

ро-глинистых фракциях. Содержание высокомагнети- альных карбонатов — от 20 до 90 %. Наиболее качествен- ные руды формируются в чашевидных мелких структу- рах — мультикапах или образуют шлейф вдоль долины.

Одним из наиболее перспективных на магнезит-ги- дромагнетитовое оруденение участков является Цент- рально-Халиловский, расположенный в средней части серпентинитового массива, в бассейне р. Губерля (ле- вобережье, среднее течение). Объект представляет ряд межгорных речных долин (впадин) протяженностью 700—2000 м и шириной 500—700 м, хорошо выработанных процессами дезинтеграции и денудации, в резуль- тате чего на дне (ложе) структур развиты голоценовые делювиальные и аллювиальные отложения. В пределах центральной части долины в межгорных структурах (долинах) выявлены озерные магнезит-гидротальки- гидромагнетитсодержащие отложения.

В качестве объектов для сравнительной геолого-эко- номической оценки прогнозируемой Халиловской пло- щади были взяты Рокхемптонская площадь с магнезито- выми месторождениями в шт. Квинсленд в Австралии и Халиловское месторождение аморфного магнезита.

Прогнозные ресурсы кат. P_3 Халиловской площади учитывают потенциальную возможность открытия ме- сторождений хемокластогенных магнезитов по резуль- татам региональных исследований. Качество и количе- ство прогнозных ресурсов определялось по аналогии с промышленными месторождениями, которые успешно разрабатываются. Апробированные прогнозные ресур- сы Халиловской площади по кат. P_3 составили 150 млн. т (протокол №33/13 от 29.11 2013 г. ФГУП ЦНИИгеол- неруд).

Прогнозная оценка Халиловской площади на осно- вании установленных критериев и поисковых призна- ков предполагает наличие аморфных магнезитов в зоне карбонатизированных серпентинитов, дисперсных ги- дромагнезитов в зоне выветрелых серпентинитов коры

выветривания, а также магнезит-гидромагнезитовых тел в кайнозойских отложениях речных и озерных фа- ций вблизи серпентинитовых массивов.

Возможная протяженность рудных тел в кайнозой- ских отложениях — от первых десятков до сотен ме- тров, мощность рудных тел будет установлена при по- исковых работах. Залегание магнезитовых тел практи- чески приповерхностное.

Прогнозируемые геолого-промышленные типы ма- гнетитоносных отложений имеют ряд преимуществ: приповерхностное залегание рудных тел, рыхлый (не скальный) характер рудной массы, возможно простая технология добычи, переработки, обогащения и т.д. Серпентинит-гидромагнетитовая композиция предпо- лагает перспективу использования ее для производства периклаз-форстеритовых огнеупоров. Халиловская площадь располагается в сравнительной близости от металлургических комплексов (Челябинский, Магни- тогорский и др.), что позволит избежать больших затрат на транспортные расходы при переработке сырья и ре- ализации продукции. Рекомендуются проведение пои- сковых работ на Халиловской перспективной площади.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шевелев А.И., Щербакова Т.А. Геологическое строение и локали- зация кайнозойских магнезитов / Высокомагнетиальное минеральное сырье. — М.: Наука, 1991. — С. 153–157.
2. Щербакова Т.А. Условия и закономерности магнезитонакопления в терригенно-карбонатных кайнозойских комплексах: Автореф. дис. канд. геол.-минер. наук. — Казань, 2007.
3. Щербакова Т.А., Шевелев А.И. Перспективы выявления месторо- ждений кайнозойских магнезитов в России // Разведка и охрана недр. — 2010. — № 3. — С. 22–25.
4. Щербакова Т.А., Шевелев А.И. Способ прогноза и поисков хемо- кластогенных магнезитов в кайнозойских депрессионных структурах: Заявка 2014 138908 РФ, МПК G01V9/00 (2014.01). Заявл. 25.09.2014 г.
5. Schmid H. Turkey's Salda Lake. A genetic model for Australia's newly discovered magnesite deposits // Industrial Minerals. — 1987. — № 239.

© Щербакова Т.А., Шевелев А.И., 2015

Щербакова Татьяна Анатольевна // root@geolnerud.net
Шевелев Анатолий Иванович // root@geolnerud.net

ГЕОФИЗИКА

УДК 55.550.370

Багрянский А.А.¹, Приходько А.Ю.^{1,2}, Боурнас Н.¹,
Лего Ж.¹ (1 — Geotech Ltd, 2 — ООО «Геотехаэро»)

АЭРОЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ZTEM ДЛЯ ГЛУБИННОГО ИЗУЧЕНИЯ НЕДР

Представлена инновационная аэроэлектромагнитная технология магнетовариационного зондирования ZTEM, основанная на измерениях в воздухе вариаций верти- кальной компоненты естественного магнитного поля в аудио диапазоне частот, а также на синхронном из- мерении вариаций горизонтальных компонент поля на земле. Технология сочетает высокую детальность и большую глубину исследований; множество прак- тических примеров демонстрируют эффективность

использования ее при поисках и изучении различных ви- дов полезных ископаемых. **Ключевые слова:** аудиомagni- тотеллурическое зондирование, аэрогеофизика, поиски месторождений.

Bagryanskiy A.A.¹, Prikhodko A.Yu.^{1,2}, Bournas N.¹, Legault J.¹
(1 — Geotech Ltd, 2 — Geotechaero)

AIRBORNE ELECTROMAGNETIC TECHNOLOGY ZTEM FOR DEEP EXPLORATION

The paper presents an airborne electromagnetic technology of magnetovariational sounding ZTEM. The technology is based on measurements of the vertical component of natural mag- netic field variations in the audio frequency range, and simul- taneous measurements of variations of the horizontal compo- nents of the field on the ground. The technology combines abilities of high detail and deep investigations. The numerical

practical examples demonstrate effectiveness of the technology in exploration of different types of minerals. Key words: audio-magnetotellurics sounding, ZTEM, airborne geophysics, mineral exploration.

Для получения геоэлектрической информации о глубинном строении недр в последние десятилетия эффективно используются геофизические индукционные методы, основанные на естественных электромагнитных полях Земли [1]. Основным преимуществом этих методов, по сравнению с методами, использующими контролируемые источники электромагнитного поля, является большая глубина исследований, благодаря чему данные методы, относящиеся к аудиоманнитотеллурическому, применяются для глубинных исследований структур земной коры и поисков приуроченных к ним различных видов полезных ископаемых [2].

Традиционно магнитотеллурические методы выполняются в наземном варианте, но для преодоления известных ограничений, связанных со стоимостью и производительностью наземных методов, в течение ряда лет разрабатывался аэроэлектромагнитный метод, базирующийся на тех же принципах аудиоманнитотеллурики. В частности, одной из реализаций метода в аэро-варианте является система ZTEM, разработанная в компании Geotech Ltd (Канада). Технология ZTEM обладает высоким потенциалом в поисковой геологии при решении задач рудной геофизики [2].

В данной статье приведены принцип работы и основные характеристики ZTEM системы, на расчетных, модельных исследованиях и на практических примерах показана ее потенциальная петрофизическая и геологическая эффективность.

Основы и особенности метода ZTEM

Источником естественного переменного электромагнитного поля Земли в звуковом диапазоне частот (20 Гц — 20 кГц) является грозовая активность, которая в планетарном масштабе происходит непрерывно и обуславливает разность потенциалов между поверхностью Земли и ионосферой в 200–500 кВ. Этот мощнейший электрический источник и генерирует плоские электромагнитные волны* под поверхностью Земли.

* Простая гармоническая электромагнитная волна с постоянной амплитудой колебаний в любой точке наблюдения.

Магнитотеллурический метод (МТ), который широко используется в наземной геофизике, основан на изучении вариаций естественного электромагнитного поля Земли, а именно на изучении линейной связи между вертикальной и горизонтальными составляющими переменного поля, которая математически выражается в виде так называемого оператора типпера (матрица типпера или матрица Визе-Паркинсона). В аэрогеофизической модификации МТ метода рассматривается только магнитная компонента МТ данных, и для извлечения информации о геоэлектрическом разрезе используется матрица типпера, которая представляет собой серию отношений вертикальной составляющей магнитного поля к горизонтальным в направлении магнитной индукции [8]. Исходя из фундаментальной теории, индуцированное в Земле электромагнитное поле проникает в вертикальном направлении и, в случае слоистой среды, индуцированное магнитное поле в том же направлении не генерируется. Однако присутствие неоднородностей в такой среде обуславливает возникновение локальных аномалий в магнитной составляющей. Основываясь на этом принципе была разработана методика AFMAG (Audio Frequency Magnetism), описанная С. Вардом [9]. Измерительный блок аппаратуры AFMAG представлял собой систему из двух ортогональных катушек, регистрирующих наклон эллипса поляризации электромагнитного поля. Это был оперативный и эффективный метод для картирования электропроводных объектов.

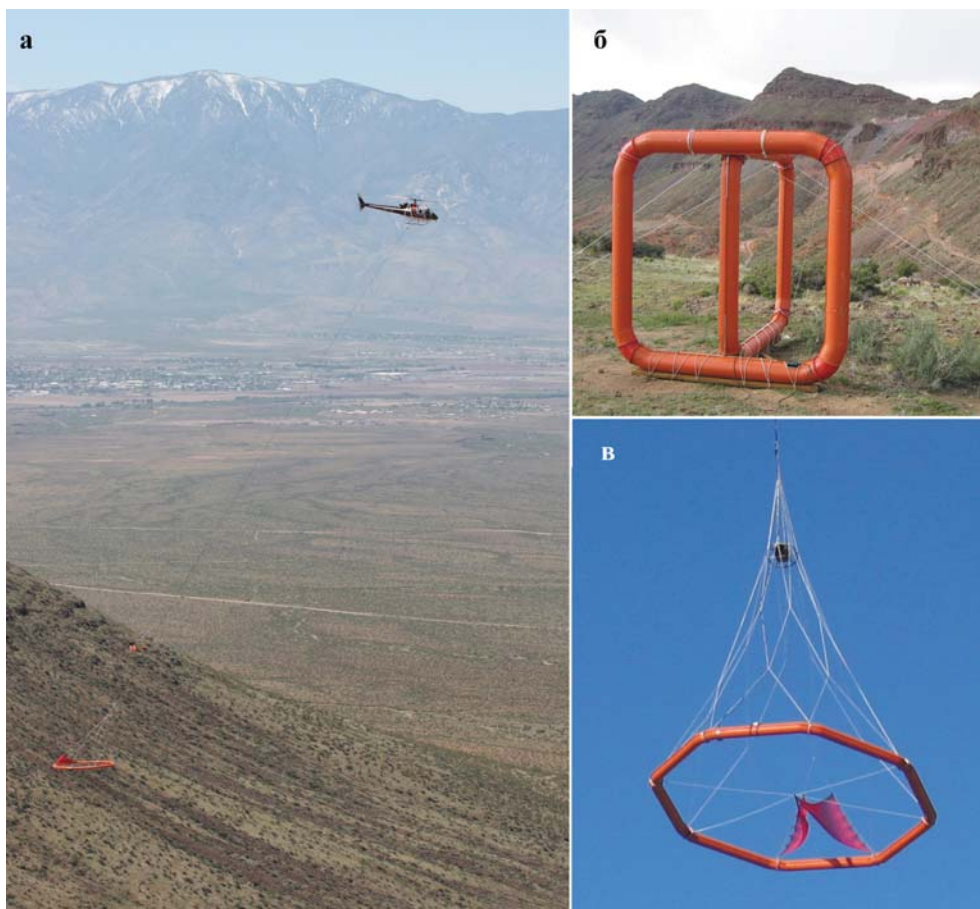


Рис. 1. Система ZTEM: а — ZTEM в процессе съемки, б — наземная базовая станция, в — подвесная вертолетная ZTEM система

Дальнейшие усовершенствования системы AFMAG базировались главным образом на техническом прогрессе электроники, что в результате и привело к конфигурации Z-axis Tipper Electromagnetic System (ZTEM, Geotech Ltd) [6], в которой вертикальная компонента магнитного поля регистрируется с использованием горизонтальной подвесной к вертолету или самолету катушки (рис. 1а, в).

Горизонтальные компоненты магнитного поля измеряются наземной базовой системой (станцией) (рис. 1б). Обработка сигнала основана на использовании частотной передаточной функции, которая связывает вертикальную компоненту магнитного поля, измеренную подвижной воздушной подвесной катушкой, с горизонтальными составляющими, измеренными неподвижной наземной базовой станцией. По сути, это метод магнитовариационного зондирования [1]. Одним из основных преимуществ ZTEM метода перед традиционными наземными методами магнитотеллурики является нечувствительность к искажающему влиянию приповерхностных неоднородностей с понижением частоты и возможность получения информации о глубинном строении, не искаженной статическим сдвигом кажущихся сопротивлений, который характерен для магнитотеллурического зондирования. Другое преимущество ZTEM технологии заключается в том, что с ее помощью возможно проведение съемки больших и удаленных площадей за короткое время.

Для представления данных измерений ZTEM обычно строятся карты общей дивергенции компоненты Z/X (DT) и карты фазового сдвига (Phase Rotation, PR).

Общая дивергенция Z/X находится как

$$DT = \text{DIV} (T_{zx}, T_{zy}) = d(T_{zx})/dx + d(T_{zy})/dy.$$

По картам DT относительно точно определяется положение проводника и его форма, но, что присуще многим производным, этот параметр теряет информацию об относительно региональных особенностях поля (с большей длиной волны), а также чувствителен к уровню шума сигнала.

В качестве альтернативы используются карты параметра полного фазового сдвига (TPR), который рассчитывается по распределению компонент T_{zx} и T_{zy} . Эта процедура превращает дипольные аномалии (cross over) в однополярные с экстремумом, соответствующим положению центра проводника. В то же время эта трансформация сохраняет информацию о длиннопериодных вариациях поля [7]. Параметр Total Phase-Rotation (TPR) и для мнимой, и для вещественной составляющей рассчитывается как

$$TPR = PR(T_{zx}) + PR(T_{zy}),$$

где PR — преобразованные (преобразование Гильберта, 90-градусный фазовый сдвиг) компоненты T_{zx} и T_{zy} .

Глубинность исследований и информативность метода в задачах структурной геологии

Диапазон глубины исследований метода ZTEM определяется шириной диапазона измеряемых частот (22–720 Гц) и зависит от общего электрического сопротивления среды. Например, при сопротивлении геологической среды 100 Ом·м глубинность исследований достигает 1500 м, а в среде с удельным электрическим

сопротивлением 2000 Ом·м измерение сигнала на частоте 30 Гц обеспечит глубину исследований порядка 3 км от поверхности. С повышением общего сопротивления повышается и глубинность исследований. Таким образом, метод обеспечивает глубину исследований, которая является недостижимой для систем с контрлируемыми источниками питающего поля [4].

Как показывают модельные исследования и расчеты (рис. 2), система ZTEM высокочувствительна к контра-

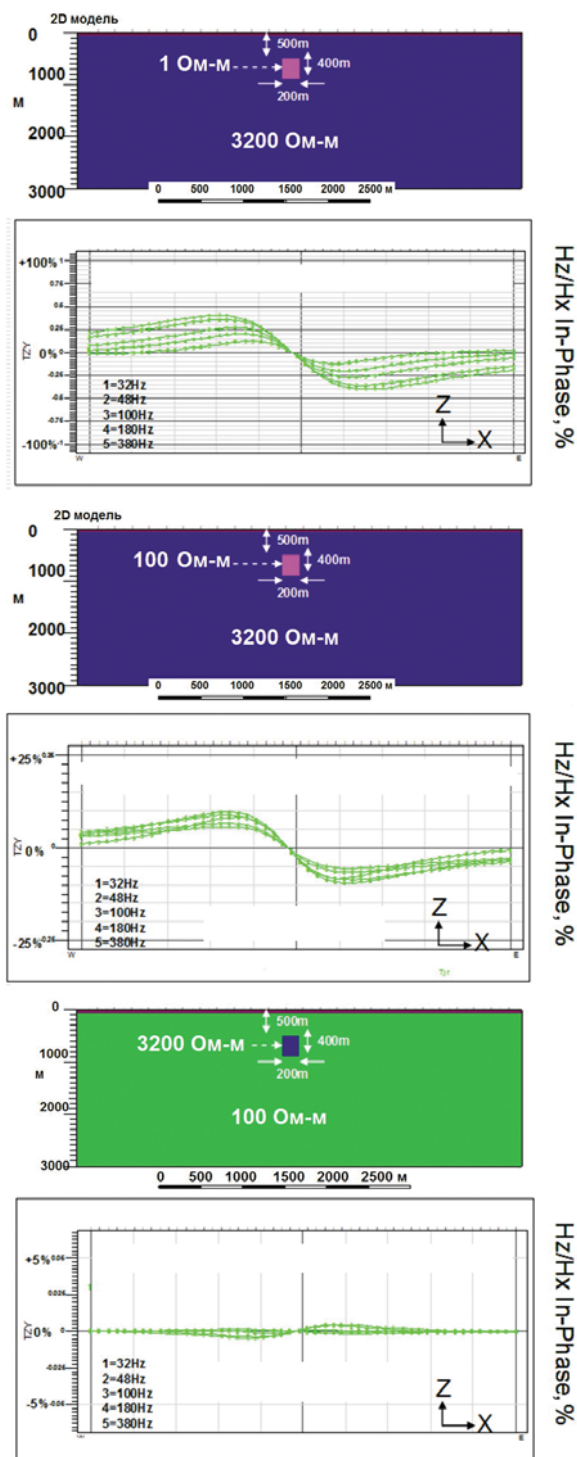


Рис. 2. Расчетный ZTEM-сигнал (графики передаточных функций) от моделей с различным соотношением удельного электрического сопротивления

стам электрического сопротивления, что означает способность детектирования как хорошо проводящих, так и непроводящих электрический ток объектов и границ между ними.

Но, тем не менее, метод является особенно чувствительным к телам и структурам с относительно низким удельным электрическим сопротивлением, к таким, как линейные структуры значительной длины, региональные и прилегающие разломы, тектонические структуры, контролирующие, например, зоны брекчирования и изменений, ассоциирующих с медно-порфировыми системами.

Возможности метода в области реконструкции глубинных структур делают его универсальным в задачах поисков и прогнозирования различных «структурно-контролируемых» видов полезных ископаемых. К настоящему времени геологическая наука создала надежную доказательную базу концепции приуроченности большинства видов полезных ископаемых к разломам корового заложения [3], поэтому трудно переоценить потенциал использования данных ZTEM в задачах прогнозирования месторождений полезных ископаемых и даже целых рудных районов.

На рис. 3 представлены два примера сравнительных карт данных ZTEM и магнитного поля. На практике данные о распределении магнитного поля обычно подвергаются структурной интерпретации и анализу, но, как видно из этих примеров, полнота структурной картины, реконструированной только по магнитному полю, была бы крайне сомнительна.

Комплексирование данных ZTEM и наземного MT

В связи с тем что одномерные электропроводные среды* не продуцируют аномалии вертикальной составляющей магнитного поля, ZTEM система не очень чувствительна к фоновой проводимости, т.е. проводимости однородной вмещающей среды. С целью увеличения чувствительности к фоновой проводимости, совокупного увеличения глубинности исследования и повышения его эффективности, данные наземных магнитотеллурических исследований и данные ZTEM могут комплексироваться. Комбинация даже нерегулярных и редко распределенных по площади данных наземного MT-зондирования с данными сплошных, площадных ZTEM-съемок обеспечивает точную и надежную основу для количественной интерпретации данных ZTEM, равномерно распределенных на изучаемой площади. В этом случае может применяться совокупная инверсия наземных MT и аэро ZTEM данных [4].

* Примером одномерной модели является горизонтально-слоистая среда.

Один из практических примеров такой совместной инверсии данных представлен для золото-серебряной эпitherмальной системы, находящейся в провинции Британская Колумбия (Канада) [5]. Иллюстрацией сопоставимости методов может служить прямое сравнение измеренных данных наземных MT и воздушной ZTEM (рис. 4).

Таким образом, наибольшую эффективность глобального изучения территорий можно достичь, комби-

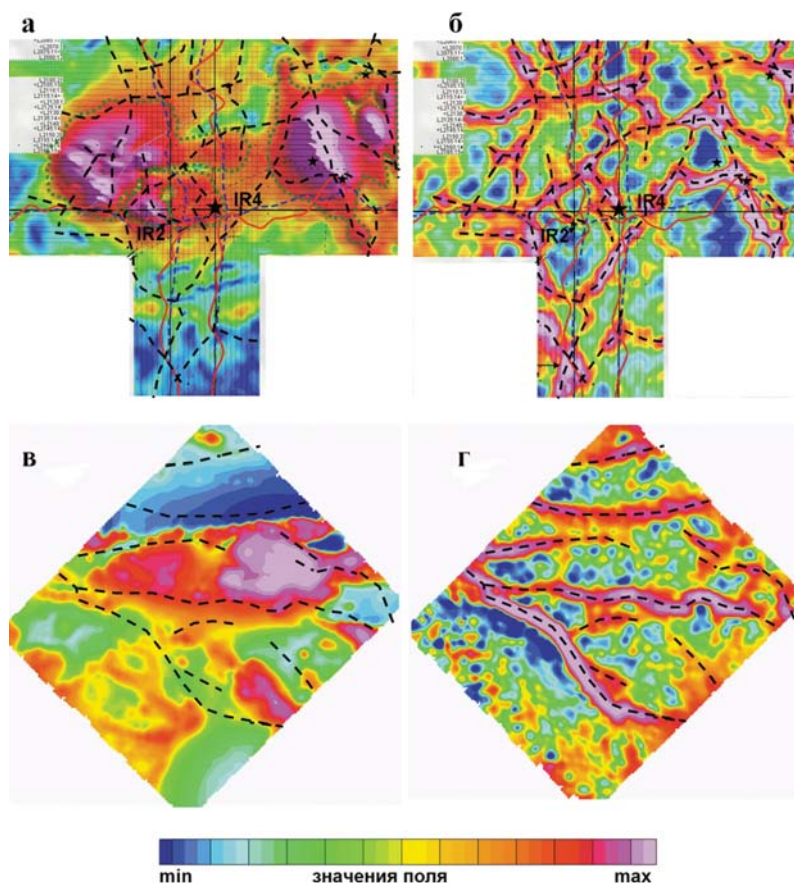


Рис. 3. Сравнительные карты магнитного поля и ZTEM общей дивергенции Z/X : а-б — участок 1: карта магнитного поля с линейными ZTEM дивергенции (а) и карта ZTEM дивергенции, 75 Гц (б); в-г — участок 2: карта магнитного поля с линейными ZTEM дивергенции (в) и карта ZTEM дивергенции, 49 Гц (г)

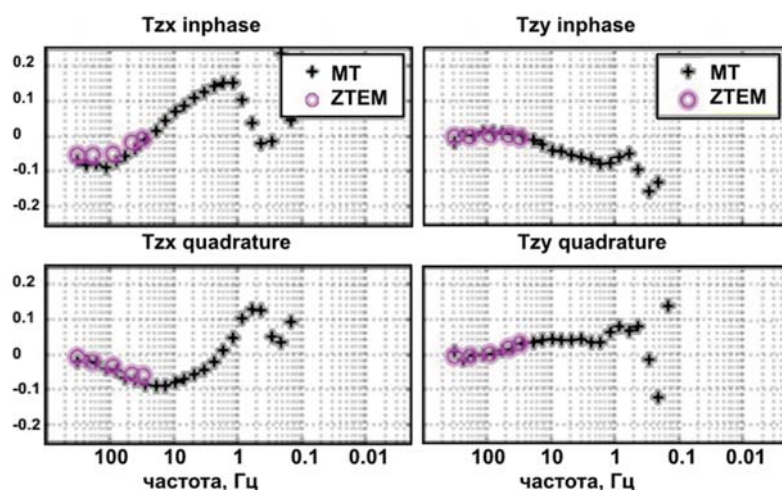


Рис. 4. Сравнительные кривые данных четырех компонентов матрицы типера ZTEM и наземных MT [5]

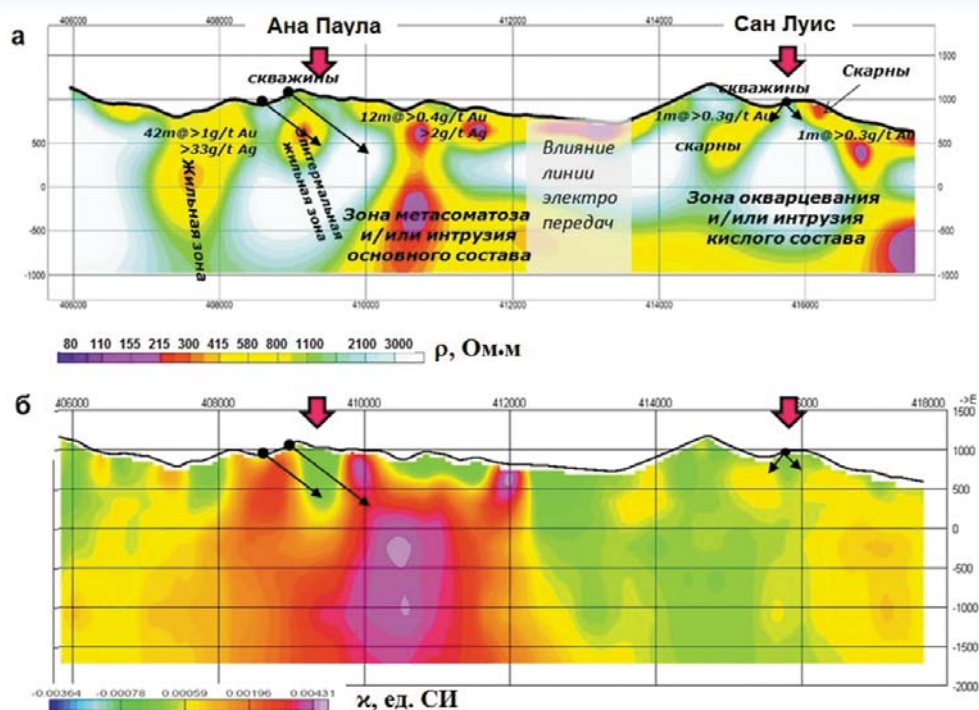


Рис. 5. Разрезы удельного электрического сопротивления по результатам 3D инверсии ZTEM данных (а) и магнитной восприимчивости по результатам 3D инверсии магнитного поля (б) для района месторождений Ана Паула и Сан Луис

нируя сильные стороны наземных МТ (наличие электрической составляющей и возможность использования низких частот, обеспечивающих большую глубину исследований) и воздушной ZTEM (покрытие больших территорий регулярной сетью наблюдений при относительно дешевой цене).

Примеры полевых данных

Технология ZTEM была апробирована на многих типах месторождений полезных ископаемых. Это, например, эпитермальные и скарновые золоторудные месторождения (Мексика), золотосодержащие медно-порфировые (Пэббл на Аляске; Бабайн и Силвер Куин в Британской Колумбии), полиметаллические эксгальационно-осадочные (Нукрах в Саудовской Аравии), золоторудные жильного типа (Эд Дувайхи там же), урановые (бассейн Атабаска в Канаде), геотермальные (Илевенмэйл Каньон в Неваде, США).

Рассмотрим несколько примеров.

В 2013 г. была проведена вертолетная ZTEM и магнитная съемки на одном из участков в пределах **золоторудного пояса Гуэрреро** (Мексика), перспективного на обнаружение месторождений эпитермального и скарнового генезиса.

В площадь ZTEM съемки входили два известных золоторудных месторождения эпитермального и скарнового происхождения — Ана Паула и Сан Луис, приуроченных к структурам северного простирания, контролирующим оруденение. Разрез удельного сопротивления, полученный в результате трехмерной инверсии ZTEM данных вдоль профиля наблюдений, пересекающего оба месторождения, представлен на рис. 5а. В инверсию были вовлечены данные по шести частотам одновременно. На рис. 5б отображено распределение магнитной восприимчивости, полученное в результате 3D

инверсии магнитного поля по тому же профилю.

Субвертикальная зона электропроводности в районе месторождения Ана Паула хорошо коррелирует с зоной минерализации. Минерализованная зона Сан Луис, напротив, соответствует апикальной части зоны высокого сопротивления, расширяющейся с глубиной. Относительно электропроводная зона (100–200 Ом·м) наблюдается в районе месторождения Ана Паула, которое считается эпитермальным. В противоположность этому, месторождение Сан Луис (скарновое) находится в центре аномалии относительно высокого электрического сопротивления (600–800 Ом·м), отражающего присутствие либо зон распространения наложенных процессов окварцевания, либо порфи-

ритов, обогащенных кварцем и полевым шпатом.

Как видно из приведенных результатов, по данным ZTEM хорошо определяются объекты как с низким, так и с высоким удельным электрическим сопротивлением, причем в обоих случаях характеристики сопротивления могут отражать факторы или атрибуты золоторудной минерализации в зависимости от ее генетической принадлежности.

Месторождение Пэббл представляет собой крупную золотосодержащую медно-порфировую систему в южной части Аляски. Восточная зона оруденения находится на глубине ~500 м с эквивалентным содержанием меди 0,6 %. Западная, близповерхностная зона месторождения ограничивается содержанием меди в эквиваленте 0,3 %. Результаты ZTEM съемки продемонстрировали высокую степень соответствия геолого-геохимической и геофизической (ZTEM) информации о системе медно-порфирового оруденения. Результаты ZTEM инверсии подтверждают тектонический контроль обеих зон минерализации.

Заключение

Использование ZTEM технологии на протяжении ряда лет продемонстрировало, что она служит эффективным инструментом геологоразведочных исследований при решении задач структурного картирования и прогнозирования различных видов месторождений полезных ископаемых. Одной из характерных особенностей технологии является ее чувствительность к электропроводным зонам, часто соответствующим разуплотненным, глубинным структурам и разломам. Возможность использования на сегодняшний день довольно хорошо разработанных инструментов 2- и 3-мерной инверсии измеренных сигналов позволяет производить количественную интерпретацию данных экономического и техно-

логичного метода ZTEM и применять его для широко-масштабных глубинных исследований и поисковых работ практически на все виды полезных ископаемых.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бердичевский, М.Н., Дмитриев В.И. Модели и методы магнитотеллурики. — М.: Научный мир, 2009.
2. Варенцов И.М., Куликов В.А., Яковлев А.Г., Яковлев Д.В. Возможности методов магнитотеллурики в задачах рудной геофизики // Физика Земли. — 2013. — № 3. — С. 9–29.
3. Мишин Н.И., Степина З.А., Панфилов А.Л. Структурная организация рудных полей. — СПб.: Автор, 2007.
4. Holtham E., Oldenburg D.W. Three-dimensional inversion of MT and ZTEM data. — SEG. Expanded Abstracts. — 2010. — P. 655–659.
5. Hubert J., Lee B., Unsworth M., Richards J. et al. Imaging a Ag-Au rich epithermal system in British Columbia, Canada with airborne ZTEM and ground magnetotelluric data. — SEG. Annual Meeting. — 2013. — P. 1606–1610.

6. Lo B., Zang M. Numerical modeling of Z-TEM (airborne AFMAG) responses to guide exploration strategies / SEG. 78th Annual International Meeting. Expanded Abstracts. — 2008. — P. 1098–1102.
7. Lo B., Legault J.M., Kuzmin P., Combrink M. ZTEM (Airborne AFMAG) tests over unconformity uranium deposits / Extended abstract submitted to 20th ASEG International Conference and Exhibition. — Adelaide, 2009.
8. Vozoff K. The magnetotelluric method in the exploration of sedimentary basins // Geophysics. — 1972. — V. 37. — P. 98–141.
9. Ward S.H. AFMAG — airborne and ground // Geophysics. — 1959. — V. 24. — P. 761–787.

© Коллектив авторов, 2015

Багрянский Андрей Александрович // Andrei@geotech.ca
Приходько Александр Юрьевич // Alexander@geotech.ca
Боурнас Насреддин // Nasreddine.Bournas@geotech.ca
Лего Жан // jean@geotech.ca

ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК 556.3 (1/9)

Челидзе Ю.Б., Барон В.А. (ФГУП «ВСЕГИНГЕО»),
Пугач С.Л., Кокорева С.В. (ФГУП «Гидроспецгеология»)

ОБЩЕЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ КАК ОСНОВА СИСТЕМНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ, ИЗУЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД РОССИИ

Рассмотрены методика, технология и результаты общего гидрогеологического районирования РФ, выполненного с использованием современных знаний о геологическом строении, тектонике и гидрогеологических условиях страны. Прикладное значение районирования заключается в разработке единых принципов и технологии выделения и обоснования гидрогеологических структур разного порядка на федеральном, региональном и территориальном уровнях. Оно служит базой для решения практических задач, организации и ведения мониторинга состояния недр, эффективного планирования дальнейших гидрогеологических исследований. **Ключевые слова:** общее гидрогеологическое районирование, сложные артезианские бассейны плит, гидрогеологические складчатые области, гидрогеологические массивы, щиты.

Chelidze Yu.B., Baron V.A., (VSEGINGEO), Pugach S.L.,
Kokoreva S.V. (Hydrospecgeologia)

GENERAL HYDROGEOLOGICAL ZONING AS A BASIS FOR SYSTEM MAPPING, STUDYING, USE AND ASSESSMENT OF THE GROUNDWATER STATE IN RUSSIA

The technique, technology and results of the general hydrogeological zoning of the Russian Federation, which has been implemented with the use of modern knowledge about the geological structure, tectonics and hydrogeological conditions in this country, are described. An applied importance of the zoning lies in development of unified principles and technology for determination and substantiation of different-order hydrogeological structures. It serves as a basis for: solving practical tasks, organization and conduction of mineral resources state monitoring; system-

atization and generalization of geologic-prospecting works; calculation of groundwater resource potential; effective planning of further hydrogeological investigations. **Key words:** general hydrogeological zoning, complicated artesian basins of plates, hydrogeological folded areas, hydrogeological massifs, shields.

ФГУП «ВСЕГИНГЕО» совместно с ФГУП «Гидроспецгеология» завершают работы по общему гидрогеологическому районированию территории Российской Федерации (Государственный контракт с Федеральным агентством по недропользованию № АМ-02-34/26 от 06.08.2013 г.). Работы осуществляются в рамках решения Федерального агентства по недропользованию со следующей формулировкой: «Принять и использовать в качестве временной информационной основы при ведении ГМСН на федеральном, региональном и территориальном уровнях Карту гидрогеологического районирования территории Российской Федерации (для ведения мониторинга подземных водных объектов) масштаба 1:2 500 000... Рекомендовать ФГУП «ВСЕГИНГЕО» совместно с ФГУП «Гидроспецгеология» подготовить обосновывающие материалы для постановки объекта с целью разработки методики общего гидрогеологического районирования и гидрогеологической стратификации территории Российской Федерации».

Основной задачей работ является актуализация «Карты гидрогеологического районирования территории Российской Федерации масштаба 1:2 500 000» (для ведения мониторинга подземных водных объектов), которая была подготовлена в 2011 г. ФГУП «Гидроспецгеология» и принята Роснедрами (протокол от 07.02.2012 № 18–83-пр.) [2]. После актуализации карта становится нормативно-методическим документом.

Гидрогеологическое районирование является одной из основных проблем региональной гидрогеологии. Оно отражает изученность гидрогеологических условий, региональные закономерности строения гидролитосферы и служит основой для прикладных исследований, решения практических задач, для систематизации и обобщения