

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЯДА ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ

В.М. Шарафутдинов, И.М. Хасанов

*Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН,
г. Магадан, seismolog@neisri.ru, hasanov@neisri.ru*

Выполнены профильные геофизические исследования на золоторудных месторождениях Северо-Востока России: Бутарное, Светлое, Дорожное, Дегдекан, Наталка в общем объеме 1.897 физических точек наблюдения. На основе интерпретации полученных материалов изучены электрические характеристики вмещающих горных пород и руд золото кварцевых месторождений Северо-Востока России. В результате проведенных исследований установлены закономерности variability электрических свойств горных пород и руд с характером минерализации, вмещающими породами и структурно морфологическими признаками золоторудных месторождений. Выявленные электрические характеристики рудных тел и вмещающих пород могут быть использованы в геолого-геофизических исследованиях при комплексном изучении структуры и генезиса золоторудных месторождений

Ключевые слова: золоторудная минерализация, удельное электрическое сопротивление, вызванная поляризация, амплитудно-частотные характеристики.

STUDY OF THE ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF A NUMBER OF THE GOLD-ORE DEPOSITES IN THE NORTHEAST OF RUSSIA

V.M. Sharafutdinov, I.M. Khasanov

*North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute FEB RAS,
Magadan, seismolog@neisri.ru, hasanov@neisri.ru*

Profile geophysical studies on the gold-ore deposits on the northeast of Russia are executed: Bu-tarnoe, Svetloe, Dorojnoie. Degdekan, Natalka, in sum — 1.897 of physical observation points. Based on the interpretation of the findings the electrical characteristics of deads and ores of the gold-quartz fields on the northeast of Russia are studied. As a result of the analysis there were determined the laws of variability of the electrical characteristics of the rocks and ores with the mineralization nature, the deads and the structurally morphological indications of gold-ore deposits. The revealed electrical characteristics of ore bodies and deads can be used in geological-geophysical researches during the complex study of structure and genesis of the gold-ore deposits.

The keywords: gold-ore mineralization, resistivity, the induced polarization, amplitude-frequency characteristics.

Введение

В настоящее время территория Северо-Востока геологически изучена достаточно детально, большинство крупных золоторудных объектов выходящих на поверхность обнаружено. Однако с точки зрения ряда исследователей рудный потенциал региона далеко не исчерпан и в основном он связан с золоторудными телами, не выходящими на дневную поверхность. В связи с этим резко возрастает роль дистанционных поисковых и разведочных методов, к основным из которых, относятся геофизические. На стадии поисков и разведки рудных объектов из всех геофизических методов наиболее эффективными являются электро-разведочные методы, это обусловлено тем, что электрические свойства горных пород более дифференцированы (чем например плотностные) и преимущественно связаны с минеральным составом горных пород. Таким образом, для Северо-Востока является актуальным как разработка новых электро-разведочных методов, так и адаптация возможностей уже известных к конкретным золоторудным объектам в различных геологических структурах территории.

Цель проводимых исследований

Методом вызванной поляризации (ВП) на основе применения электро-разведочной станции «СПЕКТР-1» изучить закономерности распределения параметрических характеристик в системе «рудное тело» — «вмещающие породы» для месторождений золотокварцевой и золото-редкометальной формаций, расположенных в различных геологических условиях и обладающих различным морфологическим строением.

Электрическими характеристиками горных пород являются удельное сопротивление, поляризуемость, амплитудно-частотные параметры и т.д. они определяются электро-разведочными методами, в частности методом вызванной поляризации (ВП). Метод ВП основан на изучении полей, создаваемых вторичными электрическими зарядами, которые возникают в земле при пропускании через нее постоянного или низкочастотного (до 100 Гц) электрического тока [5]. Явление ВП протекает наиболее интенсивно при наличии в среде электропроводящих минералов. Поэтому метод ВП является одним из основных методов рудной геофизики [7]. Причем, поскольку интенсивность аномалий ВП пропорциональна площади поверхности электронных проводников, метод позволяет диагностировать не только массивные, но и вкрапленные руды.

Аппаратурное обеспечение исследований

Работы методом ВП проводились электро-геофизической станцией «СПЕКТР-1» производства ООО «МГУ-Геофизика» (г. Москва), включающим в себя измеритель электрических сигналов «СПЕКТР-1И» и генератора «СПЕКТР-1Г».

Электро-разведочный измеритель «СПЕКТР-1И» многофункционален и предназначен для использования, в том числе, при проведении работ методом ВП в частотной области. Измеритель позволяет регистрировать сигналы величиной от 1 мкВ до 3 В на выходе электрических и магнитных датчиков. Зарегистрированный сигнал после усиления, компенсации постоянной составляющей и фильтрации, подавляющей промышленные и другие виды помех,

оцифровывается и далее обрабатывается встроенным процессором под управлением специальной программы. Результаты обработки записываются в память прибора и выводятся на графический дисплей. Генератор «СПЕКТР-1Г» позволяет генерировать прямоугольные разнополярные импульсы без паузы («меандр») в диапазоне 0.076–2500 Гц током от 0.001 до 1.0 А при погрешности стабилизации 0.5 %. Полевые измерения осуществлялись в диапазоне 0.305–625 Гц при стабилизированном токе в питающей линии от 5 до 500 мА.

Геологическое описание объектов

С целью выделения общих закономерностей и различий в распределении геофи-

зических параметров в качестве объектов исследований были выбраны золоторудные месторождения, располагающиеся в различной геолого-структурной обстановке (Рис.1): Бутарное (Балыгычанское поднятие); Дорожное, Светлое (Иньяло-Дебинский синклинорий); Дегдекан, Наталка (Аян-Юряхский антиклинорий).

Месторождение Бутарный приурочено к одноименному штоку гранитов площадью 4,6 км. Гранитоиды штока Бутарный (Басугуньинский комплекс) прорывают и метаморфизуют терригенные отложения триаса и юры. Все, известные к настоящему времени, рудные тела сосредоточены в пределах гранитоидного штока, характе-

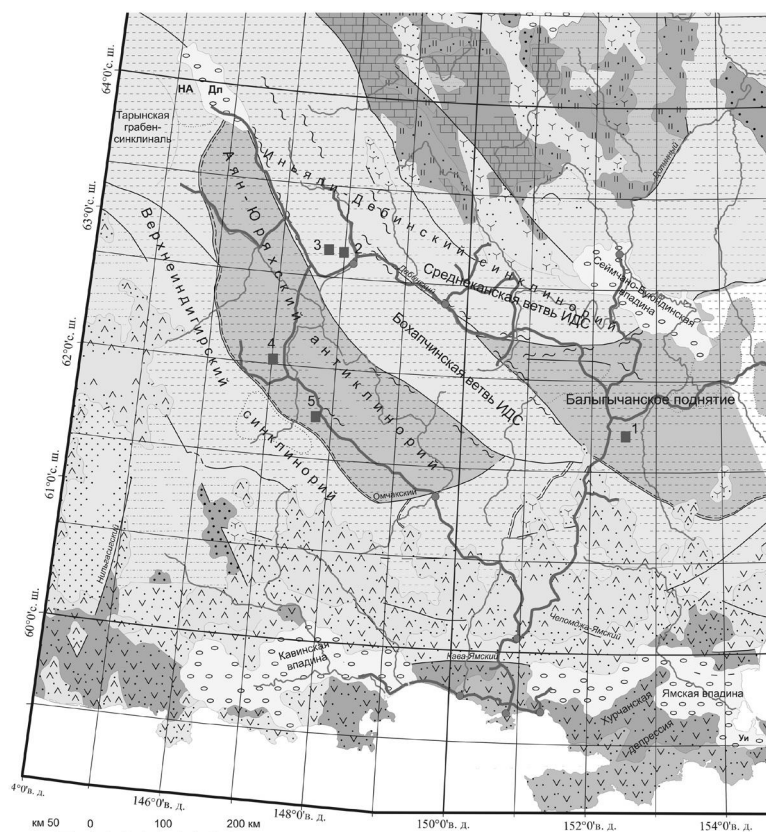


Рис. 1. Обзорная схема тектонического строения юго-восточной части Яно-Кольмской складчатой системы и участков исследований: 1 — месторождение Бутарное, 2 — месторождение Дорожное, 3 — месторождение Светлое, 4 — месторождение Дегдекан, 5 — месторождение Наталка

ризующегося относительной сложностью геологического строения. Рудные тела локализируются в жильно-метасоматических зонах северо-восточной ориентировки. Они представлены сульфидно-кварцевыми жилами с золото-редкометальной минерализацией и выделяются по опробованию. Минеральный состав жильных тел: главные — кварц, гидромусковит, полевой шпат, арсенопирит; второстепенные — биотит, гранат, пирит, сфалерит, антимонит, буланжерит, самородные золото и висмут.

Месторождение Дсрощное приурочено к восточной части массива Сылгытар, сложенной гранодиоритами колымского комплекса, заключающими ксенолиты и блоки (до 60 м в поперечнике) роговиков по песчано-глинистым осадочным отложениям. Массив осложнен многочисленными системами малоамплитудных разрывных нарушений. Околорудные изменения представлены маломощными зонами грейзенизации и достаточно мощными зонами березитизации. Рудоносные кварцевые жилы составляют субпараллельную систему жил, полого падающую на северо-запад. Кроме кварца, в жилах распространены: серицит, мусковит, карбонаты, альбит и хлорит (1-5%). Из рудных минералов (1-3%) в них присутствует вкрапленность и гнезда (до 5-8 см) арсенопирита, галенита, пирита, иногда золота, халькопирита, сфалерита, магнетита, буланжерита, джемсонита, фрейбергита. Распределение золота крайне неравномерное. Оруденение установлено в жилах № 1, 2, 3, 5, 6, Буровая и Дорожная.

Месторождение Светлое залегает среди алевро-песчанистых осадочных пород, которые разорваны дайками среднего состава.

Основу месторождения составляет система межпластовых жил, залегающих в рудоносной пачке флишоидного типа, и секущие жилы, являющиеся апофизами межпластовых. Рудные тела представляют собой цепь линзовидных кварцевых жил, чередующихся по простиранию с зонами прожилкования, смятия, дробления. По минеральному составу месторождение относится к золото-кварцевой малосульфидной формации. Промышленные запасы сосредоточены в жилах: Первая, Мощная. Характер распространения оруденения крайне неравномерный. Основные жильные минералы: кварц (85 — 90%) альбит, хлорит, серицит, мусковит. Основные рудные минералы: арсенопирит, пирит, галенит, золото.

Месторождение Дегдекан расположено в бассейне одноименного ручья, в пределах Аян-Юряхского антиклинория. В Дегдеканской рудномполеразвиты глинистые терригенные отложения с повышенным содержанием углеродистого вещества. В границах рудного поля породы пиритизированы, количество пирита варьирует от сотых долей процента до 5-10% на объем породы. Месторождение относится к золото-кварцевой формации. Основные типы рудных тел представлены жилами и жильными зонами, зонами (залежами) объемной прожилково-вкрапленной минерализации. Наиболее крупная приразломная зона прожилково-вкрапленной минерализации, развитая вблизи Дегдеканского рудоконтролирующего разлома, где она объединяет несколько субпараллельных субширотных зон смятия, расланцевания, дробления вмещающих пород с многочисленностью рудных минералов (Рудные зоны Южная, Северная и Диагональная).

Месторождение Наталка изучалось многими исследователями и описано в большом количестве работ. Детально оно охарактеризовано в монографии [2] и ряде других работ [1, 3, 4, 6]. Месторождение расположено в зоне влияния крупного Тенькинского разлома северо-западного простирания. В строении рудного поля принимают участие монотонные пермские вулканотерригенные породы мощностью более 2,5 км. В рудных зонах сульфидно-вкрапленное и линейно-штокверковое оруденение преобладает над жильными. Особенность руд Наталкинского месторождения состоит в том, что количество кварцевых жил и прожилков не более 5% от их массы. Основная же рудная масса — это сульфидно-вкрапленные руды во вмещающих, в разной степени измененных терригенных породах. Во вкрапленных сульфидах содержится 50-70% всего золота месторождения [1].

Методика полевых работ и фактический материал

Исследования проводились электрогеофизической станцией «СПЕКТР-1» по схеме электрического многочастотного профилирования трехэлектродной, гальванически заземленной, установкой М5N10-5А — ∞ В, с шагом 10–20 метров (что обеспечивает глубинность исследований 1–2 метра и позволяет считать данные исследования параметрическими). Основной особенностью примененной методики полевых исследований является многочастотность измерений на точке. Исследования проводились на частотах 0,3–0,6–1,22–2,44–4,88–9,9–19–39–78–156–312–625 Гц, что сделало возможным построение АЧХ в значительном диапазоне частот, которые для золоторудных объектов территории

Яно-Колымского металлогенического пояса были получены впервые.

В результате полевых исследований выполнен следующий объем работ: месторождение Бутарное — 590 физических точек наблюдения (ф.т.), месторождение Дорожное — 280 ф.т., месторождение Светлое — 95 ф.т., месторождение Дегдекан — 148 ф.т., месторождение Наталка — 784 ф.т. Контроль составил 5,2% и соответствует нормативным требованиям [7].

На основе камеральных работ получены графики параметров кажущегося сопротивления, вызванной поляризации, а также кривые амплитудно-частотных характеристик пород, метасоматитов и руд исследуемых месторождений. Кривые амплитудно-частотных характеристик получены путем нормирования параметра сопротивления, измеренного на всем ряде частот к значению, полученному на частоте самой низкой частоте равной 0,31 Гц.

Обсуждение результатов исследований

Для обсуждения полученных материалов, кратко сформулируем основные результаты проведенных исследований. *Месторождение Бутарное* — кривая амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) рудных тел слабо отличается от кривой вмещающих березитов, некоторые различия зафиксированы только на высоких частотах, рудные тела характеризуются пониженным сопротивлением и повышенной поляризуемостью, а вмещающие гранодиориты повышенным сопротивлением и низкой поляризуемостью. *Месторождение Дорожное* — кривые АЧХ соответствующие рудным телам Буровое и №5, совпадающая на низкочастотном интервале с кривыми, полученными над рудными телами Дорожное, №6 и №1, значительно различаются на более

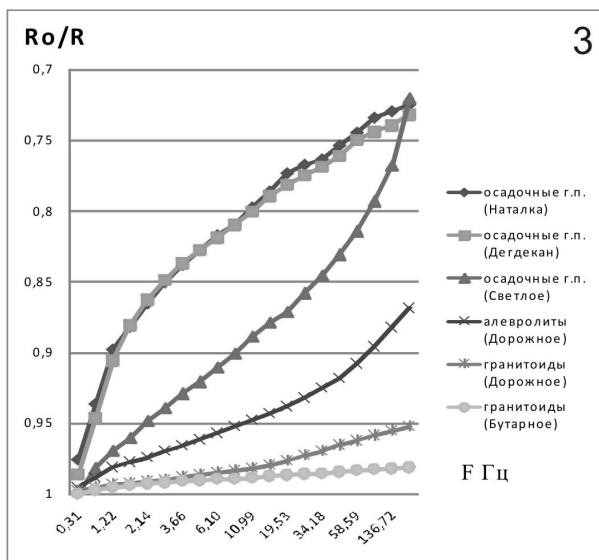
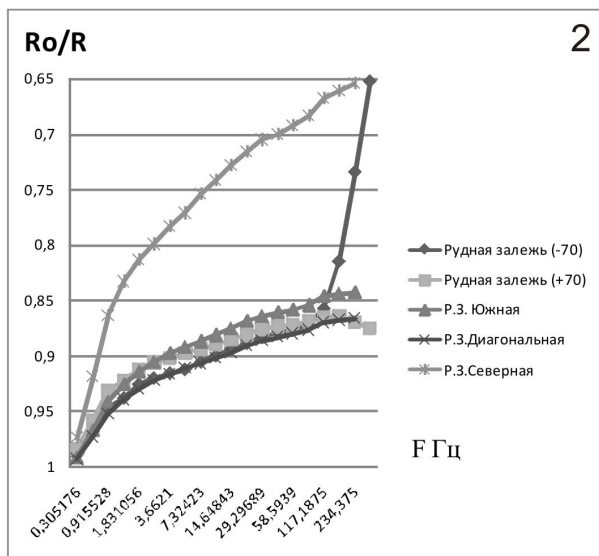
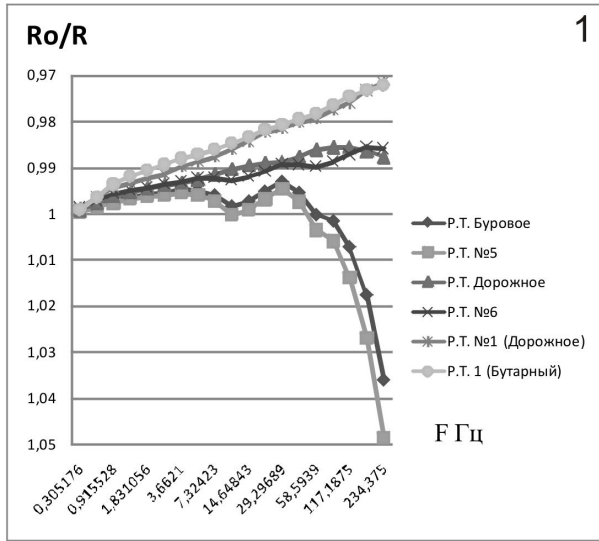
высокочастотном интервале частот. Рудные тела характеризуются пониженным сопротивлением, а вмещающие гранодиориты повышенным сопротивлением. *Месторождение Светлое* — анализ АЧХ показывает, что кривые, наблюдаемые над рудными телами и минерализованными зонами (последние вмещают тонкое кварцевое прожилкование), совпадая на низкочастотном фрагменте, несколько различаются на более высокочастотном интервале, исключение составляет рудное тело Мощное, АЧХ которого резко отличаются от прочих рудных тел. Рудные тела обладают высоким сопротивлением а вмещающие породы характеризуются относительно пониженным сопротивлением. *Месторождение Дегдекан* — параметры АЧХ рудных зон Южная и Диагональная близки, в то же время АЧХ рудной зоны Северная значительно от них отличается. Рудные тела уверенно регистрируются аномалиями повышенного сопротивления и пониженной поляризуемости, а вмещающие породы отмечаются низким сопротивлением и высокой поляризуемостью. *Месторождение Наталка* — данные по амплитудно-частотным характеристикам показывают, что рудная залежь на изученных интервалах регистрируется весьма близкими кривыми. Вмещающие породы на северо-западном фланге рудной залежи достаточно уверенно отбиваются по параметрам сопротивления и поляризуемости, на юго-восточном фланге такой четкой дифференциации не отмечено.

Для проведения анализа сходства и различия электрических характеристик рудных тел и вмещающих пород для изучаемых объектов было проведено группирование месторождений по типу минерализации

и структурно морфологическим признакам, следующим образом: Бутарное-Дорожное, Наталка-Дегдекан.

Месторождения Бутарное и Дорожное расположены в идентичных геолого-структурных обстановках, размещены в пределах штоков гранодиоритов. В связи с этим рудные тела указанных месторождений имеют близкие электрические характеристики. Они преимущественно приурочены к аномалиям пониженного сопротивления и характеризуются относительно повышенной поляризуемостью. Это объясняется тем, что, хотя рудные тела в основном представлены кварцевыми жилами и прожилками (Бутарное — кварц-сульфидные), они сопровождаются зонами березитизации и часто приурочены к разноланговым элементам разрывной тектоники и находятся в катаклазированном (и как следствие часто обводненном) состоянии. При этом вмещающие породы данных месторождений, слабо-и неизменные гранодиориты, характеризуются повышенным сопротивлением и пониженной поляризуемостью.

Сравнение амплитудно-частотных характеристик пары месторождений Бутарное-Дорожное (Рис. 2.1) показывает, что наиболее идентичными на всем исследуемом частотном интервале являются кривые рудных тел №1 (Бутарный) и №1 (Дорожное), каждое из которых являются наиболее протяженными и выдержанными (морфологически и по составу) на своем месторождении. Кривые АЧХ остальных рудных тел совпадают только на низкочастотном интервале от 0,31 до 4,88 Гц, в пределах высокочастотного диапазона от 9,88 до 234 Гц, они значительно различаются. Все это говорит о том, что территории



исследуемых месторождений на некотором этапе шли достаточно близкие процессы, но в дальнейшем гранитоидный массив Сылгытар, вмещающий месторождение Дорожное, был подвержен более интенсивной и длительной проработке с многократной генерацией рудной минерализации. В то время как шток Бутарный изменен в гораздо меньших масштабах (АЧХ практически всех его рудных тел идентичны).

Рудные тела месторождений Наталка, Дегдекан и Светлое имеют общий золото кварцевый тип рудной минерализации, однако залегают они среди разновозрастных (пермских и юрских соответственно) осадочных пород различных по составу. Тем не менее, регистрируются преимущественно аномалиями относительно повышенного сопротивления и пониженной поляризуемости. При этом вмещающие породы, как правило, характеризуются пониженным сопротивлением и повышенной поляризуемостью.

Анализ амплитудно-частотных характеристик пары месторождений Наталка-Дегдекан (Рис.2.2) обнаруживает весьма близкое сходство кривых рудной залежи месторождения Наталка и рудных зон Южная и Диагональная месторождения Дегдекан.

Рис. 2. Амплитудно-частотные характеристики вмещающих пород и руд месторождений: 1 — месторождений Дорожное (Р.Т. Буровое, №5, Р.Т. Дорожное, Р.Т. №№ 1, 6) и Бутарное (Р.Т. №1); 2 — месторождений Наталка (Рудная залежь -70, Рудная залежь +70) и Дегдекан (Р.З. Южная, Р.З. Диагональная, Р.З. Северная); 3 — амплитудно-частотные характеристики вмещающих пород месторождений

Геологической причиной этого является то, что обсуждаемые рудные тела имеют аналогичный минеральный состав (основными рудными минералами являются арсенопирит и пирит) формирование которых происходило в сходных РТ условиях.

Особенностью сопоставления результатов амплитудно-частотных характеристик вмещающих горных пород по всем исследуемым месторождениям (Рис. 2.3) является зафиксированное, устойчивое на всем частотном диапазоне от 0,31 до 176 Гц, совпадение кривых полученным на месторождениях Наталка и Дегдекан. Геологической причиной подобного, по-видимому, является достаточно близкий их минеральный состав. Амплитудно-частотные характеристики вмещающих пород на месторождениях Бутарное и Дорожное, представленных в различной степени измененными гранодиоритами, имеют идентичные кривые в пределах частотного диапазона 0,31- 9,88 Гц, и близкие (но расходящиеся) ветви кривых в более высокочастотном интервале от 19 до 234 Гц. Очевидно, это связано с различной степенью проработки интрузивных тел Бутарный и Сылгытар.

Заключение

На основе выполненных методом ВП полевых и камеральных научно-исследовательских работ изучены электрические характеристики вмещающих горных пород и руд золотокварцевых месторождений Северо-Востока России. В результате проведенных исследований установлены закономерности вариабельности электрических свойств горных пород и руд с характером минерализации, вмещающими породами и структурно морфологическими признаками золоторудных месторождений.

Выявленные электрические характеристики рудных тел и вмещающих пород могут быть использованы в дальнейших исследованиях при комплексном изучении структуры и генезиса золоторудных месторождений.

Список литературы

1. Ворошин С.В., Еремин Р.А., Тюкова Е.Э., Шахтыров В.Г. Новые материалы по структуре и минералогии Омчакского узла//Геохимия и минералогия рудных месторождений Северо-Востока СССР. — Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1989. — С. 67–86.
2. Гончаров В.И., Ворошин С.В, Сидоров В.А. «Наталкинское золоторудное месторождение» ГАН ДО СВНЦ г. Магадан 2002 год. 250 с.
3. Горячев Н.А., Сидоров В.А., Литвиненко И.С., Михалицына Т.И. Минеральный состав и петрохимические особенности рудных зон глубоких горизонтов Наталкинского месторождения//Колыма. — 2000. — № 2. — С. 38–49.
4. Григоров С.А. Генезис и динамика формирования Наталкинского золоторудного месторождения по данным системного анализа геохимического поля//Руды и металлы. — 2006. — № 3. — С. 44–48.
5. Жданов М.С. Электроразведка. М., «Недра», 1986. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых. Справочник геофизика — М.: «Недра», 1984. — 454 с.
6. Калинин А.И. Месторождение Наталка// Многофакторные прогнозно-поисковые модели месторождений золота и серебра Северо-Востока России/Под ред. М.М. Константинова, И.С. Розенблома, М.З. Зиннатуллина. — М., 1992. — С. 5–11
7. Комаров В.А. Электроразведка методом вызванной поляризации. Л., «Недра», 1980.