

Хасанов Ибрагим Мубаракovich

ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ ЮГО-ВОСТОКА ЯНО-КОЛЫМСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ СИСТЕМЫ И ЕГО ЗОЛОТОРУДНЫХ УЗЛОВ ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ.

Специальность 25.00.10 – геофизика,
геофизические методы поисков полезных ископаемых

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Иркутск

2010

Работа выполнена в Северо-Восточном комплексном научно-исследовательском институте ДВО РАН.

Научный руководитель: кандидат геолого-минералогических наук
Шарафутдинов Владимир Михайлович

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук, профессор
Поспеев Александр Валентинович (ЗАО «Восточный геофизический трест» г. Иркутск)
доктор геолого-минералогических наук, профессор
Жан Вячеславович Семинский (Иркутский технический государственный университет, г. Иркутск)

Ведущая организация: ООО «МГУ-Геофизика» (г. Москва)

Защита состоится «19» мая 2010 года в 9 часов на заседании Диссертационного совета Д 003.022.02 при Институте земной коры СО РАН в конференц-зале по адресу:
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 128

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Иркутского научного центра СО РАН в здании Института земной коры СО РАН.

Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направлять по указанному адресу ученому секретарю совета

канд. геол.-мин. наук Меньшагину Юрию Витальевичу, E-mail: men@crust.irk.ru

Автореферат разослан « » апреля 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
канд. геол.-мин. наук

Меньшагин Ю.В.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Актуальность изучения глубинного строения рудных узлов и их периферии в пределах Яно-Колымской складчатой системы, обусловлена прогнозом и выявлением роли глубинных геологических факторов, формирующих рудолокализирующие структуры золоторудных месторождений. Особенности глубинного строения во многом определяют металлогенический потенциал территории. Эти исследования актуальны для Северо-Востока России в связи с истощением россыпных месторождений и, как следствие, необходимостью поиска рудных месторождений золота, преимущественно крупнообъемных морфогенетических типов, для обеспечения функционирования существующих и новых горнодобывающих предприятий. Разработанные глубинные геофизические критерии, характерные для золоторудных узлов, позволят выбрать направление региональных геологических исследований и поисков новых крупных золоторудных месторождений. Юго-восток Яно-Колымской складчатой системы, является, в этом плане, весьма перспективным регионом.

Цели и задачи. Создание геоэлектрической модели глубинного строения исследуемой территории, выявление особенностей глубинного строения рудных узлов на основе магнитотеллурических, петрофизических, минералогических исследований и по другим геолого-геофизическим данным.

Для этого в представленной работе решены следующие задачи:

Выполнена интерпретация магнитотеллурических данных для неоднородной блоково-слоистой среды, применительно к условиям геоэлектрического разреза юго-востока Яно-Колымской складчатой системы;

Выявлены субвертикальные зоны повышенной электрической проводимости мощностью около 10 км и глубиной до 25 км;

Установлена геологическая природа локальных геоэлектрических неоднородностей в верхней части земной коры;

Выявлена и геолого-минералогическими исследованиями подтверждена пространственно-генетическая связь субвертикальных зон электропроводности, зон аномальных петрофизических параметров и рудной минерализации;

Создана геоэлектрическая модель глубинного строения исследуемой территории и определены характерные особенности глубинного строения золоторудных узлов.

Фактический материал и личный вклад автора. В основу работы положены результаты исследований, проведенных под руководством и с личным участием автора по проектам и темам ЦГЭ СВПГО, ОАО «Магадангеология», ООО «Северо-Запад», СВКНИИ начиная с 1989 года по 2008 год. За указанный период диссертантом выполнен большой объем геофизических и петрофизических исследований в золоторудных узлах Яно-Колымской складчатой системы. В 1990-1998 годах принимал участие в проектировании, подготовке и проведении первых производственных работ магнитотеллурическими зондированиями (по профилям Уптар-Мяжит, Хасын-Детрин). В период с 1999 по 2005 год автор проводил магнитотеллурические зондирования в рамках работ по геологическому доизучению масштаба 1: 200000 на площади листов Р-55-ХI, ХVII, Р-55-ХХII, ХХIII и при структурно-геофизических работах по созданию объемной физико-геологической модели глубинного строения Центрально – Колымского района для целей ГДП – 200 (отв. исполнитель Хасанов И.М.). В процессе этих работ автор совместно с ООО «Северо-Запад» принимал участие в интерпретации геоэлектрических данных. Результаты работ методом магнитотеллурических зондирований позволили автору построить в пределах исследуемой территории 11 геоэлектрических разрезов до глубин 20-25 км. Объем исследований составил 205 физических точек наблюдения МТЗ, с общей протяженностью профилей 810 км. В 2004-2008 годах в составе лаборатории геофизики СВКНИИ ДВО РАН диссертант руководил геофизическими (МТЗ, магниторазведка) исследованиями глубинного строения Кулинского сейсмогенного узла, а также участвовал в обработке и интерпретации петрофизических геолого-минералогических данных, полученных лабораторией на полевых работах в пределах Наталкинского месторождения и Омчакского рудного узла (1168 образцов).

Научная новизна. Впервые для юго-востока Яно-Колымской складчатой системы, на основе интерпретации кривых магнитотеллурического зондирования построена геоэлектрическая модель исследуемой территории. В её пределах также впервые выделены субвертикальные зоны

повышенной электропроводности глубиной 20-25 км, которые отождествляются с глубинными рудоконтролирующими разломами.

Установлены геоэлектрические неоднородности глубинного строения земной коры в золоторудных узлах, определены природа и параметры этих неоднородностей.

Также впервые для исследуемого региона на примере Омчакского рудного узла проведен комплекс петрофизических и геолого-минералогических исследований горных пород субвертикальной зоны проводимости, на основании которых установлена природа ее верхней части (до глубин 1 км).

В результате сопоставления глубинных геоэлектрических параметров с данными полученными другими методами выявлены обобщенные геолого-геофизические критерии, характеризующие золоторудные узлы юго-востока Яно-Колымской складчатой системы.

Защищаемые положения:

1. Обобщенная модель геоэлектрического разреза юго-востока Яно-Колымской складчатой системы состоит из трех элементов: сложно построенного и преимущественно проводящего осадочного чехла; его высокоомного основания; корового проводящего слоя.

2. В геоэлектрическом разрезе территории выявлены субвертикальные проводящие зоны мощностью до 10 км и глубиной заложения до 20-25 км, которые простираются на десятки километров и отождествляются с зонами глубинных рудоконтролирующих разломов.

3. В пределах эталонного Омчакского золоторудного узла выделена двухуровневая петрофизическая зональность: первый уровень связан с процессом регионального метасоматоза, второй - с образованием рудной залежи и её обогащенных участков. Геолого-минералогическими и петрофизическими исследованиями установлена природа повышенной проводимости верхней части субвертикальной зоны, обусловленная наличием углеродистого вещества и сульфидов, особенностями их распределения.

4. Определены характерные геоэлектрические особенности глубинного строения золоторудных узлов юго-востока Яно-Колымской складчатой системы, на основе которых выделены их основные критерии: наличие глубинных разломов, присутствие развитой по латерали туфо-песчанистой толщи, близость (первые километры) магматического тела, приуроченность к локальному выступу кристаллического фундамента.

Практическое значение. Новые данные, полученные в результате проведенных исследований, позволяют уточнить закономерности размещения известных и потенциальных золоторудных узлов в юго-восточной части Яно-Колымской складчатой системы. Выполненная интерпретация геолого-геофизических данных существенно расширяет представления о глубинном строении и особенностях формирования золоторудных узлов. На ее основе выделены территории для геологического доизучения и участки для проведения поисковых работ.

Полученные материалы могут быть использованы для оценки участков недр и в других регионах сходного геологического строения (центральная и северо-западная части Яно-Колымской системы, Аннойская зона Чукотской системы и др.)

Апробация. Основные результаты диссертационных исследований неоднократно докладывались на региональных (Магадан, 2001) и всероссийских (Магадан, 2003; 2005, 2006, 2007) совещаниях и конференциях, международных конференциях (Казань 2003, Москва 2003) и горно-геологическом форуме (Магадан, 2008).

Автором лично и в соавторстве опубликовано 25 работ, из них 20 по теме диссертации (основные приведены в списке), в их числе 2 статьи в журналах списка ВАК. Ещё одна статья прошла рецензирование и находится в печати (журнал «Вулканология и сейсмология»).

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав и заключения. Объем работы составляет 147 страниц машинописного текста, включая 53 рисунка и 11 таблиц. Список использованной литературы содержит 121 наименование печатных работ.

Во время работы над диссертацией автор пользовался ценными советами своих коллег и товарищей – А.В. Ткачева, А.В. Кошурникова, А.П. Ганова, В.А. Сидорова, М.И. Зименко, Б.М. Седова, В.М. Кузнецова, Н.Л. Алевской. Диссертант, выражает им признательность и благодарность.

Методическую помощь в исследовательской работе и консультации автору постоянно оказывали член-корреспондент РАН Н.А.Горячев, д.г.-м.н. Б.Ф. Палымский, д.г.-м.н. Ю. Я. Ващилов, к.г.-м.н. С.Г. Бялобжеский, к.г.-м.н. В.Г. Шахтыров. Огромное влияние на ста-

новление диссертанта, как специалиста, оказал к.г.-м.н. М.Л. Гельман. Автор признателен Т.И. Михалицыной, которая провела все минералого-петрографических исследования коллекции образцов по месторождению Наталка. Особую благодарность автор выражает своему научному руководителю г.-м.н. В.М. Шарафутдинову за помощь в течение всего времени работы над диссертацией.

Глава 1. Геологическая и геофизическая характеристика глубинных структурно-вещественных комплексов юго-востока Яно-Колымской складчатой системы.

Исследуемая территория расположена между Сибирской платформой и Охотским массивом, с одной стороны, и Приколымо-Черско-Полоусненской складчатой системой - с другой. Складчатая система занимает почти весь бассейн р.Яны, верховья р.Индикирки и р.Колымы. На северо-западе она погружается под воды моря Лаптевых, на юге зона ее сочленения с Корякско-Камчатской складчатой областью перекрыта вулканитами Охотско-Чукотского вулканического пояса (ОЧВП), водной толщей и осадками Охотского моря. Исследуемый район (рис.1) - юго-восточная часть Яно-Колымской складчатой системы (ЯКСС), охватывает Балыгычанское поднятие (БП), южную и центральную части Аян-Юряхского антиклинория (АЮА) и Иньяли-Дебинского синклинория (ИДС). Изучением строения региона занимались Бялобжеский С.Г., Бяков А.С., Вознесенский С.Д., Гельман М.Л., Горячев Н.А., Гончаров В.И., Драпкин И.Е., Кузнецов В.М., Манафов Н.Г., Палымский Б.Ф., Сосунов Г.М., Чанышев И.С., Шпикерман И.В. и др.

Задача настоящих исследований - выявление геоэлектрических особенностей глубинного строения рудных узлов и территории в целом, в совокупности с другими геофизическими методами. В главе представлен обзор геофизических исследований, проведенных предшественниками начиная с 70-х годов XX века по настоящее время, внесших значительный вклад в изучение глубинного строения исследуемой территории, среди которых выделяются: Большаков Б.Н., Ващилов Ю.Я., Ганов А.П., Дубов В.А., Измайлов Л.И., Максимов А.Е., Поспеев А.В., Прихода А.Г., Сальников А.С., Филимонов Б.Н., Туезов И.К., Шарафутдинов В.М., Якупов В.С. и другие.

Основные выводы обзорной главы сводятся к следующему:

1. Геологическая структура района определяется последовательной сменой по вертикали пяти качественно различных и разновозрастных структурно – вещественных мегакомплексов регионального распространения, разделённых резкими угловыми и стратиграфическими несогласиями: рифейско-нижнепалеозойский, среднепалеозойский, верхнепалеозойско-мезозойский, верхнемезозойский, кайнозойский.

2. На карте гравитационного поля исследуемой территории выделяются региональный максимум (восток-северо-восток территории) и минимум (запад-северо-запад территории), отвечающие двум крупным геоблокам, очевидно, с различным по составу кристаллическим фундаментом. Линейные аномалии повышенных значений гравитационного поля, в основном северо-западного простираения, обусловлены структурно-вещественными неоднородностями кристаллического фундамента. Зоны повышенных градиентов поля силы тяжести соответствуют межблоковым, а иногда и магмоконтролирующим разломам. Локальные аномалии пониженных значений различной формы интенсивности и размеров фиксируют гранитоидные интрузии. Очаговые структуры и зоны глубинных разломов, выделенные по гравиметрическим данным, предложены как региональные критерии локализации рудных месторождений полезных ископаемых, в том числе, золото-серебряных, полиметаллов, олова.

3. Анализ геомагнитного поля юго-востока ЯКСС позволил разделить (Чанышев, 1984) всю исследуемую территорию на три крупные области, отвечающие структурам Аян-Юряхского антиклинория, Иньяли-Дебинского синклинория, Балыгычанского поднятия с краевой частью Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. По данным специализированных работ (Измайлов, 1975) повышенными магнитными свойствами обладают изменённые осадочные породы, в значительно меньшей степени - дайковые, практически немагнитными являются гранитоиды. Повышенные магнитные параметры свойственны, как правило, породам содержащим пирротин.

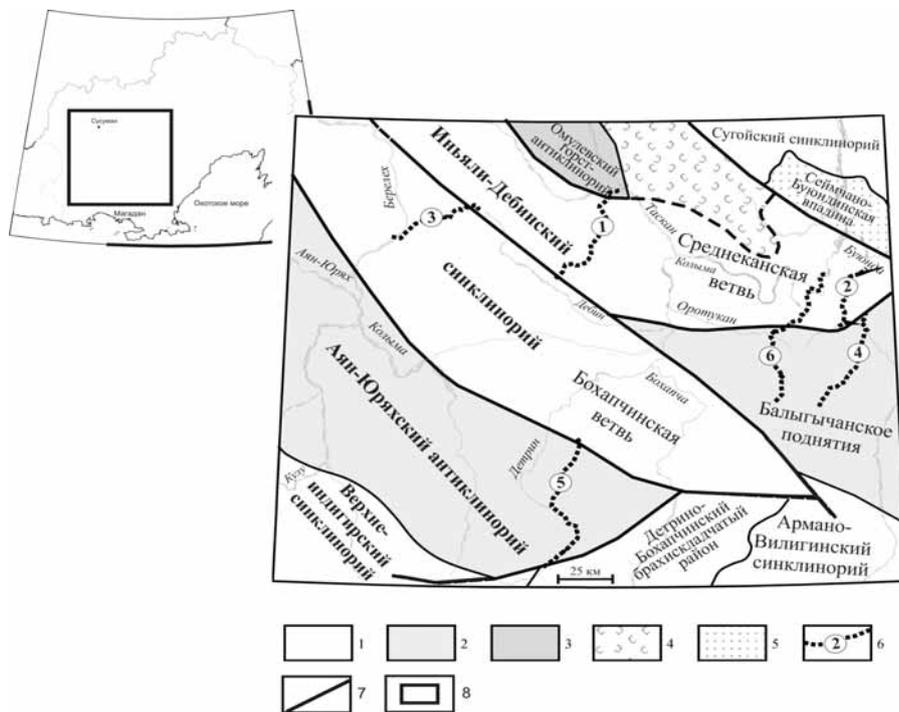


Рис. 1. Схема размещения крупнейших тектонических элементов (по В.М.Кузнецову, 2001 г.) с расположением профилей МТЗ:

1-2 - Яно-Колымская складчатая система: 1 - синклинории, 2 - антиклинории и внутренние поднятия; 3 - Прикольмо-Черско-Полусненская складчатая система; 4 - орогенные впадины мезозой; 5 - неотектонические впадины; 6 – профили МТЗ и их номера: Ягодное – Таскан - 1, Сабарга - 2, Сусуман – Калинина - 3, Стрелка – Кузьмичан - 4, Усть-Омчуг – Обо - 5, Герба – Сеймчан – 6; 7- основные разрывные нарушения; 8 - контур исследуемой территории.

4. По данным сейсмических исследований структура верхней части земной коры юго-восточной части Яно-Колымской складчатой системы характеризуется наличием трех уровней сравнительно резкого снижения степени неоднородности, повышения сейсмической прозрачности и скорости упругих волн, обычно интерпретируемых, как контакты «гранитно-осадочного», «гранитно-базальтового» слоев коры и, собственно, коры и мантии – граница Мохо.

5. Глубинное распределение параметра кажущегося сопротивления свидетельствует о наличии в верхней части геоэлектрического разреза сложнопостроенного, неоднородного, относительно высокоомного слоя общей мощностью до 20 км, состоящего из верхоянского терригенного, рифейско-нижнепалеозойского терригенно-карбонатного комплексов и, возможно, кристаллических образований архея. На глубинах 16-26 км отмечается залегание проводящего горизонта, который может интерпретироваться как коровый проводящий слой (Максимов, 1988).

6. Относительно геологических причин формирования проводящих зон в верхней литосфере, установленных практически во всех регионах мира, существуют две основных гипотезы: водно-метаморфическая, подразумевающая ионную проводимость среды и рудно-графитовая, связывающая ее с электронными проводниками (Поспеев, 1987,1991). Отмечается пространственная связь локальных проводников с определенными закономерностями в размещении рудных узлов. Относительно проводящие локальные геологические неоднородности различных порядков, в изученных регионах, часто имеют определенную металлогеническую специализацию.

Несмотря на проводимые ранее исследования достаточно проблемными, в плане изученности глубинного строения, остаются территории рудных узлов в силу отсутствия необходимого объема геологической информации (глубоких скважин) и поставленных геофизических методов (в том числе МТЗ).

Глава 2. Методические приемы интерпретации магнитотеллурических данных

Одной из наиболее сложных проблем магнитотеллурических методов, возникающих при их применении, является достижение необходимой надежности интерпретации данных. Это связано, в первую очередь, с тем, что реальное распределение магнитотеллурического поля зависит от множества элементов зондируемой среды - как горизонтальных, так и вертикальных.

С целью выбора кривых, по которым производилась интерпретация МТ-данных, было выполнено математическое моделирование. Для моделирования была использована упрощенная,

но близкая к ожидаемой в условиях юго-востока ЯКСС модель геоэлектрического разреза (Хасанов, 2002). Предполагаемый разрез (рис.2.) состоит из: проводящего (20 Ом) верхнего слоя – осадочного чехла, высокоомного (10000 Ом) основания – кристаллического фундамента, корового проводящего (10 Ом) слоя и осложняющих разрез проводящих (2 Ом) вставок – субвертикальных зон проводимости (зоны разломов). Для каждой модели рассчитаны продольные и поперечные модельные кривые сопротивления (рис.3). Было установлено, что в условиях двумерной модели более информативны продольные кривые, а в условиях локальных трехмерных неоднородностей поперечные кривые более чувствительны к разрезу, чем продольные. При интерпретации данных МТЗ была разработана и применена многоэтапная схема обработки.

На первом этапе были рассчитаны магнитотеллурические параметры, характеризующие неоднородность и асимметрию среды (Бердичевский, 1997). Имея комбинацию трёх параметров - N , $skew$ и η - можно отнести разрез к одному из следующих типов: горизонтально-слоистый (1D), двумерный (2D), двумерный с локальными приповерхностными неоднородностями (2D+3D), трёхмерный (3D). Параметр неоднородности среды N определяется на основе главных значений тензора импеданса по формуле $N = (Z_p^+ - Z_p^-) / (Z_p^+ + Z_p^-)$, где Z_p^+ и Z_p^- максимальное и минимальное значения тензора импеданса на данном периоде. Этот параметр характеризует степень горизонтальной изменчивости среды и в одномерном случае равен нулю. Параметр $skew$, характеризующий степень асимметрии среды, рассчитывается по формуле $skew = |(Z_{xx} + Z_{yy}) / (Z_{xy} - Z_{yx})|$. Если среда двумерна, то этот параметр равен нулю. Фазочувствительный параметр асимметрии $\eta = \frac{\sqrt{|\text{Im}(Z_{xy}Z_{yy} + Z_{xx}Z_{yx})|}}{|Z_{xy} - Z_{yx}|}$ (где $Z_{xx} = E_x/H_x$, $Z_{yy} = E_y/H_y$, $Z_{xy} = E_x/H_y$, $Z_{yx} = E_y/H_x$.)

позволяет распознать среду, в которой на региональную двумерную структуру наложены локальные трехмерные неоднородности (в такой среде он равен нулю). Анализ частотных разрезов параметров неоднородности и асимметрии среды указывает, что геоэлектрический разрез очень неоднороден и меняется от преимущественно двумерного к двумерно-трехмерному с искажениями от приповерхностных неоднородностей.

На втором этапе производилась нормализация кривых МТЗ. Задачей нормализации, прежде всего, являются исключение влияния локальных приповерхностных неоднородностей. Нормализация проведена для всех кривых одновременно. При интерпретации использовался период нормализации: $\sqrt{T} = 10 \text{ с}^{1/2}$, радиус сглаживания $R=5$ км. Нормализованные компоненты тензора импеданса использованы для построения разрезов кажущегося сопротивления.

Третий этап реализовался в качественной интерпретации разреза по наблюдаемым кривым МТЗ, при этом использовались все имеющиеся априорные геологические (Чанышев, Фельдман и др., 1984) и геофизические (Вашилов, 1993) данные. К одно-двумерной модели отнесены территории с относительно простым строением. Это небольшие участки с выдержанным почти горизонтально-слоистым разрезом, расположенные в центральной части ИДС. Продольная и поперечная кривые очень близки. К двумерной модели относятся значительные, преимущественно центрально-осевые части Берелехской и Среднеканской синклиналей, Тенькинской антиклинали, Сеймчано-Буюндинской впадины. Близкими к трехмерным моделям являются районы, приуроченные к гранитоидным интрузиям - локальным непроводящим неоднородностям. Наиболее ярко выраженным является район Балыгычанского поднятия и юг Аян-Юрхского антиклинория. Таким образом, в результате анализа геофизических и геологических данных интерпретационная модель представляется диссертанту квазидвумерной, осложненной различными трехмерными неоднородностями. Простираение основных геологических структур центральной части Иньяли-Дебинского синклинория и Аян-Юрхского антиклинория северо-западное, а в пределах Среднеканской ветви ИДС субширотное. Поэтому для центральной части ИДС и АЮА продольными кривыми являются кривые ХУ (Х – на юго-восток, У – на юг-запад), тогда как для Среднеканской ветви ИДС продольными кривыми являются кривые ХУ (Х – на восток, У – на юг).

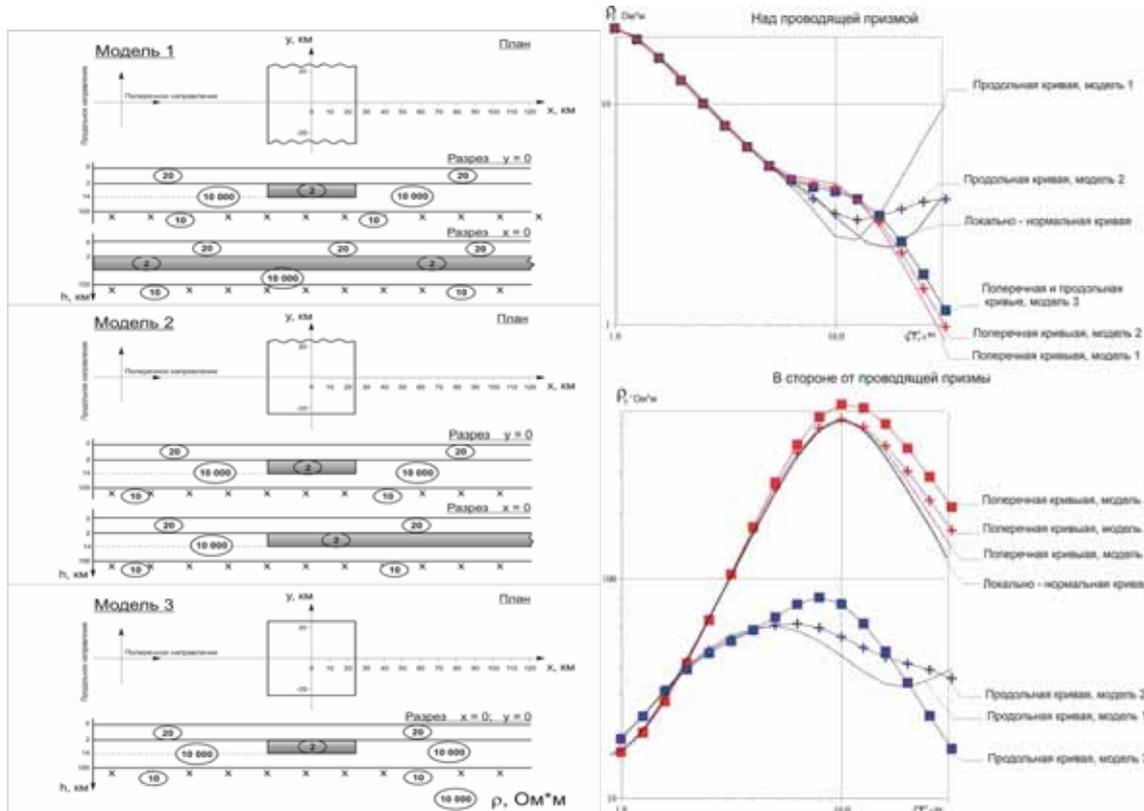


Рис. 2. Модели электрического разреза **Рис. 3. Модельные кривые кажущегося сопротивления**

На последнем этапе проводилась двумерная инверсия магнитотеллурических данных по программе Р. Мэки (Mackie, 2001), при этом на основе геологических, гравиметрических, сейсмических источников информации задавалось положение некоторых возможных геоэлектрических границ. Инверсия проводилась совместно по продольным и по поперечным кривым - бимодальная инверсия с одновременным подбором амплитудных и фазовых кривых.

Стратегия бимодальной инверсии следующая:

1. Выполняется инверсия нормализованных продольных кривых кажущегося удельного сопротивления, (TE - мода) доставляющая информацию о высокоомном основании и коровых проводниках в условиях двумерного строения разреза.
2. Выполняется инверсия поперечных кривых кажущегося удельного сопротивления, (TM - мода) определяющая наличие проводящих разломов и уточняющая коровые высокоомные локальные структуры, характеризующие трехмерность среды. Здесь в качестве стартовой используется модель, полученная путем инверсии нормализованных продольных кривых сопротивления.
3. Результат инверсии поперечных кривых сопротивления возвращается в виде стартовой модели на TE - мода и корректируется путем инверсии продольных кривых, редуцированных к новой стартовой модели. Последовательные переходы с одного уровня на другой продолжаются до тех пор пока на обоих уровнях не достигаются минимальные невязки. В итоге строится модель бимодальной инверсии.

Инверсия осуществлялась с помощью программы Р. Мэки (Rodi W. and Mackie R.L., 2001). Эта программа предназначена для решения обратной задачи МТЗ методом подбора. При этом разрез покрывается прямоугольной сеткой, а искомыми параметрами являются сопротивления ячеек данной сетки. Модель строится таким образом, чтобы, с одной стороны, обеспечить наилучшее совпадение наблюдаемых и модельных кривых по профилю, а с другой – максимальную гладкость изменения сопротивления в разрезе, вследствие чего получается разрез, содержащий только значимые структуры.

Глава 3. Геоэлектрическая модель глубинного строения юго-востока Яно-Колымской складчатой системы

Электроразведочные работы проводились по системе профилей северо-восточного простирания, пересекающих ряд крупных рудных узлов (зон), входящих в Яно-Колымский металлогенный пояс. Профили МТЗ расположены (см. рис.1) в отрицательных структурах Яно-Колымской складчатой системы - юго-восточной части Иньяли-Дебинского синклиория (ИДС)

и в структурах ее внутренних поднятий: северной части Балыгычнского поднятия (БП), южной части Аян-Юрхского антиклинория (АЮА). Результаты работ методом МТЗ позволяют построить разрезы параметра сопротивления до глубин 20-25 км.

Обобщенная модель геоэлектрического разреза южной части ЯКСС на изученную глубину и площадь (рис.4) имеет двух и (или) трехслойный характер (сверху – вниз):

1. Сложно построенный (горизонтально-неоднородный) проводящий слабо метаморфизованный осадочный чехол, имеющий двух – трехчленное (пакетное) геоэлектрическое строение, общей мощностью от 6 до 13 км (5-125 Омм).

2. Высокоомное основание – предполагаемый комплекс метаосадочных пород и кристаллический фундамент (125-2300 Омм).

3. На глубинах 15-20 км и более, на части территории, установлен коровый проводящий слой (менее 5 Омм).

Первый слой (0-13 км), высоко электропроводный (5-15 Омм), сопоставляется с областью развития пород осадочного чехла, частично высокоуглеродистых, подвергнутых умеренным метасоматическим преобразованиям. Он осложнен элементами более высокого порядка.

В качестве этих элементов выступают:

- Овальные вертикальные или наклонные относительно высокоомные (до 200 Омм) участки, имеющие резкоградиентные границы, размер - первые десятки километров. Там, где над этими объектами наблюдаются локальные отрицательные гравиметрические аномалии, они интерпретировались как нескрытые гранитоидные массивы. (см. рис. 4А ПК 16-19, Д ПК 7-15).

- Поверхностные и близповерхностные высокоомные (до 300-500 Омм) тела линзовидной или пластообразной формы, мощностью первые сотни метров – первые километры и протяжённостью несколько десятков километров. Те из них, которые совпадают с контурами отрицательных аномалий силы тяжести и (или) выходами на поверхность гранитов, объясняются диапиром гранитных тел (см. рис 4Б ПК 217-219). Прочие пластообразные аномалии повышенных сопротивлений (не сопровождаемые отрицательными локальными гравитационными аномалиями) связываются с толщами песчаников и туфопесчаников (см. рис 4А ПК 11-14, Г ПК 211-216).

Со вторым слоем сопоставляются погруженные на глубину более 10 км обширные (более 20 км в поперечнике) аномалии повышенных (до тысяч Омм) сопротивлений, трактуемые как комплекс метаосадочных пород или кристаллический фундамент. (см. рис. 4В ПК 7-13, Д 1-7).

Третьим слоем является наиболее глубоко (более 20-25 км) залегающий коровый проводящий (менее 5 Омм) слой (КПС). Геоэлектрические характеристики земной коры, в целом, отличаются закономерным соотношением с сейсмогеологическими характеристиками. Положение корового проводящего слоя в пределах юго-востока ЯКСС совпадает с коровым сейсмическим волноводом, выделенным по данным интерпретации отраженных волн. Автор считает, что основной причиной подобной физико-геологической характеристики в отмеченном диапазоне глубин является ее флюидонасыщение. Наличие флюидонасыщенного слоя в средней - нижней коре приводит к закономерному изменению реологических свойств.

Первый и второй слои во многих местах расчленены субвертикальными электропроводящими зонами (мощностью 2-8 км). Субвертикальные проводящие зоны отождествляются с зонами глубинных рудоконтролирующих разломов, сопровождающихся интенсивным смятием, расланцеванием, кварц-углеродистым метасоматозом пород и разгрузкой рудоносных растворов, образовавших золотокварцевые месторождения и проявления. Субвертикальные проводящие зоны (см. рис. 4А ПК 14-16, Б ПК 220-227, Е ПК 145-148, ПК153-156 и тд) генетически, вероятно, связаны с КПС. Выходы субвертикальных проводящих зон на дневную поверхность в большинстве случаев пространственно совпадают с положением известных глубинных рудоконтролирующих разломов.

В процессе совместного анализа электропроводности верхней части земной коры, геологического строения и данных металлогении юга ЯКСС выяснилось, что большинство рудных полей, месторождений и рудопроявлений явно тяготеют к локальным близповерхностным (3-5 км) субвертикальным линейным зонам с характерной повышенной проводимостью (см. рис. 4). В частности, в глубинной части разреза Омчакского рудного узла, охватывающего месторождения Наталкинское, Омчакское, Павликовское регистрируется субвертикальная зона проводимости – собственно верхняя часть зоны Тенькинского глубинного разлома. Омчугский рудный узел в разрезе приурочен к неявно выраженной вертикальной зоне проводимости – фрагменту Тенькинской зоны разломов. Детринский и Ветренский рудные узлы в разрезе на глубинах

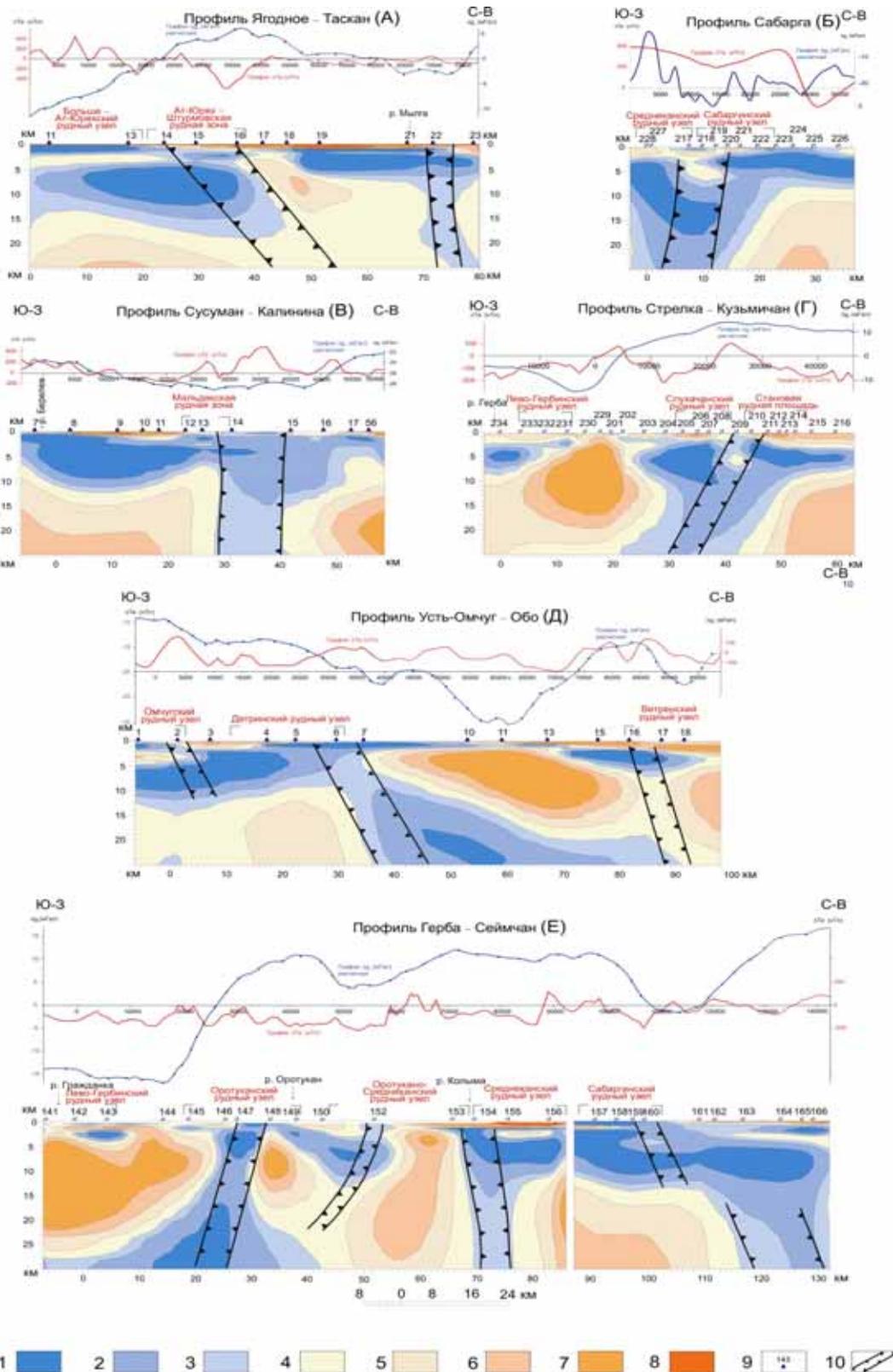


Рис. 4. Геоэлектрические разрезы по данным МТЗ:

градация значений сопротивления в Ом·м: 1 – менее 5, 2 – 5-15, 3 – 15-45, 4 – 45-125, 5 - 125-350, 6 – 350-1000, 7 – 1000-23000, 8 – более 23000; 9 – точки зондирования и их номера; 10 – суб-вертикальные зоны проводимости.

3-5 км сопровождаются вертикальными зонами проводимости, предположительно зонами Тенькинского (?) и Чай-Юрьинского глубинных разломов. В геоэлектрическом разрезе Ат-Юрх-Штурмовского рудного узла установлена вертикальная зона проводимости – глубинный разлом Дарпир. В глубинном строении Сабаргинского и Среднеканского рудных узлов принимает участие единая мощная вертикальная зона проводимости - Правоортуканский глубинный разлом (см. рис.4Б). Слухачанский рудный узел и Становая рудоносная площадь в глубинном сечении приурочены к одной и той же мощной вертикальной зоне проводимости – Паутовскому глубинному разлому (см. рис. 4Г).

Глава 4. Петрофизическая зональность золоторудных узлов (на примере Омчакского узла), её корреляционные связи с глубинным строением и рудной минерализацией

Для изучения геологической природы выявленных субвертикальных проводящих зон, а также объяснения аномалий других геофизических полей было изучено распределение петрофизических параметров (ПФП) и исследован минералогический состав горных пород по латерали и вертикали в пределах одного из рудных полей, приуроченного к локальной субвертикальной зоне электропроводности. В качестве эталона было выбрано Наталкинское рудное поле. Основной целью исследований было изучение и корреляция петрофизической зональности рудных полей с типами минерализации, а также попытка объяснения, на этой основе, природы субвертикальной зоны высокой электрической проводимости глубинного заложения, охватывающей весь рудный узел. Для этого были отобраны образцы как по площади (в том числе и за пределами рудного узла), так и в разрезе до 1000 метров. Характер изменения ПФП в пределах рудного поля позволяет сделать вывод о двухэтапной (или двухуровневой) петрофизической зональности.

Первым уровнем является монотонное повышение значений ПФП и площадное изменение физических свойств горных пород в определенном направлении. Это связано с насыщением халькофильными и сидерофильными группами металлов больших по объему масс горных пород и может быть обусловлено влиянием глубинного разлома, который фиксируется выявленной авторами субвертикальной зоной проводимости.

Второй уровень находит отражение в локальных аномалиях и градиентных изменениях ПФП в экзоконтактах рудной залежи и рудных зон, что, вероятно, связано пространственно (генетически?) с физико-химическими процессами их формирования.

Исследования параметров удельного электрического сопротивления (УЭС) и коэффициента анизотропии ($K_{ан}$) показали, что образцы, отобранные за пределами проводящей зоны (рис.5), обладают повышенным (1200 -3000 Ом) сопротивлением и низким $K_{ан}$ (1,1 -1,35). Образцы, отобранные в пределах проводящей зоны (и, соответственно, Омчакского рудного узла), характеризуются пониженными значениями удельного сопротивления (20-1000 Ом) и повышенными значениями $K_{ан}$ (1,4-2,6). ПФП всех исследованных образцов, систематизированных в последовательности: «вмещающие» - «рудный узел» - «рудное поле» - «месторождение» фиксируют их зональное распределение (рис.6).

Первую группу - «вмещающие» - составляют неизменные и слабоизмененные горные породы, развитые за пределами рудного узла (и, соответственно, за пределами субвертикальной проводящей зоны). Им свойственно высокое сопротивление (свыше 1500 Ом) и относительно пониженное значение $K_{ан}$ (1,2). Образцы этой группы представлены преимущественно грубозернистыми породами – песчаниками с туфогенной примесью, песчанистыми алевролитами с гравийной примесью. Рудная минерализация, составляющая 1-2%, представлена линзовидными образованиями пирита с вкрапленниками пирротина.

Вторая группа - «рудный узел» - включает в себя измененные в разной степени горные породы рудного узла в целом с низким УЭС (70 Ом) и повышенным $K_{ан}$ (1,4). Образцы представлены тонкозернистыми разностями горных пород: углисто-глинистыми сланцами и аргиллитами с редкой алевритистой примесью. Углеродистое вещество (УВ) распределено неравномерно, образует линзовидные скопления, выполняет кливажные трещины, укладывается в прожилки (составляет ~от 15 до 50% от площади шлифа). Рудная минерализация не превышает 1%, представлена преимущественно пятнистыми скоплениями титанистого минерала. Образцы этой группы, отобранные с периферийных частей проводящей зоны, очевидно, отображают области распространения углеродистого метасоматоза, характерного для рудного узла в целом.

Третья группа - «рудное поле» - охватывает измененные породы рудного поля, которые имеют повышенные сопротивление (1300 Ом) и $K_{ан}$ (более 1,4). Образцы этой группы состоят из измененных окварцованных диамиктитов, реже окварцованных песчаников. В образцах данной группы пород количество новообразований кварца, серицита, хлорита и карбоната составляет от ~10 до 25 % объема породы. Углеродистое вещество (3-7%) тонкодисперсной формы распределено по всей массе породы, образует скопления согласно сланцеватости, выполняет кливажные трещины. Рудная минерализация представлена пиритом кубической формы с включениями пирротина и в среднем составляет не более 1-3%. Образцы этой группы, отобранные из центральной части проводящей зоны, характеризуют участки гидротермально-метасоматически

измененных пород с повышенной концентрацией кварц, кварц-карбонатного прожилково-жильного материала, типичных для площади рудного поля.

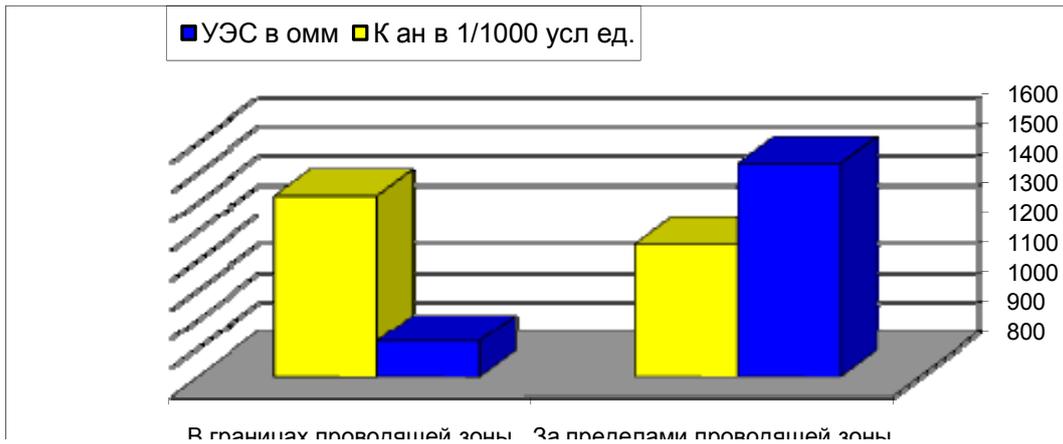
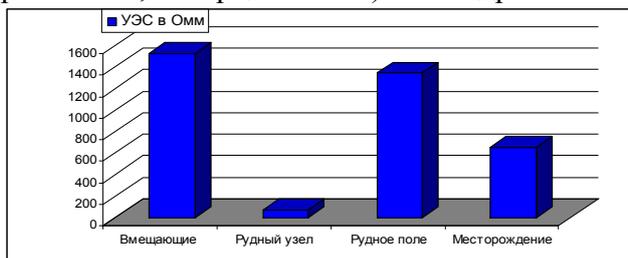
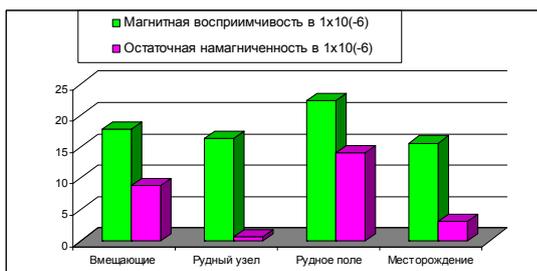


Рис. 5. Гистограммы удельного сопротивления и $K_{ан}$ образцов в границах проводящей зоны и за её пределами.

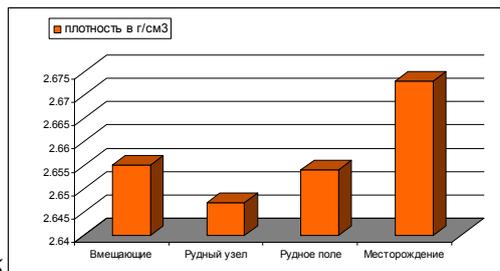
Четвертая группа - «месторождение» - это интенсивно измененные породы самого месторождения, которым присуще низкое сопротивление (не более 650 Омм) и самые высокие значения $K_{ан}$ (около 1,6). Образцы представлены, в основном, сульфидизированными и окварцованными диамиктитами, измененными песчанистыми алевролитами с тонкой вкрапленностью сульфидов. В образцах этой группы количество рудных минералов составляет 5% (единично до 7-10%). Это пирит кубической формы с включениями халькопирита, пирротина и арсенопирита. УВ распределено крайне неравномерно, выполняет кливажные трещины. В среднем количество УВ составляет 5-10%. Образцы данной группы, по-видимому, характеризуют наиболее измененные породы, приуроченные к линейным минерализованным (сульфидизированным, графитизированным, окварцованным) зонам дробления.



а



б



в

Рис. 6. Гистограммы удельного сопротивления (а), магнитных параметров (б) и плотности (в) образцов по территории Омчакского рудного узла и его ближайшего обрамления.

Магнитные параметры и плотность хорошо коррелируются с выделенной зональностью электрических свойств. Установлено наличие взаимосвязи петрофизических характеристик между собой и их зональное соответствие (генетическая связь) с площадями развития в различной степени измененных пород в пределах Омчакского рудного узла. Установлено, что понижение сопротивления среды, сопровождающееся понижением магнитных, а главное - плотностных параметров обеспечивается увеличением УВ, являющегося производным от процессов углеродистого метасоматоза, приуроченного к глубинному разлому. А повышение сопротивления, магнитных и плотностных параметров связано с процессами кварц-сульфидной минерализации. Данные процессы в плане корреляции ПФП между собой являются разнонаправленными.

В работе приведено геолого-минералогическое доказательство того, что высокая проводимость измененных пород, расположенных в зоне влияния глубинного разлома (фиксирующегося субвертикальной зоной проводимости) как выходящих на дневную поверхность, так и погружен-

ных до глубин 1000 м в пределах Наталкинского рудного поля, обуславливается наличием (и распределением в электрически связанные полосы или цепочки) УВ и сульфидов (Рис.7).

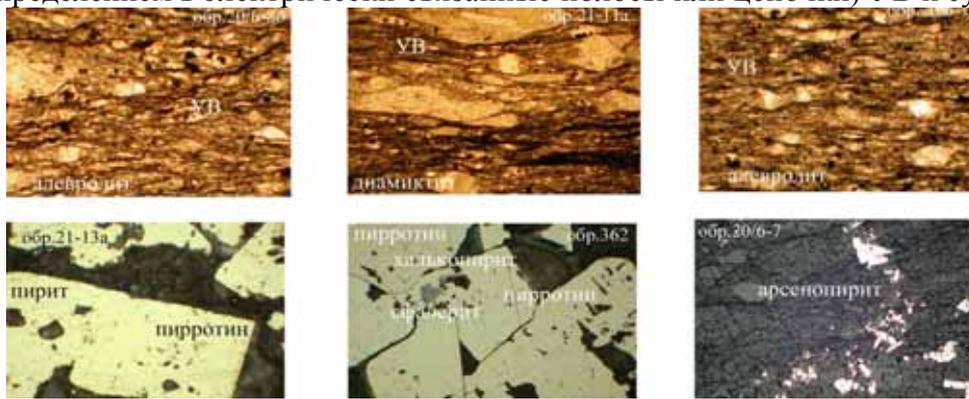


Рис. 7. Распределение углеродистого вещества (А) и сульфидов (Б) в осадочных породах Наталкинского рудного поля.

По отношению к природе более глубинной части субвертикальной зоны проводимости известны многочисленные исследования с выяснением генезиса проводников. По-видимому, проводимость нижней части субвертикальной зоны связана с совокупным эффектом наличия электронных (сульфиды и окислы металлов, графит) и ионных (циркуляцией минерализованных флюидов в субвертикальных трещинах) типов проводников.

Глава 5. Характерные черты глубинного строения рудных узлов юго-востока Яно-Колымской складчатой системы

Совместный анализ электропроводности верхней части земной коры, геологического строения и данных металлогении юго-востока ЯКСС позволяет выявить закономерности в строении геоэлектрических разрезов и размещении полезных ископаемых. В процессе изучения выяснилось, что большинство рудных полей, месторождений и рудопроявлений явно тяготеют к локальным близповерхностным (3-5 км) субвертикальным линейным зонам с характерной повышенной проводимостью (см. рис.4).

Из представленных результатов глубинных исследований рудных узлов формируется вывод, согласно которому рудные узлы, имея различную рудную минерализацию и располагаясь в различных геолого-металлогенических зонах, геолого-структурных позициях и литологических разностях пород, характеризуются несколькими основными общими чертами глубинного строения. По результатам комплексного анализа распределения электропроводности, гравитационного и магнитного полей диссертантом предлагаются следующие критерии выделения перспективных территорий (до уровня рудного узла):

1. Наличие глубинных разломов, фиксирующихся субвертикальной аномалией проводимости (с мощностью 5-10 км и сопротивлением до 2 Ом);
2. Существование развитой по латерали туфо-песчанистой толщи, которая характеризуется повышенным удельным сопротивлением (от 5 до 300 Ом), является опорным геоэлектрическим горизонтом и рассматривается, как металлотект;
3. Близость (первые километры) магматического тела, отражающегося в разрезе локальными аномалиями повышенного сопротивления (с пространственными параметрами от 3 до 20 км, сопротивлением до 2000 Ом·м);
4. Приуроченность (в пределах АЮА и БП) к локальному выступу кристаллического фундамента – высокоомного (до 3000 Ом) основания.

Как установлено (см. рис.4) значительная часть рудных узлов юго-востока Яно-Колымской складчатой системы приурочена к субвертикальным зонам проводимости, трактуемые диссертантом как мощные глубинные разрывные нарушения, в пределах которых, по-видимому, происходил активный теплоперенос. Эффект проводимости объясняется наличием в зоне влияния разрывного нарушения сульфидного (гидротермального) и углеродистого метасоматоза. Однако, не всегда наличие указанной проводящей зоны «сопровождается» образованием рудного поля (узла), для этого необходимы некие «дополнительные» условия.

Некоторые возможные механизмы формирования вышеперечисленных условий (признаков), способствующих образованию среды перспективной для концентрации рудной минерализации, могут быть следующими.

На глубинах более 20-25 км субвертикальные зоны проводимости соединяются с коровым проводящим слоем (совпадающим в пределах исследуемой территории с сейсмическим волноводом), флюидная природа которого предполагается многими исследователями. По-видимому, флюидизация средней – нижней коры является одной из основных причин формирования её слоистой («ламинарной») структуры. Очевидно, вывод из статического равновесия элементов корового проводящего слоя может привести к значительному теплопереносу, как в горизонтальной плоскости, так и в вертикальном направлении. Возможно, это один из механизмов возникновения зон активизации, создающих области влияния для формирования условий появления и концентрации месторождений рудных узлов и рудных полей (Критерий 1).

Металлогеническое значение опорных высокоомных горизонтов следующее. С одной стороны, повышение пористости и проницаемости в пределах зон разломов и, особенно, в узлах их пересечения позволяет выводить гидротермальные флюиды на вышележащие уровни вплоть до глубин, на которых существуют благоприятные условия для размещения дополнительных объемов вещества. Это, прежде всего, осадочные (песчанистые), вулканогенно-осадочные (туфопесчанистые) породы осадочного чехла, которые характеризуются повышенными коллекторскими свойствами и выступают как локализирующий фактор. С другой стороны, присутствие туфогенного материала в осадочных отложениях указывает на подводную вулканическую деятельность. Вместе с осадками (в т.ч. и углеродистыми) происходило захоронение седиментогенной сульфидной вкрапленности с рассеянным золотом (Политов и др, 2008). Интерференция этих процессов в определенных случаях могла привести к повышению концентрации золотой минерализации и образованию рудных узлов и месторождений (Критерий 2).

Некоторые этапы магматической деятельности (интрузивные комплексы: Нера-Бохапчинский, Басугуньинский, Сибердыкский, Тас-Кыстабытский, Тенькинский, Сеймканский и тд) характеризовались высокой минерагенической активностью. В качестве участков литосферы, наиболее благоприятных как для проникновения магматических расплавов (и образования интрузивных массивов), так и сопутствующих им гидротермальных растворов (и образования обширных полей гидротермалитов) также выступали проницаемые зоны, часто расположенные в зоне сочленения крупных геоструктур (Критерий 3).

В строении кровли высокоомного основания в непосредственной близости от некоторых субвертикальных зон проводимости (см. рис. 4) выявлены локальные куполообразные воздымания («выступы»). На дневной поверхности «выступы» часто корреспондируются с рудными узлами. Формирование положительных форм рельефа высокоомного основания, вероятно, происходило за счет многочисленных подвижек вдоль глубинных разрывных нарушений основного северо-западного простирания. В результате этого на определенных участках создавался избыток свободного пространства, образовывались трещиноватая среда, которая, вероятно, заполнялась магматическим субстратом. Возможно, по такому способу организации происходило образование «выступов» кровли высокоомного основания (Критерий 4).

Кроме того, над территорией ряда крупных рудных узлов наблюдаются локальные положительные аномалии гравитационного поля. Они, по-видимому, отвечают ареалу разноуровневых линз повышенной плотности высоких порядков с перемычками между ними, которые, вероятно, служат долгоживущими рудно-магмоподводящими каналами. Данные участки верхней коры содержат магматические очаги основного-среднего состава – источника добатолитовых малых интрузий, с которыми связывается главная масса рудного золота исследуемой территории. Не исключено, что частично данные аномалии обусловлены локальной концентрацией плотных рудных минералов (сульфидов и окислов металлов), широко (до 5% от общего объема среды) развитых в пределах рудных узлов. Крупнейшие рудные узлы, находящиеся в пределах ИДС, сопровождаются продольными линейными знакопеременными магнитными аномалиями, отражающими зоны трещиноватости и связанные с ними дайковые пояса и зоны гидротермального метаморфизма. Основным минералом, создающим магнитные аномалии, является пирротин, часто ассоциирующийся с рудными минералами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные выводы проделанной работы сводятся к следующему.

По мнению автора в региональном плане выделяются три основных элемента (слоя) глубинной структуры электропроводности.

Первым является сложно построенный (горизонтально-неоднородный), преимущественно высоко электропроводный (5-125 Омм) слой, который отождествляется с областью развития пород осадочного чехла. Он осложнен локализованными проводящими и непроводящими геоэлектрическими неоднородностями - компонентами более высокого порядка. В качестве этих компонентов выступают:

- Овальные высокоомные неоднородности. Эти неоднородности, размещенные у поверхности и совпадающие с выходами гранитоидов или расположенные на глубине и совмещенные с наблюдаемыми над ними локальными отрицательными гравитационными аномалиями, интерпретируются как локальные участки интенсивного (инъективного) магмонасыщения и контактового метаморфизма пород земной коры.

- Поверхностные и близповерхностные высокоомные геоэлектрические неоднородности линзовидной или пластообразной формы. Те из них, которые совпадают с контурами отрицательных аномалий силы тяжести и (или) выходами на поверхность гранитов, объясняются диапиром гранитных тел. Прочие пластообразные аномалии повышенного сопротивления связываются с толщами песчаников и туфопесчаников.

- Проводящие горизонтальные геоэлектрические неоднородности сопоставляются со слабо и умеренно метаморфизованными терригенно-осадочными (песчано-глинистыми углесто-глинистыми) отложениями.

Со вторым элементом (в диапазоне глубин 8-20 км) - высокоомным основанием сопоставляются погруженные на глубину обширные (десятки километров в поперечнике) аномалии повышенных сопротивлений, трактуемые как ареалы эпизонального метаморфизма - предполагаемый комплекс метаосадочных пород или кристаллический фундамент (125-2300 Омм)

Третьим элементом иерархической структуры глубинной электропроводности является наиболее глубоко (более 20-25 км) залегающий, фрагментарно развитый коровый проводящий слой. Положение корового проводящего слоя в пределах юго-востока ЯКСС совпадает с коровым сейсмическим волноводом, выделенным по данным интерпретации отраженных волн.

Выявленные субвертикальные проводящие зоны отождествляются с глубинными разломами, которые как предполагает автор, служат в качестве флюидоподводящих каналов. В зоне их влияния инициируются объемные физико-химические процессы, приводящие к резкому изменению физических свойств пород, сопровождающиеся интенсивным смятием, рассланцеванием, кварц-углеродистым метасоматозом и где происходит разгрузка рудоносных растворов. Проекция субвертикальных проводящих зон на дневную поверхность в большинстве случаев пространственно совпадают с положением известных глубинных рудоконтролирующих разломов, к которым приурочена значительная часть рудных узлов юго-востока ЯКСС. На основе изложенного следует предположить, что существует некая единая система тепломассопереноса, которая представляется в геоэлектрическом разрезе в виде взаимосвязанной структуры: верхнемантийный проводящий слой - коровый проводящий слой - субвертикальные проводящие зоны. В рамках предложенной системы обоснованы возможные механизмы формирования условий, способствующих образованию среды перспективной для концентрации рудной минерализации.

Петрофизический и геолого-минералогический анализ образцов горных пород верхней части (до 1 км) одной из субвертикальных зон электропроводности, к которой приурочен Омчакский рудный узел, показал:

- во-первых, что существует двухуровневая петрофизическая зональность. Первым уровнем является монотонное площадное изменение физических свойств горных пород, связанное с насыщением пород углеродистым веществом халькофильными и сидерофильными группами металлов и формированием рудных полей и узлов и может быть обусловлено влиянием глубинного разлома. Второй уровень находит отражение в локальных аномалиях и градиентных изменениях ПФП в экзоконтактах рудной залежи и рудных зон, что, вероятно, связано пространственно (генетически?) с физико-химическими процессами их формирования;

- во-вторых, что её проводимость обуславливается наличием углеродистого вещества и сульфидов (часто образующих тонкие прожилки и связанные цепочки), сформировавшихся в процессе кварц-сульфидного (гидротермального) и углеродистого метасоматоза.

В границах юго-востока Яно-Колымской складчатой системы существуют общие закономерности глубинного строения рудных узлов, не смотря на то, что они имеют различную рудную минерализацию, расположены в различных геолого-металлогенических провинциях, геолого-структурных позициях и литологических разностях пород. Выявленные характерные черты глу-

бинного строения рудных узлов могут использоваться в практической деятельности с целью прогноза потенциально рудолокализирующих структур на уровне рудных узлов. Результаты работы, с точки зрения автора, позволили существенно уточнить глубинное строение юга Яно-Колымской складчатой системы и наметить перспективные территории для дальнейшего геологического изучения.

Основные работы, опубликованные по теме диссертации

1. Шарафутдинов В.М., **Хасанов И.М.** Пространственные и генетические связи аномальных петрофизических зон рудной минерализации и глубинной субвертикальной зоны повышенной электропроводности в пределах Наталкинского рудного поля // Вестник СВНЦ ДВО РАН, 2006, №4. - С. 2-12.
2. Шарафутдинов В.М., **Хасанов И.М.**, Михалицына Т.И. Петрофизическая зональность Наталкинского рудного поля // Тихоокеанская геология, 2008, том 27, №5, - С. 89-103.
3. Шарафутдинов В.М., **Хасанов И.М.** Петроэлектрические параметры ряда золоторудных месторождений Яно-Колымского металлогенического пояса // Вестник СВНЦ ДВО РАН, 2010, №1, с. 46-56
4. **Хасанов И.М.** Ермоленко В.Г. Шахтыров Е.Г. Глубинная структура Омчакского рудного узла // Проблемы геологии и металлогении Северо-Востока Азии на рубеже тысячелетий, Магадан, 2001 г., - С. 286-290.
5. **Хасанов И.М.**, Седов Б.М., Касьянова В.Н. Литосферный слой высокой электропроводности, его природа и распространение в Центрально-Колымском районе // Проблемы геологии и металлогении Северо-Востока Азии на рубеже тысячелетий, Магадан, 2001 г., - С. 290-293.
6. Межов С.В., **Хасанов И.М.** Глубинное строение юго-западного крыла Аян-Юряхского антиклинория // Проблемы геологии и металлогении Северо-Востока Азии на рубеже тысячелетий, Магадан, 2001 г., - С. 263-266.
7. Шарафутдинов В.М. **Хасанов И.М.** Глубинные критерии выделения перспективных на золото территорий по геофизическим данным (на примере Омчакского рудного узла) // Колыма №3, Магадан, 2003 г., - С. 10-14.
8. Алевская Н.Л., **Хасанов И.М.**, Ткачев А.В. Геоэлектрический образ верхней части земной коры рудных узлов Центрально-Колымского региона // Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной памяти академика К.В. Симакова и в честь его 70-летия (Магадан, 26-28 апреля 2005 г.) Магадан, 2005. - С. 238-242.
9. Шарафутдинов В.М., **Хасанов И.М.**, Алевская Н.Л., Ткачев А.В. Месторождение Наталкинское (Омчакский рудный узел); пространственное распределение петрофизических параметров и рудных минералов, их корреляционные связи. Геология, география и биологическое разнообразие Северо-Востока России. Материалы Дальневосточной региональной конференции, посвященной памяти А.П. Васильковского и в честь его 95-летия (Магадан, 28-30 ноября 2006 г.) Магадан 2006. - С. 190-193.
10. **Хасанов И.М.** Характерные черты глубинного строения золоторудных узлов юго-востока Яно-Колымской складчатой системы (по геофизическим данным). Чтения памяти академика К.В. Симакова. Тезисы докладов Всероссийской научной конференции (Магадан, 27-29 ноября 2007 г.) Магадан, 2007. с. 108-109.
11. **Хасанов И.М.**, Шарафутдинов В.М. Выделение перспективных территорий по комплексу глубинных геофизических признаков. Чтения памяти академика К.В. Симакова. Тезисы докладов Всероссийской научной конференции (Магадан, 27-29 ноября 2007 г.) Магадан 2007. С.76-77.
12. Шарафутдинов В.М., **Хасанов И.М.** Новые данные по петрофизической зональности золоторудного месторождения Наталка. Тезисы Международного горно-геологического форума. Магадан 10-14 сентября 2008. - С. 94-96.
13. **Хасанов И.М.**, Шарафутдинов В.М. Структурные особенности глубинного строения золоторудных узлов юго-востока Яно-Колымской складчатой системы по геофизическим данным. Тезисы Международного горно-геологического форума. Магадан 10-14 сентября 2008 С. 139-141.
14. Шарафутдинов В.М., **Хасанов И.М.** Петрофизические поля и процессы минералообразования золоторудного месторождения Наталка // Всероссийская конференция «Физико-химические факторы петро- и рудогенеза: новые рубежи», г. Москва 7-9.10.09. - Москва: ИГЕМ, 2009, с. 432-435