебных, учебно-производственных практик студентов геологического факультета СПбГУ.

Как и для большинства поисково-оценочных работ, проводимых на территории Карело-Кольского региона с повсеместным развитием покровно-ледниковых отложений различной мощности, проведение комплекса геофизических и геохимических исследований является основным шагом для детального изучения участка.

В 2010 г преподавателями и студентами геологического факультета СПбГУ на территории Центрально-Импilahтинского рудопоявления был проведен комплекс исследований, включающий геофизические и геохимические методы поиска, а также минералогопетрографические исследования и детальное геологическое картирование.

Центрально-Импilahтинское рудопоявление урана расположено в северной части импилахтинского куполовидного массива гранито-гнейсов Северного Приладожья.

В комплекс геофизических исследований вошли следующие методы: магниторазведка, метод естественного поля (ЕП) и метод сопротивления. По методу ЕП с применением установки потенциала и методу магниторазведки была выполнена съемка по двум профилям протяженностью 300м. По методу сопротивления была выполнена съёмка по одному из профилей с применением томографической системы наблюдения с установки градиента. Результаты электротомографии обрабатывали с помощью специализированного пакета программ ZondRes2D (рис. 1).

Параллельно геофизической съемке по аналогичным профилям было проведено геохимическое опробование по первичным и вторичным ореолам рассеивания. Были отобраны почвенные пробы из двух горизонтов: А1 (гумусовый горизонт, верхние 10 см) и А2

(горизонт вымывания). Для всех проб был проведен количественный рентгенофлуоресцентный анализ на портативном рентгенофлуоресцентном анализаторе Omega (Innov X systems).

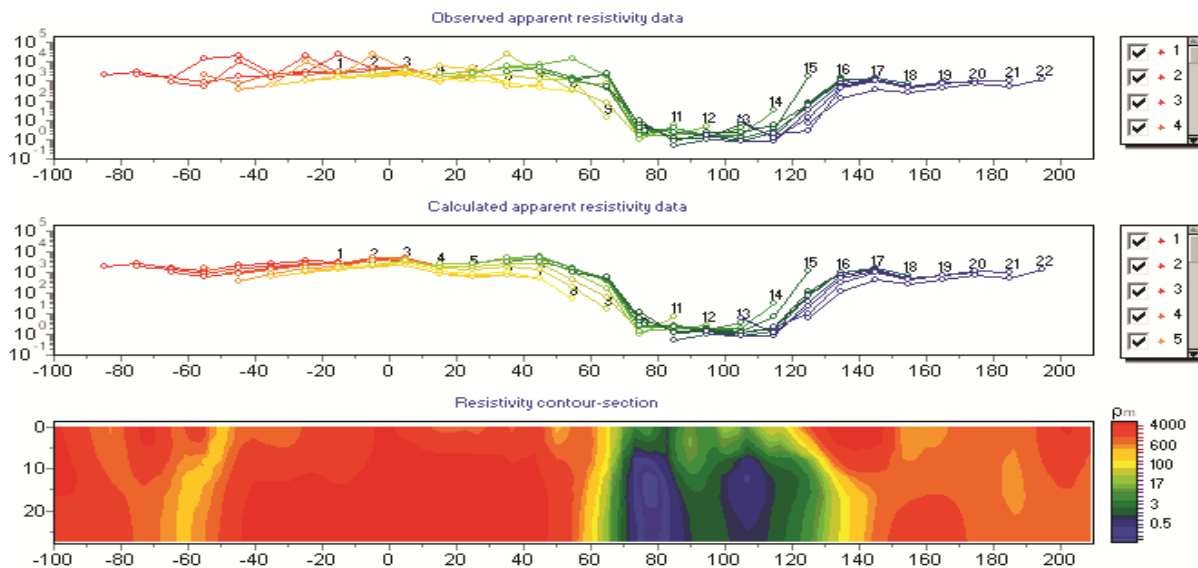


Рис. 1. Обработка данных электротомографии: а)наблюдаемое кажущееся удельное сопротивление, б) рассчитанное кажущееся удельное сопротивление; в) геоэлектрический разрез.

Геохимическое опробование коренных пород и почв двух верхних горизонтов, позволило сделать ряд выводов для данного участка работ:

- Точечное геохимическое опробование коренных пород данного объекта не позволило точно локализовать зону оруденения из-за высоких вариаций в содержании элементов, характерных для слоистых метаморфических толщ.
- Распределение химических элементов во вторичных ореолах – почвах (горизонта А1 и А2) показало четкую картину распределения элементов по профилям, где максимальные их концентрации зафиксированы непосредственно над зоной оруденения.
- Результаты распределения элементов в верхнем – гумусовом горизонте и горизонте вымывания показывают одинаково высокую эффективность использования как одного, так и другого вида опробования на данном участке работ.
- Также было положено начало исследованиям основных закономерностей накопления халькофильных металлов и урана в почвах на данной территории. Статистический и факторный анализ результатов помог выявить преимущественную связь халькофильных элементов и урана с органическими компонентами почв.

Совместная интерпретация результатов геофизической съёмки методами магниторазведки, естественного поля и электротомографии и рентгенофлуоресцентного анализа проб коренных пород и почв, а также минералого-петрографических исследований позволила провести комплексную оценку изучаемой территории (рис.2).

По данным электроразведки (ЕП, электротомография) в разрезе присутствуют электронные проводники с углами падения близкими к 90 градусам, и со значительными вертикальными размерами. Морфология выделяемых объектов (переслаивание проводников и изоляторов по данным электроразведки) и сведения о составе пород, а также геологические наблюдения (геоморфологический профиль участка, зона интенсивной меланитизации, обожренности), позволяют предположить наличие субвертикальной разломной зоны, сопровождающейся присутствием электропроводящих минералов.

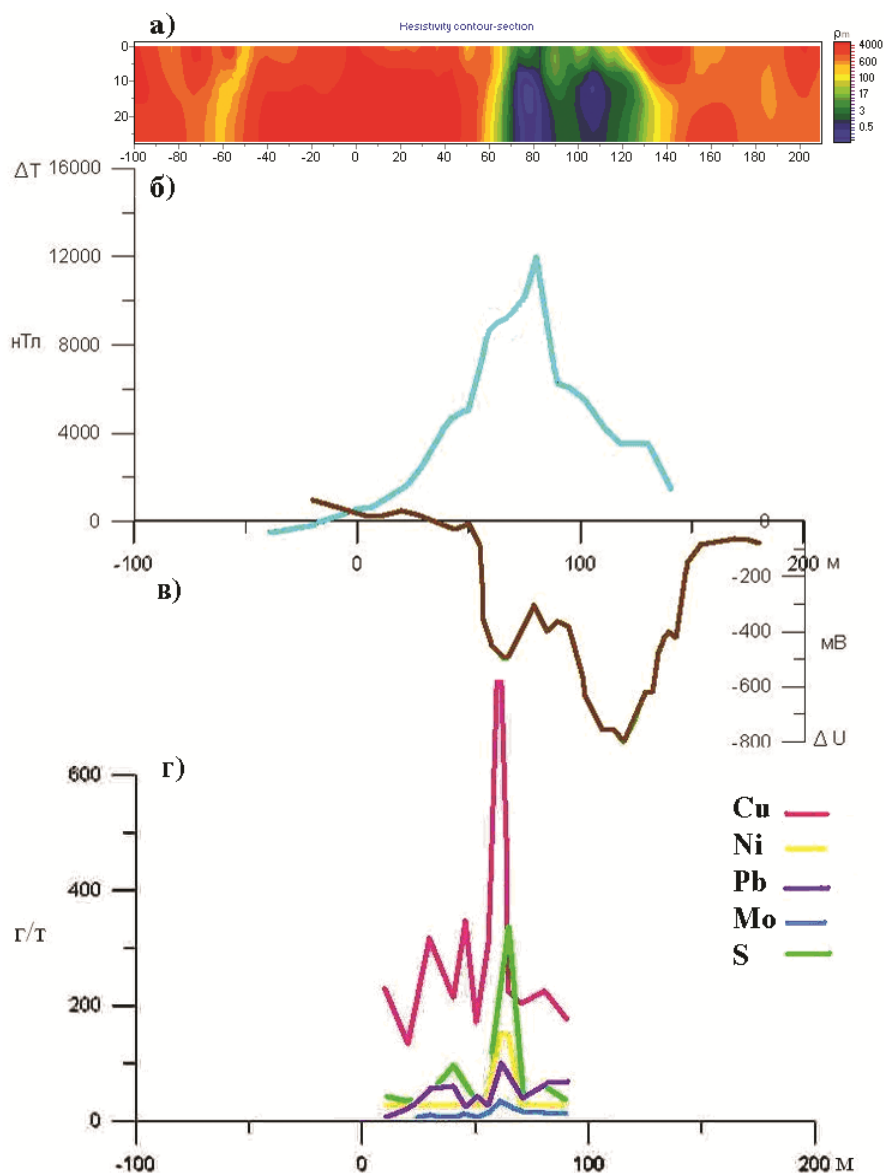


Рис. 2. Сопоставление данных электротомографии (а), магниторазведки (б), ЕП (в) и геохимического опробования (г) по одному из профилей

Такие интенсивные поля могут быть сформированы при участии пленочного графита, характерного для зон разрывных нарушений [2], а также возможно при наличии магнетитовых вростков, ориентированных согласно со слоистостью пород, близкой на изучаемом участке к вертикальной. Минералого-петрографическими наблюдениями

фиксируется зона мусковитизации биотита со сбросом железа в виде магнетита на контакте пород Ладожской серии с Питкярантской свитой.

Аномалия магнитного поля свидетельствуют о присутствии ферромагнитных минералов в породах: пирротина и магнетита. И тот и другой широко известны в породах Центрально-Имплахтинского рудопроявления. Форма графика аномального магнитного поля соответствует наложенным полям этих двух ферромагнитных минералов.

Проведённые работы позволяют более достоверно и детально интерпретировать природу наблюдаемых аномалий. Опыт применения данного комплекса геофизических и геохимических методов представляет собой первый шаг в разработке ряда методических и методологических решений при постановке комплексных поисковых задач на территории Импилахтинского полигона.

Литература:

1. *Глебовицкий В.А.* Ранний докембрий Балтийского щита. С-Пб: Наука, 2005. 711 с.
2. *Кашкевич М.П.* Геофизический образ графитизированных глубинных разломов: Автореф. дисс. ...к.г.-м.н. С-Пб, 2000 г.

Результаты изучения верхней части разреза осадочного чехла в связи с необходимостью повышения точности структурных построений сейсморазведки МОГТ 3D в северной части Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции

Буторин А.В., Сидоров Д.В., Чупрова М.П.

ОАО «Нарьян-Марсейсморазведка», Санкт-Петербург, Россия, nmsrspb@sovintel.ru

Повышения точности структурных построений сейсморазведки требует изучение строения верхней части разреза, основанное на результатах работ микросейсмокаротажа. Полученные данные используются для построения модели ВЧР, по которой производят расчет априорных статических поправок. Статические поправки учитываются при обработке, в результате чего получаемые сейсмические данные наиболее точно отражают реальную геологическую ситуацию.

Increasing the accuracy of seismic structural constructions requires study of upper part of sedimentary cover, based on the results of micro seismic logging. The data obtained are used to construct a model of near-surface, which used for calculating apriory static shifts. These static shifts are taken into account in processing, in this reason, obtained seismic data most closely matches with real geological structure.

Доклад посвящен проблеме учета неоднородностей в верхней части разреза (далее ВЧР) с использованием работ микросейсмокаротажа (далее МСК). В работе представлены материалы, полученные ОАО «Нарьян-Марсейсморазведка» в ходе полевого сезона 2009-2010 гг. Данные, полученные по измерениям МСК, использовались для определения модели ВЧР, а, следовательно, и для определения априорных статических поправок. Качество определения априорных статических поправок напрямую влияет на качество процедур обработки данных и на качество получаемых сейсмических разрезов и кубов.

Работы по изучению ВЧР крайне важны в северных районах из-за широкого распространения многолетнемерзлых пород, распространяющихся, порой, на достаточно большие глубины. Вследствие различных природных процессов мощность мерзлотных пород характеризуется большой изменчивостью как по вертикали, так и по горизонтали. Также существенную роль играют малые объекты орогидрографии, которые не могут быть зафиксированы из-за снежного покрова. К ним относятся морозобойные трещины, термокарстовые объекты, бугры пучения. Все эти объекты вносят дополнительные искажения в наблюдаемую волновую картину. Следовательно, для получения сейсмических данных, максимально точно отражающих геологическое строение участка работ, необходимо производить работы по изучению ВЧР. Наиболее точным способом изучения ВЧР является метод МСК [1]. К сожалению, в настоящее время из-за развития способов автоматического определения и коррекции статических поправок данному методу уделяется все меньше внимания.

Исследования методом обращенного МСК проводились на трех объектах: Лидинский, Вангурейяхинский и Южно-Тединский. По Лидинскому объекту была отработана 91 точка МСК, по Южно-Тэдинскому – 153 точки, по Вангурейяхинскому – 127 точек.

Метод обращенного МСК основан на регистрации волнового поля от источника, расположенного в скважине, сейсмоприемниками на различных удалениях от скважины [1]. Для возбуждения сигнала использовались электродетонаторы сейсмические мгновенного действия (ЭДС-1). Параллельно соединенные детонаторы монтировались на многожильную косичку. Обработка взрывов производилась снизу вверх. Для регистрации волнового поля использовалась 4-х канальная расстановка из сгруппированных последовательно и установленных в одну точку трех геофонов GS-20DX, удаленных от устья скважины на 1м, 2.5м, 5м, 10м. Запись сигналов от геофонов осуществлялась сейсмостанцией SERCEL-428XL с шагом дискретизации 0.25мс. На рисунке 1 представлено наблюдаемое волновое поле по профилю МСК L_233_190_3 на Вангурейяхинской площади.

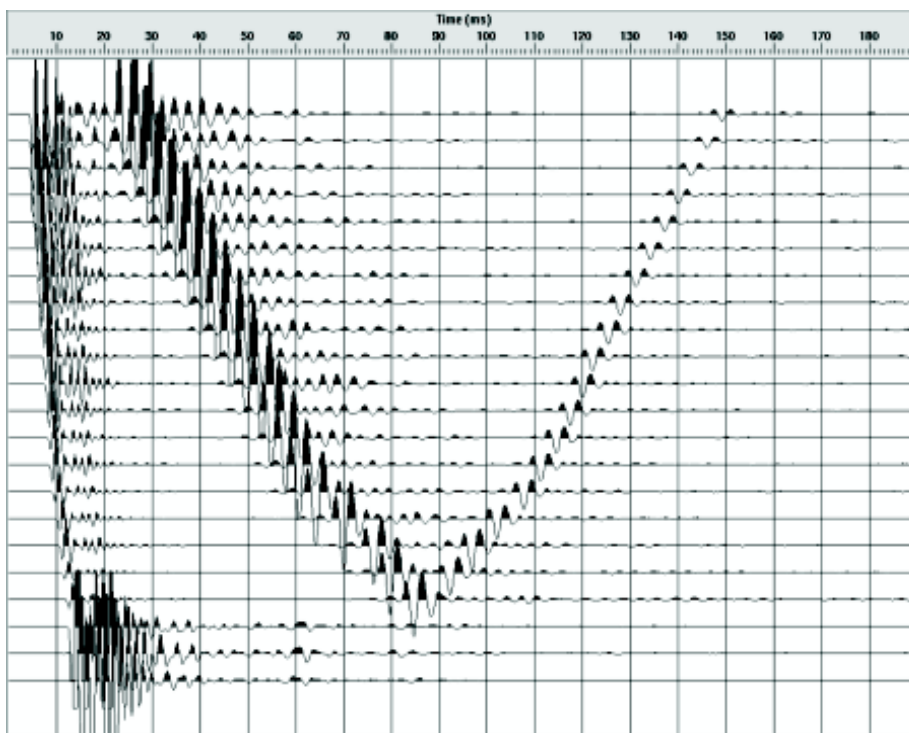


Рис. 1. Волновое поле по профилю МСК 4717_300

Полученные данные МСК проходили несколько этапов обработки. На первом этапе просматривались все рапорта операторов сейсмостанции с целью выявления тех интервалов глубин на каждом ПВ, откуда - по той или иной причине - не удалось получить полезной записи.

На втором этапе сформированные профили МСК (SEG-Y выборки по каждому удалению) заводились в обрабатывающий пакет FOCUS, в котором вручную были пропикированы все первые вступления прямой продольной волны, в результате на выходе были получены значения T_n от каждой полезной записи по всей площади проведения работ (рис. 2). Данные по T_n заносились в Excel, в котором и строился наблюдаемый годограф, и рассчитывалась средняя кажущаяся скорость по всему разрезу.

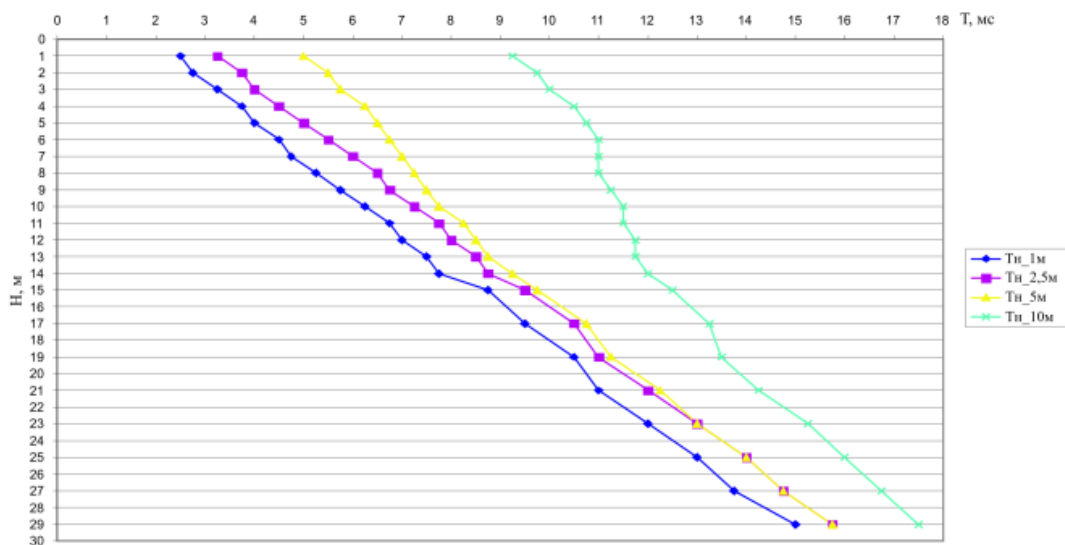


Рис. 2. Наблюдаемые годографы по всем удалениям пикет МСК 131-281

На третьем этапе из значений T_n рассчитывались значения T_v с учетом удалений сейсмоприемников от устья скважины и строился вертикальный годограф (рис. 3).

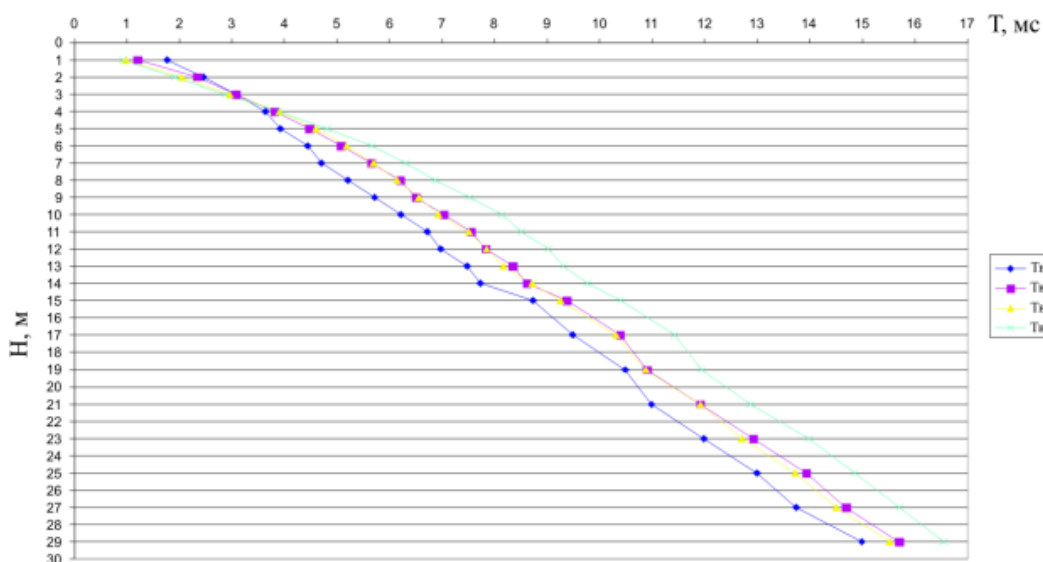


Рис. 3. Вертикальные годографы по всем удалениям пикет МСК 131-281

По полученным значениям T_v рассчитывались интервальные скорости прямой продольной волны и ее осредненное значение по всему разрезу.

После обработки всех материалов МСК на объекте производилась корреляция выделенных слоев между скважинами для построения скоростной модели ВЧР. При неоднозначности выделения слоев по МСК или затруднениях в сопоставлении параметров слоев в разных скважинах и отсутствии дополнительной информации предпочтительной является наиболее простая модель.

Результатом исследований ВЧР по методу МСК являются рассчитанные значения априорных статических поправок по результатам интерпретации данных МСК. С использованием программного продукта Surfer была построена карта априорных статических

поправок и осредненной интервальной скорости продольной волны по всей площади работ (рис. 4). Также были построены карты интервальных скоростей (с шагом 3м на глубинах 1-13м и шагом 4м на глубинах 13-29м).

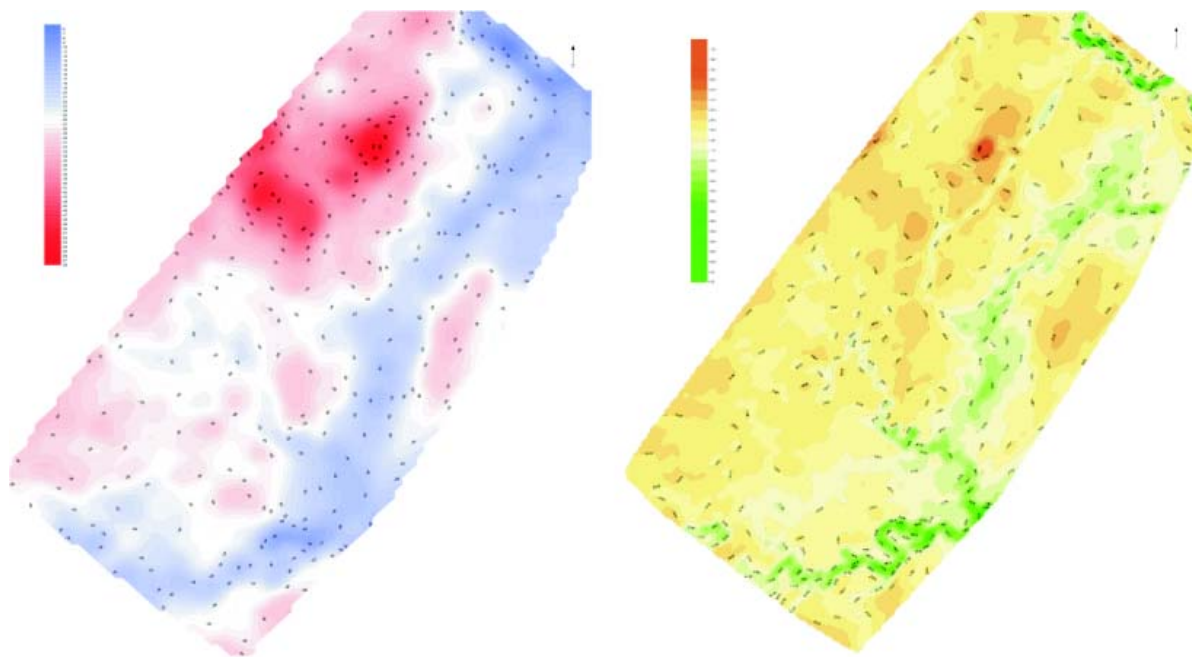


Рис. 4. Карты априорной статики за ПП по данным МСК и осредненной интервальной скорости по всей площади работ

Полученные в итоге априорные статические поправки использовались при обработке сейсмических данных. Для оценки их качества были посчитаны кубы и разрезы с использованием данных рассчитанных по данным МСК и с использованием пикировки первых вступлений сейсмической волны. На рисунке 5 приведено сравнение двух разрезов по сейсмическому кубу, полученному при обработке Вангурейяхинской площади. Как видно из рисунка волновые картины на разрезах отличаются, и характеризуются разной конфигурацией отражающих горизонтов. Сейсмические данные, получаемые на основе исследований строения ВЧР, более приближены к реальной геологической ситуации, поэтому проведение работ по методу МСК позволяет нам получить более достоверные данные.

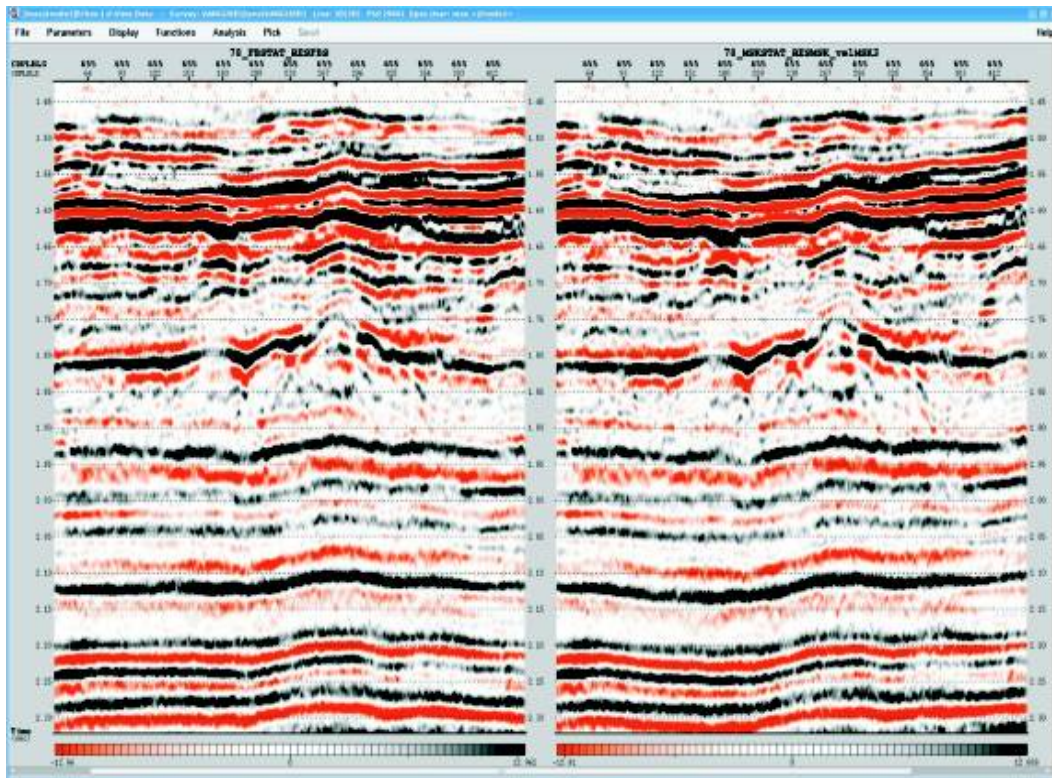


Рис. 5 Разрезы, полученные с применением данных пикировки первых вступлений (слева) и данных МСК (справа)

Литература:

1. Козырев В.С., Жуков А.П., Коротков И.П. и др. Учет неоднородностей верхней части разреза в сейсморазведке. - М.: Недра, 2003. - С. 51-57.

Сигналы зондов ВЭМКЗ в скважинах с неровной стенкой и заполненных сильнопроводящим буровым раствором

Горбатенко А.А.^{1,2}, Суродина И.В.²

¹НГУ, Новосибирск, Россия, aag88@yandex.ru

²ИНГГ СО РАН, Новосибирск, Россия, gorbatenkoaa@ipgg.nsc.ru

В докладе рассмотрены эффекты, возникающие при исследовании скважин, заполненных промывочной жидкостью с низким сопротивлением и с неровной стенкой, методом высокочастотного электромагнитного каротажного зондирования (ВЭМКЗ). По результатам численного моделирования установлены закономерности изменения сигнала в таких скважинах относительно сигнала в скважине с ровной стенкой, пересекающей тот же разрез.

The presentation contains description signals of High-frequency electromagnetic logging measured in wells with rough wall and filled with high-conductivity borehole fluid. Using the results of the signals numerical calculation we identified main regularities of changing well logging diagrams in boreholes with rough wall relatively ones measured in boreholes with smooth wall.

При исследовании скважин, заполненных буровым раствором с низким сопротивлением, методами высокочастотного электромагнитного каротажного зондирования (ВЭМКЗ; 9 зондов) иногда регистрируются диаграммы, на которых преобладают колебания сигнала с высокой амплитудой и периодом от полуметра до двух метров, не соответствующие геологическим пластам. Колебания эти могут присутствовать как на всем исследуемом интервале, так и на отдельных участках. Кроме того, они могут иметь различный характер: встречаются скважины, в которых эта пульсация хаотична и не имеет единой системы, в другом случае она может иметь единые период и амплитуду, которые не меняются вдоль ствола скважины (рис. 1).

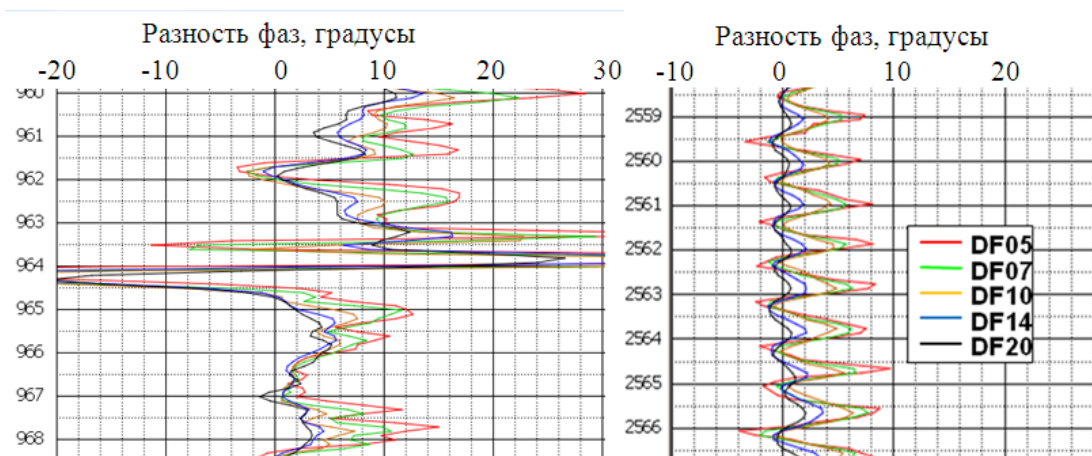


Рис. 1. Практические диаграммы ВЭМКЗ (сигнал в разностях фаз, в обозначении зондов указана их длина в дм). Параметры зондов: DF05 – 0,5 м, 14 МГц; DF07 – 0,71 м, 7 МГц; DF10 – 1,0 м, 3,5 МГц; DF14 – 1,41 м, 1,750 МГц; DF20 – 2,0 м, 0,875 МГц

Нетрудно заметить, что такие эффекты могут в значительной степени усложнять расчленение разреза, инверсию данных и интерпретацию диаграмм. Так как при повторных измерениях другими приборами ВЭМКЗ получается такая же картина, то можно сделать вывод, что это явление не может быть аппаратурной помехой, а вызвано другими физическими причинами. Как было показано ранее в [1] и [2], возможная причина возникновения таких эффектов – отличная от цилиндрической форма стенки скважины. В первом случае в скважине может присутствовать большое число трещин и каверн, во втором – диаметр скважины может изменяться периодически из-за применения отклонителей при бурении [2].

Для проверки данного предположения было проведено численное моделирование сигналов зондов ВЭМКЗ в скважинах с неровной стенкой. При моделировании использовались программы расчета кривых ВЭМКЗ Нечаева О.В. [3] и Суroidиной И.В.

Полученные результаты сравнивались с реальными данными с месторождений. Как можно увидеть на рис. 1 на левой диаграмме, на отметке 964 м наблюдается высокоамплитудный скачок показаний всех зондов. Такое поведение возможно, в частности, при прохождении участка с каверной большого размера. Наличие такого объекта подтверждается и данными кавернометрии. На основе показаний кавернометрии, резистивиметрии и других методов ГИС было проведено математическое моделирование этой ситуации. На рис. 2 изображены результаты расчетов в сравнении с реальным сигналом длинного зонда DF20. Экспериментальная и теоретическая кривые хорошо совпадают друг с другом.

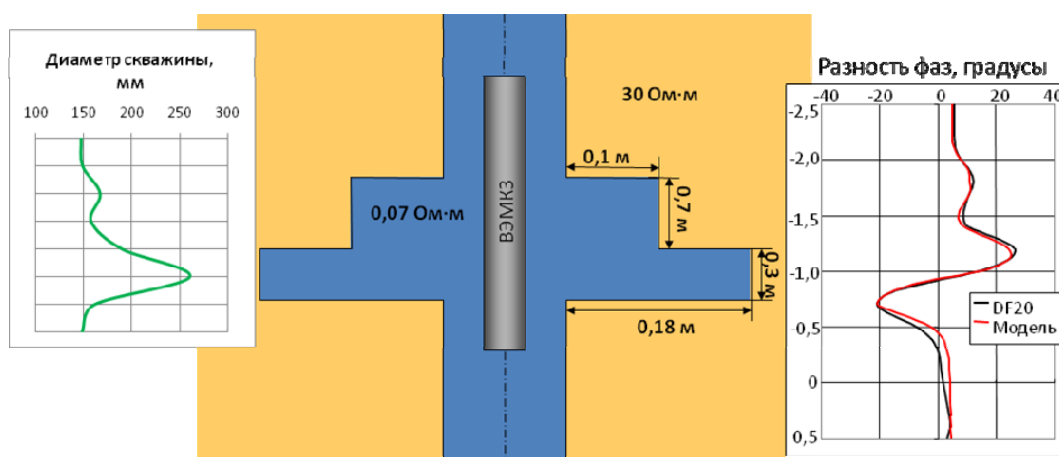


Рис. 2. Модель каверны, рассчитанный и измеренный сигналы зонда DF20

В случае периодических колебаний может использоваться модель, в которой скважина представляет собой фигуру, полученную вращением вокруг оси Z отнесенной на радиус скважины синусоиды. Таким образом, минимум этой синусоиды соответ-

уется радиусу скважины, а максимум – глубине каверны. Полученные путем численного моделирования диаграммы имеют высокую степень соответствия реальным диаграммам из скважин (рис. 3). Минимум разности фаз в данном случае соответствует минимальному радиусу скважины, а максимум – наибольшему радиусу.

Рассчитаем разность фаз $\Delta\phi$ и отношение амплитуд A_1/A_2 э.д.с. в приемных катушках каждого зонда в скважинах с неровной стенкой, заполненных высокопроводящим буровым раствором. Рассмотрим влияние таких параметров среды, как глубина каверн и контраст удельных электрических сопротивлений (УЭС) скважины и пласта. Для определенности термин «амплитуда» ниже будет использоваться только для обозначения амплитуды колебаний диаграмм $\Delta\phi$ и A_1/A_2 вдоль ствола скважины.

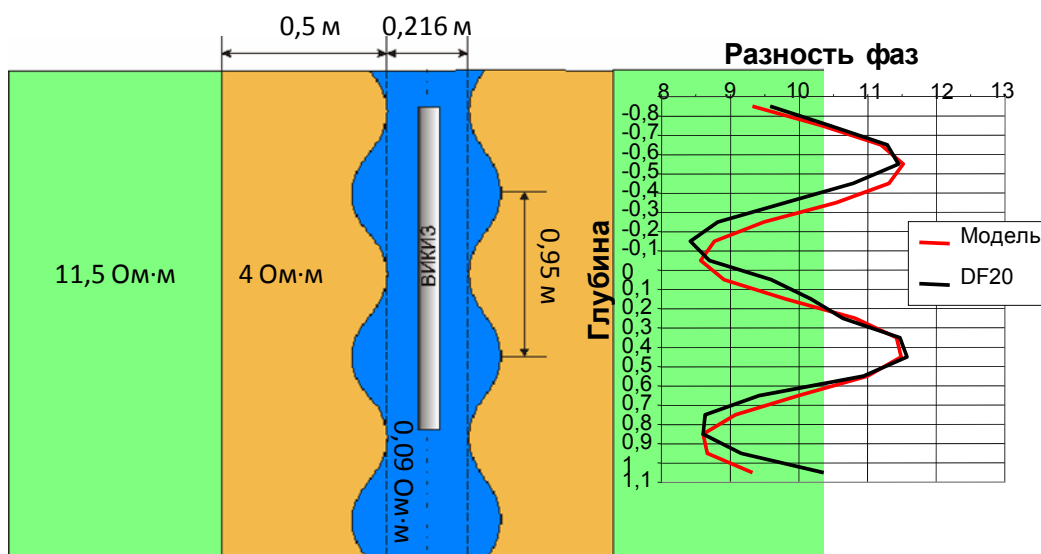


Рис. 3. Подобранный модель скважины с «ребристой» стенкой и измеренный и рассчитанный сигналы ($\Delta\phi$) длинного зонда

На рисунках 4-5 представлены результаты моделирования сигнала короткого зонда DF05 в скважине с синусоидальной стенкой для различных размеров каверн при УЭС бурового раствора (шифр кривых) от 0,1 Ом·м до 0,4 Ом·м с шагом 0,05 Ом·м. Модель не содержит зоны проникновения, сопротивление пласта в обоих случаях 10 Ом·м. На рисунке 4 показана зависимость амплитуды, а на рисунке 5 – зависимость среднего уровня полученного синусоидального сигнала ($\Delta\phi$ и A_1/A_2) от глубины каверны.

Амплитуда и $\Delta\phi$, и A_1/A_2 напротив каверны линейно зависит от её глубины, при этом контраст УЭС скважины и пласта играет роль коэффициента этой зависимости.

Средние значения $\Delta\phi$ и A_1/A_2 тоже линейно зависят от глубины каверн, при этом они могут как возрастать, так и уменьшаться в зависимости от УЭС скважины. В рассмотренной модели наибольшее отклонение среднего уровня сигнала от сигнала в скважине цилиндрической формы для разности фаз составило $0,83^\circ$, для отношения

амплитуд – 0,0066 при величине $\Delta\phi$ и A_1/A_2 7° и 0,56 соответственно. Однако эти отклонения относительно уровня сигнала в скважине с ровной стенкой для зондов большей длины не велики и для зонда DF20 не превышают 0.1° и 0,001 соответственно.

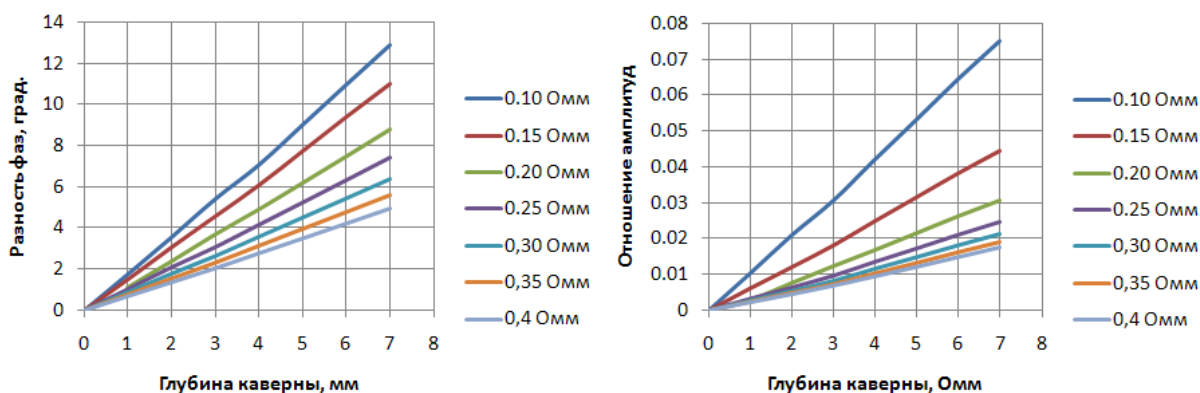


Рис. 4. Амплитуды $\Delta\phi$ (слева) и A_1/A_2 (справа) в зависимости от глубины каверны

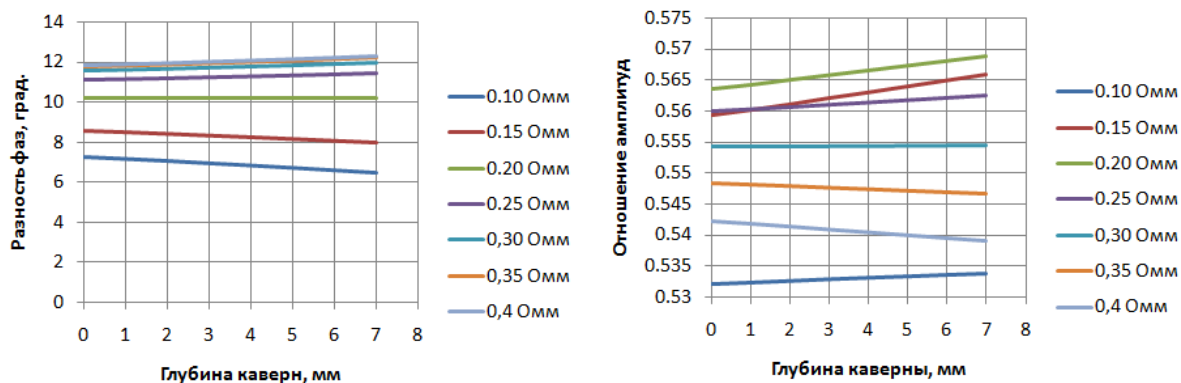


Рис 5. Средние значения $\Delta\phi$ (слева) и A_1/A_2 (справа) в зависимости от глубины каверны

В следующем эксперименте УЭС скважины составляло 0,2 Ом·м, глубина синусоидальных каверн – 6 мм, УЭС пласта изменялось от 1 до 100 Ом·м. Зона проникновения отсутствовала.

При изменении УЭС пласта, в случае, когда остальные параметры остаются неизменными, амплитуда колебаний, вызванных присутствием каверн, и средний уровень сигнала изменяются нелинейно. На рисунке 6 видно, что у всех зондов амплитуды колебаний как разности фаз, так и отношения амплитуд, быстро возрастают в области низких УЭС пласта, однако практически не меняются при любом сопротивлении свыше 10 Ом·м. В случае $\Delta\phi$ исключение составляет лишь зонд DF05, чьи показания растут на всем интервале, в случае A_1/A_2 – DF05 и DF07.

Отметим, что влияние каверн приводит к изменению $\Delta\phi$, многократно превышающему погрешность измерения $\Delta\phi$ (0.5°), а изменение A_1/A_2 сравнимо с погрешностью измерения A_1/A_2 (0.03).

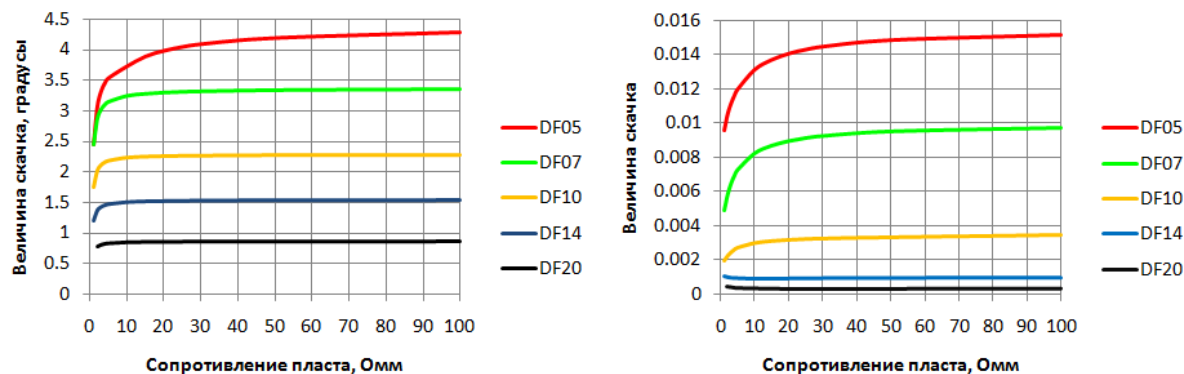


Рис. 6. Зависимость амплитуды колебаний $\Delta\phi$ (слева) и A_1/A_2 (справа) от сопротивления пласта

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что в случае с периодическими колебаниями сигнала, наблюдаемыми вдоль ствола скважины, средней уровень сигнала на однородном участке будет определяться параметрами пласта, а амплитуда колебаний зависит от глубины каверн и контраста электрических сопротивлений в скважине и пласте. При этом, как показывают результаты численного моделирования, отношение амплитуд оказывается более устойчивым к эффектам, связанным с неровностями стенки скважины, нежели разность фаз.

Литература:

1. Губина А.И., Гиниятов Г.З, Жуланов И.Н. Влияние желобообразных образований на показания ГИС // Геология нефти и газа, 1997, № 11.
2. Зыкина М. Г., Мамяшев В. Г. Особенности кривых метода ВИКИЗ в горизонтальных скважинах// Международная конференция геологов и геофизиков, Тез. докл. Тюмень: ТюмГНГУ, ИГиГ, 2007
3. Эпов М.И., Шурина Э.П., Нечаев О.В. Прямое трехмерное моделирование векторного поля для задач электромагнитного каротажа// Геология и геофизика. – № 9, Том 48, 2007. - С. 989-995.

Применение итеративного метода взвешенных наименьших квадратов в задаче разделения волнового поля ВСП

Давыденко М.В.

НГУ, ИНГГ СО РАН, Новосибирск, Россия,
davydenko.mv@gmail.com; davydenkomv@ipgg.nsc.ru

Разделение волнового поля является важным этапом обработки ВСП. Результаты разделения необходимы для построения разрезов околоскважинного пространства по полю отраженных волн. В задаче разделения волнового поля во временной области решается большая система линейных уравнений, представляющая значительную сложность для вычислений. Решение системы уравнений в задаче разделения волнового поля ВСП методом наименьших модулей, или в норме L1, позволяет получить более надежное решение в сравнении с решением, полученном в норме L2, или методом наименьших квадратов. Применение итеративного метода взвешенных наименьших квадратов, или Iteratively Reweighted Least Squares, позволяет с помощью итераций получить в вычислительном плане быстрое решение в норме L1.

Wavefield separation is essential step in VSP data processing. Reflected wavefield which is product of separation is necessary for imaging of the borehole environment. In the wavefield separation task a large linear system of equations is used and this system causes a significant computational complexity. More robust results of separating can be obtained by using methods of Least Absolutes Deviations which is also known as the L1 norm problem. These results have the advantage over results in L2 norm, which is corresponds to Least Squares algorithm. Implementation of Iteratively Reweighted Least Squares algorithm allows to get fast solution in L1 norm.

Разделение волнового поля является важным этапом обработки данных ВСП. Результаты разделения необходимы для построения разрезов околоскважинного пространства по полю отраженных волн.

В работе [2] был предложен алгоритм разделения в частотной области. Данный метод не учитывал непараллельность осей синфазности кратных волн, а также волн, отраженных от границ, расположенных на разных глубинах. Поэтому, был предложен алгоритм разделения волнового поля во временной области, учитывающий эти недостатки [5]. В задаче разделения во временной области решается большая система линейных уравнений (порядка 50000 уравнений и 10000 неизвестных), представляющая вычислительную сложность.

В стандартном случае задача разделения волнового поля во временной области решается **методом наименьших квадратов**, или в **норме L2**, т.е. при решении системы уравнений $A\bar{x} = \bar{y}$ сумма квадратов невязок будет минимальной:

$$\sum_i |A_{ij}x_j - y_i|^2 = \min$$

Во многих геофизических методах более надежное решение может быть получено в **норме L1** [3], которое соответствует **наименьшей сумме модулей** невязок:

$$\sum_i |A_{ij}x_j - y_i| = \min$$

Отличие между нормами L2 и L1 проявляется в том, что решению в норме L2 соответствует среднее значение, а в норме L1 – медиана. Это может быть показано на следующем примере – задаче линейной аппроксимации по набору точек (рис.1).

На решение, полученное в норме L2 (красная линия «L2», рис.1), сильно влияют случайные точки с большими отклонениями, поэтому линия может оказаться смещенной. Аппроксимация с использованием свойств медианы располагает линию таким образом, что число точек выше и ниже линии будет одинаковым. Таким образом, решение в норме L1 (синяя линия «L1» на рис.1), в случае больших отклонений или помех, может получиться значительно надежнее.

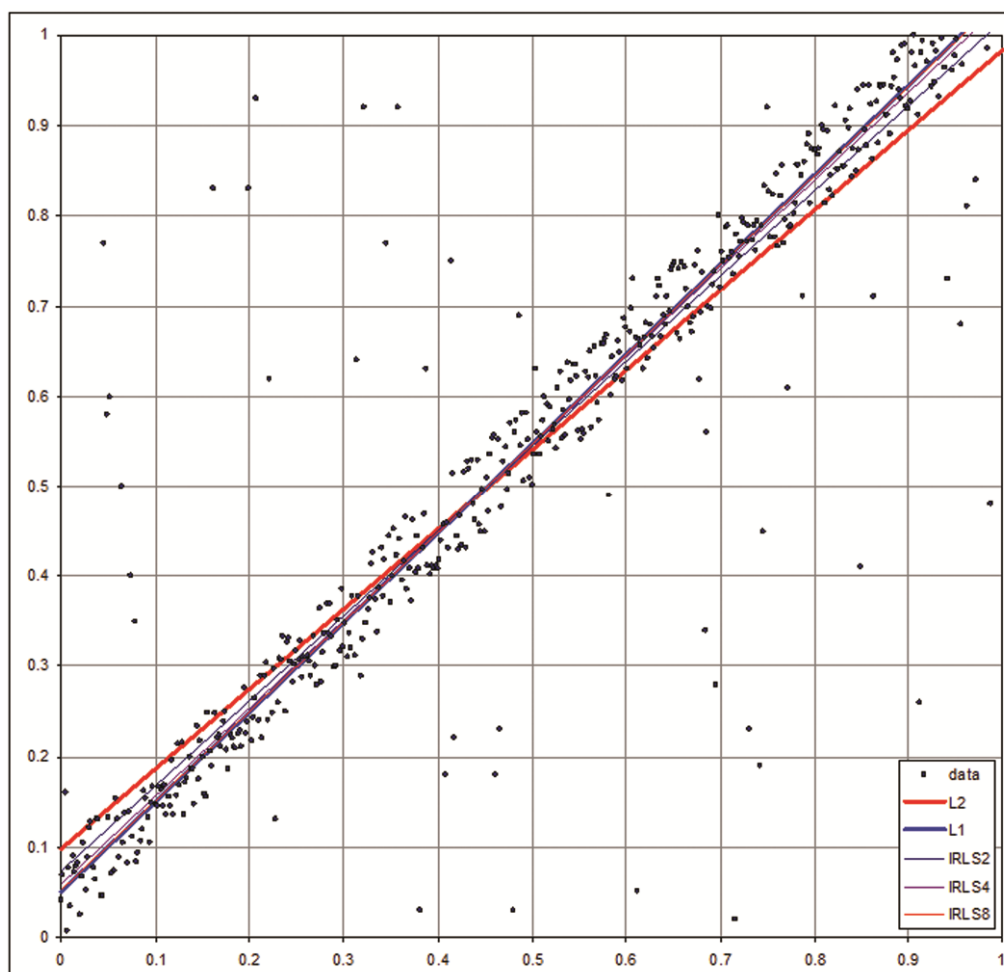


Рис.1. Линейная аппроксимация по набору точек. Сравнение решений, полученных в нормах L1 и L2, а также решения итеративного метода IRLS

Решение системы уравнений в задаче разделения волнового поля ВСП методом наименьших модулей, или в норме L1, позволяет получить также более надежный результат, а именно добиться лучшей избирательности в процедуре разделения волнового поля и уменьшения эффекта сглаживания сигнала вблизи границ, порождающих отраженные волны. Решение методом наименьших модулей может быть получено несколькими способами. Одним из способов является метод линейного программирования (ЛП), однако, огромное число ограничительных уравнений ЛП не позволяет эффективно разделять сейсмограммы с большим количеством отсчетов. Применение итеративного метода взвешен-

ных наименьших квадратов, или Iteratively Reweighted Least Squares (IRLS), позволяет с помощью итераций приблизиться к решению в норме L1 [1,4].

Метод IRLS основан на получении невязки $r_k = Ax_k - y$ при каждом k-ом шаге решения системы уравнения вида $A^T W_{k-1} A \bar{x}_k = A^T W_{k-1} \bar{y}$ и модификации весовой матрицы W на последующем шаге. Здесь A-матрица, содержащая вклад каждого из отсчетов разделенных волновых полей в соответствующий отсчет исходного поля, $W_{k-1} = \text{diag}(|r_{k-1,i}|^{-1})$ – диагональная матрица с весами, представляющими собой обратные величины невязок, полученных на предыдущем шаге, \bar{y} – вектор с отсчетами разделяемого сигнала, \bar{x}_k – решение, полученное на k-ом шаге. При первой итерации матрица W представляет собой единичную матрицу. Таким образом, на первом этапе получается решение методом наименьших квадратов, а с дальнейшим увеличением количества итераций решение приближается к норме L1. В данном методе сложностью является выбор числа итераций, а также константы, задаваемой для устойчивости решения [1,4]. Приближение решения метода IRLS к норме L1 также показано на примере задачи линейной аппроксимации на рис.1, где линии «IRLS2», «IRLS4» и «IRLS8» соответствуют решениям с 2, 4 и 8 итерациями.

На данных ВСП, полученных в скважине Плт-830, был протестирован алгоритм IRLS для разделения волнового поля в норме L1. Полученные результаты сравниваются с разделением в норме L2 и изображены на рис 2.

Можно отметить следующие преимущества применения метода IRLS:

1. Шумы на трассах с глубиной регистрации 400-500м (зеленая область на рис.2), практически отсутствуют в результате разделения итеративным методом (рис. 2в). В то время, при разделении в норме L2 эти шумы порождают ложные оси синфазности, что приведет к появлению ложных границ на разрезе околоскважинного пространства.

2. Уменьшен эффект сглаживания, выражающийся в выходе осей синфазностей отраженных волн за пределы области, отмеченной годографом первых вступлений (зеленая линия на рис.2) падающей P волны.

3. В результате разделения в норме L2, в поле отраженных волн присутствует часть поля падающих S волн (красная область на рис.2б). При применении метода IRLS этот эффект практически отсутствует.

Это свидетельствует о большей эффективности процедуры разделения методом IRLS, которая создается в рамках программы VSPLab, разрабатываемой в Институте нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука СО РАН.

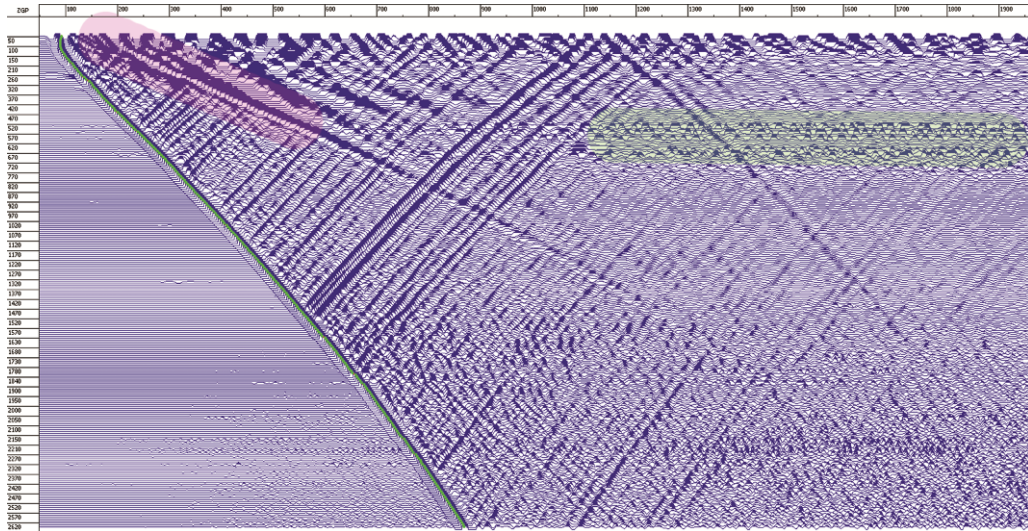


Рис. 2а. Исходная сейсмограмма

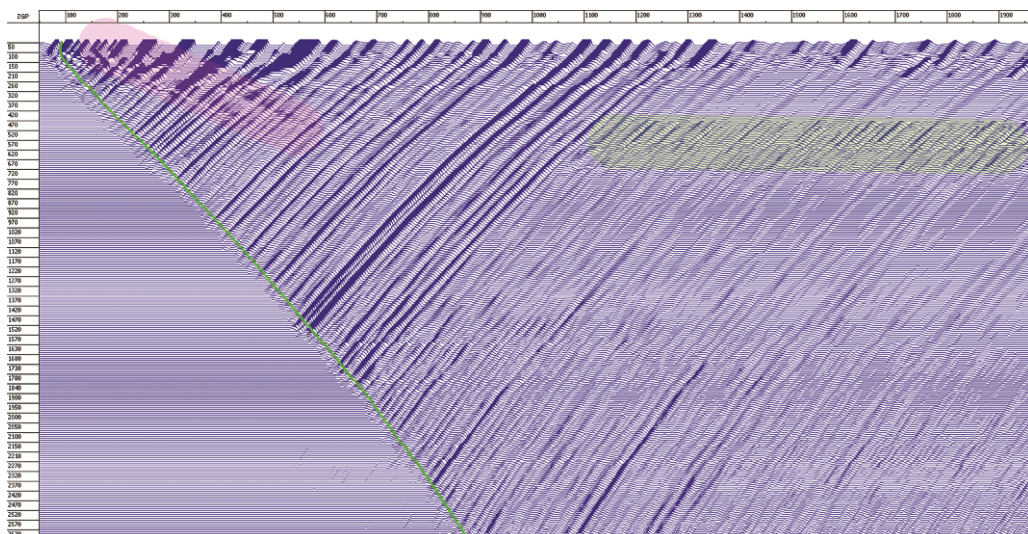


Рис. 2б. Результат разделения в норме L2, поле отраженных волн

Литература:

1. Adam Gersztenkorn, J. Bee Bednar, and Larry R. Lines. Robust iterative inversion for the one-dimensional acoustic wave equation. *Geophysics*. Vol. 51, no 2 (February 1986)
2. B.Seeman and L.Horowicz. Vertical seismic profiling: Separation of upgoing and downgoing acoustic waves in stratified medium. *Geophysics*. Vol. 48, no. 5 (May 1983)
3. John Claerbout and Francis Muir. Robust modeling with erratic data. *Geophysics*. Vol 38, no. 5, (October, 1973)
4. Kenneth P. Bube and Robert T. Langant. Hybrid 11/12 minimization with application to tomography. *Geophysics*. Vol. 62,no. 4 (July-August 1997);
5. W.V. Karsten, M.V. Davydenko. Optimal Events Separation in Time Domain, 71st EAGE Conference & Exhibition, VSP + Borehole Data Analysis II session

**Петрофизические свойства гранитоидов месторождения Антей
и их связь с гидротермально-метасоматическими преобразованиями
(Стрельцовское рудное поле, ЮВ Забайкалье)**

Минаев В.А.¹, Бурмистров А.А.¹, Петров В.А.², Полуэктов В.В.²

¹ МГУ, Москва, Россия, minaev2403@mail.ru

² ИГЕМ РАН, Москва, Россия

На основе сопоставления измеренных петрофизических (фильтрационно-пористостных, упругих, плотностных, магнитных и ядерно-физических) свойств образцов рудовмещающих гранитоидов одного из глубоких горизонтов месторождения Антей с результатами изучения их петрографического состава были выделены группы пород, различающиеся между собой как по типу и интенсивности разновозрастных высоко- и низкотемпературных метасоматических преобразований, так и по уровням значений свойств. Это дает возможность использовать данный набор структурно-петрофизических параметров для количественной оценки характера и интенсивности проявления различных метасоматитов в целях прогноза невоскрываемых рудных тел.

At the basis of comparison of measured petrophysical (filtration-pore, elastic, density, magnetic, and nuclear-physical) properties of ore-hosting granitoids one of the deepest horizon of the Antey deposit in combination with petrographic study the four groups of rocks were identified. The rock groups differ to each other on intensity of variously aged high- and low-temperature metasomatic alteration as well as on level of physical properties. The conducted studies show possibility to use the set of structural-petrophysical parameters for quantifying the mode and intensity of different metasomatic alteration for predicting of undetected ore bodies.

Месторождение Антей в гранитоидном основании Стрельцовской кальдеры представлено штокверково-жильными крутопадающими урановорудными телами, приуроченными к отдельным ветвям Центральной зоны разломов с широкой (до нескольких десятков метров) зоной динамического влияния, а также ореолами ранних высокотемпературных (калишпатизация), предрудных (гидрослюдизация) и синрудных (окварцевание, альбитизация, гематитизация) метасоматических изменений. Тип, интенсивность изменений, а также степень тектонической нарушенности вмещающих пород закономерно отражаются в изменении значений петрофизических параметров [2].

Образцы гранитоидов были отобраны на 12-м горизонте месторождения на глубине 650 м от поверхности. Методом свободного насыщения образцов (пластины 5x5 см и толщиной 1 см) в воде и гидростатическим взвешиванием [1] определены: эффективная пористость (Пэф), плотность (ρ), условно-мгновенное насыщение (A – эффективная пористость (макропористость), которая соответствует насыщению за первую минуту), период полунасыщения ($T_{1/2}$ – время насыщения водой половины объема эффективной пористости после первой минуты насыщения). Вес образцов в процессе насыщения измерялся через определенные промежутки времени: 10 мин., 1 час, 1, 5, 12, 14, 19 суток вплоть до прекращения насыщения. Упругие параметры измерены стан-

дартным методом ультразвукового прозвучивания тестером УК1401 с расчетом величин коэффициента Пуассона (m), модуля Юнга (E), модуля сдвига (G) по значениям скоростей продольных (V_p) и поперечных (V_s) волн и установленной плотности (ρ). Каппаметром ИМВ1М измерялась магнитная восприимчивость (капа), а дозиметром-радиометром ДРБП-03 – относительные (за вычетом фоновых) уровни альфа, бета, гамма – излучения.

По значениям $P_{\text{эф}}$, A , $T_{1/2}$, E , G все образцы четко разделяются на две большие группы (Таблица). Два образца (12 и 3) заметно отличаются по свойствам от средних значений свойств по этим группам и условно рассматриваются как представители двух других групп. Для каждой группы характерен определенный доминирующий тип изменений.

Первая группа (исходные граниты) имеет промежуточные по уровню значения фильтрационно-пористостным и упругим свойствам, а капа здесь достигает наибольших величин. Это, по-видимому, связано с присутствием первичного биотита, отчасти с гематитизацией (обр. 9).

Для второй группы характерны относительно пониженные величины $P_{\text{эф}}$, A , $T_{1/2}$, капа и наиболее высокие значения упругих параметров, что обусловлено процессами калишпатизации гранитов. С ростом ее интенсивности уровень изменения этих свойств закономерно изменяется.

Наиболее контрастные отличия по всем свойствам установлены для обр.12 и 3. В связи с интенсивным развитием альбитизации и гематитизации, окварцевания и, особенно, гидрослюдизации происходит резкое возрастание $P_{\text{эф}}$, A , $T_{1/2}$, отчасти ρ , в меньшей степени также альфа и бета излучения. Упругие параметры (за исключением m , который возрастает в связи с наличием пластичной гидрослюды) заметно снижаются. В процессе изменений вместе с ростом макропористости происходит усложнение формы мелких поровых каналов и возрастает время полунасыщения и общего насыщения породной матрицы. Магнитная восприимчивость остается несколько повышенной, т.к. вместо замещенного биотита появляется гематит. Синрудные изменения (обр.12) также четко фиксируются по росту альфа и бета - излучения. Минимальные значения упругих параметров также обусловлены близостью места отбора образца к осевой зоне (ядру) рудоконтролирующего разлома.

Выводы:

1. Изученный набор петрофизических свойств позволяет достаточно отчетливо фиксировать и дифференцировать высокотемпературные и низкотемпературные метасоматические преобразования гранитоидов, возрастание интенсивности их тектониче-

ской нарушенности по мере приближения к зоне динамического влияния рудоконтролирующего разлома.

2. Это позволяет сформулировать вопрос о количественной оценке интенсивности развития гидротермально-метасоматической минерализации в объеме как отдельных участков, так и всего месторождения в целом с целью выявления невоскрытых (слепых) рудных тел.

Классификация образцов гранитоидов по петрофизическим параметрам и типам метасоматических преобразований

N образца	Пэф, %	A, %	T1/2, часы	Плотность, г/см ³	Vp, км/с	Vs, км/с	μ	G, ГПа	E, ГПа	γ , 10 ⁻² мЗв	β , 10 ⁻² см ⁻² *с ⁻¹	α , 10 ⁻² см ⁻² *с ⁻¹	Ω , 10 ⁻⁵ ед. СИ	Метасоматические изменения
Группа II														
1А	0,50	0,00	4,1	2,63	5,3	3,2	0,22	26	64	0	2	7	2	Высокотемпературная калишпатизация
1"А	0,30	0,04	0,6	2,63	5,4	2,8	0,32	20	53	0	8	10	1	
1Б	0,90	0,07	5	2,63	5,1	2,8	0,28	21	53	2	4	0	1	
1В	0,30	0,00	9,3	2,66	5,1	3	0,24	23	58	2	0	2	8	
2	0,60	0,00	4,7	2,66	5,1	2,6	0,33	18	48	0	9	5	1	
2"	0,60	0,00	12	2,66	5,1	2,6	0,32	18	48	0	2	1	4	
4	0,80	0,00	4,5	2,67	4	2,5	0,20	17	40	0	2	0	7	
5"	0,30	0,00	2	2,66	4,3	1,9	0,38	9,4	26	0	5	2	13	
5	0,30	0,00	2	2,66	4,3	1,8	0,40	8,5	24	1	0	0	8	
6Б	0,70	0,03	3,9	2,69	4,6	2,4	0,32	15	40	0	0	0	12	
средн.	0,53	0,01	4,8	2,66	4,8	2,5	0,30	18	45	0,5	3	3	6	
Группа I														
7А"	1,20	0,13	0,5	2,61	4,5	2,5	0,28	16	42	4	6	2	3	Слабоизмененные биотитовые и лейкократовые граниты
7А	1,30	0,16	0,5	2,61	4	2,1	0,31	12	30	0	8	0	24	
8	1,00	0,06	2	2,63	4	1,9	0,34	9,9	27	0	2	0	20	
8"	1,00	0,00	2,9	2,63	4,2	2,4	0,26	15	38	0	3	0	17	
9	1,00	0,03	6,5	2,62	4,9	2,2	0,38	13	35	0	14	11	12	
10	1,50	0,07	2,5	2,65	4,4	2,3	0,30	14	37	0	0	9	14	
10"	1,40	0,07	2	2,65	3,8	2,4	0,18	15	35	0	1	4	23	
11	1,00	0,03	3	2,70	4,2	2,2	0,30	14	36	0	0	0	22	
11"	1,10	0,06	3	2,70	4,5	2,5	0,28	17	43	0	2	0	18	
средн.	1,17	0,07	2,5	2,64	4,3	2,3	0,29	14	36	0	4	3	17	
(Группы III и IV)														
12	1,90	0,03	10	2,62	4,8	2,1	0,38	12	33	0	10	15	13	Гематитизация, альбитизация
3	7,00	0,19	6,1	2,71	3,8	1,9	0,33	10	27	4	2	2	6	Окварцеван., гидросло-дизация

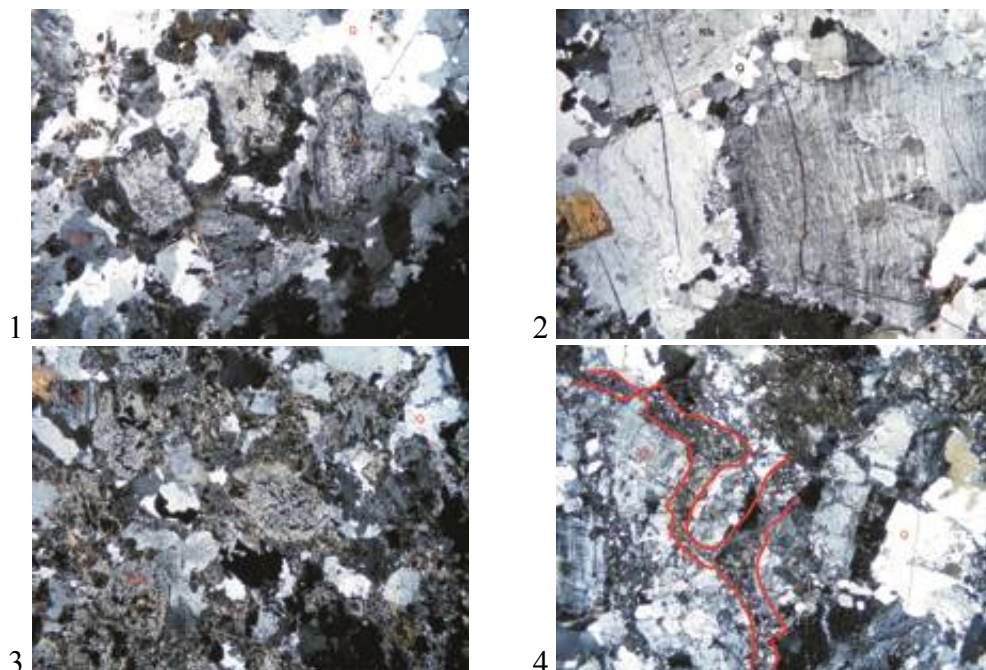


Рис. 1-4. Разновозрастные высоко- и низкотемпературные метасоматические преобразования гранитоидов месторождения Антей: 1 – Бiotитовый гранит: кварц, плагиоклаз, калишпат, биотит, сфен. Плагиоклаз начинает замещаться серицитом и гидрослюдой, а биотит - мусковитом и хлоритом (обр. 8”); 2 – Высокотемпературный калишпатит по граниту: крупные кристаллы микроклина, плагиоклаз и биотит. По периферии калишпата развиты мелкие зерна кварца, перекристаллизованный калишпата и альбита (обр. 2”); 3 – Интенсивно проявленная низкотемпературная гидрослюдизация: альбит, гидрослюда, кварц, карбонат, серицит и хлорит, а также рудосопровождающее окварцевание (обр. 3); 4 – Рудосопровождающее брекчирование, микропрожилкование и гематит-альбитовая минерализация. Красный контур - зона брекчирования (обр. 9).

Литература:

1. Бурмистров А.А., Старостин В.И., Дергачев А.Л., Петров В.А. Структурно-петрофизический анализ месторождений полезных ископаемых. М.: Изд-во МАКС Пресс, 2009. 408 с.

2. Лаверов Н.П., Петров В.А., Полуэктов В.В., Насимов Р.М., Хаммер Й., Бурмистров А.А., Щукин С.И. Урановое месторождение Антей - природный аналог хранилища ОЯТ и подземная геодинамическая лаборатория в гранитах // Геология рудных месторождений. 2008. т. 50. № 5. С. 387-413

Возбуждение электромагнитного излучения образцами горных пород при статическом и динамическом воздействии**Панфилов А.А.**СВКНИИ ДВО РАН, Магадан, Россия, *panfilov@neisri.ru*, *a_panfilov@mail.ru*

Приводится анализ данных полученных в ходе лабораторных экспериментов по возбуждению электромагнитного излучения при динамическом и статическом воздействии на образцы различных горных пород.

The analysis of data obtained during the laboratory experiments on the electromagnetic waves excitation as the result of dynamic and static influence on the samples of different rocks is given.

Об электромагнитных предвестниках землетрясений известно давно [1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14]. Считается, что причина их возникновения – процессы деформации и разрушения горных пород в области формирования сейсмического события. Из многочисленных наблюдений следует, что не всегда удаётся зарегистрировать электромагнитные предвестники перед землетрясением. Схожесть ЭМ сигналов, снижение их интенсивности, или отсутствие до или в момент подземного толчка или же после него, фиксирование ЭМ аномального излучения в стороне от готовящегося сейсмического события – невозможность объяснить все эти факты свидетельствует о недостаточном понимании процессов зарождения предвестников землетрясений. Поэтому одной из самых важных задач современной геофизики и сейсмологии является поиск и изучение закономерностей возбуждения ЭМ излучения горными породами при сейсмическом воздействии.

В ходе экспериментов велась регистрация ЭМ откликов на ударное воздействие на образцы горных пород. При массовых экспериментах, по мере роста количества ударов (до 5), форма ЭМ и сейсмического импульсов практически не менялись. Так, величина регистрируемого излучения варьировала на 3-4 Дб. Записи для образцов, не содержащих пьезоэлектрик, характеризуются более низким уровнем регистрируемого ЭМ сигнала (сейсмические сигналы оставались примерно на одинаковых уровнях). В среднем величина ЭМ сигнала для образцов с пьезоэлектриком были на 50% выше, чем в случае с образцами, не содержащими пьезоэлектрик. Подробнее методика и аппаратное обеспечение представлены в [6].

При статическом нагружении образцов горных пород воздействие оказывалось до полного их разрушения, при этом велась регистрация возбуждаемого ЭМ сигнала (рис. 1). Наиболее мощный сигнал и наибольшее количество импульсов отмечалось при разрушении кварца. Образцы гранита и гранодиорита характеризуются меньшей мощностью излучения (рис. 2), а некоторые экземпляры - полным отсутствием ЭМ излуче-

ния. Разрушение большей части образцов сопровождалось появлением серии ЭМ импульсов, что можно объяснить постепенным накоплением напряжения и последующим стремительным образованием трещин, при котором происходило высвобождение энергии в виде ЭМ излучения и механических колебаний (ударных волн), которые, в свою очередь приводят, к поляризации кварцевых жил, если таковые присутствуют в образце.

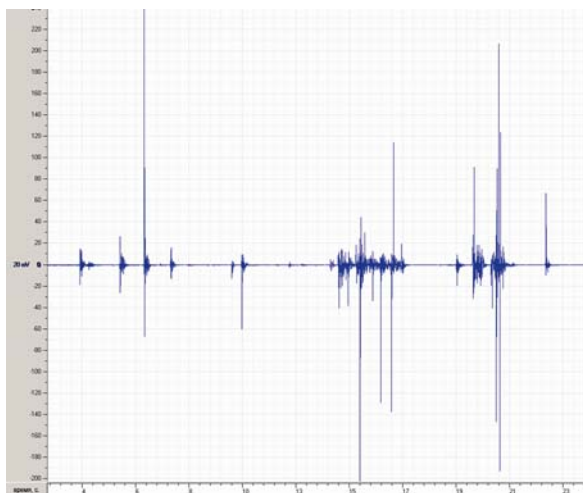


Рис.1. ЭМ импульсы, возбуждаемые образцом кварца при статическом воздействии

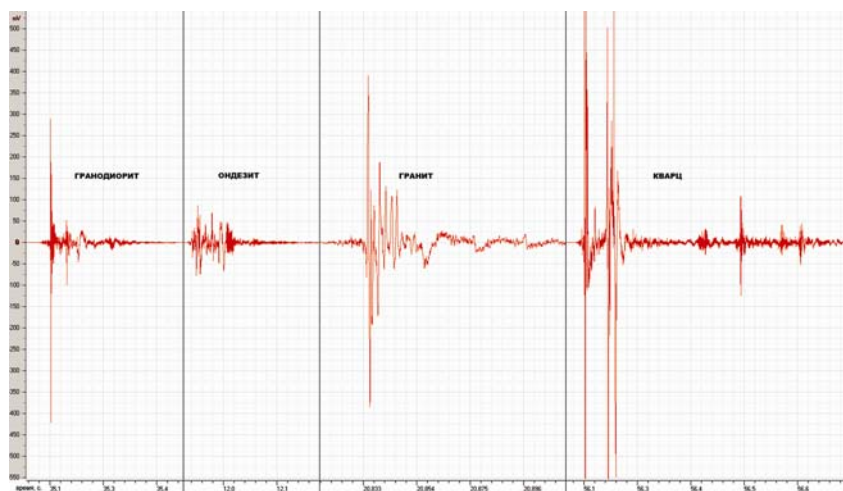


Рис.2. Мощность отдельно взятых импульсов возбуждаемых статическим воздействием на образцы различных горных пород

Далее такой процесс повторялся до полного разрушения объекта. Выяснилось, что чем меньше образец, тем слабее возбуждаемое ЭМ излучение. Также от размеров образцов зависит и спектральный состав регистрируемого ЭМ сигнала. Для образцов с гранями 4 см основной диапазон частот составляет 2000-4000 Гц, с гранями 3 см – 5000-8000 Гц, с гранями 2 см – 300-400 Гц. В случае образца произвольной формы спектр ЭМ сигнала лежит в диапазоне 100-4000 Гц. В случае ударного воздействия спектр ЭМ излучения смещается в сторону 10-20 кГц.

На рисунке 3 отображены ЭМ сигналы, зарегистрированные в результате ударного и статического воздействия на образец. Импульс, изображённый в правой части рисунка, представляет собой один из серии импульсов, возникающих при статическом нагружении образца. Видно, что оба сигнала характеризуются резким фронтом, при этом ему предшествует постепенное возрастание ЭМ излучения, которое для случая ударного воздействия, по-видимому, связано со сближением ударника с антенной и в случае статического воздействия - с нарастанием упругой энергии внутри образца. Несмотря на сходство в форме огибающей обоих сигналов, они отличаются по спектральному составу. Так, при ударном воздействии возбуждаются ЭМ волны до 20 кГц, а при статическом воздействии преимущественно до 6 кГц.

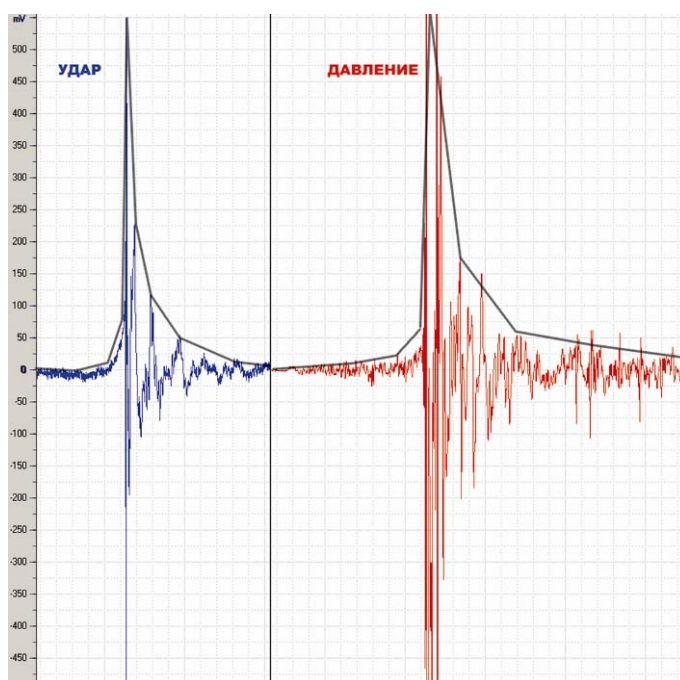


Рис.3. Два сходных по форме ЭМ импульса, возбуждаемых в результате ударного воздействия (синий) и статического (красный)

Литература:

1. Гохберг М.Б. и др. Сейсмoeлектромагнитные явления. М.: Наука, 1988. 176 с.
2. Дружин Г.И. и др. Регулярный шумовой фон в ОНЧ излучении и мировые очаги гроз // Геомagnetизм и Аэрономия. 1986. Т. 26. №2. С.258-265.
3. Дружин Г. И. Электромагнитные предвестники землетрясений в ОНЧ излучении. // Материалы ежегодной конференции, посвящённой дню вулканолога. Тез. докл. Петропавловск-Камчатский: ДВО РАН ИВГИГ, 2003. С. 186-190.
4. Исследования по поискам предвестников землетрясений в Сибири. Сборник научных трудов. Новосибирск: Наука, 1988. С. 24-29.
5. Малышков Ю.П. и др. Влияние литосферных процессов на формирование импульсного электромагнитного поля Земли, прогноз землетрясений // Вулканология и сейсмология. 1998. №1. С. 92-104.

6. *Панфилов А. А.* Возбуждение электромагнитного излучения и изменение электрического сопротивления при ударном воздействии на образцы горных пород // I Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов, посвященная памяти академика А.П. Карпинского. Тез. докл. С.-Петербург: ВСЕГЕИ, 2009. С.553-556.
7. *Соболев Г.А., Демин В.М.* Механоэлектрические явления в Земле. М.: Наука, 1980. 246 с.
8. *Соболев Г.А.* Основы прогноза землетрясений. М.: Наука, 1993. 320 с.
9. *Шарафутдинов В.М., Кабанов В.В.* Разработка и создание региональной сети электромагнитного мониторинга землетрясений в ОНЧ-диапазоне на Северо-Востоке России // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2007. № 3. С.10-16.
10. Электрические и магнитные предвестники землетрясений. Ташкент: Фан, 1983. 136 с.
11. *Eftaxias K., Kapiris P., Polygiannakis J., Peratzakis A., Kopanas J., Antonopoulos G., and Rigas D.* Experience of short term earthquake precursors with VLF–VHF electromagnetic emissions // Natural Hazards and Earth System Sciences. 2003. №3. P. 217–228.
12. *Hayakawa M., Gotoh T., Ikeda M.* A network of reception of over-horizon VHF signals associated with earthquakes and some preliminary results// Journal of Atmospheric Electricity. 2005. V.25. №1. P.19-28.
13. *Rozhnoi A., Solovieva M.S., Molchanov O.A., Hayakawa M.* Middle latitude LF (40 kHz) phase variations associated with earthquakes for quiet and disturbed geomagnetic conditions// Physics and Chemistry of the Earth. 2004. №29. P. 589-598
14. Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН. Материалы III международной конференции «Солнечно-земные связи и электромагнитные предвестники землетрясений». <http://kcs.dvo.ru/ikir/Russian/Science/2004/1-18.pdf>

Моделирование сейсмоэлектромагнитных процессов**Панфилов А.А.**СВКНИИ ДВО РАН, Магадан, Россия, *panfilov@neisri.ru*, *a_panfilov@mail.ru*

Обсуждаются аспекты математического моделирования физических процессов вызывающих электромагнитное излучение при сейсмических событиях. Также рассматривается возможность применения технологии массового параллелизма моделировании сейсмоэлектромагнитных явлений.

Aspects of mathematical simulation of physical processes inducing electromagnetic waves at the time of seismic events are discussed. Also, the possibility of massive parallelism technology usage in seismo-electromagnetic events simulations is viewed.

Проводимые нами лабораторные работы [2, 3, 4] по изучению природы сейсмоэлектромагнитных явлений не дают полного представления о процессах, происходящих в гипоцентре землетрясений, которые могли бы приводить к появлению электромагнитных (ЭМ) аномалий при подготовке сейсмических событий. На формирование ЭМ сигналов, предположительно сейсмической природы, которые регистрируются стационарными регистрирующими комплексами, в том числе и станциями сейсмоэлектромагнитного мониторинга СВКНИИ ДВО РАН, оказывают влияние такие факторы, как сложный геологический состав области подготовки землетрясения, объёмы пород, задействованных в этом процессе, наличие крупных неоднородностей. Также необходимо отметить, что изменение электропроводности горных пород оказывает существенное влияние на формирование регистрируемого ЭМ сигнала. Все эти факторы не могут быть учтены при лабораторных исследованиях с использованием образцов размером в несколько сантиметров. Решением данной проблемы видится использование компьютерных экспериментов, позволяющих изучать сейсмоэлектромагнитные явления не только на образцах существенно больших, чем используемые в наших работах, но и на отдельно взятых, хорошо изученных геологических объектах. Учитывая сложность и количество процессов различной природы, которые необходимо учесть при создании математической модели нами предполагается использование технологии массового параллелизма на основе графического процессора [1, 5, 6, 7, 8, 9].

Литература:

1. Боярченков А.С., Поташиников С.И. Использование графических процессоров и технологии CUDA для задач молекулярной динамики // Вычислительные методы и программирование. 2009. Т.10. С.9-23.
2. Панфилов А.А. Возбуждение электромагнитного излучения и изменение электрического сопротивления при ударном воздействии на образцы горных пород // I Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов, по-

священная памяти академика А.П. Карпинского. Тез. докл. С.-Петербург: ВСЕГЕИ, 2009. С.553-556.

3. *Панфилов А.А.* Применение технологии массового параллелизма CUDA для изучения геофизических процессов методами вычислительных экспериментов// Научная молодёжь – Северо-Востоку России: материалы III Межрегиональной конференции молодых учёных (Магадан, 27-28 мая 2010 г.): СВКНИИ ДВО РАН. Тез. докл. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2010. С.113-114.

4. *Шарафутдинов В.М., Кабанов В.В.* Разработка и создание региональной сети электромагнитного мониторинга землетрясений в ОНЧ-диапазоне на Северо-Востоке России // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2007. № 3. С.10-16.

5. Сайт компании «NVIDIA Corporation». Описание технологии массового параллелизма CUDA. http://www.nvidia.com/object/what_is_cuda_new.html (дата обращения 14.12.2010).

6. Сайт библиотеки Корнельского университета (США). Использование графических процессоров в молекулярной динамике. <http://arxiv.org/pdf/0709.3225> (дата обращения 14.12.2010).

7. Сайт департамента промышленных технологий (Италия). Университет Парма. Проект создания компьютерных моделей с использованием графических процессоров. <http://ied.unipr.it/tasora/projects/gpu/index.html> (дата обращения 14.12.2010).

8. Сайт университет Джона Хопкинса (США). Гидродинамическая модель, основанная на вычислениях с использованием графических процессоров. <http://www.ce.jhu.edu/dalrymple/GPU/> (дата обращения 14.12.2010).

8. Сайт университета штата Миннесота (США) Моделирование жидкостей с использованием графических процессоров:
http://www.tc.umn.edu/~bail0253/Accelerating_GPU_LBM.pdf
(дата обращения 14.12.2010).

Характеристика границы между башкирскими и верейскими отложениями по данным ЭПР**Петров М.А.**КФУ, Казань, Россия, *Petrov.M.A@mail.ru*

В настоящей работе представлены результаты изучения башкирских и сопряженных с ними верейских отложений методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), позволяющего диагностировать изменение среды породообразования по парамагнитным меткам и выявлять на этой основе геохимические реперы.

This paper presents the results of a study of the Bashkir and related to them Verey deposits by electron spin resonance (ESR), to diagnose alteration of rock formation in the paramagnetic label and identify on this basis of geochemical frames.

Отложения среднего карбона Восточного борта Мелекесской впадины являются вмещителем трудноизвлекаемых запасов нефтей. Степень «трудноизвлекаемости» обусловливается сложным строением природных, преимущественно, карбонатных, резервуаров, коллекторские свойства которых определяются разным соотношением первичных и вторичных литогенетических процессов, изменением глинистости пород и геоструктурным положением природных резервуаров. Сочетание этих факторов создает сложную для распознавания на кривых ГИС картину, что приводит к субъективному прочтению отложений карбона, особенно, отложений башкирского яруса. Эта проблематика осложняется также тем, что недостаточно изучено палеонтологическое содержание стратонов, в которых находятся эти породы.

Таким образом, одной из актуальных проблем для башкирского яруса и сопряженных с ним стратонов является поиск критериев, позволяющих находить разные типы границ в стратиграфической последовательности и выходить на этой основе к рассмотрению генетических типов отложений и фаций, выделение и корреляция которых, является составной частью системно-литмологической парадигмы при структурировании стратиграфического пространства.

На данный момент на восточном борту Мелекесской впадины граница между верейским горизонтом московского яруса и башкирским ярусом проводится по появлению брахиопод, характерных для верейского горизонта и по резкому повышению глинистости разреза (от башкирского яруса к верейскому горизонту), фиксируемой кривой ГК [4].

Объектом исследований послужил керн скв. 1339 Демкинского месторождения Восточного борта Мелекесской впадины.

Исследуемый разрез находится в пределах Демкинского месторождения на Восточном борту Мелекесской впадины (рис.1).



Рис.1. Обзорная карта расположения скв. №1339 Демкинского месторождения

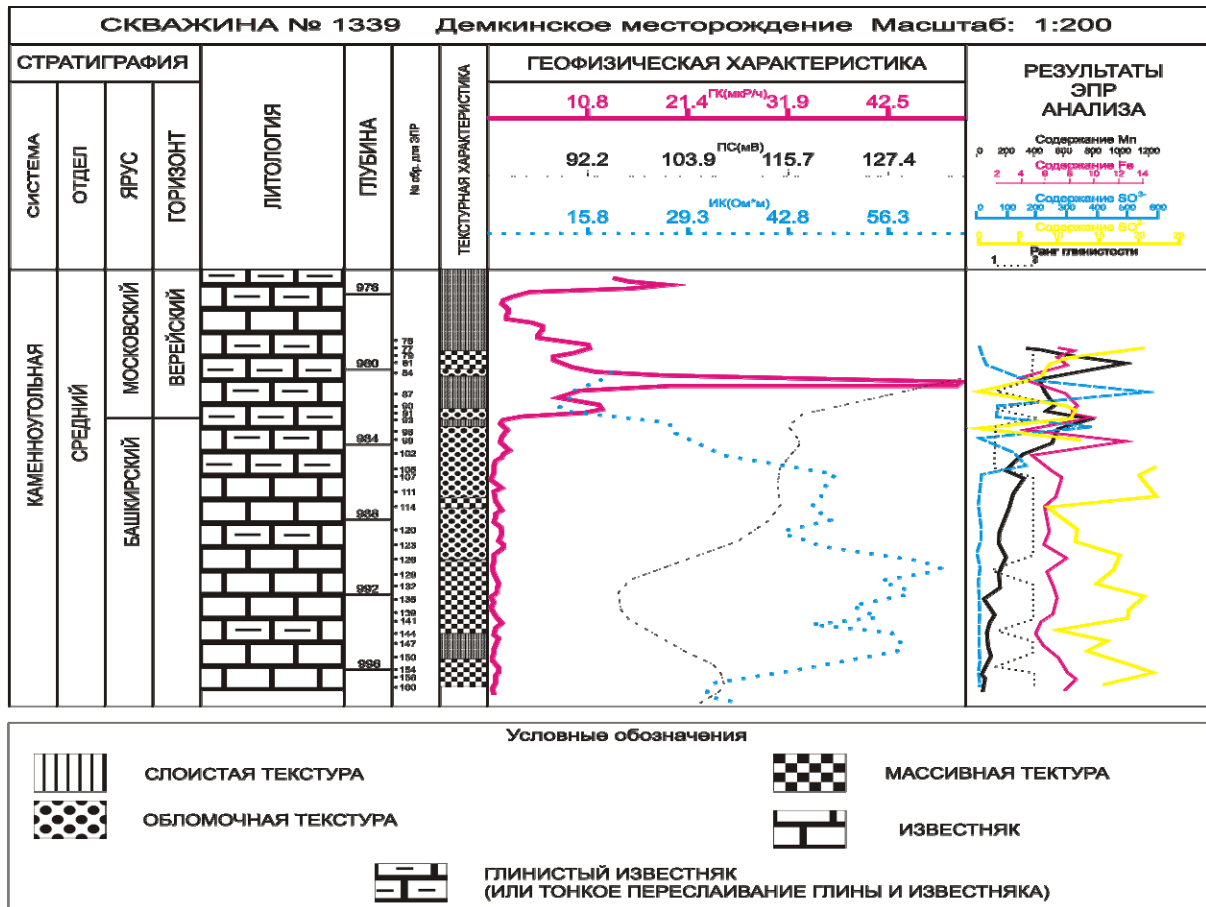


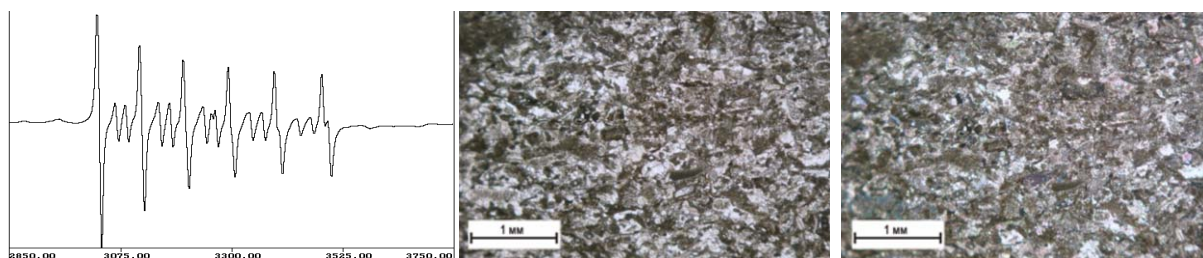
Рис.2. Разрез исследуемой части разреза скв.1339 Демкинского месторождения

Исследуемая часть разреза включает в себя границу верейских и башкирских отложений (рис.2). Граница четко фиксируется по повышению глинистости разреза и по понижению удельного сопротивления вверх по разрезу. В целом, представленный разрез сложен известняками различных литогенетических разновидностей. В отложениях верейского горизонта встречаются прослои глин, в отложениях башкирского яруса глины встречаются в основном в виде выполнения стилолитовых швов и в виде примазок. Анализ текстур пород, представленных в разрезе, а именно: наличие в приграничной зоне известняков с обломочной текстурой, может свидетельствовать о перерыве в осадконакоплении. Для бо-

лее полной характеристики исследуемого разреза методом ЭПР было отобрано 30 образцов через 0,2-0,3м.

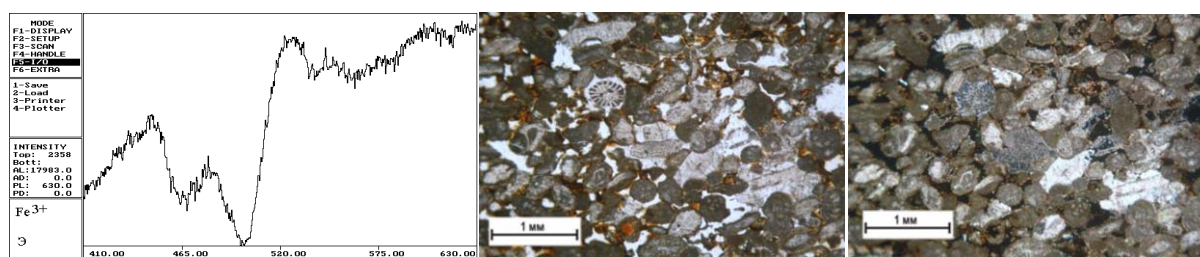
Объектами изучения в литологии методом ЭПР являются изоморфные ионы элементов переходных групп, электронно-дырочные центры, свободные радикалы, ион-радикалы. Эти системы называют парамагнитными центрами или парамагнитными метками. Решение литологических задач с помощью ЭПР основано на количественных и кристаллохимических характеристиках парамагнитных элементов-примесей в минералах, изучении их вариаций по площади и разрезу [1,2,3,6].

В настоящей работе выявлены следующие актуальные парамагнитные метки карбонатных пород разреза башкирских и перекрывающих их верейских отложений: ионы Mn^{2+} , Fe^{3+} , ион-радикалы SO_2^- , SO_3^- , Org . (рис.3-6).



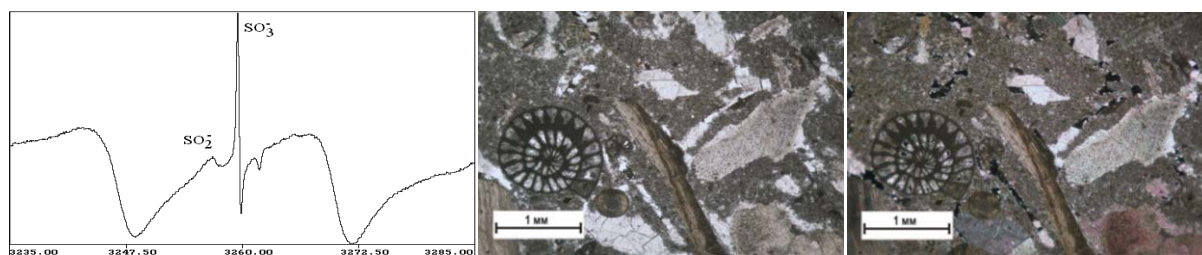
а б

Рис.3. а – Спектр ЭПР в области Mn^{2+} (кальцит), обр.87; б – фото при параллельных (слева) и скрещенных (справа) николях



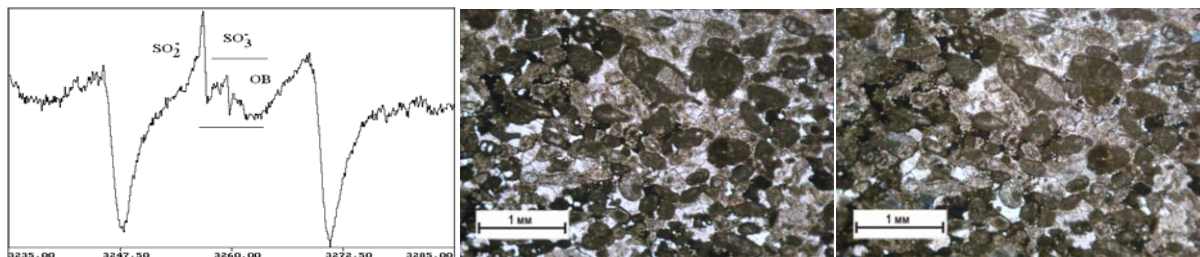
а б

Рис.4. а – Спектр ЭПР в области Fe^{3+} , обр.75; б – фото шлифа при параллельных (слева) и скрещенных (справа) николях



а б

Рис.5. а – Спектр ЭПР в области сульфат-радикалов, обр.84; б – фото шлифа при параллельных (слева) и скрещенных (справа) николях



а б

Рис.6. а – Спектр ЭПР в области сульфат- радикалов и Рорг (ОВ), обр.141; б – фото шлифа при параллельных (слева) и скрещенных (справа) николях

Результаты измерений методом ЭПР представлены на рисунке 7.

№ обр	глубина	Тип породы	Ранг глин	Стратиграфия	Mn ²⁺	SO ₂ ⁻	SO ₃ ⁻	Fe ³⁺	R _{орг}
75	978,90	изв	2	верей	340	20,5	11,2	7	
77	979,00	изв	2	верей	440	17,3	8,9	8,1	
79	979,30	изв	2	верей	631	11,1	18,5	6,9	
81	979,75	изв	2	верей/башкир	1040	8,8	31,2	7,7	
84	980,50	изв	2	верей/башкир	435	7,7	147,8	4	
87	981,25	изв. гл.	1	верей/башкир	474	0	564,5	7,6	
90	982,00	изв. гл.	1	верей/башкир	539	10,7	61,8	8,4	
91	982,20	изв. гл.	1	верей/башкир	489	11,7	77,8	8,1	
93	982,60	изв	2	верей/башкир	787	11,5	65,2	9,7	
96	983,20	изв. гл.	1	башкир	566	0	379,5	4,2	
99	983,80	изв. гл.	1	башкир	530	12,3	14,2	12,6	
102	984,50	изв. гл.	1	башкир	320		124,3	4,8	
105	985,25	изв. гл.	1	башкир	200	22	161,2	6,4	
107	985,75	изв	2	башкир	321	19,8	17,5	7,2	
111	986,75	изв	2	башкир	249	22	10,3	6,8	
114	987,40	изв	2	башкир	220	8,2	5,5	5,9	
120	988,60	изв	2	башкир	163	12,3	12,4	6,3	
123	989,25	изв	2	башкир	151	11,9	13,2	6	
126	990,00	изв	2	башкир	209	17,4	6,2	7,7	
129	990,80	изв. гл.	1	башкир	147	16,7	13	6,2	
132	991,50	изв	2	башкир	160	14,5	7,9	6,6	
135	992,20	изв	2	башкир	50	20,5	9,8	6,9	
139	993,00	изв	2	башкир	123	18,6	8,2	6,6	
141	993,40	изв	2	башкир	87	18,6	8,7	5,7	+
144	994,00	изв. гл.	1	башкир	72	9,8	10,3	5,2	
147	994,60	изв	2	башкир	80	16	8,6	5,8	
150	995,20	изв	2	башкир	98	13,5	7,9	7	
154	996,00	изв. гл.	1	башкир	34	19,5	7,3	7,7	+
156	996,30	изв	2	башкир	54	21,7	8,1	8,5	+
160	997,00	изв	2	башкир	46	15,5	8	7,5	+

Рис.7. Таблица данных ЭПР анализа образцов скв.1339

На рис.2 показаны вариации парамагнитных меток по разрезу в сопоставлении с глинистыми и неглинистыми типами известняков (для пород введен ранг глинистости – рис. 7).

Характер вариаций позволяет на всех рисунках увидеть две «парамагнитные» фации, которые хорошо сопоставляются стратиграфически снизу вверх с башкирскими и верейскими отложениями. Смена характера кривых парамагнитных меток четко фиксируется на глубине 985,5 м (между точками отбора обр.105 и 107) и эта отметка претендует на отметку границы между башкирскими и верейскими отложениями против отметки 982,6 м, ука-

занной в исходной стратиграфической разметке (рис.7). То есть, разница в исходных и новых данных составляет более чем 3 м.

Такая разница может оказаться принципиальной, если мы находимся в зонах с большими мощностями башкирского яруса (известно, что мощность башкирского яруса изменяется от первых метров до почти сотни метров [5]).

Башкирские отложения характеризуются относительно небольшими значениями Mn^{2+} , Fe^{3+} , SO_3^- , что указывает на относительную глубоководность формирования башкирских карбонатов и нормальный гидрохимический режим, что подтверждается повышенными значениями SO_2^- . Отметка в 985,5 м знаменует собой смену режима среды осадконакопления, отмеченную усилением влияния терригенного стока - влияния суши, отмеченного значительным увеличением Mn^{2+} , Fe^{3+} и повышением солености бассейна осадконакопления (некоторая аридизация климата) (увеличение SO_3^- и уменьшение SO_2^-).

Таким образом, в конце башкирского века – начале верейского времени в точке скв.1339 произошло падение относительного уровня моря. Такой палеогеографический рубеж находится в соответствии с логикой стратиграфического расчленения (многие стратиграфические границы палеогеографически соответствуют падению уровня моря, например, граница турнейского и визейского ярусов или граница перми и триаса).

Данные ЭПР позволяют корректировать границу башкирских и верейских отложений. Такая коррекция может оказаться существенной в геологических реконструкциях башкирского яруса в зонах с его мощностями в первые метры, поэтому следует рекомендовать этот метод, в первую очередь, для изучения керн в скважинах в зонах с сокращенными разрезами башкирского яруса.

Литература:

1. Муравьев Ф.А., Силантьев В.В., Винокуров В.М. и др. Парамагнитные свойства и дифференциация рассеянного органического вещества в пермских осадочных породах Татарстана // Материалы чтений, посвященных 170-летию Н.А.Головкинского, 160-летию А.А.Штукенберга, 200-летию геологического музея. – Казань, 2004. – С.107-126.
2. Нургалеева Н.Г., Галеев А.А. Исследование пород методом ЭПР / В кн.: Стратотипический разрез татарского яруса на реке Вятке. – М. ГЕОС, 2001– С.56-68.
3. Нургалеева Н.Г., Хасанова Н.М., Габдрахманов Р.Р. Условия образования уржумских отложений по данным ЭПР // Ученые записки Казан. Ун-та. Сер. Естеств.науки.- 2010. – Т.152, кн.1.-С.226-234.
4. Геология Татарстана: Стратиграфия и тектоника. - М.: ГЕОС, 2003. - 402с.
5. Нефтегазоносность Республики Татарстан. Геология и разработка нефтяных месторождений. / под редакцией Р.Х.Муслимова.- 2 том.- Казань: Изд-во «Фэн» Академии наук РТ, 2007. - 524 с.
6. Bulka G.R., Nizamutdinov N.M., Mukhutdinova N.G. e.a. EPR probes in sedimentary rocks: the features of Mn^{2+} and free radicals distribution in the Permian formation in Tatarstan // Applied Magnetic Resonance, 1991.,Vol.2.,N1., - P. 107-115.

Применение комплекса геофизических методов для изучения облицовочного сырья габбродолеритов Рыборецкого силла**Рязанцев П.А.**Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия, *chthonian@yandex.ru*

Геофизические исследования на Рыборецком силле габбродолеритов демонстрируют возможность методов электроразведки (в модификации электротомографии) и магниторазведки для дифференциации горного массива. Использование такого комплекса геофизических методов позволяет проводить эффективную разведку месторождений блочного камня, что ведёт к более рациональной и экономически выгодной эксплуатации горнодобывающих карьеров.

Geophysical investigations of Rybreka Sill of gabbrodolerites demonstrate the possibility of electrical methods (as modified ERT) and magnetic prospecting for rock massif differentiation. The use of such complex geophysical methods allows effective exploration of dimension stone, which leads to a more rational and cost-effective operation of the quarry.

На сегодняшний день в Республики Карелия активно развивается добыча блочного камня различных типов горных пород, однако основной проблемой является крайне низкий выход природных каменных блоков вследствие особенностей геологии региона. Для повышения эффективности горных работ в лаборатории геофизики Института геологии Карельского научного центра РАН разрабатывается комплекс геофизических методов для изучения, как действующих месторождений, так и проявлений блочного камня. Применение геофизических методов необходимо для наиболее информативной оценки месторождений, его дифференциации по качеству сырья, что в дальнейшем, при правильном планировании отработки, ведёт к повышению экономической отдачи горного предприятия [5]. Одним из основных объектов исследований является Рыборецкий силл габбродолеритов (Южная Карелия), на котором на данный момент функционирует 15 горнодобывающих предприятий. Такая интенсивная разработка обусловлена устойчивым спросом на карельский габбродолерит. В данной работе представлены работы на отдельно взятом месторождении «Другорекское-3», так как предприятие имеет стабильный выход блоков и является одним из самых эффективно действующих месторождений на Рыборецком силле.

Применение геофизических методов при оценке месторождений блочного камня базируется на контрастности физических свойств монолитной и нарушенной, трещиноватой породы. В разрабатываемом комплексе предлагается использовать метод электроразведки в модификации электротомографии, а также наземной магниторазведки. Таким образом, определяя геофизические параметры массива габбродолеритов, возможно выделить зоны, относящиеся к разным уровням качества сырья [4].

Электротомография - методика перспективная для пространственного определения как монолитных (не нарушенных) зон, так и зон трещиноватости горного массива [1,10].

Для обработки данных используется программа *DC2DInvRes* (Thomas Günther) выполняющая математическую инверсию, основанную на методе Гаусс-Ньютона. В результате строится математически рассчитанный псевдоразрез удельных сопротивлений, совпадающий с практическими измерениями [2,8,9]. Цель работы заключалась в проведении комплексных электротомографических исследований (как метода сопротивлений, так и вынужденной поляризации) на месторождении облицовочного камня «Другорецкое-3», и в оценке изменения структуры массива на протяжении нескольких горизонтов.

Использование магниторазведочных работ в свою очередь является самым производительным методом для определения структурных и вещественных неоднородностей геологической среды, исходя из данных о поверхностном распределении аномалий геомагнитного поля, возникающих при различном намагничивании литотипов. Для изучения геологических особенностей и трещиноватости пород, а также для заверки геоэлектрических аномалий, на месторождении «Другорецкое-3» выполнялась съемка с густой сетью наблюдений и высокой точностью.

При проведении полевых работ на исследуемой площади использовалась электротомография установкой градиента, при которой приёмная линия $MN=2$ перемещалась внутри питающей $AB=60$ с равномерным шагом равным 2 метрам, смещение линии AB по профилю составляло 4 метра [6,7]. Выполнены три профиля по 120 метров на технологических горизонтах 138, 132 и 114 (рис.1). В результате построены геоэлектрические разрезы удельных сопротивлений и процентов вызванной поляризации. На горизонтах 138 и 114 в дополнение к электроразведочным работам проводились магниторазведочные работы.

При рассмотрении псевдоразрезов удельных сопротивлений выделяются две основные высокоомные зоны, расположенные с пикета 30 по 80 и с 95 по 110 на горизонте 138, а на горизонте 132 с пикета 23 по 68 и с пикета 82 по 100. Можно утверждать, что эти две области тянутся на два горизонта со смещением 10 метров, их разделяет субвертикальная ослабленная зона, прослеживающаяся на технологическом горизонте 138 между пикетами 80-90 и на 132 между пикетами 70-80, характеризующаяся понижением сопротивлений. Также выделяется некоторая низкоомная часть (возможно крупное единичное нарушение), проявляющаяся на профиле 138 между пикетов 45-55 и продолжающаяся на этих же пикетах профиля 132, и некоторая ослабленная зона от 0 до 15 пикета на горизонте 132.

Профиль 114 находится на значительном расстоянии от двух предыдущих, что затрудняет корреляцию геофизических аномалий. Однако крупные зоны трещиноватости на пикетах с 15 по 30 и высоких сопротивлений на пикетах 30-80 можно проследить и сопоставить с вышележащими профилями. Следует отметить, что верхние части геоэлектриче-

ских разрезов характеризуются резким понижением сопротивлений по сравнению с ниже-лежащими областями, это связано, прежде всего, с сильной обводнённостью технологических горизонтов.

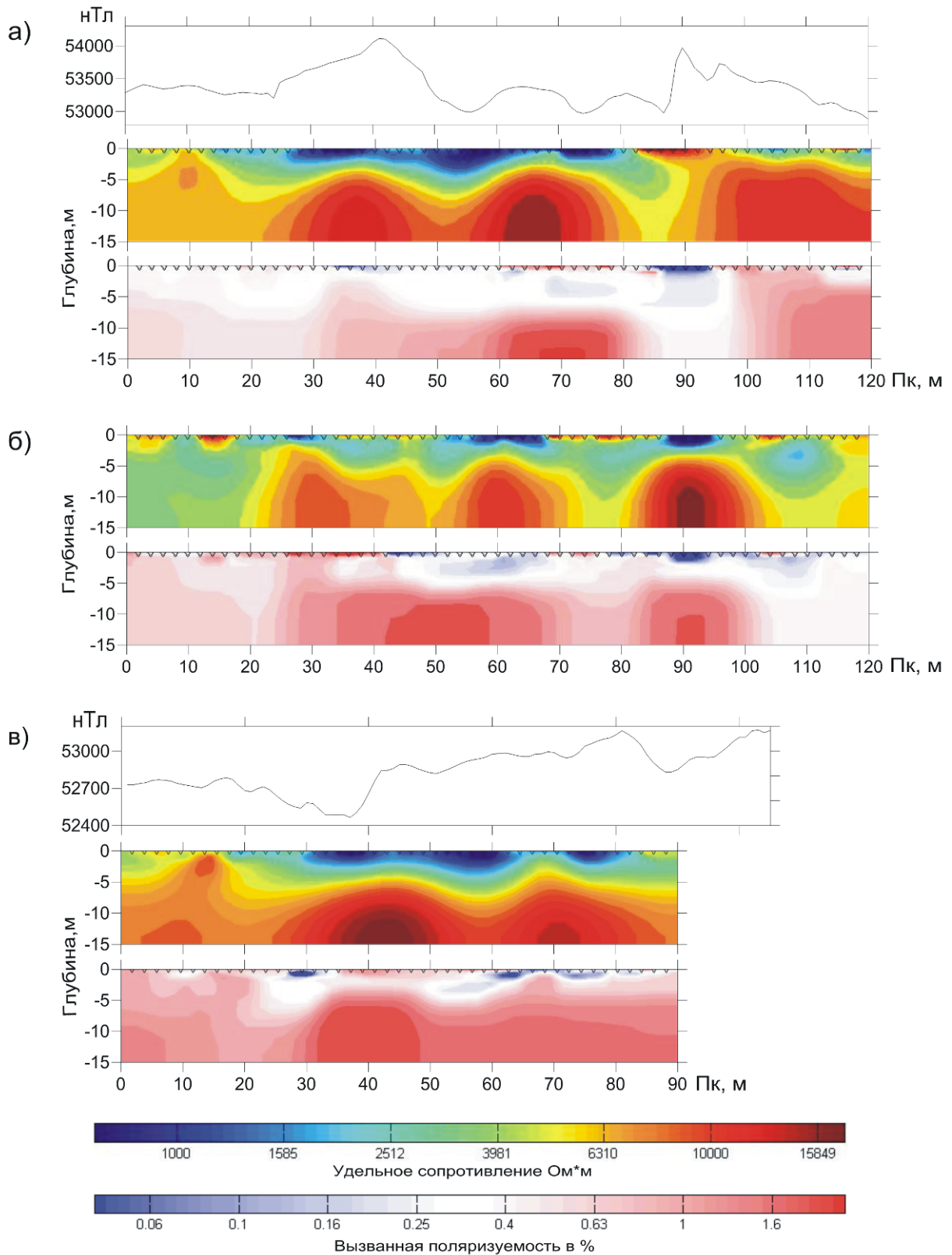


Рис.1. Геоэлектрические псевдоразрезы удельного сопротивления и ВП с графиками магнитного поля по профилям. а) профиль 138 б) профиль 132 в) профиль 114

Что же касается измерений вызванной поляризации, то аномалии на построенных псевдоразрезах как правило совпадают с высокоомными частями геоэлектрических разрезов удельного сопротивления. Некоторое различие между данными удельного сопротивления и поляризуемости могут быть связаны с небольшими колебаниями минерального состава, структурным изменением габбродолеритов, а также с количеством поровой (связанной) влаги, содержащейся в породе [3]. Исходя из этого, можно предположить наличие некоторых неоднородностей и в монолитных частях исследуемого участка. Также корреляция наблюдается между магнитными аномалиями и удельным сопротивлением, так аномалии магнитного поля с уровнем в 300 нТл расположенные с 24 по 55 и с 86 по 110 пикеты чётко совпадает с областями высокого сопротивления на двух горизонтах, аналогичная ситуация наблюдается и на 114 горизонте.

В результате исследований построена схема, представляющая главные области распространения неоднородностей массива габбродолеритов на месторождении «Другорецкий-3» на основе геофизических измерений (рис.2).

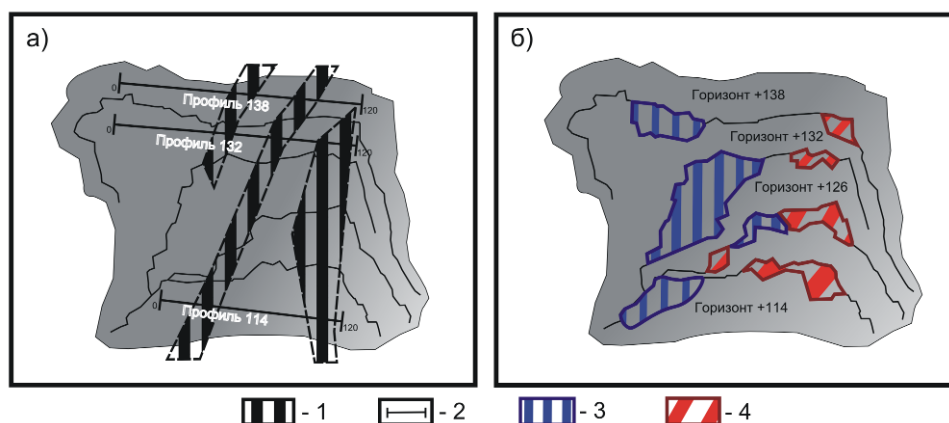


Рис.2. Схема карьера «Другорецкий-3». а) с ослабленными зонами, вынесенными по данным комплекса геофизических методов; б) с областями горных отработок
1-ослабленные зоны по данным геофизики 2-положение геофизических профилей 3-горные отработки с высоким выходом блоков 4-горные отработки с малым выходом блоков

Данные исследований сопоставлены с результатами практической отработки, и в результате наблюдается корреляция в определении местоположения зон трещиноватости и областей с наибольшим выходом кондиционных блоков, что на практике доказывает целесообразность развития и дальнейшего применения данного комплекса для изучения месторождений блочного камня.

Литература:

1. Бобачев А.А., Модин И.Н. Электротомография со стандартными электроразведочными комплексами // Разведка и охрана недр. 2008. №1. С. 43-47.
2. Колесников Основы интерпретации электрических зондирований. М.: Научный мир, 2007. 248 с.

3. *Комаров В.А.* Электроразведка методом вызванной поляризации. Л: Недра, 1980. 391 с.
4. *Соколов С.Я., Иванов А.А., Рязанцев П.А.* Комплексные геолого-геофизические методы оценки блочности месторождений габбродолеритов Другорецкого сила (Южная Карелия). // Комплексные геолого-геофизические модели древних щитов. Труды Всероссийской (с международным участием) конференции. - Апатиты: Изд. Геологического института КНЦ РАН. 2009. с. 265-270
5. *Шеков В.А., Иванов А.А.* Типы месторождений блочного камня по характеру трещиноватости // Геология и полезные ископаемые Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2008. Вып.11. С. 233-238.
6. *Dahlin, T., Zhou B.* A Numerical comparison of 2D resistivity imaging with 10 electrode arrays // *Geophysical Prospecting*, 2004. V.52. №3. P. 379-398
7. *Dahlin T. and Zhou B.* Gradient and mid-point-referred measurements for multi-channel 2D resistivity imaging // *Procs. 8th Meeting Environmental And Engineering Geophysics*, Aveiro, Portugal. 2002. P. 157-160.
8. *Günther T.* Inversion Methods and Resolution Analysis for the 2D/3D Reconstruction of Resistivity Structures from DC Measurements. Technischen Universitat Bergakademie. Freiberg. 2004. 150 p.
9. *Loke M.H.* Tutorial - 2-D and 3-D electrical imaging surveys. Malaysia: Geotomo Software, 2004. 124 p.
10. *Tassone1 A., Santomauro1 M., et al.* Imaging subsurface lithological and structural features by resistivity tomography: North Beagle Channel // *Revista Mexicana de Ciencias Geológica*. 2010 . V. 27. №3. P. 562-572

Демонстрация потенциальных возможностей использования в сейсмической интерпретации данных продольного и продольно – непродольного 2D профилирования, обработанных и представленных как 3D данные**Савранская М.П.**ГП ХМАО «НАЦ РН им. В. И. Шпилемана», Тюмень, Россия, savranskaya@cr.ru

На основе описываемого в докладе метода возможно представление и обработка 2D и 2,5D данных как 3D данных, что позволяет при невысоких затратах на проведение сейсморазведочных работ с применением профильной продольной и/или продольно-непродольной системы наблюдения получить достаточно качественный по детальности съемки результат, как если бы мы использовали пространственную систему наблюдений, что в результате дает возможность получать более точные результаты интерпретации данных.

On basis of described in this paper method we can represent and process 2D and 2,5D data as 3D data, that allows us to receive sufficiently qualitative result with respect to survey detail on the assumption of low cost seismic works using in-line and/or broadside surveying instead of spatial surveying, and as a result, it helps us to obtain more accurate seismic data interpretation results.

Эффективность поисково-разведочных исследований на углеводородные источники энергии, точность построения геологических моделей и - в результате - эффективность эксплуатации месторождений зависит напрямую от качества получаемых результатов после проведения геофизических исследований. Однако, за все надо платить, и получение качественных результатов подразумевает большие материальные затраты. Ограниченный бюджет зачастую препятствует проведению работ, результат которых будет соответствовать желаемому нами качеству и разрешенности. В этой связи возникает необходимость балансировать между качеством результата и стоимостью работ.

С проблемой финансирования в последнее время сталкиваются полевые сейсмические партии и обрабатывающие Центры, работающие на территории ХМАО-Югры, где к настоящему времени сложилась устойчивая тенденция к сокращению геологоразведочных работ (ГРР). Как известно, сокращение работ в Югре было сделано в пользу увеличения объемов поиска, разведки и последующей разработки месторождений на территории Ямала, Восточной Сибири, в частности, Красноярского Края, территорий Дальнего Востока, шельфа Северного моря. Такое изменение стратегии ГРР связано с мнением, что территория ХМАО-Югры уже не представляет практического интереса для поиска новых нефтегазовых месторождений в связи с исчерпанностью ресурсов Западно-Сибирской нефтегазовой провинции. Однако, если мы обратимся к карте изученности сейсмическими работами ХМАО, то увидим, что Восточная часть округа практически не исследована и сеть сейсмических профилей там крайне редка.

Сейсморазведка 2D дешевле и позволяет быстрее изучить большие площади, но точность карт в межпрофильном пространстве, особенно при низкой плотности сети профи-

лей, условна ввиду отсутствия там информации. В случае пространственной сейсморазведки 3D заказчик получает огромный объем пространственно распределенной информации, при этом появляется возможность визуализировать полученные результаты, что часто оказывает решающее влияние на интерпретацию и наиболее верное толкование полученных результатов. Пространственная сейсморазведка позволяет проследивать небольшие объекты подобные каналам, речным руслам или песчаным линзам, в то время как профильная сейсморазведка такой возможности не представляет [2].

В непростой экономической обстановке отсутствие средств заставляет находить новые пути выхода из сложившегося положения, и мы имеем возможность наблюдать за экспериментами, целью которых является изменение методики и технологии проведения сейсморазведочных исследований.

Одним из вариантов реализации возможных решений является, например, применение на небольших по площади перспективных объектах с ранее обнаруженными положительными структурными элементами проектирования более дешевых профильно-пространственных систем наблюдения (с.н.), правда, иногда уступающих в детальности исследования современным 3D системам. По сути такие профильно-пространственные с.н. сочетают в себе преимущества 2D (как опорной сети профилей) и 3D наблюдений (Бевзенко Ю.П.). В более упрощенном варианте они выполняются с помощью продольно-непродольного ортогонального 2,5D сейсмического профилирования, как в нашем случае.

В докладе затрагиваются 2 вопроса, связанные с вышеупомянутой проблемой:

- Первый, касающийся возможностей обработки данных ортогональной узкополосной продольно-непродольной 2,5D с.н. как 3D данных на Хултурском лицензионном участке.

- Второй, в котором рассматривается пример, характеризующий возможность создания двух псевдокубов 3D (субширотного и субмеридионального), полученных из 2D данных на Пылькарминском участке в результате объединения данных 9 сейсмопартий в «композицы» с целью получения более детальной и уточненной информации об объекте исследования.

Примером описываемой в докладе методики может послужить опыт ее применения на Хултурском лицензионном участке. Этот участок можно условно классифицировать как сложный в сейсмогеологическом отношении. Для решения геологической задачи была применена с.н. продольно-непродольного сейсмопрофилирования 2,5D сейсморазведки МОГТ по сети ортогональных профилей. Целью применения методики на данном участке явилась выработка наиболее оптимальной методики обработки 2D данных, полученных с использованием с.н. 2,5D сейсморазведки МОВ ОГТ. В результате применения данной методики полевых работ мы получили сейсмическую информацию как по продольным 2D

профилям, так и по вновь образованным непродольным профилям. В соответствии с геологическим заданием была выполнена обработка полученной информации как 2D данных. Далее исходные сейсмические материалы были трансформированы в два ортогональных «псевдокуба» 3D (субширотный и субмеридиональный), которым была присвоена сформированная в ручном режиме по оригинальной технологии геометрия. Таким образом, помимо обработки материала как 2D данных по системе продольно-непродольного ортогонального профилирования, была выполнена стандартная 3D обработка исходных материалов. На одном из первых шагов, съёмка была разбита на ячейки, т.н. «бины», размером 250 x 25 м. В качестве исходных данных использовались сейсмограммы, прошедшие основные этапы обработки в варианте 2D. Последующая обработка сейсмических материалов в варианте 3D включила процедуры, которые могут заметно улучшить качество и повысить информативность результирующих материалов по сравнению с 2D обработкой (коррекция статики и кинематики, пространственная фильтрация, ДМО-преобразование и миграция по кубу данных, как основные процедуры улучшения качества) [1]. На рисунках 1 и 2 представлены сравнительные результаты 2D и 3D обработки данных продольно-непродольного сейсмопрофилирования.

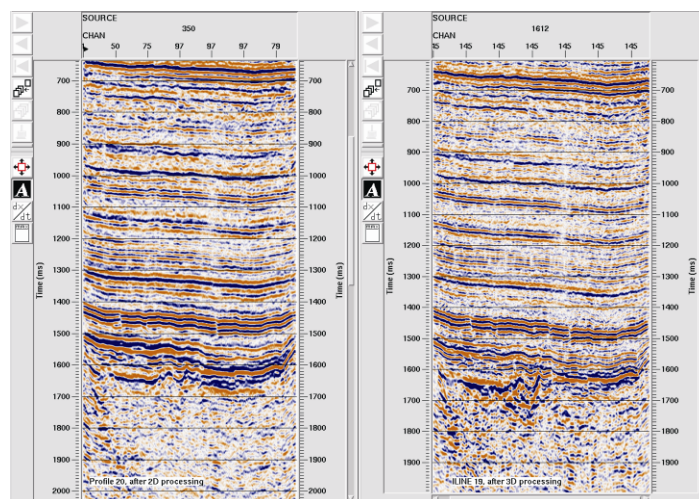


Рис. 1. Суммарные временные разрезы после миграции. Левый - после 2D, правый - после 3D обработки (субширотное положение профилей)

Было установлено, что по временным разрезам после 3D обработки можно более уверенно выполнить корреляцию отражений, связанных с кровлей фундамента, наиболее однозначно выделить грабенообразные прогибы в породах доюрского основания, более качественно выявить зоны деструкций, плоскости разломов и депрессионных участков между локальными выступами фундамента[1].

Таким образом, во-первых, система продольно-непродольного профилирования, являясь промежуточным звеном между 2D и 3D площадной сейсморазведкой, при регулярной плотности сети профилей дешевле чем 3D с.н. Во-вторых, применение методики представления и обработки 2D данных как 3D данных дало весьма положительный ре-

зультат, способный составить конкуренцию традиционной и более дорогой методике.

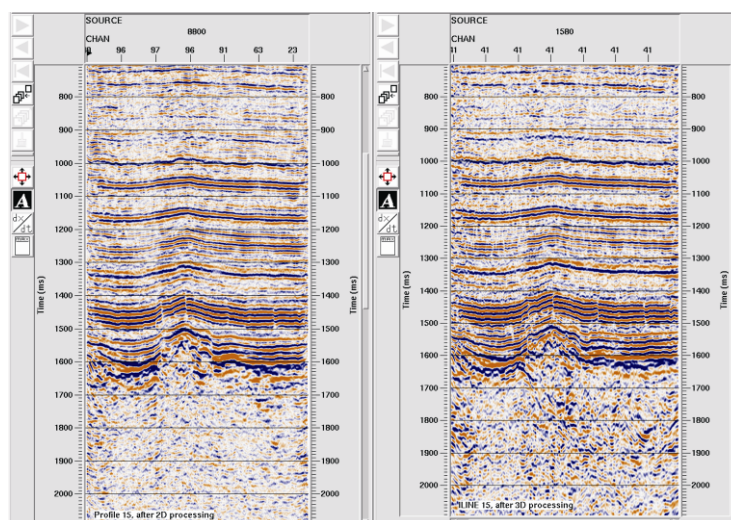


Рис. 2. Суммарные временные разрезы после миграции. Левый - после 2D, правый - после 3D обработки (субмеридиональное положение профилей)

Исследования на Пылькарामинском участке стали другим примером применения описываемой методики. Основным отличием от вышеупомянутого примера является то, что с целью получения дополнительной, более детальной информации на Пылькарामинском участке были образованы псевдокубы 3D из суммарных данных, полученных от девяти разных с.п. прошлых лет, отработанных по методике МОГТ 2D и предварительно объединенных в «композицы». В рамках данного исследования было написано, протестировано и применено программное обеспечение, позволившее сформировать геометрию для широтного и меридионального псевдокубов по имеющимся данным геометрии 2D сейсмических «композицы», расположенных субширотно и субмеридионально соответственно. Для визуализации полученных результатов сейсмические псевдокубы 3D и корреляция по ОГ «Б», были загружены в ПП GeoProbe компании Halliburton-Landmark. На рисунке 3 представлены фрагменты субширотного и субмеридионального сейсмических псевдокубов 3D, на рисунке 4 – временные срезы по этим кубам. Для субмеридионального 3D псевдокуба были получены распределения сейсмических атрибутов, рассчитанных в элементарном объеме данных в пределах временного окна ± 140 мс, относительно спрямленной поверхности по ОГ «Б». Обобщение информации, полученной в результате анализа полученных атрибутов, позволило сделать вывод о наличии в южной части площади исследования перспективных областей по степени неоднородности сейсмической записи, имеющих в качестве приоритетного субмеридиональное направление.

Результаты окончательного анализа карт атрибутов, полученных после применения данной методики, позволили локализовать и оконтурить в южной части площади ряд областей, которые были определены как перспективные для поиска УВ по степени неоднородности сейсмических данных с учётом уровня приоритетности в рассматриваемом временном интервале геологического разреза.

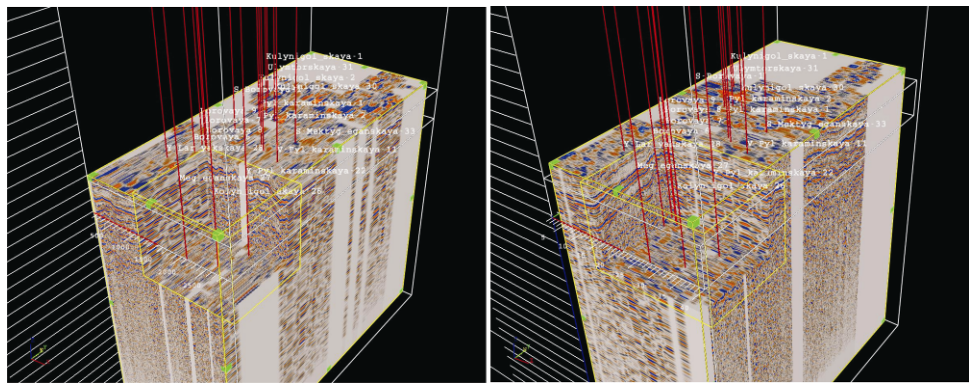


Рис. 3. Фрагменты сейсмических данных для двух псевдокубов 3D. Левый – для субширотного, правый – для субмеридионального расположения псевдолиний 3D

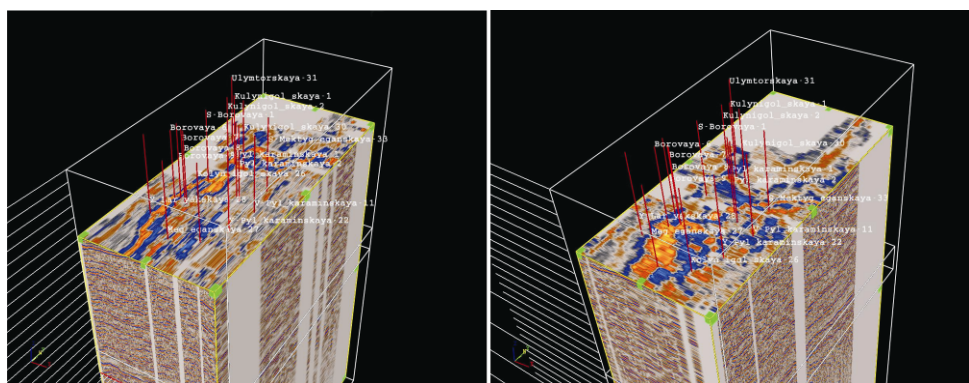


Рис. 4. Временные срезы. Левый – для субширотного псевдокуба 3D, правый – для субмеридионального псевдокуба 3D

Таким образом, применение данной методики позволило не только визуализировать временные срезы на основе 2D данных, но и провести ряд исследований, возможных только при 3D анализе, позволивших обнаружить перспективные объекты, которые, вероятнее всего, были бы не замечены при работе с 2D данными.

Особую благодарность за возможность предоставления информации и активное участие при организации работ по теме доклада выражаю заведующему лабораторией Систематизации и обработки геофизических материалов ГП ХМАО «НАЦРН им. В.И. Шпилемана» Кайгородову Е.П.

Литература:

1. Кайгородов Е.П., Киселев О.В., Кулагина С.Ф., Савранская М.П. Методические основы применения системы наблюдений МОВ ОГТ 2,5D сейсморазведки и особенности обработки полевых материалов Хултурского лицензионного участка Югры // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Том 1. Сборн.докл. Екатеринбург: ИздатНаукаСервис, 2009, С.180-194.
2. Разин А.В., Меркулов В.П., Чернов С.А. Современные методы изучения месторождений сейсморазведкой. Томск: Томский политехнический Университет, 2004, 447

Опыт применения геолого-геофизических методов при поисках месторождений золота в зеленокаменных поясах (на примере зеленокаменного пояса Кухмо, Восточная Финляндия)**Фролов А.А.**ПетрГУ, Петрозаводск, Россия, *frolik1@mail.ru*

Коммерческая эффективность поисковых работ зависит от числа грамотно выбранных перспективных участков и скорости оценки их потенциальной рудоносности. Компании, основывающие свой бизнес на единичных поисковых лицензиях, в большинстве случаев обречены на неудачу. При вовлечении в работу большого числа объектов остро встает вопрос выбора по возможности наименее дорогого и наиболее информативного комплекса работ. На примере поисков месторождений золота в зеленокаменных поясах Финляндии показана эффективность магнитной съемки в комплексе с геохимическими методами поисков.

Commercial efficiency of the exploration program depends on the number of targets and speed of its evaluation. Companies with single exploration target are prone to failure in the most of cases. Work on multiple targets requires not expensive but informative methods. Role of magnetic survey is demonstrated on the results of gold exploration in green stone belts of Finland.

В России золотодобывающая отрасль была создана во II-ой половине XVIII века. И с тех времен Россия входит в список основных золотодобывающих стран, в отдельные периоды занимая лидирующие позиции рейтинга. За годы Советской власти геологическая служба нашей страны, как известно, добилась огромных успехов в развитии минерально-сырьевой базы для золотодобывающей отрасли. К сожалению, задел созданный в Советское время истощается, а объемы геологоразведочных работ - незначительны. В исторических золотодобывающих районах большая часть крупных и легко открываемых месторождений коренного золота уже открыта, и далее дело стоит за поисками и разведкой средних и мелких месторождений. Потенциал обнаружения крупных месторождений с каждым годом становится меньше, что, в свою очередь, ставит акцент на поиски мелких и «труднооткрываемых» месторождений. Это справедливо применимо к развитым золотоносным районам. Но Карелия не относится к развитым золотоносным провинциям, и ее поисковый потенциал еще не реализован. Карелия значительно уступает по поисковой изученности Финляндии. В свою очередь, Финляндия признает, что на золото она практически не изучена по сравнению с другими золотоносными провинциями архейских щитов. Поэтому Карелия обладает большим потенциалом на обнаружение новых, в том числе и крупных, месторождений золота.

Прямых геофизических методов поиска золота пока не изобрели, но большой спрос этого металла на рынках всего мира толкает людей постоянно организовывать его поиски и добычу из недр нашей Земли. Большое число генетических типов месторождений золота ставит свои рамки применения тех или иных геофизических, геологических и геохимических методов. Поэтому для каждого генетического типа месторождений на определенном

этапе геологоразведочных работ применяют свой комплекс работ, который должен являться рациональным для решения поставленных геологических задач. И под словом «рациональный» понимается не только однозначное решение поставленных задач, но и экономическая эффективность этого комплекса, что в свете недавнего экономического кризиса занимает одну из верхних позиций. И при выборе комплекса работ нужно учитывать эти критерии одновременно.

Уже второй полевой сезон компания «Mineral Exploration Network Ltd.», в состав которой входят, в основном, студенты Российских вузов, использует свои ресурсы на поиск и оценку месторождений золота в пределах зеленокаменных поясов Финляндии. За два летних сезона было отработано 7 участков общей площадью более 200 км², и опытным путем выделен комплекс геологических, геохимических и геофизических методов, позволяющий при небольших затратах средств и времени дать максимальный объем данных для оценки потенциальной золотоносности участков [2].

Анализируя месторождения, рудопроявления и проведенные работы по их поиску в пределах зеленокаменных поясов Карелии и Финляндии можно сделать вывод, что большая их часть контролируется сдвиговыми дислокациями [1,4], что в комплексе с большим различием пород зеленокаменного пояса по магнитной восприимчивости ставит магниторазведку на ведущее место в комплексе работ по поиску золота в пределах зеленокаменных поясов. Существующие материалы комплекса аэрогеофизических методов, свободно доступные всем желающим, позволяют локализовать перспективные участки на ранних стадиях прогнозно-поисковых работ. В то время как детальная наземная магнитная съемка позволяет уточнить геологическое строение при локальных работах. На ее сторону встает относительно низкая стоимость проведения магниторазведочных работ в совокупности с их большой производительностью и «экспрессностью».

В комплексе работ магниторазведка выполнялась в площадном варианте на всей площади перспективных участков. Причем постановка этого метода первоочередная. На участках работ это позволило уточнить границы распространения пород зеленокаменного комплекса, а так же при обработке полученных данных были выделены сдвиговые дислокации субмеридионального простирания, которые играют важную роль в формировании месторождений. И это подтверждают результаты лито-геохимического опробования и три зарегистрированные рудопроявления на участке работ (рис.1).

Одновременно с магниторазведочными работами проводилось лито-геохимическое опробование (в площадном варианте) по вторичным ореолам рассеяния ручным фланцевым пробоотборником и оперативный анализ отобранных проб на полевом рентгенофлуоресцентном анализаторе. Результаты анализа отобранных проб попадали в руки ответственного геолога на следующий день после отбора, что позволяло контролировать и

корректировать ход работ. Анализ корреляции тех или иных элементов производился по материалам, полученным из баз данных геологической службы, и работам предшественников на самих участках и сопряженных с ними. Поэтому при обработке данных анализировались и отстраивались ореолы рассеивания всех элементов. Потому как одни элементы имели коэффициент корреляции с золотом почти единицу [3], а другие маркировали процессы, происходившие в теле пород.

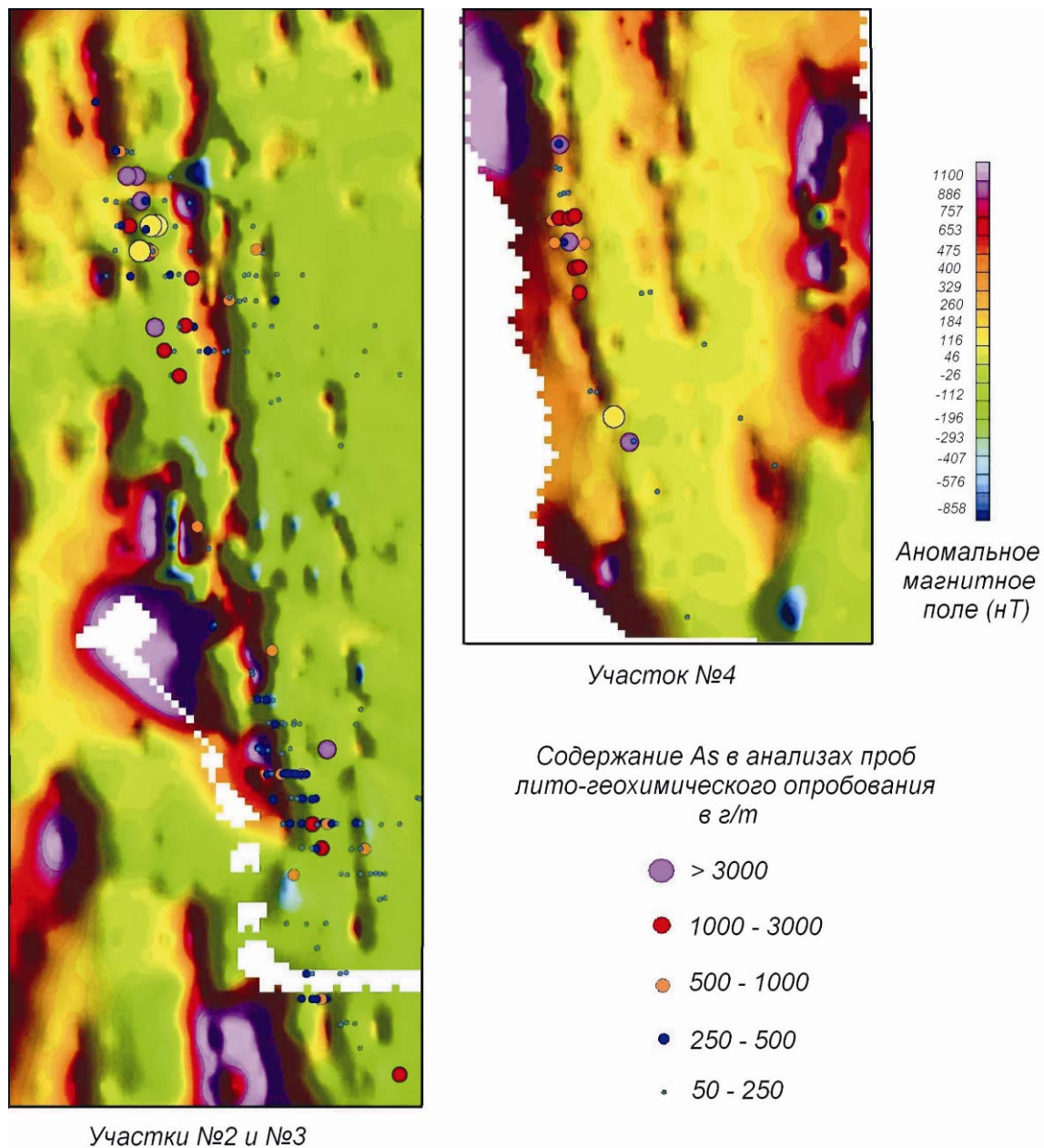


Рис.1. Результаты лито-геохимического опробования, наложенные на карты изолиний аномального магнитного поля участков №2, №3 и №4

Следующей в этапе работ была постановка электроразведки методом дипольного электромагнитного профилирования (ДЭП) и пробоотбор приплотиковой части морены ударным мотобуром. Эти виды работ проводились уже по данным ранее проведенных магниторазведки и литогеохимического опробования. ДЭП не дает большой глубинности исследований по сравнению с другими методами электроразведки, но дает контрастные

ГЕОФИЗИКА И ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ
аномалии и обеспечивает одинаковые условия измерений на каждой точке профиля, что в заболоченных и скалистых участках местности играет важную роль.

Принятая методика позволяет быстро и качественно разбраковывать участки на основе оценки наличия и потенциального масштаба золотого оруденения.

Литература:

1. *Иващенко В.И.* Золото фенноскандии – металлогения и перспективы золотоносности территории Карелии. Труды Карельского научного центра РАН. Выпуск 9. Петрозаводск, 2006. С. 84-111.
2. Предварительный отчет о результатах поисковых работ в пределах группы лицензий «Пилола». Mineral Exploration Network (Finland) Ltd. Kuhmo. 2010.
3. Archaean evolution of the Tipasjärvi-Kuhmo-Suomussalmi greenstone complex, Finland. 2009.
4. Database «FINGOLD» – A public database on gold deposits in Finland // http://en.gtk.fi/ExplorationFinland/Commodities/Gold/gtk_gold_map.html
5. *E.Luukkonen, T.Halkoaho, A. Hartikainen.* Itä-Suomen arkeiset alueet –hankkeen (12201 ja 210 5000) toiminta vuosina 1992 – 2001 Suomussalmen, Hyrynsalmen, Kuhmon, Nurmeksen, Rautavaaran, Valtimon, Lieksan, Ilomantsin, Kiihtelysvaaran, Enon, Kontiolahden, Tohmajärven ja Tuupovaaran alueella. GTK. 2002.

Применение сейсморазведки МОВ-ОГТ для решения инженерно-геологических задач в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области**Яковлев А.С.**СПГГИ (ТУ), Санкт-Петербург, Россия, *yakovlev_as@mail.ru*

Приведен ряд примеров опытно-методических сейсмических работ методом отраженных волн (МОВ-ОГТ) на территории Санкт-Петербурга и пригородов с целью выбора оптимальной методики полевых работ, способов обработки и интерпретации сейсмических материалов, обеспечивающих детальное изучение верхней части геологического разреза (ВЧР) при решении инженерно-геологических задач.

Several examples of seismic reflection method test surveys in St.-Petersburg and its suburbs are reviewed. The key point of research was the choice of an optimum field seismic works technique, processing and interpretation technique, providing the reliable solution of shallow depth investigation for the presented area.

В настоящее время благодаря быстрому развитию аппаратуры и программного обеспечения малоглубинная сейсморазведка все чаще применяется для решения различных инженерно-геологических задач. Наибольшее распространение среди сейсмических методов получили метод преломленных волн (МПВ) и сейсмическая томография (СТ), направленные на регистрацию преломленных волн с последующей их кинематической или томографической обработкой. Это объясняется относительной простотой выделения преломленных волн, регистрируемых в первых вступлениях.

Однако, при решении структурно-геологических задач, таких как расчленение геологического разреза, выделение тектонических нарушений, погребенных русел рек и т.п., разрешающая способность и точность структурных построений МОВ-ОГТ существенно выше, чем при использовании МПВ и СТ.

Ограниченное применение МОВ-ОГТ объясняется отсутствием обоснованной методики полевых работ и способов обработки сейсмических материалов, обеспечивающих надежную регистрацию отраженных волн от неглубоко залегающих границ и их последующее выделение в процессе обработки.

Основной задачей исследования являлся выбор оптимальной методики полевых сейсморазведочных работ и способов обработки сейсмических материалов на примере территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области. В качестве примеров приведены результаты опытно-методических сейсмических исследований методом МОВ-ОГТ на трех участках: территория учебной базы СПГГИ (ТУ) в пос. Кавголово; район станции метро «Девяткино»; район станции метро «Гражданский проспект».

Для проведения полевых работ использовались две 24-х канальные цифровые сейсмостанции "Лакколит-Х-М2". Регистрация осуществлялась одновременно двумя сейсмостанциями (48 каналов). В качестве источника упругих волн применялась кувалда массой 8 кг с металлической подставкой в форме диска диаметром 300 мм и толщиной 12 мм.

На разных участках изменялись параметры системы наблюдений: количество накоплений ударных воздействий на каждом пункте возбуждения (ПВ), шаг между ПВ и пунктами приема (ПП), максимальные удаления источник-приемник, кратность наблюдений.

Одной из характерных особенностей волнового поля в малоглубинной сейсморазведке с невзрывными источниками упругих волн является наличие низкоскоростных поверхностных волн (волны Релея и Лява) распространяющихся непосредственно от ПВ в виде расходящегося цуга интенсивных низкочастотных колебаний (рис. 1).

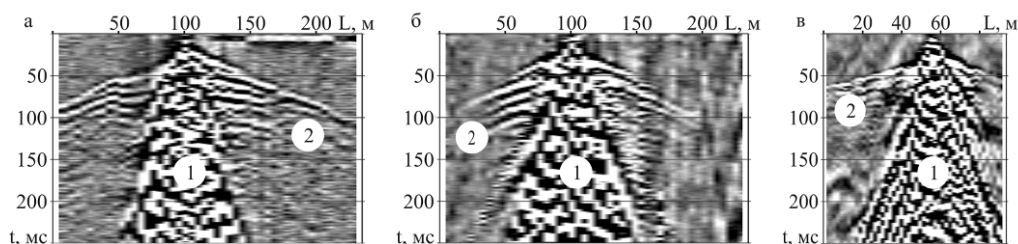


Рис. 1. Примеры полевых сейсмограмм общей точки возбуждения: а) пос. Кавголово ($\Delta\text{ПП}=\Delta\text{ПВ}=5$ м, 5 накоплений в каждом ПВ, макс. удаление ПП от ПВ – 235 м); б) район станции метро «Девяткино» ($\Delta\text{ПП}=5$ м, $\Delta\text{ПВ}=1$ м, без накоплений, макс. удаление ПП от ПВ – 235 м); район станции метро «Гражданский проспект» ($\Delta\text{ПП}=2$ м, $\Delta\text{ПВ}=1$ м, 5 накоплений в каждом ПВ, макс. удаление ПП от ПВ – 94 м). 1 – поверхностные волны; 2 – отраженные волны.

На образование этих волн расходуется более 60% энергии источника колебаний, в то время как на образование отраженных волн приходится порядка 10% [1]. Интенсивность поверхностных волн на 40-60 дБ выше, чем у продольных отраженных волн, в связи с чем, выделение отраженных волн вблизи ПВ сильно затруднено.

Существует ряд методов, использующих в качестве полезных волн поверхностные волны, несущие информацию о строении самой верхней части разреза на глубины приблизительно равные преобладающей длине этих волн [2]. На их основе разработаны адаптивные процедуры подавления поверхностных волн на сейсмических материалах МОВ-ОГТ [3], которые пока не получили широкого распространения.

Помимо регулярных волн помех на сейсмических записях постоянно присутствует случайный фон шумов – микросейсм, а при проведении сейсмических исследований в черте города и вблизи автомобильных дорог также присутствуют техногенные помехи, которые по интенсивности могут значительно превосходить отраженные волны.

Методика работ должна обеспечивать ослабление помех при полевых работах, либо создать предпосылки для их ослабления при обработке материалов. Основной задачей обработки материалов малоглубинной сейсморазведки МОВ-ОГТ является увеличение соотношения сигнал-помеха. При этом, из-за низкого соотношения сигнал-помеха, использование некоторых процедур, успешно применяемых в обработке материалов нефтяной сейсморазведки, как правило, не дает положительного результата в малоглубинной.

При обработке сейсмических материалов, полученных в ходе данного исследования, применялись следующие процедуры: автоматическая регулировка усиления, различные

варианты полосовой фильтрации, двумерная фильтрация в области частот и волновых чисел (F-K области), верхний и нижний мьютинг, определение эффективных скоростей по сейсмограммам общей средней точки (ОСТ), ввод кинематических поправок и суммирование сейсмограмм ОСТ.

Результатом обработки являются временные сейсмические разрезы (рис. 2, 3, 4). Выделяемые на временных разрезах отражающие границы вероятнее всего соответствуют границам в отложениях четвертичного возраста.

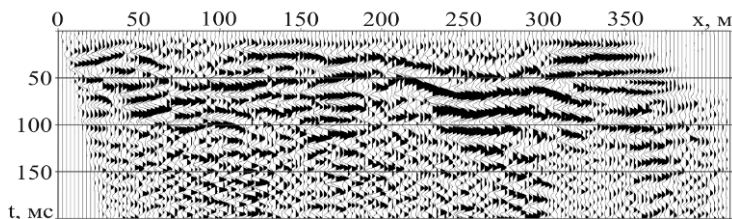


Рис. 2. Временной сейсмический разрез по профилю в пос. Кавголово

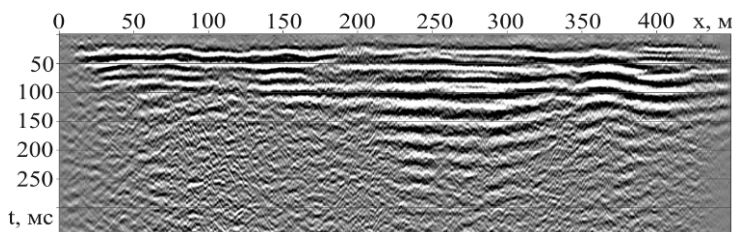


Рис. 3. Временной сейсмический разрез по профилю в районе станции метро «Девяткино»

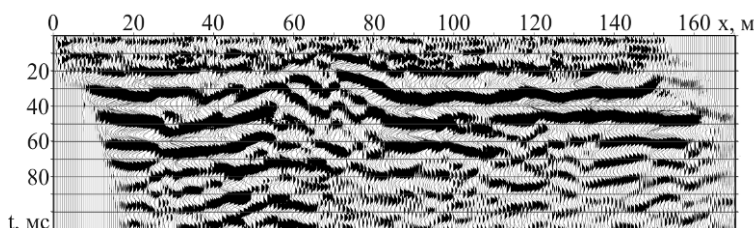


Рис. 4. Временной сейсмический разрез по профилю в районе станции метро «Гражданский проспект»

Для сопоставления результатов сейсмических работ с данными бурения необходимо проводить сейсмические исследования в скважинах: акустический каротаж (АК), вертикальное сейсмическое профилирование (ВСП) или сейсмический каротаж (СК).

На участке в пос. Кавголово проведено ВСП в наблюдательной гидрогеологической скважине (рис. 5а). Из-за сложного рельефа и близлежащих строений отработать наземный профиль вблизи скважины не представлялось возможным. Временной сейсмический разрез, представленный на рисунке 2, расположен на расстоянии около 500 м от скважины.

По первым вступлениям проходящих волн на сейсмограмме ВСП определены значения средних и интервальных скоростей продольных волн по глубине (рис. 5). Сопоставле-

ние значений интервальных скоростей с кривой гамма-каротажа и данными бурения показало хорошую корреляцию между ними (рис.5 б, в).

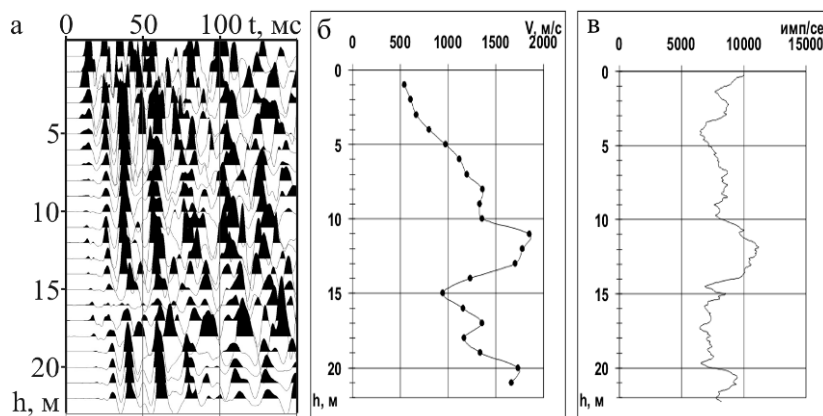


Рис. 5. Результаты ВСП в пос. Кавголово: а – полевая сейсмограмма ВСП (вынос ПВ – 5 м от устья скважины, $\Delta PP=1$ м); б – разрез интервальных скоростей; в – кривая гамма-каротажа; геологический разрез: h=3 м – техногенные грунты, h=8 м – песок пылеватый, серый, h=10,5 м – супесь, h=13,5 м – песок пылеватый, коричнево-желтый, h=25 м – песок серый среднезернистый

В результате исследования разработана оптимальная методика малоглубинных полевых сейсмических работ МОВ-ОГТ, обеспечивающая надежную регистрацию отраженных волн и их выделение при обработке сейсмических материалов, основными параметрами которой являются:

1. Шаг изучения разреза достаточный для надежной корреляции результатов работ при средних скоростях полезных волн 1000 м/с, максимальных углах наклона границ до 45° и преобладающей частоте 125 Гц равен 1 м. Соответственно расстояние между регистрирующими каналами равно 2 м.

2. Максимальное удаление источник приемник определяется из расчета наибольшей глубины изучения разреза - 100 м. Рекомендуется применять фланговые системы наблюдения, чтобы обеспечить прослеживание полезных волн вне области регистрации помех. Шаг между ПВ следует выбирать равным или меньшим шага ПП.

3. Количество накоплений ударных воздействий на каждом ПВ определяется величиной соотношения сигнал-помеха, установленным опытно-методическими работами.

Литература:

1. Теория и практика наземной невзрывной сейсморазведки./Под ред. М.Б. Шнеерсона. М.: Недра, 1998. 527 с.
2. *Orlowsky D., Witte C., Lehmann B.* Near surface investigations over a disposal site for blast-furnace slag using Rayleigh surface waves//First Break. 2006. V. 24. № 6. P. 69-75.
3. *Le Meur D., Benjamin N., Twigger L., Garceran K., Delmas L., Poulan G.* Adaptive attenuation of surface-wave noise// First Break. 2010. V. 28. № 9. P. 83-88.