ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГОПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(СПбГУ)

Институт наук о Земле

Кафедра геофизики

**Выпускная магистерская работа**

**Актуальность применения электроразведки методом ВП при поисках теллуридов золота и связанных с ними золоторудных месторождений на примере Озерновского месторождения полуостров Камчатка**

Студент 2 курса

Мельников С.С.

Научный руководитель:

К.г.-м.н., Кашкевич М.П.

Санкт Петербург

2017

**СОДЕРЖАНИЕ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | Стр. |
|  | ВВЕДЕНИЕ | 3 |
|  | ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ОЧЕРК | 5 |
| 1. | ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ И ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬРАЙОНА РАБОТ | 7 |
| **2.** 2.1.  2.2.  2.3.  2.4. | ФОРМИРОВАНИЕ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РУДНОГО ЗОЛОТА  ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ, СПЕЦИФИКА ФОРМИРОВАНИЯ И СОСТАВА РУД  ПОЛИФОРМАТНОСТЬ И МАСШТАБНОСТЬ ОБЪЕКТА  РАЗВЕДАННЫЕ ЗАПАСЫ  РУДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МЕСТОРОЖДЕНИЯ | 10  17  20  21  22 |
| **3.**  **3.1.** | **МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ГЕОФЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ**  **АППАРАТУРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ** | **26**  **29** |
| **4.** | **МЕТОДИКА ИНТЕРПРИТАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ** | **33** |
| **5.** | **РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ** | **35** |
|  | **ЗАКЛЮЧЕНИЕ** | **40** |
|  | Список используемых источников | **41** |
|  | **СПИСОК ПРИЛОЖЕНИЙ** | **42** |

**ВВЕДЕНИЕ**

Золото известно с незапамятных времён и является едва ли не первым металлом, освоенным человеком. Золото древнего Египта и Римской империи, золото высокой культуры народов Южной Америки еще в доколумбовый период, средневековой Европы, западной Африки и Азии.И наконец, ХӀХвек – время «золотых лихорадок» России, Северной Америки и Австралии, потрясшее весь мир золото Южной Африки. Золото – это поиски и открытия, радость и отчаяние, богатство и гибельный труд, деньги и товар, это красота ювелирного искусства в изделиях, делающих женщину королевой, нанотехнологии, слитки чистейшего металла в сейфах банков, обеспечивающие мощь государства.

С древних времён Россия славилась своим золотом. Его добывали древние скифы. В трудах Геродота упоминается об огромных запасах золота в Рифейских горах.

Золотодобывающая промышленность России начала развиваться после открытия коренного золота в Карелии(Воицкий рудник, 1742г.) и на Урале(берёзовский рудник, 1742г.). Затем месторождения были найдены в Сибири(Алтай, Саяны, Забайкалье, Якутия), на Дальнем Востоке (Приморье, Приамурье), на Камчатке и Чукотке.

В течение 200 лет Россия славилась добычей россыпного золота. С истощением их запасов возникла задача открытия и освоения рудного золота. В 70-80х годах ХХ в. были выявлены месторождения золото-серебряной формации в вулканических поясах(Карамкен, Дукат, Хаканджа, Многовершинное и др.), разведаны запасы коренных месторождений в черносланцевых толщах (Сухой Лог, Олимпиадинское).

В 2010-2012 гг. на территории Камчатского края было выявлено, но до конца так и не изучено новое месторождение коренного золота Озерновское в верховьях реки Левая Озерная. Это месторождение является интересным ещё и тем, что для территории России оно является уникальным своей формацией: рудное золото представлено теллуридами золота (петцит (Ag,Au)2Te, сильванит (Au,Ag)Te2, калаверит AuTe2).

В пределах Озерновского рудного поля площадью около 100 км2 выявлено более 100 тел гидротермальных кварцитов и кварцевых жил. Все они характеризуются повышенной золотоносностью, а некоторые содержат промышленные концентрации золота.

Наибольшими масштабами среди рудоносных зон отличается зона БАМ, прослеженная протяженность которой составляет более 3, а предполагаемая не менее 8 км. Мощность ее колеблется от 6 до 120 м. Зона приурочена к тектоническому нарушению СЗ направления, дешифрируемому на АФС более чем на 30 км. По данным бурения зона падает на юго-запад под углом 65-75о. Она отличается сложной морфологией с раздувами и пережимами. Внутри зоны выделены участки, сложенные предурными и рудными брекчиями. Продуктивная часть зоны БАМ протяженностью 1200 м располагается в пределах крупного субвулканического тела андезибазальтов. Вертикальный размах орудинения определяется подошвой субвулканического тела примерно 300 м. В продуктивной части зоны БАМ выделено несколько рудных тел сложной морфологии с очень невыдержанным содержанием золота (от долей грамма до 1531 г/т). Среднее содержание составляет 14,2-15,3 г/т. Некоторые тела имеют трубообразную форму, что позволяет предположить, что в формировании продуктивной минерализации ведущая роль принадлежала явлениям гидротермального взрыва.

Участок Хомут располагается в центральной части вулканоструктуры, что обусловливает разнообразие ориентировки рудовмещающих структур. Всего здесь выделено более 20 тел гидротермальных кварцитов. В главном рудном теле длиной около 200 м содержание золота достигает 201 г/т при среднем содержании 74 г/т.

На участке Каюрковском продуктивная минерализация приурочена к жилам адуляр-кварцевого, реже карбонат-кварцевого состава. Протяженность жил от 100 до 1800, мощность от 0,3 до 5,5 м, содержание золота от долей грамма до 64 г/т. Предполагается, что этот участок является аналогом глубокихгоризонтов участка БАМ, где на таких же горизонтах происходит смена зон минерализованных брекчий жильными телами. По минеральному составу Озерновское рудное поле относится к золото-сильванит-голдфилдитовому подтипу теллуридного типа золото-серебряной формации, характеризующемуся преобладанием золота (золото-серебряное отношение 2-4:1).

Метасоматиты Озерновского рудного поля имеют черты как высокосульфидного типа в понимании Уайта и Хеденквиста, так и низкосульфидного типа.[8]

Актуальность магистерской работы заключается в поиске новыхтипов месторождений золота, которые раньше не рассматривались как перспективные в силу сложности извлечения полезного компонента. Но сегодня, с усовершенствованием методик извлечений и применения современных технологий такие месторождения представляют огромный экономический интересв силу своих объёмов и содержаний.

Цель работы - разработка методики поисков теллуридов золота геофизическими методами и связанными с ними месторождениями коренного золота.

## ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

# Озерновское рудное поле расположено в Карагинском районе на территории Корякского автономного округа Камчатского края, в 145 км от г. Ключи и 600 км от г. Петропавловск-Камчатский, занимает площадь около 100 км2 (рис. 1). Районный центр – п. Оссора находится в 240 км к северо-востоку, окружной центр – п. Палана в 170 км к северу от Озерновского месторождения. Лицензионная площадь составляет 48.5 км2 и охватывает наиболее изученную восточную часть Озерновского рудного поля, в пределах которой выделены пять основных участков: БАМ, Хомут, Промежуточный, Каюрковский и Прометей.

# Район рудного поля расположен на восточном склоне Срединного Камчатского хребта, занимая междуречье верховий рек Левая Озерная – Перевальная, и незначительно захватывает левобережье реки Перевальной (участок Прометей). Рельеф района среднегорный с абсолютными отметками от 250 до 839 метров и относительными превышениями от 50 до 600 метров.

# Климат района умеренно континентальный, переходный к морскому. Характеризуется продолжительной холодной зимой и прохладным коротким летом, со значительным количеством осадков. Морозный период составляет 240-300 дней. Снежный покров держится с середины октября по конец мая – начало июня (220-230 дней). Мощность снежного покрова в долине реки Левой Озерной 1,5 – 2,5 метра, в распадках, как правило, 4-5 метров. Преобладающее направление ветров зимой – северное, северо-восточное; летом – юго-западное и восточное.

# Растительность типична для северных горных районов и характеризуется отчетливо выраженной вертикальной зональностью. По долинам рек произрастает ива, ольха, тальники; нижние части склонов до отметок 400-500 м покрыты каменноберезовым (участками парковым) лесом с подлеском рябины, жимолости. В интервале высот 400-800 м склоны покрыты труднопроходимыми зарослями кедрового и ольхового стланика. Выше 800 м располагаются зоны горных тундр, каменных осыпей. Район практически лишен прямоствольной древесной растительности.

## 

## Рис. 1. Географическое расположение участка. Масштаб 1: 150000.

## ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ И ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ РАЙОНА

Озерновское рудное поле обнаружено при проведении геологической съемки масштаба 1:200 000 в 1971-1973 гг. партией Всесоюзного АэроГеологического треста (Заботкин, 1974), когда были закартированы и опробованы линейные тела вторичных кварцитов, несущие золото-серебряную минерализацию (золото от 0,1 до 30 г/т).

В 1979-1981 г.г. на площади работ проведена гравимет­рическая съёмка масштаба 1:200 000 (Ольшанская О.Н., 1981). По результатам построены карты изолиний силы тяжести в редук­ции Буге и структурно тектоническая схема района работ. Установлена связь гравитационных аномалий с тектоническими осо­бенностями территории, определены контуры региональных аномалий 1 порядка, подтверждено и уточнено местоположение глубинных разломов северо-западного и северо-восточного простирания, сделана попытка выделения границ участков перспективных на золото, сре­ди которых Озерновскому рудному полю отводится первостепенное значение.

Физические свойства изучались на образцах, отобранных из обнажений и коренных пород, вскрытых канавами. Измерения проведены в лаборатории ЕГФЭ в 1984-1985 гг. Всего измерено 1100 образцов, в том числе 470 представлены образцами из коллекции КГСЭ.

Диапазон изменения магнитной восприимчивости пород очень широк – от нуля до 6000·10-6ед.СГСМ. Наибольшей магнитной восприимчивостью характеризуются породы дайкового комплекса (андезиты, андезибазальты) и четвертичные лавы (базальты).Практически немагнитны гидротермальные кварциты. Менее уверенно характеризуются игнимбриты, диорит – порфиритыввиду малой их представительности. Для всех разностей пород характерна значительная дисперсия.Остаточная намагниченность меняется от 0 до 7000**·**10-6ед.СГСМ.Наиболее сильно намагничены четвертичные базальты, за ними следуют андезибазальты и андезиты. Последние характеризуются наиболее уверенно, имеют относительно малую дисперсию.

Плотность пород меняется от 2,02 до 2,85 г/см3. Наиболее плотными являются интрузивные породы среднего-основного состава (базальты, андезиты). Диорит-порфирит, кварц, кварциты малоразличимы между собой и имеют пониженную плотность. Наименее плотными на участке являются гидротермально измененные породы.

Электрическая характеристика пород дается по результатам определения удельного сопротивления и поляризуемости образцов. Наиболее полно охарактеризованы потенциально золотоносные тела гидротермальных кварцитов и кварцевые жилы. Несмотря на значительную дисперсию удельного сопротивления (от сотен до тысяч Ом**·**м), объясняемую, в основном, различной степенью сульфидизации, вышеуказанные породы имеют удельное сопротивление на порядок выше удельного сопротивления вмещающих пород, если последние не подвергались гидротермальной переработке. Гидротермально измененные каолинизированные и аргиллизированные породы имеют удельное сопротивление на два порядка меньше, чем у рудных тел.

Несмотря на значительное содержание сульфидов в рудных образцах, поляризуемость их не превышает 1,5-2%.Данные по электрической характеристике пород за 1983-1985 гг. являются частично ошибочными, т.к. в ходе работ тех лет не была выдержанна методика проведения ВП-СГ. Недостатками являются слишком длинная питающая линия АВ=11000 м и малая сила тока, подаваемая в питающую линию, I=200 мА, что является недопустимым. На это указывали и специалисты, принимавшие полевой материал за 80-е гг. Данные были исправлены в ходе работ 2010 - 2011 г. и показали, что породы на данном участке хорошо дифференцируются не только по удельному сопротивлению, но и по поляризуемости. Последняя в свою очередь изменяется в пределах от 1,5% до 5% . Повышенные значения поляризуемости (от 3% до 5%), характерны для гидротермально измененных пород и связаны с наличием сульфидной минерализации в них (пирит, пирротин, халькопирит, арсенопирит). Так как околорудное пространство характеризуется также повышенными значениями поляризуемости, то это свойство, в дополнение к удельному сопротивлению, может считаться поисковым критерием. Более подробная характеристика электрических свойств и обоснованность метода будут представлены в следующих главах. Ниже представлена таблица 1 с физическими характеристиками образцов пород, взятых за 1984 г.

В 2010-2012 г.г. ООО «СЗГК» в пределах лицензионной площади ОАО «СиГМА», включающей участки БАМ, Хомут, Промежуточный, Каюрковский, и за пределами лицензионной площади на участке Юго-Западный были проведены электроразведочные работы методом вызванной поляризации с установкой срединного градиента и магниторазведка масштаба 1: 10 000 и детализационные работы масштаба 1:5000. Были выделены и оконтурены ранее неизвестные рудоносные объекты и уточнены параметры ранее обнаруженных рудоносных тел, представляющих промышленный интерес.

Таблица 1. Физические свойства горных пород (по Вилкову Э.С.)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Породы | Кол-во | Магнитная восприимчивость χ, (·10-6 ед. СГСМ) | | | Остаточная намагниченность Ir, (·10-6 ед. СГСМ) | | | Удельное сопротивление ρу, Ом·м | | |
| min | max | сред | min | Max | сред | min | max | сред |
| андезит | 129 | 60 | 6750 | 2080 | 40 | 2220 | 280 | 90 | 6700 | 1840 |
| базальт | 34 | 110 | 6970 | 2820 | 260 | 20490 | 2760 | 110 | 5800 | 1470 |
| Андезибазальт | 21 | 105 | 6200 | 2400 | 28 | 580 | 230 | 720 | 4300 | 2275 |
| диоритовый порфирит | 22 | 45 | 2560 | 1530 | 14 | 990 | 310 | 280 | 12870 | 3260 |
| Кварциты | 131 | 0 | 1560 | 27 | 0 | 700 | 36 | 60 | 7260 | 3340 |
| Кварц | 256 | 0 | 990 | 13 | 0 | 440 | 9 | 170 | 11000 | 3290 |
| гидротермально измененные породы | 106 | 5 | 960 | 65 | 7 | 430 | 76 | 30 | 4360 | 1130 |

**2.ФОРМИРОВАНИЕ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РУДНОГО ЗОЛОТА**

Озерновское рудное поле располагается на восточном склоне Срединного Камчатского хребта, в междуречье верховий рек. Левая Озерная – Перевальная, и частью захватывает левобережье последней. Рудовмещающие породы участка тяготеют к зонам трещиноватости и представлены вторичными кварцитами, к которым, собственно, и приурочена золотая минерализация. Основным рудным минералом пород является пирит, а главные промышленно ценные минералами представлены самородным золотом, теллуридами золота, самородным теллуром, оксидами теллура, голдфилдитом, блеклыми рудами, энаргитом, халькопиритом, ковеллином, халькозином.

Пирит мог образоваться за счет железа первичных пород, а сера, вероятно, привносилась гидротермальными растворами [3, 4]. Количество пирита в породе не превышает 5–6 %. Так же четко выделяются три его разновидности: пирит А, пирит Б, пирит В (рис. 2).

Для пирита А характерен идиоморфизм зерен, кубические формы, он образует разрозненные вкрапленники в основной масс пород. Часто такой пирит не несет следов замещения или перекристаллизации. Золотаяминерализация к нему также, как правило, не приурочена. Размеры зерен колеблются от 0,001 до 0,005 мм.

Пирит Б трещиноват, характеризуется неровными краями зерен, внутри которых часто наблюдаются вкрапления голдфилдита, блеклых руд, причем последние тесно ассоциируют с самородным золотом. Строение зерен иногда концентрически-зональное, вдоль их зон роста развивается, в основном, голдфилдит, наличие которого свидетельствует о близко-одновременном формировании данной разновидности пирита и золота. Пирит В образует редкие вкрапления металлоидных или тонкоглобулярных выделений в основной массе пород. Данная разновидность пирита не замещается другими рудными минералами, что, возможно, обусловлено его пострудным образованием.

Главным промышленно-ценным минералом является самородное золото. Его выделения характеризуются различной формой, обычно это овальные или изометричные зерна с неровными краями, от тонкодисперсного, субмикроскопического (1–2 мкм) до микроскопического (6–9 мкм) размеров. Выделения золота приурочены к межзерновым пространствам кварца, присутствуют в виде редкой вкрапленности в блеклых рудах. Причем для последних характерны самые крупные выделения этого благородного металла. Разные по форме и размерам вкрапленники приурочены к голдфилдиту(Cu12Sb4S13 - Cu12As4S13 + Te,Se) и к вторичным минералам меди, развивающимся по последнему [5].



Рис. 2. Разновидности пирита: 1 – пирит А (белое) в кварце (серое); 2 – зерно пирита Б (белое), вдоль

зон роста которого развивается голдфилдит (серое). Основная масса – кварц (черное); 3 – трещиноватый

пирит Б (светло-серое), вдоль трещин которого развивается голдфилдит (темно-серое); 4 – пирит В

(глобулярные зерна белого цвета) в кварце (темно-серое).

В минералах меди также присутствует переотложенное золото, приуроченное к участкам окисления руды. Для таких образований характерны единичные зерна купроаурида. Кроме того, переотложенное золото ассоциирует с гидроксидами железа. Химический состав золота разнообразен: содержания Au (34–93 %), Ag (0,19–4,5 %) и Cu (3,68–29,8 %), как видно, варьируют в широких пределах. На основе изложенного можно выделить пятьразновидностей золота (рис. 3): 1) золото в свободном виде (содержится в кварце), 2)золото в минеральныхагрегатах, 3) золото, образующее собственные минералы (теллуриды и интерметаллиды), 4) золото, находящееся в срастании с различными минералами, 5) гипергенное (переотложенное) золото. Особый интерес вызывает последняя разновидность, чья гипергенная природа доказывается наличием вкраплений самородной меди и/или теллура, которые, по-видимому, входили в состав теллуридов и купроаурида, распавшихся в результате окисления и воздействия гидротерм. Такое золотолокализуется по обрамлению зерен и наиболее характерно для голдфилдита. Кроме того, в результате переотложения пробность золота повышается за счет очищения от примесей.Что касается голдфилдита, то выделения его ксеноморфные, интерстициальные, минерал заполняет трещины в кварце и пирите, а также развивается вдоль зон роста последнего. Такие выделения голдфилдита часто золотоносны. Вкрапления самородного золота в них от единичных до 4–5 знаков в одном зерне. Кроме золота, в голдфилдите присутствуют микроскопические включения самородного теллура и калаверита. Строение зерен голдфилдита очень примечательно и характеризуется неоднородностью, что выражается в обособлении существенно сурьмяных и существенно мышьяковых участков. По краям зерен и внутренним трещинам голдфилдита часто образуется ковеллин, иногда с включениями самородного золота. По химическому составу голдфилдит относится к сурьмянисто-мышьяковой разновидности блеклых руд с большим количеством теллура и селена. Микропримеси: золото (0,4–1,1 %) и серебро (0,05–0,24 %). Голдфилдит может служить прямым поисковым признаком на предмет обнаружения самородного золота и его теллуридов при макроскопическом исследовании руд. Также поисковым признаком могут служить зоны трещиноватого кварца, чаще всего это участки темно-серого цвета. Мощность таких зон от 1–2 мм до 1 см. Гипергенные процессы играют довольно значимую роль в пределах данного участка. Изучая аншлифы, можно увидеть, что ковеллин (CuS) иногда по краям замещается халькозином (Cu2S), в то время как для зон вторичного сульфидного обогащения такие случаи очень редки. Обычно происходит замещение халькозина ковеллином, но не наоборот. Это свидетельствует о том, что данные минералы образовались в зоне гипергенеза. Кроме описанных выше минералов, довольно часто в аншлифах встречается калаверит (AuTe2). Для него характерны кристаллы таблитчатой и овальной формы.



Рис. 3. Разновидности золота:1 – Выделение золота (ярко-белое) в свободном виде в кварц-каолинитовом метасоматите (серое); 2 – золото (ярко-белое), находящееся в голдфилдите (светло-серое), который по краям замещается ковеллином (темно-серое), Основная масса – кварц (черное); 3 – выделение калаверита ((AuTe2)) яркое) в частично окисленной породе (темно-серое); 4 – купроаурид (светло-серое) в ковеллине (серое). Основная масса – кварц (черное);5 – золото (ярко-белое) в срастании с блеклой рудой (светло-серое). Основная масса – кварц (темно-серое); 6 – переотложенное золото (ярко-белое) по краю окисленного голдфилдита (серое). Основная масса – кварц (черное)

Этот минерал часто обнаруживается в голдфилдите в виде субмикроскопических включений, в блеклой руде и блеклорудно-энаргитовой минеральной ассоциации, реже – в кварце, иногда наблюдаются ксеноморфные выделения калаверита размером 8–10 мкм, которые, находясь в ассоциации с блеклой рудой, секутся ее субмикроскопическими прожилками. Это свидетельствует о более позднем, по равнению с блеклой рудой, образовании калаверита. Самородный теллур также нередко встречается в аншлифах и образует микроскопические прожилки в кварце вдоль трещин. Выделения его тонкоигольчатые, нитеобразные, размер их составляет доли мкм-первые мкм. Самородный теллур обнаружен в ассоциации с голдфилдитом и образует в нем субмикроскопические включения, что свидетельствует о более позднем формировании первого. Самые значительные по размерам выделения самородного теллура находятся, как правило, в парагенетической ассоциации с кавацулитом (селен содержащим теллуридом висмута). В результате окисления самородного теллура и его срастаний с кавацулитом образуются оксиды теллура. Кавацулит (Bi14Te13Se8) – минерал, который представляет собой селено-теллурид висмута. Образует удлиненно-пластинчатые зерна, с ясной спайностью, в отраженном свете цвет его белый с отчетливой анизотропией. Химический состав пересчитывается на формулу Bi2Te2Se, а известный в литературе минерал имеет формулу Bi14Te13Se8. Для уточнения названия минерала необходимо проведение рентгеноструктурного анализа. Пластинчатые зерна кавацулита располагаются обычно в оксидах телллура вдоль трещин в деформированном кварце. Размер зерен составляет 0,02–0,2 мм. Помимо описанных минералов, в аншлифах также встречаются интерметаллиды, в основном, меди и олова. Они образуют субмикроскопическую вкрапленность в кварце, а также заполняют межзерновые пространства кварца. Форма их выделения натечная, каплеобразная [5]. В составе сплавов преобладает медь, распределение меди и олова обычно неравномерное, содержание меди колеблется от 70 до 80 %, олова – от 15–16 до 26 %. На основе исследований взаимоотношений минералов в аншлифах, подтверждены и уточнены следующие рудные минеральные ассоциации пород участка [6] (рис. 4.): а) золото-голдфилдитовая, на долю рудных минералов которой приходится 2–5 % (самородное золото, голдфилдит, селенид висмута) от общего количества; б) теллур-сильванитовая, для которой характерны следующие рудные минералы (в порядке выделения) [1, 4]: пирит, сфалерит, халькопирит, блеклые руды, теллуровисмутит, самородное золото, калаверит, сильванит (AuAgTe4), петцит((Ag, Au)2Te), самородный теллур и гессит. Минералы теллура составляют около 93 % всего количества, а самым распространенными являются самородный теллур (50–70 %) и сильванит (25–30 %); в) сильванит-голдфилдитовая (рудные минералы занимают 13–19 % объема прожилков, за счет голдфилдита, составляющего до 95 % рудной минерализации. Остальная часть рудных минералов – теллуриды, сульфиды и самородное золото



Рис. 4. Геолого-структурная схема Озерновского рудного поля [4] с латеральным распределением наиболеезначимых и масштабных минеральных ассоциаций: 1 – верхнечетвертнчные базальты; 2 –нижнечетвертичные базальты; 3–6 – неогеновые образования: 3 – базальты, андезито-базальты, реже их туфы и туфобрекчии, игнимбриты и липариты; 4 – андезито-дациты, дациты с прослоями туфов средне-кислого состава; 5 – эффузивнопирокластические образования средне-основного со става с преобладанием лав (а) и с преобладанием туфов итуфобрекчий (б); 6 – субвулканические тела базальтов, андезито-базальтов, андезитов (а), диоритовых порфиров(б), андезито-дацитов и дацитов (в); 7 – тектонические нарушения (а), в том числе перекрытые четвертичнымиотложениями (б); 8 – тела вторичных кварцитов (а) и жилы (б): 9 – рудоносные участки: БАМ (I), Промежуточный (II), Хомут (III), Каюрковский (IV); 10 – геологические границы; 11 – реки и ручьи; минеральные ассоциации: 12 – золото-голдфилдит-кварцевая; 13 – сильванит-теллуровая; 14 – сильванит – голдфилдитовая.

От предыдущей данная ассоциация отличается изменением соотношения минералов теллура: уменьшается количество самородного теллура (до 5 % от суммы теллуридов), увеличивается количество сильванита (до 60–70 %) и теллуридов висмута (до 10–15 %); г) золото-гесситовая, главным рудным минералом которой является самородное золото (до 90 %), ассоциирующее с малым количеством (7–9 %) гессита. Реже присутствуют блеклые руды, пирит, сфалерит, халькопирит; д) золото-аргентитовая, общее количество рудных минералов которой неболее 0,5 %. Преобладают пирит, самородное золото, аргентит (акантит (Ag2S)). В небольших количествах присутствуют пирсеит ((Ag, Cu)16As2S11) полибазит ((Ag, Cu)16Sb2S11), халькопирит, борнит, блеклые руды, сфалерит, галенит. Золото часто ассоциирует с акантитом, что указывает на довольно низкий температурный градиент (ниже 179 °С), так как акантит является низкотемпературной разновидностью аргентита и служит своеобразнымминералом-индикатором температуры процессов. Этапность выделения рудных минералов представлена следующими стадиями: 1) золото-голдфилдит-кварцевой, образования которой характерны для участка «БАМ», а в пределах участка«Хомут» встречаются в виде отдельных пересечений. Для данной стадии характерна золото-голдфилдитовая минеральная ассоциация; 2) теллур-сильванит-голдфилдит-каолинит-кварцевой, представленной маломощными жилами, системами прожилкования и метасоматической вкрапленности в зонах вторичных кварцитов. Временные соотношения данной стадии с вышеописанной не ясны, так как они не имеют участков общего совмещения; 3) золото-гессит-гидрослюдисто-кварцевой, представленной локально в виде маломощных (до 10 см) прожилков, секущих минеральные агрегаты вышеописанной стадии. Минерализация данного состава наиболее характерна для эродированных зон участка «Хомут»; 4) золото-адуляргидрослюдисто-кварцевой, которая представлена довольно мощными жилами, достигающими 2,5–3,0 м. Агрегаты этой стадии редко встречаются в пределах исследуемого участка. Изученная руда относится к золото-малосульфидному теллуровому геохимическому и золото-блеклорудно-теллуридному минеральному типам. Размеры самородного золота в аншлифах не превышают 9 мкм. Самые крупные его выделения приурочены к вкраплениям блеклой руды. Для голдфилдита характерны субмикроскопические имикроскопические выделения золота, размером 3–6 мкм, переотложенного в трещинах зерен первого и ассоциирующего с ковеллином, халькозином, а также оксидами и карбонатами меди, что является следствием частичного окисления руды. Содержание сульфидов не превышает 5–6 %. В результате окисления руды образовались оксиды теллура,висмута, железа, меди. Среди вторичных минералов наиболее распространенным является теллур и присутствует в виде значительной примеси. [7]

В настоящее время три основных участка место­рождения БАМ, Хомут и Промежуточный, где выявлены про­мышленные руды золота, находятся в разведочной стадии: поверхность участков детально вскрыта канавами через 25-50 м и изучена разведочны­ми траншеями, на глубину до 200- 300 м, участки вскрыты горизонтальны­ми и наклонными колонковыми сква­жинами по сети 25x25-50 и 100 х 50-100 м.

**2.1. ОСОБЕННОСТИГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ, СПЕЦИФИКА ФОРМИРОВАНИЯ И СОСТАВА РУД**

В последние время в процессе про­ведения ГРР на месторождении в ком­плексе с исследовательскими работа­ми по изучению руд выявлены новые геолого-структурные, рудно-минералогические и породно-вещественные особенности, которые позволяют выделить Озерновское месторожде­ние в особый ранг ожидаемого круп­ного комплексного рудного объекта, не имеющего в настоящее время ана­логов на Камчатке.

Рудообразование на рудном поле сложное комплексное, в металлогеническом плане отчетливо этажное.

Орудинение верхнего этажа охваты­вает интервал от поверхности до глу­бины 200-300 м и представлено при­поверхностной частью Озерновского месторождения с эпитермальным формированием сереброзолотых руд с теллуром и селеном в монтмориллонит-диккит-кварцевых метасоматитах. Профилирующий минералогический профиль рудоотложения — самородно-благороднометалльный (золото, тел­лур) и сложный (серебро, медь, вис­мут) — сульфосольный.

Геолого-структурные особенности эпитермальной части Озерновского золоторудного месторождения заклю­чаются в ее сложном генезисе с актив­ным участием фильтрующихся мобильных агрессивных магматичес­ких газов, первичных и вторичных гид­ротерм в многофазных долгоживущих упрощенно трубчатых (дайкообразных) телах лавобрекчиевого, туфобрекчиевого (туффизитового) и флюидизитового облика. Дорудными субвулканическими внедрениями являются тела неогеновых андезибазальтов. Синрудные и рудосопровождающие рвущие газофлюидизированные вул­канические образования представле­ны 4 фазами. Первая фаза — дайковая андезитовая. Вторая и третья фазы соответствуют эксплозивному внедре­нию флюидогазосодержащей «вспенненой» магмы с обильным включением обломочного материала (интрузивные туфобрекчии, туффизиты). Тела круто­падающие, морфология тел весьма сложная, тела весьма невыдержанны по мощности, морфология тел представляется упрощенно трубчатой (в плане) с многочисленными боковыми наклонными ответвлениями. Вторая фаза содержит 20-30 % округлых обломков (ксенолитов), третья фаза - 50-60 % и более, причем часто дефор­мированных и «растасканных». Четвертая фаза представляет собой в большей степени мелкие тела тектонометасоматических брекчий, ветвя­щихся по восстанию.

Особенности геолого-структурного положения, геологического строения и минералогии Озерновского месторож­дения (эпитермальные условия рудо­отложения) заключается в следующем:

• в становлении рудного поля место­рождения в условиях локального палеогеодинамического режима сжатия в зоне развития Озерной рифтовой региональной структуры:

• в региональном глубинном геофи­зическом разрезе — в надкровельном участке крупного корытообраз­ного магнито- и гравио- возмущающего тела;

•в широком участии в геологическом строении месторождения вулканических и магматических пород, производных от гибридной «андезитовой» магмы с нестандартным набором породных минералов и их элементным составом;

•в тесном, сопряженном пространственно-временном формировании эксплозивного вулканизма, газогидротермального метасоматоза галоидно-кислотного и серно-кислого профиля и разновременного отчетливо дискретного благороднометалльногоорудинения (золото, серебро, теллур);

•в развитии метасоматоза и парагенетически с ним связанного орудинения исключительно по андезитовым дайкам и сложным телам туфобрекчий (туффизитов) среднего состава;

•в исключительном проявлении телескопирования руд в сменяющих друг друга стадиях минерализации с неоднократным растворением, замещением, переотложением и резкой дифференциацией рудного вещества, на последней стадии минералообразования в связи с пространственной совмещенностью нескольких фаз флюидизитобрекчивых тел, по которым проявился неоднократный синрудный фумарольный метасоматоз галоидного и серно-кислотного профилей с формированием аргиллизитовых и кварцитовидных колонок; благороднометалльное формирование руд сложное,3-х этапное: Ag-Bi-Se минерализация первого этапа с As и Sb реакционно наложена на раннюю сульфидную (сульфиды Си, РЬ и Fe) с образованием по ней сложных сульфосолей (блеклых руд); золотая минерализация последующего этапа наложена на сульфосольную, а последняя теллуровая минерализация отчетливо реакционна по отношению к первым двум;

•в регулярной периодичности и повторяемости в отложения золота периодов тонкодисперсного состояния в кварцевой матрице, тонких вростков в теллуридовых соединениях и дендритового роста самородков из золототеллуролимонитового коллоида;

•во временной и пространственной разобщенности существенно серебряной, существенно золотой и существенно теллуридовой самородной минерализации;

•в высокой продуктивности рудоносных метасоматитов, которая прямо связана с их зрелостью и обусловлена полным последовательным набором внедрений флюидизитобрекчивых тел (туффизитов), воздействующих друг на друга отделяющимися вулканическими газами; в рудоносной матрице метасоматитов наиболее продвинутого кварцитового профиля не менее 3-4 генераций кварца, соотносимых по времени формирования с рудными этапами;

•в важной роли в транспортировке рудного вещества флюидно-газовых реагентов по первичным микропорам и вторичным микротрещинам, обусловившего исключительно своеобразную концентрацию благороднометалльной минерализации в виде мелких (споровидных) и просечковых выделений;

•в исключительной высокой концентрации рудного вещества благороднометалльного направления с образованием большого количества богатых и уникальных руд в форме гнезд и бонанцев;

•в проявлении четкой вертикальной зональности формирования аргиллизитового метасоматического профиля, где корневая часть частной фумарольно-метасоматической колонны образована группой смектитов (хлорит, монтмориллонит и др.), а верхняя часть сложена каолин-диккитами, и слабо выраженной зональности в полигенерационном кварцитовом метасоматическом профиле.

Условия образования богатых и уникальных руд с золотом в гнездах и бонанцах:

•многофазность и телескопирование слабоактивного эруптивного и эксплозивного брекчирования (не менее 4 фаз внедрения) с образованием сложных по строению полифазных трубообразных тел («трубка в трубке»);

•сложное полифациальное «продвинутое» строение рудно-гидротермально-метасоматической колонны в связи с неоднократным телескопированием частных рудно-метасоматических колонок галоидного и сернокислотного профилей;

•резкая, скачкообразная и частая инверсия локальных кислотно-щелочных обстановок (геохимических барьеров) с активным участием эндо- и экзогенных факторов (первичные газовые реагенты, первичные и вторичные агрессивные гидротермы), обусловливающих глубину образования богатых и уникальных руд.

**2.2. ПОЛИФОРМАТНОСТЬ И МАСШТАБНОСТЬ ОБЪЕКТА**

По представлениям М.М. Константинова и др. («Условия формирования и основы прогноза крупных золоторудных месторождений», ЦНИГРИ 1998г.) существование длительно развивающихся рудообразующих систем, в процессе эволюции и дифференциации которых происходит разделение сульфидных и оксидных составляющих, приводит к формированию и сонахождению в пространстве крупных месторождений соответствующего минералогического профиля (Крипл-Крик и Ледвилл (США), Мурунтау и Даугызтау (Узбекистан).

Минералогические и геохимические индикаторы вышеотмеченных сульфидного и окисного рудного профиля месторождений разных формационных типов установлены и в золотосодержащих рудах Озерновского месторождения.

1. Проявления профилирующего мезотермального олововольфрамового и (или) вольфрам-серебряного оруденения (окисный минералогический профиль):

• ассоциация касситерита и самородного олова в интерстициях кварцитовой матрицы;

• ассоциация касситерита, молибденита и ксенотима в интерстицияхдиккиткварцевой матрицы;

• крупные и тонко-мелкозернистые соединения природного карбида вольфрама и сульфида серебра в монтмориллонитовых глиноподобных аргиллизитах, выполняющих зальбанды золотосодержащих диккит-кварцевых метасоматитов.

2. Проявления мезотермального медно-порфирового оруденения (сульфидный минералогический профиль):

• ассоциация вкрапленной Mo-Cu-минерализации энартита с люцонитом-фаматинитом, халькопирита, блеклых руд ряда тетраэдрита-теннантита, с молибденитом и сфалеритом в рутил-пирит-гидрослюдисто-кварцевых метасоматитах зальбандов золоторудных диккит-кварцевых метасоматитов;

• ассоциация вкрапленно-мелкогнездовой минерализации из самородной меди, халькозина, борнита и халькопирита во вмещающих туфобрекчиевых породах на значительном удалении от основных золото-содержащих рудных тел;

• ассоциация ватанабеита Cu4(As,Sb)2S5 — энартита CU3(AS,S)4. В низах золотосодержащей руднометасоматической колонны;

• устойчивая (парагенетическая) геохимическая связь в паре низкопробное золото-медь (Au+1 -Си).

3. Проявления магматического орудинения (сульфидный минералогический профиль):

• устойчивые тройные геохимические связи Cu-Ni-Co и Fe-Ti-V в пропилитизированных и монтмориллонитизированныхдайковых телах андезитов и интрузивных фазах туфобрекчий и туффизитов;

• выделения иридия в пустотах диккит-кварцитовой матрицы;

• в благороднометалльном образовании фиксация устойчивой (парагенетической) геохимической связи в паре Аи+3-Те с высокопробным золотом;

• исключительная доля в золотосодержащих рудах высокопробного золота, подавляющее преобладание в составе высокопробного самородного золота микропримесей Си, Fe, Bi и Те при «угнетенном» присутствии микропримесей золотосеребряного профиля Sb и Мg и полном отсутствии Аl.

**2.3. РАЗВЕДАННЫЕ ЗАПАСЫ**

В 2013 году на основании данных ГРР, проведенных за 2010-2013гг., аудиторскими компаниями CSA Global и IMC Montan проведены последние на сегодняшний момент международные оценки геологических ресурсов и рентабельных запасов золота по Озерновскому эпитермальному месторождению.

Компанией CSA Global (Австралия) оценены общие геологические ресурсы Озерновского золоторудного месторождения по кодексу JORC 2004: по состоянию на 01.11.2013 г. общие геологические ресурсы месторождения составили 106,8 т золота при среднем содержании 2,1 г/т.

Компания IMC Montan проведена оценка рентабельных запасов золота по Озерновскому месторождению по кодексу JORC 2012, которые по состоянию на 01.12.2014 г. составили 59,43 т золота при среднем содержании 2,2 г/т.

В 2011 году по Озерновскому месторождению на государственный баланс поставлены оперативные запасы золота и серебра, разведанные ГРР в 2010-2011гг. Оценка запасов проведена по состоянию на 01.01.2012 г. на основании временных разведочных кондиций по борту 1,5 г/т. В оперативную оценку вошли запасы по 6 рудным телам зоны БАМ и 2 рудным телам зоны 38 (участок Хомут) (табл. 2).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Номер рудного тела** | **Номер блока** | **Горизонтальная мощность, м** | **Среднее содержание металла, г/т** | | | **Запасы руды, тыс.** | **Запасы металла** | | |
| **Золото** | | **Серебро** | **Золото, кг** | | **Серебро, т** |
| **Участок БАМ** (балансовые запасы) | | | | | | | | | |
| 1 | С2-1-1 | 4,5 | 19,5 | 8,5 | | 29,8 | 582 | 0,2 | |
| 2 | С2-1-2 | 4,1 | 10,9 | 7 | | 122,4 | 1333 | 0,9 | |
| 4 | С2-1-4 | 8 | 7 | 9,3 | | 62,5 | 439 | 0,6 | |
| 5 | С2-1-5 | 6,9 | 12,2 | 3,6 | | 302,1 | 3677 | 1,1 | |
| 6 | С2-1-6 | 6,1 | 10,6 | 9,4 | | 119,3 | 1261 | 1,1 | |
| 8 | С2-1-8 | 6,1 | 12,2 | 3,3 | | 24,9 | 303 | 0,1 | |
| **Итого по участку БАМ баланс** | | | **11,5** | **6,1** | | **661** | **7595** | **4,0** | |
| **Участок Хомут** (балансовые запасы) | | | | | | | | | |
| 38 | С2-38-1 | 6,3 | 8,1 | 2,7 | | 131,3 | 1059 | 0,3 | |
| 38 | С2-38-2 | 6,8 | 5,5 | 2,2 | | 50,7 | 279 | 0,1 | |
| 46 | С2-46-1 | 12 | 6,9 | 21,7 | | 59,9 | 412 | 1,3 | |
| **Итого по участку Хомут баланс** | | | **7,2** | **7** | | **241,9** | **1750** | **1,7** | |
| **Всего по месторождению: балансовые категории С2** | | | **10,3** | **6,3** | | **902,9** | **9345** | **5,7** | |

Таб. 2. Запасы, числящиеся на государственном балансе, по состоянию на 01.10.2012 г.

По окончанию проведения ГРР в 2016г. на Озерновском эпитермальном месторождении предусмотрена постановка на государственный баланс дополнительно не менее 30-40т. рудного золота по рудным телам метасоматических зон участков БАМ, Хомут, Промежуточный и Каюрковский.

**2.4. РУДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Расположение Озерновского рудного поля в пределах Центрального Камчатского горнопромышленного узла, где ведущие горнорудные направления связаны не только с золотом и серебром (месторождения Агинское, Золотое, Бараньевское, Кумроч), но и с медно-никелевым (месторождения Шанучского рудного поля) и хром-платиновым рудным потенциалом основного и ультраосновного магматизма, не могло не сказаться на специфике его металлогенического потенциала.

Анализ результатов изучения руд Озерновского месторождения, проводимых в Ресурсном центре микроскопии и микроанализа (РЦММ, СПбГУ), свидетельствует, что встречаемые в Озерновских эпитермальных рудах экзотические минеральные образования и нетиповые геохимические связи являются индикаторным отражением последовательного (поэтапного) поступления рудного вещества от различных источников в разных рудогенерирующих обстановках.

Этапность формирования полиформационных комплексных руд Озерновского месторождения приведенана рисунке 5.

Ранний магматический этап, обусловивший в Центральной и Южной Камчатке типовую металлогеническую специализацию на хром и платину в ликвационно-расслоенных и на никель с медью и кобальтом в инъекционно-метасоматических мелких месторождениях и рудопроявлениях связанных с габброидами, обусловил на Озерновском комплексном месторождении проявление таких весьма устойчивых родственных элементно-геохимических связок, как Cu-Ni-Co, Fe-Ti-V, Au-Te, S-Se и lr — ( Pt). Ha верхнем, эпитермальном уровне, устойчивость геохимических связок Cu-Ni-Co и Fe-Ti-V отчетливо сохранилась в пропилитизированных и монтмориллонитизированных дайковых телах андезитов и интрузивных фазах туфобрекчий и туффизитов, в золотонесущих кварцевых метасоматитах сохранность данных связей нарушена и менее проявлена. Геохимические пары Au-Те и S-Se сохранили в основном свои геохимические связи при формировании золотосодержащих руд.

Мезотермальный этап эндогенного оруденения в недрах формирующегося Озерновского рудного поля связан со становлением гранитоидного штокообразного тела, интрудирующего габброидный массив. Металлогеническая специализация — олововольфрамовая и (или) олово-вольфрам-серебряная с цинком и медью (боливийский минералогический тип). Предполагаемый геолого-промышленный тип рудного месторождения — площадной и линейный прожилково-штокверковый. Геохимические связи поздних стадий минералообразования — W-Ag, Ag-Zn и Bi-Ag сохранили в целом свою устойчивость и на эпитермальном уровне рудоотложения.

Третий этап связан с формированием в специфической структурно-геодинамической обстановке (заложению и развитию рифтовой зоны) контаминационных процессов между гранитоидами и породами кровельной части габброидного массива, в это время расслоившегося на более «легкую» верхнюю область, обогащенную агрессивными летучими компонентам, и нижнюю ультраосновную с концентрацией тяжелых элементов. Очаг гибридной (диорит-андезитовой) магмы, сформировавшийся на месте смешения и ассимиляции гранитоидов и габброидов, характеризовался избытком газовых компонентов, концентрация которых в верхней части очага обусловила становление в условиях местного сжатия уплощенных тел брекчиевых дайковых андезитов, туфобрекчий и туффизитов. Большие концентрации меди, скопившиеся в очаге гибридной магмы за счет поступления, по-видимому, из двух источников — ассимилированных и переработанных магматических кобальт-медно-никеливых руд и медно-цинк-серебряных гидротермальных руд, активно транспортированы флюидогазовыми инъекциями в средние и нижние горизонты уплощенно-трубчатого тела туффизитов и туфобрекчий с формированием предполагаемого медно-порфирового оруденения.

Таким, образом, рудный потенциал недр Озерновского рудного поля, в верхней части которых локализуется эпитермальное одноименное золоторудное месторождение, а в нижних и глубоких — два прогнозируемых рудных объекта медно-порфирового и штокверкового геолого-структурных типов, профильных на медь (с молибденом) и вольфрам (с оловом, серебром и висмутом), вполне вероятно еще не исчерпан этими компонентами. Возможно обнаружение на месторождении минерализации урана и платиноидов, а также алмазов в ассоциации с карбидом вольфрама.



Рис. 5. Этапность формирования полиформационных руд Озерновского месторождения (по Демину А.Г., главный геолог ОАО «СИГМА»).

**3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ**

В 2010г. ООО «СЗГК» были проведены первые опытно-методические электроразведочные работы методом вызванной поляризации масштаба 1:2000 на участке БАМ, в ходе которых была установлена связь между электрическими параметрами (УЭС и поляризуемости) и рудоносностью метасоматитов и связанных с ними теллуридов золота.

В 2011-2012 гг. были выделены и оконтурены тела метасоматитов на участках"Хомут", "Промежуточный", «Каюрковский», а также новое рудопроявление «Юго-Западный», по своим характеристикам и содержанию полезного компонента не уступающим «БАМ». Основной задачей работ было доизучение и уточнение параметров (протяжённость, глубина залегания и простирания, а также направление развития) потенциально рудоносных тела связанных с ними теллуридов золота, а также решение вопроса о распространении тел метасоматитов под базальтовым плато и далее за него.

Все тела метасоматитов Озерновского рудного поля по геологическим данным [2]имеют сложный состав, основные рудные тела приурочены к зонам наиболее интенсивных гидротермальных изменений. Морфология и строение рудной зоны сложные. Рудные зоны, как правило, окварцованы и сопровождаются слабой сульфидной минерализацией. Отсюда следует, что объекты Озерновского рудного поля являются сложными для изучения геофизическими методами.

Магниторазведочные работы выполнялись по сети 100×10 ми применялись для решения структурно-картировочных задач.

Магниторазведочные работывыполнялись протонным магнитометром Geometrics, прошедшим метрологическую поверку в мае 2012 г. Контроль работы прибора в начале и конце рабочего дня осуществлялся на контрольных точках (КТ), расположенных непосредственно на участке работ. Магнитовариационная станция располагалась в спокойном магнитном поле. Для записи магнитных вариаций использовался магнитометр Geometrics, отсчеты с которого снимались в автоматическом режиме с интервалом в 60 секунд.Согласно требованиям инструкций по магниторазведке [1] контрольные наблюдения выполнялись в размере 10% от общего объема измерений. Погрешность измерений для съемки средней точности не должна превышать 5 – 15 нТл и оценивается по формуле:

±∑δ2⁄2n, ( 1 )

где: δ – разность первичного и контрольного измерений;

n – количество повторных точек.

Для зарядки аккумуляторов к измерительным приборам и для обеспечения работы компьютеров, используемых для интерпретации данных, в полевом лагере использовался бензоэлектрический генератор «Makita» мощностью 2.4 кВт.

Расчеты показали, что в целом погрешность съемки составила ± 4.9 нТл (по инструкции для съемки средней точности 5-15 нТл).

**Электроразведочные работы**.

Электроразведочные работы масштаба 1:10000 выполнялись с цельюпрослеживания и оконтуриванияпотенциально рудных тел, уточнения границ зон гидротермального изменения пород, картирования даек, разрывных нарушений и т.д. в предположении, что видимая мощность объектов поиска в среднем порядка 10 метров.

Электроразведочные работы методом ВП выполнялись установкой срединного градиента (СГ-ВП) с целью выделения локализации потенциально аномальных зон проводимости и поляризуемости, определения закономерностей их положения в пространстве и на глубину.

При работах с установкой СГ-ВП разнос питающей линии АВ определялся исходя из требуемой глубинности исследований и мощности наносов. В нашем случае разнос АВ был равен 8000 м, что обеспечило глубинность исследований до 500 м. Шаг линии MN по профилю был выбран из расчета, что при заданной горизонтальной мощности объекта и разноса линии MN, последняя, не менее чем в 1 точке, пересечет этот объект. С учетом вышесказанного измерения параметров ВП проводились с установкой СГ-ВП с разносом MN=40 м, шагом-20 м, с изменением шага измерений в аномальных точках до 10м.

Исходя из практики поисков, для уверенного выделения поляризующихся объектов данного типа длительность импульсов поляризующего тока должна составлять 0.82 сек. Измерение дифференциальной поляризуемости производилось в паузе между импульсами тока при следующих параметрах времени: 0.1; 0.141; 0,2; 0.283; 0.4; 0.565 сек.

Согласно требованиям инструкции по электроразведке [1]на участках работ проводился независимый контроль в размере 5 % от общего объема измерений. Относительная погрешность измерений не должна превышать дляηк – 5 %, для ρк – 2.5 % и оценивается по формуле:

, ( 2 )

где xi – измеренное значение наблюдаемой величины, xср – среднее арифметическое измеренных значений, n – количество измерений на точке.

Погрешность измерений составила:

по ηк – 3.04 % (по инструкции 5 %);

по ρк – 1.41 %. (по инструкции 2.5 %).

**3.1.Аппаратурное обеспечение**

При выполнении электроразведочных работ использовалась микропроцессорная измерительная и генераторная аппаратура ВП, разработанная и выпускаемая ЗАО «Теллур СПб», а именно: электроразведочный генератор **TLT–1400** (мощность 1400 Вт) и модернизированный измерительный прибор **TLR-IP-003**, прошедшие поверку в 2011 году. Генератор электроразведочный **TLT – 1400** предназначен для проведения геофизических электроразведочных работ методами заряда, сопротивления и вызванной поляризации при нормальных и рабочих условиях эксплуатации, которые приведены в таблице 3.

Таблица 3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Характеристики условий | Нормальные  Условия | Рабочие  условия |
| Температура окружающего воздуха: 0С  0К | 25 ±5  298±5 | 0 ÷ +40  273 ÷ 313 |
| Относительная влажность воздуха, % | 65 ±15 | до 90 при 30 ***0С*** |
| Атмосферное давление: мм.рт. ст.  гПа | 760 ±20  987 ÷ 1040 | 630 ÷ 800  896 ÷ 1067 |

Основные технические характеристики, для нормальных условий эксплуатации

генератора **TLT – 1400,** приведены в таблице 4.

Таблица 4

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Частота в режиме РПИ-1, (Гц) | 4,88; 2,44; 1,22; 0,610; 0,305; 0,152; 0,076; 0,038. |
| 2. Длительности импульсов в режимеРПИ-2, (мс) | 102,4; 204,8; 409,6; 819; 1640; 3270; 6550; 13100. |
| 3. Нестабильность задания длительностиимпульса или частоты, не хуже | ±3х10-8 |
| 4. Относительная погрешность стабилизации тока, не хуже | 3%; |
| 5. Напряжение питания | 220 В, 50 – 60 Гц |
| 6. Выходная мощность, до | 1400 Вт |
| 7. Максимальное выходное напряжение, до | 600 В |
| 8. Габаритные размеры, мм | 430х300х270 |
| 9. Масса (без балластных  сопротивлений), кг | 16 |

Электроразведочный генератор TLT- 1400 преобразует переменное напряжение 220В в серию импульсов тока заданной формы и длительности. В качестве источника 220В в полевых условиях использовался бензиновый генератор мощностью 2.4 кВт.

Измеритель **TLR-IP-003** используется для измерения разности потенциалов как первичных, так и вторичных полей, наведённых на приёмную заземлённую линию при полевых электроразведочных работах. В частности, при работах по методу ВП, подлежащий измерению сигнал состоит из двух частей: периодов пропускания тока и пауз между ними. Источником сигнала служит генератор, который вырабатывает указанный режим, называемый РПИ-2. Таким режимом через заземлённую питающую линию ***АВ*** геологические образования, находящиеся в Земле в разной степени возбуждаются. Эта степень возбуждения и фиксируется с помощью измерителя. Измеритель автономен и не связан с генератором, однако он должен работать с ним абсолютно синхронно, т.е. “знать”, когда у генератора начинаются импульсы, а когда паузы. Для этого в генератор и измеритель встроены высокоточные часы, которые необходимо синхронизировать между собой перед началом измерений.

Во время пропускания импульсов тока в земле геологические объекты “заряжаются”, а во время пауз они свободно "разряжаются". Задачей для получения параметров ВП(вызванной поляризации) является знание *∆U* как во время пропускания тока (в импульсе), так и во время спада (в паузе). Для этого измеряют значения *∆U* во время пропускания тока, а отрезок времени, относящийся к спаду автоматически разбивается на части (стробы) и в каждом из них проводятся измерения.

Основными параметрами, определяемыми в методе ВП*,* являются: кажущееся сопротивление *(ρк)* и кажущаяся поляризуемость *(ηк).*

Параметр *ρк* вычисляется в измерителе по формуле:

*U0 2π*

*ρк = ------ х -------------------------------------[Oм∙м],* ( 3 )

*I (1/AM-1/AN)+(1/BN-1/B)*

где: *U0*- значение градиента потенциала в импульсе тока, выражаемого в вольтах; *I* - величина возбуждающего тока в линии ***АВ*** (в амперах); ***AM****,* ***AN****,* ***BM****,* ***BN*** - расстояния между питающими *(****AB****)* и измерительными *(****MN****)* электродами (в метрах).

Как видно из выше приведенной формулы, для расчёта данного параметра в измеритель необходимо ввести координаты питающей и приёмной линий, а также значение пропускаемого через АВ в землю тока.

Параметр *ηк* вычисляется в измерителе по следующей формуле:

**, ( 4 )

где: *U0* – значение градиента потенциала в импульсе тока; *Un* – значение градиента потенциала в одном из стробов.

В приборе такжеимеется возможность вычисления параметра *ηd* – дифференциальнойполяризуемости. Он вычисляется по формуле:

, ( 5 )

где: *Tз* – длительность импульса (в секундах); *t*- временное положение одного из стробов (в секундах).

Измеритель обладает следующими основными функциями:

* измерением сигнала в приёмной линии во время импульса тока и в паузах;
* подавлением промышленных помех частотой 50 и 100 *Гц*;
* автоматической компенсацией постоянного и линейно изменяющегося напряжения на входе измерителя;
* регистрацией полученных измерений в память измерителя, с последующей передачей данных в компьютер;
* автоматическим контролем качества измерений (измеритель прекращает процедуру измерения по достижении программно-заданной погрешности);
* возможностью оперативного просмотра результатов измерений;
* способностью расчёта основных параметров: *ρк*, *ηк*и*ηd*в реальном масштабе времени;
* возможностьюпроводной и беспроводной синхронизации измерителя с электроразведочными генераторами: TLT-2000,TLT-1400, TLT-1000и TLT-30 при помощи встроенных прецизионных часов;
* возможностью выбора типа рабочей установки;
* удобным для оператора интерфейсом (система меню, управляемая с помощью клавиатуры и ЖКИ на 40 символов);
* встроенными часами реального времени.

В качестве источника питания применяются аккумуляторные батареи, для подзарядки которых используется зарядное устройство.

Нормальные и рабочие условия использования измерителя представлены в таблице 5 и таблице 6.

Таблица 5

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Характеристики условий | Нормальные условия | Рабочие условия |
| Температура окружающего воздуха: 0С  0К | 25 ±5  298±5 | 0 ÷ +50  273 ÷ 313 |
| Относительная влажность воздуха, % | 65 ±15 | до 90 при 30 0С |
| Атмосферное давление: мм.рт. ст.  гПа | 760 ±20  987 ÷ 1040 | 630 ÷ 800  896 ÷ 1067 |

Измеритель в переносной сумке может транспортироваться любым видом транспорта в соответствии с правилами перевозок, действующими на конкретном виде транспорта.

Хранение измерителя может осуществляться как в переносной сумке, так и без неё при температуре окружающего воздуха в пределах: от 00С до +500С в сухом помещении без пыли и других вредных веществ, вызывающих коррозию.

## Технические характеристикиTLR-IP-003

(приведённые ниже параметры гарантируются при нормальных условиях

эксплуатации)

Таблица 6

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Длительность импульса и паузы, с | 0.410; 0.819; 1.640; 3.270; 6.550; 13.100 |
| 2. Количество стробов | 4 ÷ 14 |
| 3. Времена центров стробов, с | 0.141; 0,2; 0.283; 0.4; 0.565; 0.8; 1.13; 1.6; 2.26; 3.2; 4.53; 6.4; 9.05; 12,8 |
| 4. Основная погрешность измерений, не хуже, % | ±2 |
| 5. Подавление помехи 50 и 100 Гц, не менее, дБ | 100 |
| 6. Входное сопротивление, не менее,Ом | 2 |
| 7. Компенсация ЕП (автоматическая), В | ± 1.2 |
| 8. Процессор | INTEL 80C188EB |
| 9. Объём ОЗУ | 128кб |
| 10. Точность синхронизирующих часов, с | 3х10-8 |
| 11. Время автономной работы измерителя  после синхронизации, часов | 10 |
| 12. Интерфейс с компьютером | RS-232 |
| 13. Напряжение питания от источника  постоянного тока, В | 12±10% |
| 14. Средняя потребляемая мощность, не более,Вт | 0.16 |
| 15. Габаритные размеры, мм | 230x140x120 |
| 16. Масса, кг | 2 |

4. МЕТОДИКА ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Обработка полевых наблюдений проводилась в два этапа, состоящих из качественной и количественной интерпретации.

**Этап 1.** Качественная интерпретациявыполнялась с целью выявления основных закономерностей распределениядифференциальной поляризуемости d и кажущегося удельного электрического сопротивления каж в пределах исследуемой площади и выделения на этой основе потенциальных зон оруденения.

На этом этапе строились графики и планы изолиний геофизических параметров, по которым определялись структурные особенности полей, положение зон тектонических нарушений, областей аномальных значений геофизических полей и т.д. При этом использовался стандартный пакет программ, таких как: **Oasis montaj, Surfer.** Графические материалы оформлялись в среде **CorelDraw**.

**Этап 2.** Количественная интерпретация проводилась с целью выделения отдельных поляризующихся тел в пределах аномальных областей и зон, определения их основных геометрических характеристик (угол падения, горизонтальная мощность, протяженность по простиранию и т.п.).

При количественной интерпретации результатов СГ-ВП использовался пакет программ **ZondRes2D**(разработчик Каминский А.Е.) **и 2D-Pro**(разработчикООО «**Теллур СПб**»).

Разработанная на базе описанной выше программы методика количественной интерпретации данных метода ВП позволяет:

* представлять результаты интерпретации в виде модели геоэлектрических разрезов в реальных масштабах глубин;
* определять основные геометрические и геоэлектрические параметры объектов.

Геоэлектрические разрезы являют собой некий усредненный геофизический образ (модель) поляризующихся объектов, степень соответствия, которых реальным геологическим объектам зависит от адаптации методики интерпретации к реальной геологической ситуации.

Существенную роль при построении геоэлектрической модели играет выбор оптимальных параметров не только самих поляризующихся объектов, но и вмещающей среды. Методы электрических зондирований (в частности ТЗ-ВП) как раз позволяют не только изучать изменение электрических свойств среды с глубиной, но и получать информацию о расположении поляризующихся объектов в разрезе. В результате интерпретации данных съемки СГ-ВП появляется возможность определять наиболее вероятные параметры среды и искомых объектов, путем минимизации дисперсии физических свойств пород и геометрических параметров модели,т.е. получить информацию о расположении границ блоков пород и локализации рудных объектов.

Построенные таким образом модели геоэлектрических разрезов будут наиболее адекватно отвечать геологическим представлениям о строении района работ.

**5**.**РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ**

Результаты геофизических работ представлены картами графиков и изолиний дифференциальной поляризуемости Еtd и кажущегося удельного электрического сопротивления Rоk в масштабе 1:10 000 (приложения 1 и 2).

Как можно видеть на представленных картах характерной особенностью распределения электрических полей на территории участка является наличие линейных аномалий кажущегося сопротивления и дифференциальной поляризуемости северо-западного простирания. Отметим, что в плане аномалии кажущегося сопротивления, как правило, не совпадают с аномалиями поляризуемости, последние локализуются в зоне контакта с аномалиями высокого сопротивления.

В целом вмещающие породы в пределах участка имеют пониженные значения сопротивления и находятся в диапазоне от 50 до 150 – 250 Ом\*м. Высокоомные зоны, образующие линейные аномалии, характеризуются сопротивлением от 300 до 2 000 Ом\*м и, видимо, отмечают зоны метасоматоза и окварцевания.

На участках "Хомут" и "БАМ" аномалобразующие объекты повышенного сопротивления представляют собой тела субширотного простирания с видимой горизонтальной мощностью от 10-20 метров в периферийных частях участков до 60-80 метров в узловых частях. Причем, узловые части участков неоднородны и разбиты тектоническими нарушениями со сдвигами.

На участке "Промежуточный" все аномалобразующие объекты повышенного сопротивления представляют собой тонкие тела мощностью от первых метров до 10-20 метров и простираются с юго-востока на северо-запад.

По характеру распределения дифференциальной кажущейся поляризуемости территория участка разделяется на две половины: северо-восточную с фоновыми значениями поляризуемости порядка 1.4 – 2 % и западную и юго-восточную с фоновыми значениями 2.4 – 4 %. Скорее всего, таким образом, в поле дифференциальной кажущейся поляризуемости отражается дифференциация свойств вмещающих пород, возможно, контакт двух блоков пород с границей, протягивающейся в меридиональном направлении.

Линейные аномалии дифференциальной кажущейся поляризуемости, отмеченные на участке работ в, среднем, имеют амплитуду порядка 4 – 5 % и совпадают в плане с зонами низкого сопротивления (меньше 200 Ом\*м). Судя по всему, эти линейные аномалии отражают положение зон с повышенным содержанием сульфидов.

Таким образом, по результатам электроразведки на территории участка выделяются:

- два блока вмещающих пород, различающихся по значениям фоновой поляризуемости,

- линейные зоны высокого сопротивления с поляризуемостью порядка 2.5 % ,

- линейные зоны поляризуемости (4 – 5 %) пониженного сопротивления.

Участок "Каюрковский" характеризуется достаточно спокойным фоном распределения кажущегося сопротивления (100-300 Ом\*м) за исключением северо-восточной и южной части участка. В районе пикетов 5600-6250 профилей -600 - 0 и пикетов 6250 - 6550 профилей 100 - 400 выделяется две небольших по протяжённости зоны субширотного простирания с повышенными значениями кажущегося сопротивления (600-800 Ом\*м). Структуру этих аномальных тел можно аппроксимировать линейными объектами разной степени погружённости. Анализируя графики кажущегося сопротивления можно сказать, что в тела погружаются в восточном направлении. Максимальное распространение зоны повышенного сопротивления отмечено в районе пикетов6250-6500 профилей 100 - 400 (жилы11, 12, 14, 24).

Жилу 19, выделенную ранее на геологических картах, установкой срединного градиента подтвердить не удалось. Таким образом, изменив установку СГ на установку Веннера для более детального изучения геометрии рудного тела сделали следующие выводы:

* жилы 19, 21 и 22 в поле сопротивлений выделяются низкоамплитудными аномалиями порядка 500 - 650 Ом\*м на уровне фоновых значений 350 Ом\*м, при этом аномалобразующие объекты располагаются вблизи дневной поверхности;
* в поле дифференциальной поляризуемости тела выделяются слабоинтенсивными аномалиями со значениями порядка 2% при фоновых значениях 1.2%
* горизонтальная мощность выделенных тел составляет порядка 5-10 м, вертикальная - 10 - 15м, протяженность порядка 50 - 300м.

В южной части участка Каюрковский,вблизи участков Хомут - Промежуточный также фиксируется область повышенных сопротивлений (500-900 Ом\*м) в районе пикетов 4000÷ 5000 профилей -1100÷ -1600 и пикетов 1540 ÷ 3700профилей 0 ÷ -1600.Это более широкие и протяженные аномалобразующие объекты. Аномалия кажущегося сопротивления в районе пикетов 3200 - 3700 на профиле 0 и пикетов 3700 - 3800 профиля -600 имеет пологую, сглаженную форму, что может говорить о том, что аномалобразующий объект перекрыт мощным чехлом. На профилях -700 -1600 аномалии кажущегося сопротивления становятся более интенсивными (до 1500 Ом\*м и более), изрезанными и разделяются на две ( ПР -900 ПК 3200 - 3550 и ПК 3600-3700, и далее ПР -1500 ПК 3000 - 3300 и ПК 3550-3700). Скорее всего, аномалобразующий объект подходит к дневной поверхности, и мощность перекрывающих пород составляет первые метры.

Наиболее выраженные линейные аномальные объекты выделяются в юго-западной части исследуемой площади. Оси аномалий находятся в районе пикетов 3500, 3000, 2500, 2000, 1400 (профили -1700- -4500), ширина аномальных зон от 50 до 500 м. Эти объекты чётко трассируются с участков "БАМ", "Хомут" и "Промежуточный" и, скорее всего, являются продолжением тел метасоматитов этих участков, но более погруженными.

Стоит отметить, что природой пониженного кажущегося сопротивления вмещающих пород основного состава (андезитов, базальтов, андезит-базальтов и туфобазальтов) может являться их повышенная трещиноватость и пористая структура, а повышенное сопротивление метасоматитов, скорее всего, обусловлено активными процессами пелитизации, аргиллизации и окварцевания, но для того, чтобы оконтурить конкретный ореол рудопроявления в аномальных зонах необходимо провести дополнительную геологическую съёмку.

По характеру распределения дифференциальной кажущейся поляризуемости территория участка разделяется на две части: севернуюс фоновыми значениями поляризуемости порядка 0.8 – 1.7 %и южную с фоновыми значениями 2.5 – 4 %. Их условная граница имеет субмеридиональное направление отпрофиля 0 пикета 4300 до профиля 1500 пикета 6300. Различие в фоновых значениях поляризуемости свидетельствуют о наличии двух отличных по составу блоков вмещающих пород.

На начальном этапе интерпретации данных магниторазведки был выполнен общий анализ структуры зарегистрированного поля, на основе которого выделялись геологические границы и тектонические нарушения.

Результаты выполненного анализа показали, что в геологическом строении участка отмечаются два основных типа пород с различной намагниченностью и выделяющиеся по уровню поля ΔТ**.**

Так, в центральной части участка (профиль-1600; пикеты 5600-6250÷профиль 0; пикеты 2250-3750) выделяется блок пород со средним уровнем поля, превышающим 1000 нТл. Породы простираются в субмеридиональном направлении юго-восток северо-запад. По острым положительным пикамΔТ можно сказать, что объект выходит на поверхность. "Изрезанность" графиковΔТ свидетельствует о петрофизической неоднородности аномалообразующего объекта. На геологических картах этот объект обозначен как андезит-базальтовое плато. Вмещающие породы характеризуются пониженными значениямиΔТ (-100÷-300 нТл). Магнитное поле вмещающих пород "изрезано" положительными аномалиямиΔТ, свидетельствующими об их неоднородном составе и многократных тектонических нарушениях разной направленности и протяжённости.

Тектонические нарушения в полеΔТ выражаются узкими линейными протяженными положительными аномалиями порядка 300÷500 нТл.

Контакт вмещающих пород и плато отражается в протяженной неширокой (300-500 м) отрицательной аномалииΔТ (-1000÷-1500 нТл), что свидетельствует о большом различии в составе контактирующих пород магнитных минералов.

Как видно, полученные результаты качественной интерпретации требуют более обоснованного разделения выделенных объектов по физическим свойствам. С этой целью был выполнен многомерный статистический анализ данных электроразведки средствами пакета программ **"Структурный анализ".**

В 70 – 80-е годы прошлого столетия было разработано большое количество алгоритмов классификации геологических, геофизических и геохимических данных. Наиболее успешным из них остаётся метод «Структурного анализа», разработанный М. К. Овсовым.

Математически метод, отчасти, базируется на известных алгоритмах (кластерный, факторный, корреляционный, регрессионный анализы, методы теоретической синергетики), но в целом является авторской разработкой (knowhow).

Результатом обработки исходных данных является:

* карта распределения классифицированных геоданных;
* статистические характеристики каждого класса геоданных.

Таким образом, программа позволяет по совокупности геофизических, геохимических, геологических и др. признаков районировать территорию изучаемой площади по классам. Вконкретном случае в качестве признаков нами использовалась дифференциальная поляризуемость и кажущееся удельное сопротивление.

Результаты статистической обработки представлены в приложении 3.

Комментируя полученные результаты, отметим, что весь массив цифровых данных разделился на пять классов. Выборки первого и второго классов (серый и зеленый цвета) имеют довольно большой объем цифровых данных и отражают общие характеристики вмещающих пород участка, различаясь незначительно по средним значениям кажущегося удельного сопротивления (порядка 450 Ом\*м), в значительной степени отличаются средними значениями дифференциальной поляризуемости (2,7% для первого класса и 1,5% для второго).Объекты первого класса находятся преимущественно в южной части планшета и по своей природе похожи на вмещающие породы участка "БАМ".Объекты второго класса занимают большую часть планшета и по своим характеристикам могут являться породами, идентичными вмещающим породам участка "Хомут". На участке "Юго-Западный" вмещающие породы по своим характеристикам также схожи с вмещающим породам участка "Хомут".

В третий и четвертый классы (светло-желтый и темно-желтый цвета) попали объекты с повышенными средними значениями кажущегося удельного сопротивления (700- 900 Ом\*м) но различающиеся между собой средними значениями дифференциальной поляризуемости (≈1.5%для третьего класса и ≈1.7% для четвертого). Объекты данных классов могут характеризовать зоны пониженной проводимости с разной степенью включений электронных проводников. К объектам 3 и 4 классов могут относиться зоны метасоматоза с различной степенью минерализации (сульфидизации).

В пятую группу классов (красный цвет) попали объекты с высоким и средним значением кажущегося удельного сопротивления (≈550 Ом\*м) и повышенным средним значением дифференциальной поляризуемости (≈2.44%). Из карты классов хорошо видно, что объекты 5-го класса приурочены к объектам 3 и 4 классов.Исходя из анализа геофизических и геологических данных, можно предположить, что объектам 5 класса соответствуют зоны окварцевания со слабой сульфидной минерализацией, приуроченные к процессу метасоматоза в коренных породах. Именно эти объекты могут представлять непосредственный поисковый интерес как кварцитовые тела внутри поля метасоматитов.

Таким образом, в результате выполненного статистического анализа распределения по площади геофизических параметров выделен **основной 5-й класс** объектов представляющих поисковый интерес, характеризующийся высокими значениями кажущегося удельного сопротивления и слабой дифференциальной поляризуемостью, что, скорее всего, отражает сильную окварцованность этого типа пород. Поисковый интерес могут представлять также объекты 3-го и 4-го классов как зоны метасоматоза.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В работе раскрыт аспект поиска нового типа месторождений золота – теллуридов золота. Результаты геофизических работ методом вызванной поляризации в пределах Озерновского рудного поля показали, что:

1. По данным электроразведки тела метасоматитов уверенно выделяются по повышенным значениями кажущегося сопротивления.

2. Поляризующиеся объекты, как правило, располагаются на флангах аномалий сопротивления и отмечают зоны повышенной сульфидной минерализации.

Результаты геофизических работ способствовали максимально эффективному планированию дальнейших геологоразведочных работ, что в итоге позволило за короткие сроки довести разведанные запасы месторождения, по оценке CSA Global (Австралия), до 104.1 тонны золота при среднем содержании 2г/т, и выявили новые потенциально рудоносные зоны в пределах и за пределами участков БАМ, Хомут, Промежуточный и Каюрковский.

Обогащение технологической пробы в объёме 100 тонн показало, что при кучном выщелачивании объём извлечения золота составляет 70%, а при цианировании достигается 95-98% извлечения золота.

Сегодня, с усовершенствованием методик извлечений и применения современных технологий месторождения теллуридов золота представляют огромный экономический интерес в силу своих объёмов и содержаний.

Физические свойства теллуридов золота (электропроводность, поляризуемость и т.д.) и их поведение в физических полях на сегодняшний день изучены мало.

Практическая реализация описанных методов может привести к существенному сокращению затрат на поиски теллуридов и связанных с ними месторождений золота, не говоря об экологической выгоде, сопряженной со снижением объёмов буровых работ, весьма неблагоприятно влияющих на экологическую обстановку.

**Список используемых источников**

1. Инструкция по электроразведке. Л.: Недра, 1984. – 352 с.

2. Отчет о результатах геологоразведочных работ, проведенных ОАО «СиГМА»

на Озерновском рудном поле в 2006-2008 гг.

3. Бетехтин А. Г. Парагенетические соотношения и последовательность образования минералов А. Г. Бетехтин. Зап. Всесоюз. минерал.об-ва. – 1951. – № 2. –Ч. 80–194 с.

4. Бетехтин А. Г. Гидротермальные растворы, их природа и процессы рудообразования. Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. – М., 1953. – 135 с.

5. Гаврилов А. М. Некоторые экспериментальные данные о воздействии золотоносных растворов на арсенопирит и пирит в гидротермальных условиях А. М. Гаврилов, Л. М. Делицин. Оптические и другие физические методы изучения минералов при исследовании вещественного состава и генезиса золоторудных месторождений. – М., 1974. – Вып. 112. – С. 106–111.

6. Петренко И. Д. Золото-серебряная формация Камчатки И. Д. Петренко. – СПб, 1999. – С. 229–264.

7.Вестник ВГУ, Серия: Геология, 2008, № 2, 216 – 221с.

8. Геология и полезные ископаемые России, СПб, 2004, 226 – 228с.

**СПИСОК ПРИЛОЖЕНИЙ**

Приложение №1 «Карта графиков Rок с перспективными рудными зонами».

Приложение №2 «Карта графиков Еtd с перспективными рудными зонами»

Приложение №3 «Сводная карта классов 2010-2012гг».