

*На правах рукописи*



**ГОЛДЫРЕВ Виталий Николаевич**

**МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ И ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВАЯ  
МОДЕЛИ ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОГО ОРУДЕНЕНИЯ ВАЛУНИСТОГО  
РУДНОГО РАЙОНА (ВОСТОЧНАЯ ЧУКОТКА)**

1.6.10 – «Геология, поиски и разведка  
твердых полезных ископаемых, минерагения»

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание учёной степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Новосибирск 2024

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет».

**Научный руководитель:**

**Наумов Владимир Александрович**

Доктор геолого-минералогических наук, заместитель директора по научно-организационным вопросам Института геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого Уральского отделения РАН (г. Екатеринбург)

**Официальные оппоненты:**

**Пальянова Галина Александровна**

Доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник Лаборатории прогнозно-металлогенических исследований Института геологии и минералогии Сибирского отделения РАН (г. Новосибирск)

**Азовскова Оксана Борисовна**

Кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Лаборатории геохимии и рудообразующих процессов Института геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого Уральского отделения РАН (г. Екатеринбург)

**Ведущая организация:**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения РАН (г. Иркутск)

Защита состоится «14» ноября 2024 года в 14.00 часов на заседании Диссертационного совета 24.1.050.01, созданного на базе ФГБУН ИГМ СО РАН, в конференц-зале (630090, г. Новосибирск, пр-т ак. Коптюга, 3).

Отзыв в одном экземпляре, оформленный в соответствии с требованиями Минобрнауки России, просим направлять по адресу: 630090, г. Новосибирск, пр-т ак. Коптюга, 3, Котлярову А.В. Тел./факс: +7 (383) 373-03-28; +7(383) 373-05-61, e-mail: kotlyarov@igm.nsc.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБУН ИГМ СО РАН [https://www.igm.nsc.ru/images/diss/loadfiles\\_dzubenko/goldyrev/dis-Goldyrev.pdf](https://www.igm.nsc.ru/images/diss/loadfiles_dzubenko/goldyrev/dis-Goldyrev.pdf).

Автореферат разослан «26» сентября 2024 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
24.1.050.01, к.г.–м.н.

Котляров А.В.

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность работы** обусловлена наметившимся в последние годы спадом золотодобычи в Чукотском автономном округе (ЧАО). Существует необходимость выработки комплекса мер для наращивания прогнозных ресурсов золота Чукотки и реализации ее золоторудного потенциала [Бортников и др., 2015; Волков и др., 2017; Машковцев и др., 2019; Гермаханов и др., 2023].

С учетом продолжающихся геологоразведочных работ на территории Валунистого рудного района (Восточная Чукотка) выяснение особенностей геологического строения и состава руд, выявление связи с конкретными магматическими комплексами и структурами может иметь большое значение для понимания условий образования и локализации подобных месторождений на территории всего региона.

Вопросы металлогенического районирования и закономерностей размещения золоторудных месторождений территории исследования рассматривались в работах [Сидоров, 1966; 1978; Берман, 1970; Бегунов и др., 1976; Красный, 1984; Котляр, 1986; Щепотьев и др., 1989; Сидоров, Еремин, 1991; Волков, 1999; 2006; Стружков, Константинов, 2005; Горячев и др., 2010; Стружков, 2010; Константинов, 2010]. Данные материалы свидетельствуют о высокой роли рудоконтролирующих факторов, которые можно отнести к категории вулканоструктурных, что обуславливает высокую эффективность использования целевого структурного дешифрирования космических снимков [Нарतिकоев и др., 1975; Кочнева и др., 1998; Гуревич, 2009; 2013] и палеовулканических реконструкций [Дьяконов, 2011; Дьяконов и др., 2016] при прогнозировании золото-серебряного оруденения.

Вещественный состав руд месторождений района (Валунистое, Горное, Жильное), особенности благороднометалльной минерализации и условия ее образования были детально изучены в работах [Брызгалов, Кривицкая, 1998; Новоселов и др., 2009; Елманов и др., 2018; Савва, 2018; Волков и др., 2019; 2020; Журавкова и др., 2019; Русанов и др., 2019; Пальянова; 2020; Беляева, 2022; Бортников и др., 2022; Беляева, Пальянова, 2023; Кузнецов и др., 2023]. Несмотря на это, результаты данных исследований нуждаются в анализе, обобщении и систематизации. Кроме того, весьма актуальным и принципиальным представляется более подробное рассмотрение пространственно-временных условий образования рудной минерализации района, что, в конечном счете, позволит рационализировать проводимые геологоразведочные работы.

**Целью работы** является разработка минералого-геохимической и прогнозно-поисковой моделей золото-серебряного оруденения Валунистого рудного района (ВРР) и выявление наиболее перспективных структур и участков его развития.

Для этого решались следующие **задачи**:

1. Сбор, систематизация и анализ результатов работ предшественников и научных исследований.
2. Выявление геолого-структурных и минералого-геохимических особенностей месторождения Жильное;

3. Выделение минералого-геохимических типов оруденения, реконструкция палеовулканического сооружения Валунистого рудного узла, исследование стадийности и вертикальной зональности оруденения.

4. Обоснование поисковых предпосылок и признаков для обнаружения золото-серебряного оруденения;

5. Исследование температурного режима в толще пород месторождения Валунистое, рассмотрение продуктов геокриогенеза в качестве индикаторов тектонической нарушенности пород и оруденения;

6. Обоснование применения дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) по методике обработки минеральных индексов для прогнозирования золото-серебряного оруденения;

**Предметом исследования** являются геолого-структурные и минералого-геохимические особенности ВРР, состав золото-серебряной минерализации, руд и техногенно-минеральных образований (ТМО).

**Объектом исследования** являются месторождения и рудопроявления ВРР; эпитеpmальные месторождения РФ и мира.

**Фактический материал и методика исследования.** В основу работы положены данные, собранные автором в 2018-2019 гг. в период выполнения поисково-оценочных работ на Кремовой площади (АО «Северо-Восточное ПГО»), разведочных работ на месторождении Жильное (ООО «Канчалано-Амгуэмская площадь»), эксплуатационно-разведочных и добычных работ на месторождении Валунистое и Горное (ООО «Рудник Валунистый»).

1. *Полевые исследования.* Включали поисковые маршруты и литохимическую съемку по вторичным ореолам рассеяния масштаба 1:25 000 и 1:10 000 в пределах изучаемой площади и перспективных участков; документацию канав, траншей и керн скважин; керновое, бороздовое, сколковое, задирковое, штуфное опробование жильных и метасоматических образований, вмещающих пород; термические исследования в скважинах месторождения Валунистое.

2. Исследования в камеральный период включали:

2.1. *Пробоподготовка* (дробление образцов, гравитационное обогащение).

2.2. *Обработка и анализ результатов аналитических исследований* (сканирующая электронная микроскопия, микрозондовый, рентгено-флуоресцентный, масс-спектрометрический с индуктивно-связанной плазмой анализы).

2.3. *Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) по методике обработки минеральных индексов.*

2.4. *Разработка геолого-структурной, минералого-геохимической, прогнозно-поисковой моделей.*

**Научная новизна.** 1. Впервые произведена типизация золото-серебряного оруденения ВРР по геолого-структурным и минералого-геохимическим особенностям. В результате выделены 2 типа: золото-сульфосольный (месторождение Валунистое, сформированное в породах околожерловой группы фаций) и серебро-полисульфидный (месторождение Жильное, сформированное в породах склоновой группы фаций). 2. Модернизирован комплекс критериев

прогнозирования золото-серебряного оруденения. 3. Впервые адаптирована методика обработки минеральных индексов для прогнозирования золото-серебряного оруденения. 4. Уточнена стадийность и зональность минералообразования в пределах ВРР.

**Практическая значимость.** 1. Выполненная работа существенно расширяет перспективы металлоносности района, а предложенные геолого-структурная, минералого-геохимическая, прогнозно-поисковая модели послужат методической базой для прогнозирования Au-Ag месторождений на территории ВРР и других вулканогенных поясов. 2. Выявлены предполагаемые рудные узлы, перспективные участки развития золото-серебряной минерализации: «Белые Увалы», «Моховый», «Светлый», определены рудные поля, которые необходимо доизучить (Осеннее, Оранжевое). 3. Определено содержание, количество и характеристики благородных металлов в ТМО месторождения Валунистое и других эпитермальных месторождений золота.

**Основные защищаемые положения:**

1. Золото-серебряное оруденение Валунистого рудного района связано с околожерловой и склоновой группами фаций и относится к двум минералого-геохимическим типам: золото-сульфосольному (месторождения Валунистое) и серебро-полисульфидному (месторождение Жильное).

2. Поисковым признаком золото-серебряного оруденения на территории Валунистого рудного района являются установленные при дистанционном зондировании Земли аномалии минеральных индексов, которые отвечают зонам окварцевания и ожелезнения.

3. Золото-серебряное оруденение приурочено к интрузивно- и вулканокупольным структурам на участках их пересечения зонами разломов. Для наиболее продуктивных Au-Ag объектов Валунистого рудного района прогнозируются геохимические ореолы Ag, Au, Sb, As, Hg, Cu, аномалии минеральных индексов «Quartz rich rocks» и «Ferric iron», широкое развитие пород околожерловой группы фаций, аргиллизитов и флюорит-кальцитовых жил. Согласно прогнозно-поисковой модели, наиболее перспективные участки золото-серебряной минерализации: «Белые Увалы», «Моховый», «Светлый», рудные поля Осеннее и Оранжевое.

**Апробация результатов исследования.** Основные результаты, а также отдельные ее разделы, обсуждались и докладывались на Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Геология в развивающемся мире», ПГНИУ (г. Пермь), 2019-2023; на III сессии «Промышленные типы месторождений» международной конференции платформы «Геовебинары», 2020; на Всероссийской научной конференции с международным участием: «Фундаментальные и прикладные аспекты биоинформатики, биотехнологии и недропользования», ПГНИУ (г. Пермь), 2020; на Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Геология и полезные ископаемые Западного Урала», ПГНИУ (г. Пермь), 2021-2023; на 25-ой научной конференции «Чтения памяти П.Н. Чирвинского», ПГНИУ (г. Пермь), 2022; на серии вебинаров «Рудник будущего» в рамках международной выставки

«Рудник Урала», 2021; на XXVIII молодежной научной школе им. проф. В.В. Зайкова «Металлогения древних и современных океанов-2022. От вещественного состава к моделям и прогнозированию месторождений», ИМин УрО РАН (г. Миасс), 2022; на II открытой Всероссийской научно-практической конференции «Управление минеральными ресурсами. Орловские чтения», посвященной памяти В.П. Орлова. ТГУ (г. Томск), 2022; на XXVIII Всероссийской научной молодежной конференции с международным участием «Уральская минералогическая школа – 2022. Под знаком медных и благороднометалльных месторождений». ИГГ УрО РАН (г. Екатеринбург), 2022; на Рудной Школе ЦНИГРИ (IV Молодёжная научно-образовательная геологическая конференция), ЦНИГРИ (г. Москва), 2023.

**Публикации.** Материалы диссертации опубликованы в 5 статьях в рецензируемых журналах по перечню ВАК, в 18 публикациях, включенных в материалы научных мероприятий.

**Личный вклад автора.** В 2018-2019 гг. автор в качестве геолога выполнял поисково-оценочные работы на Кремовой площади (АО «Северо-Восточное ПГО»), разведочные работы на месторождении Жильное (ООО «Канчалано-Амгуэмская площадь»), эксплуатационно-разведочные и добычные работы на месторождении Валунистое и Горное (ООО «Рудник Валунистый»). Автором произведен анализ опубликованных и фондовых материалов по территории исследования. Автор принимал непосредственное участие в пробоподготовке, обогащении проб, минералогических исследованиях, подготовке материала для аналитических исследований, обобщении полученных результатов. Автором было произведено ДЗЗ территории исследования и выделение перспективных площадей.

**Структура и объем работы.** Состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 162 наименований. Объем диссертации составляет 139 страниц, в том числе 63 рисунков и 11 таблиц.

**Благодарности.** Автор выражает искреннюю признательность научному руководителю д.г.-м.н. Наумову В.А. за руководство проведенными исследованиями и всестороннюю помощь при написании работы.

Большое значение для автора имели полевые работы в геологических организациях АО «Северо-Восточное ПГО», ООО «Рудник Валунистый», ООО «Канчалано-Амгуэмская площадь». Личные наблюдения и знания, полученные во время работ в данных организациях, легли в основу настоящего исследования. Автор пользуется случаем и благодарит за переданный бесценный опыт коллег, с которыми состоялись полевые работы: Шарыпова Л.В., Неволлина Д.Н., Зарипова Р.Г., Кочкина Ф. и многих других. Автор благодарит за неоценимую помощь в проведении аналитических исследований д.г.-м.н. Осовецкого Б.М., Томилину Е.М., Пузика А.Ю., к.х.н. Волкову М.А. Автор выражает особую благодарность д.г.-м.н. Ибламинову Р.Г., д.г.-м.н. Осовецкому Б.М., к.г.-м.н. Попову А.Г., к.г.-м.н. Лебедеву Г.В. за консультации и помощь в выполнении данной работы. Искреннюю благодарность автор выражает коллективу кафедры «Поисков и разведки полезных ископаемых» геологического факультета ПГНИУ за годы, проведенные в студенчестве и аспирантуре.

## СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

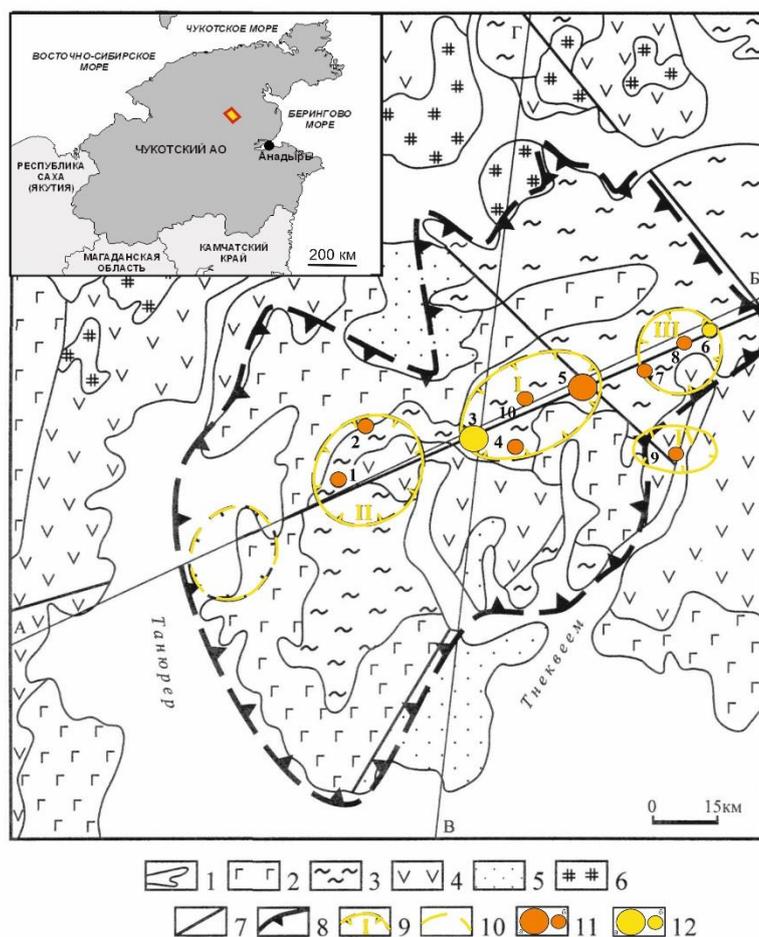
Во **введении** обосновывается актуальность темы, формулируются цели, задачи, объекты исследования и фактический материал по ним, выносимые на защиту положения диссертационной работы, отражена научная новизна, практическая значимость, личный вклад соискателя. В **главе 1** дается геологическая характеристика ВРР. Приведен литературный обзор опубликованных данных по изученности объектов исследования. Представлены результаты геологоразведочных работ предшественников. В **главе 2** представлена методика аналитических исследований. В **главе 3** показаны геолого-структурные и минералого-геохимические особенности месторождения Жильное. Рассмотрены типизация золото-серебряного оруденения ВРР, стадийность и зональность минералообразования. Показаны геолого-структурная и минералого-геохимическая модели оруденения. В **главе 4** обоснованы основные поисковые предпосылки и признаки золото-серебряного оруденения ВРР. Приведены результаты исследования температурного режима в толще пород. Рассмотрены продукты геокриогенеза в качестве индикаторов тектонической нарушенности пород и оруденения. Обосновано применение дистанционного зондирования Земли по методике обработки минеральных индексов для прогнозирования золото-серебряного оруденения ВРР. В **главе 5** обоснована прогнозно-поисковая модель оруденения. Приведены наиболее перспективные структуры и площади развития минерализации на территории района.

### **ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ**

**Валунистый рудный район (ВРР)** находится на территории Анадырского района Чукотского автономного округа (ЧАО) в Арктической зоне России, в 237 км к северо-востоку от окружного центра – г. Анадырь (рис. 1).

Район был выделен [Стружков, Константинов, 2005]. Материалы по геологии территории исследования приведены в опубликованных источниках [Устиев, 1949; 1959; Сидоров и др., 1970; Белый, 1977; 1981; 1982; 1994; Парфенов, 1984; Лебедев, 1987; Филатова, 1988; Полин, 1990; Лейер и др., 1997; Ньюберри и др., 2000; Чехов, 2000; Филиппова, 2001; Котляр, Русакова, 2004; Жуланова и др., 2007; Сахно и др., 2010; Аникин, Миллер, 2011; Тихомиров, 2020, Полин, 2023] и в фондовых отчетах по геолого-съемочным, поисковым и разведочным работам (Павлов, 1993; Шабалин, 1993, 1995, 2006; Ляшкевич, 2008; Полковой, 2011; Меньшиков, 2011), материалах наземных геофизических работ, геохимических отчетах предшественников (Матвеев, 1981), а также отчетах геологических и геофизических компаний-подрядчиков ЗАО «Сибгеоконсалтинг» (Худоногов, 2012; Плеханов, 2013), ООО «ЮжУралГеоСервис» (Баль, 2011), ООО «Северо-Запад» (Куликов, 2010).

В геолого-структурном плане ВРР находится в пределах Анадырской кольцевой мегаструктуры и относится к Амгуэмо-Канчаланскому вулканическому полю, которое расположено в Восточно-Чукотской фланговой зоне Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. ОЧВП наложен на вещественные комплексы Кони-Танюрерской складчатой системы Корякско-Камчатской складчатой области.



**Рисунок 1.** Схематическая геологическая карта Валунистого рудного района (по С.Ф.Стружкову и М.М.Константинову, 2005 г., дополненная автором)

Условные обозначения: 1 – четвертичные аллювиальные отложения; 2 – верхнемеловые-палеогеновые (сеноман-датские) базальты, андезиты, риолиты (андезибазальтовая, риолитовая формация); 3- верхнемеловые риолиты, риодациты, их туфы и игнимбриты (риолитовая, риодацитовая формация); 4 – верхнеюрские-нижнемеловые, ниже-верхнемеловые андезиты, дациты, риолиты и их туфы (андезитовая, риодацитовая формация); 5 – терригенные нижнекарбонные отложения и раннемеловые гранитоиды (карбонатно-терригенная и гранодиорит-гранитная формация); 6 - позднемеловые гранитоиды (гранодиорит-гранитная формация); 7 – разломы; 8 – границы рудного района; 9 – границы рудных узлов: I – Валунистый, II – Ныгчекваамский, III – Теркенейский, IV – Центральный; 10 – прогнозируемый рудный узел; 11 – золото-серебряные месторождения (а) и рудопроявления (б): 1 – Осеннее, 2 – Ныгчекваам, 4 – Шах, 5 – Валунистое, Горное, 7 – Лунное, 8 – Кремовое, 9 – Центральное, 10 - Оранжевое; 12 – серебряно-золотые месторождения (а) и рудопроявления (б): 3 – Жильное, 6 – Тэркеней.

Из стратифицируемых образований выделены (Романов, 2003) следующие стратоны: в различной степени метаморфизованные вулканогенно-осадочные и осадочные породы условно девона (уэленейцевская толща) и карбона (озернинская и шумнинская толщи); вулканогенно-осадочные отложения верхней юры-нижнего мела (пекульнейвеевская свита); раннемеловые вулканогенные отложения (волчегорская толща); позднемеловые вулканогенные отложения (амгеньская толща, экитыкинская, леурваамская и нунлигранская свиты); палеоцен-эоценовые вулканогенные отложения (танюрерская свита); рыхлые отложения среднего и верхнего звена неоплейстоцена, голоцена. Магматические образования представлены тремя плутоническими (мургальский, экитыкинский,

леурваамский) и пятью вулканическими (амгеньский, экитыкинский, леурваамский, нунлигранский и танюерский) комплексами.

Основной рудоконтролирующей структурой района является Канчаланская зона глубинных разломов. В ее пределах локализованы основные гидротермальные и метасоматические образования (пропилиты, аргиллизиты, вторичные кварциты), приуроченные к локальным вулкано-тектоническим структурам.

В металлогеническом плане район относится к Анюйско-Чукотской металлогенической провинции, к Канчалано-Амгуэмской металлогенической зоне [Волков и др., 2006]. В пределах ВРР расположено множество золото-серебряных эпитеpmальных проявлений (Огненное, Шах, Осеннее, Кремовое, Раздольное, Кузьмич и др.), а также три месторождения: среднее по запасам золота Валунистое, мелкие Горное и Жильное.

## ОБОСНОВАНИЕ ЗАЩИЩАЕМЫХ ПОЛОЖЕНИЙ

**1. Особенности месторождения Жильное.** В большинстве фондовых и опубликованных материалах существуют представления о том, что геологическое строение и минеральный состав руд месторождений и проявлений ВРР являются аналогичными. Однако месторождение Жильное имеет ряд отличительных особенностей, которые необходимо учитывать при разработке минералогеохимической и прогнозно-поисковой моделей золото-серебряного оруденения ВРР.

*Геолого-структурные особенности.* На зоне Главная месторождения Валунистое рудовмещающими породами являются риодациты жерловой фации леурваамского комплекса ( $\lambda K_2lr$ ). Рудные тела быстро выклиниваются с выходом рудовмещающих структур в пирокластические фации вулканитов экигыкинской свиты. На зоне Новой рудовмещающими являются стратифицированные вулканогенные отложения экигыкинской свиты ( $K_2ek$ ), которые прорываются силлоподобными телами риодацитов леурваамского комплекса.

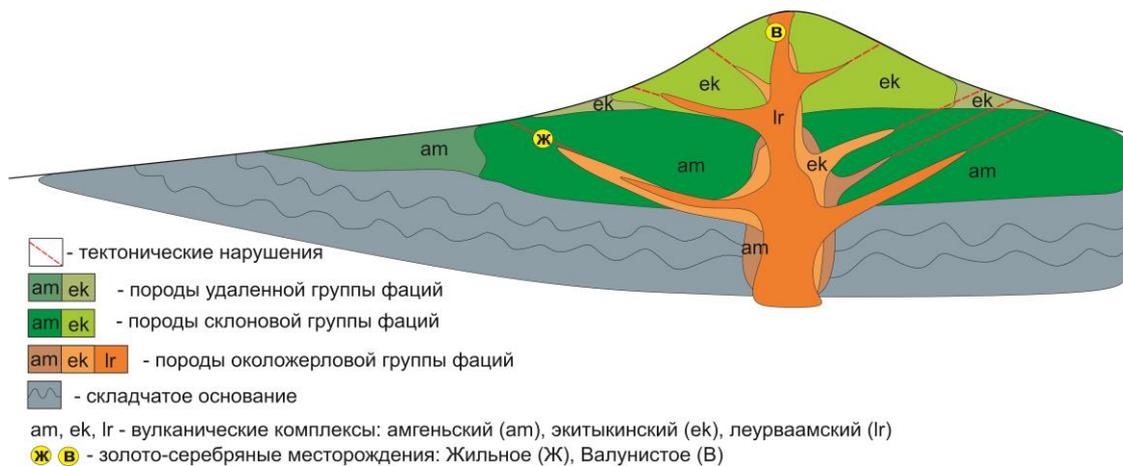
К основным геологическим особенностям месторождения [Волков и др., 2020] относятся: 1) наличие в рудных телах большого количества брекчий и мегабрекчий с кокардовыми текстурами обрастания обломков различного петрографического состава халцедон-адуляровым агрегатом, а также разнообразие брекчий, маркирующих рудные зоны; 2) локализация оруденения преимущественно контролируются субвулканическими телами риодацитов леурваамского комплекса; 3) значительная протяженность рудоносных зон по простиранию.

Эти особенности, вероятно, обусловлены формированием оруденения в околожерловых фациях палеовулканической постройки [Усов, 1960; Кузнецов, 1960, Малеев, 1963; Авдонин, Гончарова, 1986; Дьяконов, 2011]. Аналогичные геолого-структурные особенности характерны для крупных месторождений Купол и Двойное Центрально-Чукотского сектора ОЧВП [Сергиевский, 2006; Волков и др., 2012; Волков и др., 2018].

Для месторождения Жильное, в отличие от месторождения Валунистое, характерно четкое стратифицированное строение пород, отсутствие субвулканических тел риолитов верхнемелового леурваамского комплекса, присутствие порфировидных диоритов, в том числе и в качестве рудовмещающих,

широкое развитие пострудных даек андезитов, подчиненная роль колломорфно-зональных, ритмично полосчатых, крипто- и мелкозернистых, каркасно-петельчатых текстур, редкое присутствие тел брекчий небольшой мощности. Данные особенности позволяют относить его к склоновой группе фаций.

Таким образом, в пределах палеовулканического сооружения Валунистого рудного узла (рис. 2), имеющего несколько этапов развития, золото-серебряное оруденение связано с околожерловой (месторождение Валунистое) и склоновой (месторождение Жильное) группами фаций. Аналогичное разделение Au-Ag оруденения по группам фаций выделено [Сергиевский, 2006] в пределах Кайемравеемского рудного узла (Центральная Чукотка).



**Рисунок 2.** Схематическая палеовулканическая реконструкция вулканического сооружения Валунистого рудного узла

*Минералого-геохимические особенности.* Особенности гидротермально-измененных пород месторождения Жильное, относительно других объектов ВРР, являются: очень «пестрый» состав минеральных фаций, что обусловлено различным составом и физико-механическими свойствами эффузивов; преимущественное развитие пропицитов при слабой распространенности аргиллизитов, что может свидетельствовать о сравнительно глубоком уровне эрозионного среза.

Жильная минерализация на Жильном отличается широким развитием адуляра (21% против 6%), плагиоклаза (10%) и хлорита (2% против 0,2%). На месторождении Валунистое в жильных образованиях плагиоклаз отсутствует, зато достаточно часто присутствуют флюорит и кальцит. На Жильном кальцит развит в значительно меньшей степени, тогда как флюорит отсутствует совсем.

Рудная минерализация отличается большей распространенностью сульфидно-полиметаллической ассоциации в рудах (рис. 3): количество сульфидов (преимущественно пирита) в рудах Жильного 3,1% против 0,4% на Валунистом. Пирит является самым распространенным (>95%) рудным минералом. Пирит имеет химический состав, весьма близкий к стехиометрическому, в качестве микропримесей почти постоянно присутствует Cu, Zn, Co, реже встречаются Se, As, Pb, Cd, Bi, что может указывать на нижнерудный уровень оруденения [Кравцова, 2005].



**Рисунок 3.** Гидротермальные образования месторождения Жильное: а – кварц-сульфидные прожилки, б, г – кварц-сульфидный цемент гидротермальных брекчий, в, д – кварц-сульфидные полосы и просечки в кварц-адуляровой жиле, е – серебряная минерализация в кварцевом прожилке

Благороднометалльная минерализация. Для руд Жильного характерно однообразие минеральных форм серебра при преобладающей роли акантита и меньшем развитии самородного серебра и полибазита. По составу акантит (содержание Ag 77-89%, наличие примесей As, Cu, Hg) наиболее схож с акантитом, встреченным на месторождениях Дукат, Извилистое, Аган, Утесное, Юное [Савва, 2018]. Самородное серебро имеет нестандартный состав с наличием большого количества различных примесей Fe, Au, что указывает на ранние парагенезисы минерала [Савва, 2018], а присутствие Hg в его составе является не типичным для Au–Ag минерализации месторождений ОЧВП [Кравцова и др. 2017]. Самородное золото, как правило, низкопробное (480-650‰), характерным является наличие значительного количества Ag (41,76-48,42 мас. %) в составе золотин [Голдырев, 2023]. Также отмечают примеси Cu, Fe, As, Hg.

В рудах Валунистого отмечают два максимума пробности самородного золота (560-600‰ и 820-850‰), большое разнообразие Ag-содержащих минералов, значительные количества халькогенидов, амальгам Au и Ag и минералов пирсеит-полибазитового ряда. Это объясняется привнесением элементов Hg, Sb, Se, Te. Кроме того, на Валунистом и Горном зафиксировано [Журавкова и др., 2019; Волков и др., 2020] 2 генерации акантита: первая генерация образует срастания с электрумом, галенитом, халькопиритом, а также включения в пирите, содержит примеси Se от 1.6 до 8.4 мас.%, тогда как вторая генерация обнаружена в виде кайм и прожилков в рудных минералах и содержит Se до 3.3 мас. %. В то же время на Жильном обнаружена одна генерация акантита, содержание Se в котором не превышает 1%.

Характерной особенностью месторождения Жильное является резкое преобладание серебра над золотом: Ag/Au руд месторождения Жильное составляет более 50, руд месторождения Валунистое – 5-50. Это отношение представляется индикаторным во многих аспектах.

Результаты сопоставления (табл. 1) характеристик рудных зон, минерального состава руд, их геохимической специализации, особенностей

благороднометалльной минерализации месторождений Валунистое и Жильное позволяют сделать вывод, что золото-серебряное оруденение ВРР относится к двум минералого-геохимическим типам: золото-сульфосольному и серебро-полисульфидному.

**Таблица 1.** Сравнительная характеристика золото-серебряного оруденения Валунистого рудного района

Основные характеристики	Золото-серебряная формация	
	Золото-сульфосольный тип	Серебро-полисульфидный тип
Типичные объекты	Валунистое, Горное	Жильное
<i>Характеристика рудных зон</i>		
Морфология	Кварцевые жилы и кварц-гидрослюдистые метасоматиты в риодацитах	Минерализованные зоны среди кварцевых жильно-прожилковых зон в пропилитизированных дацитах
Текстуры	Ритмично-зональные, крустификационные, колломорфно-полосчатые, брекчиевые	Вкрапленная, прожилковая, массивная, пятнистая
<i>Минеральный состав руд</i>		
Жильные минералы	Кварц (87%), адуляр (6%), глинисто-гидрослюдистые минералы (5%), кальцит (0,2%), хлорит (0,2%)	Кварц (60%), адуляр (17%), плагиоклазы (10%), глинисто-гидрослюдистые минералы (5%), хлорит (4%)
Рудные минералы	Руды убогосульфидные (0,4%). Главные минералы – пирит, акантит, халькопирит, галенит, сфалерит; второстепенные – самородное Au и Ag, полибазит; редкие – пирсеит, магнетит, гематит, марказит, фрейбергит, тетраэдрит, бурнонит, гессит, матильдит	Руды малосульфидные (3,1%). Главные минералы – пирит, сфалерит, галенит, халькопирит, акантит; второстепенные – электрум, полибазит, редкие - медистый акантит.
Содержание золота и серебра (средние)	Au – 5,3 г/т Ag – 49,8 г/т	Au – 1,9 г/т Ag – 355,8 г/т
Серебряно-золотое отношение	9,4	192,3
<i>Геохимическая специализация</i>		
Главные элементы	Au, Ag	Ag, Hg, Pb
Элементы-спутники	Sb, As, Cu, Hg	Au, Ni, Mo, Zn
<i>Характеристика золота и серебра</i>		
Пробность золота	Отмечаются два максимума: Низкопробное (560-600‰) Высокопробное (820-850‰)	Низкопробное (480-650‰)

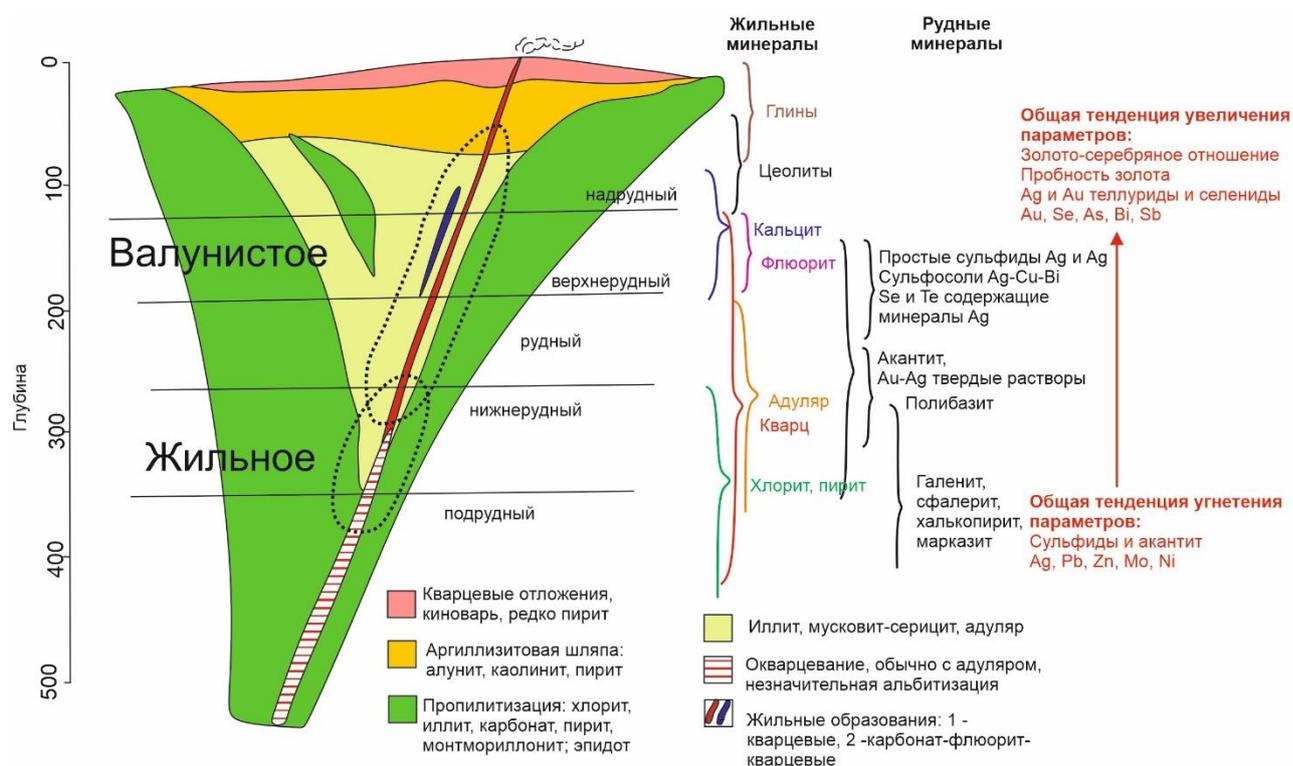
Гидротермальные образования объектов серебро-полисульфидного типа отличаются более высокой температурой формирования [Сергиевский, 2006], что находит подтверждение и для объектов ВРР. Полная гомогенизация флюидных включений в кварце на месторождении Жильное происходит при температурах 273-350°C [Елманов и др., 2018], на Валунистом – 203-284°C [Волков и др., 2020].

*Вертикальная зональность Au-Ag оруденения.* Установлена в работах [Петровская и др., 1974; Сидоров, 1978; Buchanan, 1981; Hedenquist et al., 1988; Хомич и др., 1989; Sowkins, 1990; Петренко, 1999; Simmons et al., 2005; Vodnar et al., 2014]. Опираясь на результаты данных работ и исследований вещественного состава руд ВРР [Брызгалов, Кривицкая, 1998; Кравцова, 2005; Новоселов и др., 2009; Елманов и др., 2018; Савва, 2018; Волков и др., 2019; 2020; Журавкова и др., 2019; Пальянова; 2020; Беляева, 2022; Бортников и др., 2022; Беляева, Пальянова, 2023], была составлена минералого-геохимическая модель оруденения ВРР (рис.

4), на которой прослеживается общая тенденция увеличения следующих параметров от нижнерудного уровня к верхнему: золото-серебряное отношение (ЗСО), пробность золота, Au и Ag содержащие теллуриды и селениды, концентрация Au, Se, As, Bi, Sb. В тоже время происходит сокращение количества сульфидов и акантита, снижение концентрации Ag, Pb, Zn, Mo, Ni.

**Рисунок 4.** Минералого-геохимическая модель золото-серебряного оруденения Валунистого рудного района

Стадийность минералообразования в пределах ВРР рассматривалась в научных работах [Волков и др., 2019; 2020; Елманов и др., 2018; Журавкова и др., 2019], а также производственных отчетах по данной территории. Анализ



результатов исследований, а также полевые наблюдения и комплексный подход к изучению минерального состава пород и руд и их взаимоотношений друг с другом [Голдырев и др., 2022а; 2023а; Голдырев, 2023] позволили модернизировать схему отложения минералов (рис. 5).

Начало гидротермальных процессов обусловлено образованием жил и прожилков различного состава с широким распространением брекчий и сопровождающим их околожильным метасоматозом (пропилитизация, окварцевание, серицитизация, аргиллизация). *Образование жил* включает 2 условно выделяемых этапа: кварц-полевошпатовый и кальцит-флюоритовый.

Минерал	I	II	III	IV	V
Кварц	—————			—————	
Хлорит	—————			-----	
Полевой шпат	—————				
Флюорит			-----	—————	
Кальцит			-----	—————	
Пирит	—————			-----	
Марказит		-----			
Сфалерит		—————	-----		
Халькопирит		—————	-----		
Галенит		—————	-----		
Акантит		-----	-----	-----	
Se-акантит			-----	-----	
Полибазит		-----	-----		
Сульфосоли Ag, Sb, Bi			-----	-----	
Халькогениды Au и Ag			-----	-----	
Твердые растворы ряда Au-Ag		-----	-----	-----	

**Рисунок 5.** Схема последовательности минералообразования Валунистого рудного района

**Примечание:** римские цифры сверху обозначают уровень оруденения согласно рис. 4: I – подрудный, II – нижнерудный, III – рудный, IV – верхнерудный, V - надрудный

Кварц-полевошпатовый этап представлен гидротермальными образованиями 2 типов: кварц-полевошпатовые жилы и прожилки с хлоритом, «черные» пирит-кварцевые прожилки с полевым шпатом и хлоритом (рис. 3), иногда с гематитом, характерные для глубоких горизонтов рудных тел, например для месторождения Жильное. В образованиях данного этапа с уменьшением глубины происходит увеличение содержания кварца и уменьшение содержаний хлорита. Полевой шпат, как правило, представлен адуляром, на глубоких горизонтах сменяется альбитом.

Кальцит-флюоритовый этап характеризуются образованием кальцитовых жил и прожилков часто с флюоритом, иногда с гипсом, цеолитами. Появление данных образований связывают [Волков и др., 2020] с очередным тектоническим импульсом. Они типичны для верхней части жильного тела и имеют широкое развитие на месторождениях Валунистое и Горное, рудопроявлении Кремовое.

*Осаждение сульфидов* происходило после неоднократного дробления жил различного состава. Сульфидная минерализация преимущественно представлена тонкопрожилковыми выделениями. Отложение осуществлялось в следующей последовательности: пирит → марказит → сфалерит → халькопирит → галенит (рис. 6-а,б,в,г).

*Осаждение минералов Au и Ag* происходило на поздних стадиях рудного процесса, после образования жильных минералов и сульфидов, в общем случае независимо от наличия или отсутствия жил разного типа. Жилы, очевидно, являются предпочтительными структурно-литологическими ловушками-осадителями для сульфидов и минералов Au и Ag и можно говорить лишь о парагенетической связи жил и рудной минерализации с общим гидротермально-магматическим очагом. Генетическая независимость рудной минерализации от жил подтверждается наличием многочисленных пустых кварцевых жил, особенно на их окончаниях и на флангах месторождения, а также столбовым, ленточным и

бонанцевым распределением золота в жилах, в более поздних деформационных структурах – полостях отслоения жил в зальбандах, в флексурных перегибах жил, в осложняющих жилы трещинах.

Акантит является самым ранним минералом благородных металлов. Он часто заполняет трещины и пустоты в кристаллах сульфидов, обрастает их в виде каемок, деформирует, а также замещает эти минералы (рис. 6-г,е,д,ж,з). Самородное серебро (рис. 6-и) отмечается в значительно меньшем количестве, чем акантит. Электрум (рис. 6-к) образуется в виде самостоятельных выделений, а также каемок замещения по раннему акантиту и изометричных включений в сульфидах [Голдырев и др., 2023а].

Халькогениды Au и Ag и сульфосоли Ag, по представлениям [Sowkins, 1990], преимущественно распространены на верхнерудном уровне оруденения и образуются после вышеописанных минералов. Это связано с тем, что их формирование происходит на самых поздних стадиях рудообразующего процесса из слабокислых растворов на фоне снижения температуры от 350 до 100°C, уменьшения фугитивностей серы, теллура и селена, а также изменения окислительно-восстановительной обстановки минералообразования [Савва и др., 2012; Журавкова и др., 2020; Пальянова, 2020].

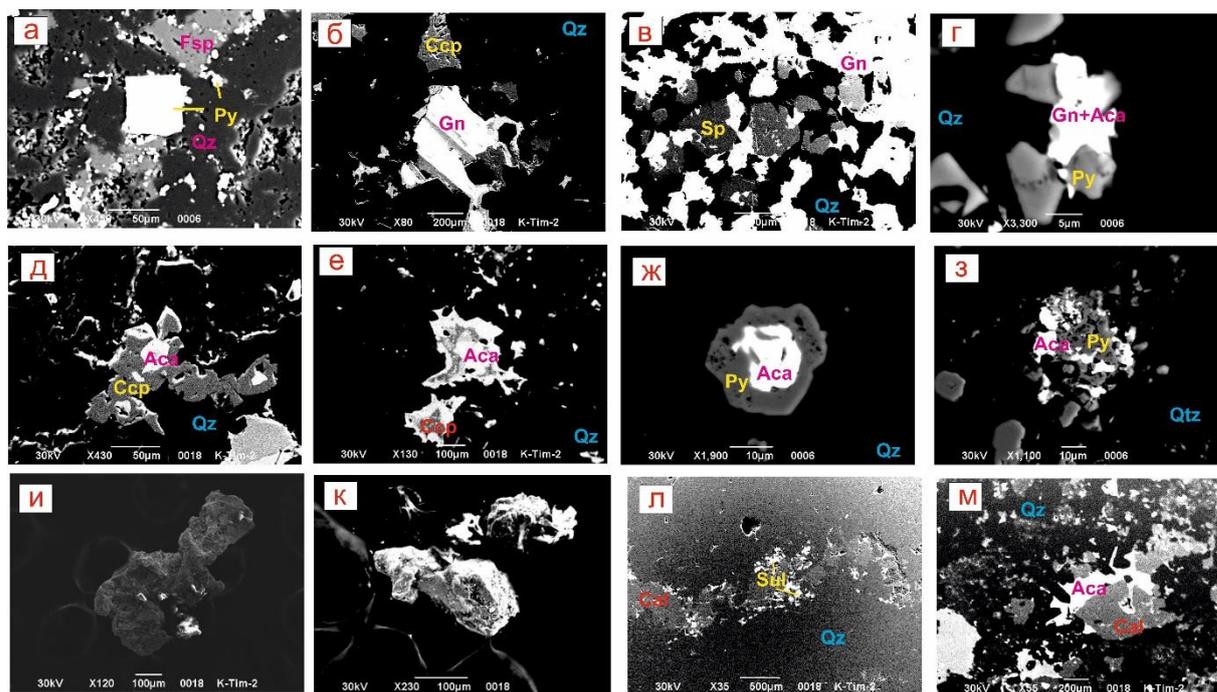
*Продуктивность кальцитового этапа.* В более ранних исследованиях [Волков и др., 2019; 2020] было предположение, что флюорит-кальцитовые жилы являются пострудными и рудная минерализация в них скорее переотложенная нежели привнесенная. Однако в данных гидротермальных образованиях сульфиды и минералы благородных металлов отлагались позднее жильных минералов (рис. 6-л,м). Таким образом, скорее всего, более поздние минералы Au и Ag (высокопробное золото, Se-акантит, халькогениды Au и Ag) имеют пространственную связь с флюорит-кальцитовыми жилами. Данное наблюдение подтверждает тот факт, что несмотря на разубоживание жил кальцитом и флюоритом, именно в кварц-флюоритовых и кварц-кальцитовых жилах содержание Au и Ag значительно выше, чем в кварц-адуляровых. Наиболее ярко этот факт демонстрирует вертикальная зональность оруденения проявления Кремовое:

1. Флюорит-кварцевые жилы и прожилки, содержание Au – до 6,0-81,9 г/т, Ag – до 150,0-5002,6 г/т.
2. Адуляр-кварцевые жилы и прожилки, содержание Au – до 1,8-10,2 г/т, Ag – до 50,0-873,0 г/т.
3. Жилы разномерного кавернозного кварца с убогой сульфидной минерализацией содержание Au – до 1,2 г/т, Ag – до 106,5 г/т.

Вышеизложенное служит доказательством первого защищаемого положения: **золото-серебряное оруденение Валунистого рудного района связано с околожерловой и склоновой группами фаций и относится к двум минералогеохимическим типам: золото-сульфосолюму (месторождение Валунистое) и серебро-полисульфидному (месторождение Жильное).**

**2. Индикаторы оруденения.** Особое место среди наложенных изменений занимают участки развития сильно ожелезненных (алых) глинистых почв –

аргиллизитовые «шляпы». На минералого-геохимической модели оруденения (рис. 4) они расположены в надрудном уровне.



**Рисунок 6.** Выделения минералов Валунистого рудного района: а – кубический кристалл пирита и сплошная зона пиритизации на контакте кварца и адуляра (Жильное), б – сросток халькопирита и галенита (Валунистое), в – срастания сфалерита и галенита (Валунистое), г – сросток галенита с акантитом на пирите (Жильное), д – сросток халькопирита и акантита (Валунистое), е – замещение халькопирита акантитом (Валунистое), ж – акантит в пирите (Жильное), з – акантит в корродированном кристалле пирита (Жильное), и – низкопробное золото (Жильное), к – самородное серебро (Жильное), л - карбонатный прожилок с сульфидами в кварце (Валунистое), м – акантит в кальците и кварце (Кремовое).

Условные обозначения: Qz – кварц, Fsp – полевошпат, Cal – кальцит, Py – пирит, Ccp – халькопирит, Gn – галенит, Sp – сфалерит, Aca – акантит, Sul - сульфиды

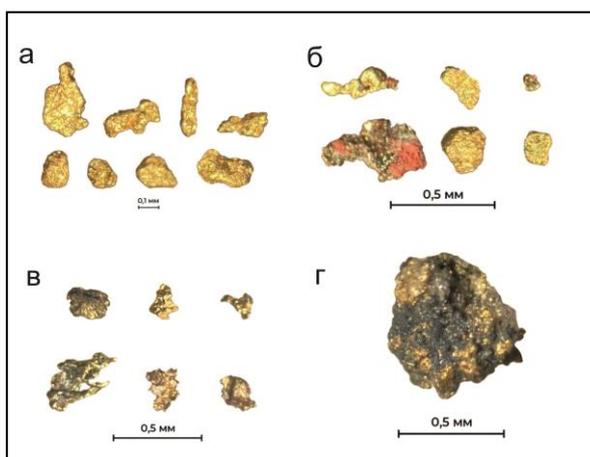
«Шляпы» развиты на месторождениях Валунистое и Горное и рудопроявлениях ВРР [Голдырев, 2022; Голдырев и др., 2022б]. Они типичны для слабоэродированных месторождений вулканогенных поясов [Cook et al., 2005; Silitoe, 2010; Азовскова и др., 2015; 2017; Бортников, Толстых, 2023; Калинин и др., 2023].

В пределах ВРР «шляпы» соответствуют участкам выровненного, сглаженного рельефа; занимают среднее положение по высоте, отсутствуя как в глубоких врезках, так и на вершинах, сложенных базальтами. На рудопроявлении Кремовое они залегают в приконтактной зоне рудоносных субвулканических образований леурваамского комплекса. Основной этап формирования кор выветривания района мог приходиться на конец мелового периода – начало палеогена, когда в регионе господствовал теплый, близкий к субтропическому климат [Красный и др., 1984].

Разрез «шляп» типичен для кор выветривания по сульфидизированным вулканитам. Слой зоны окисления имеет мощность не более первых десятков сантиметров, ниже располагаются глинисто-щебенистые белые

каолинизированные породы с частично окисленным пиритом. Количество глины вниз по разрезу убывает, породы переходят в плотные аргиллизированные вулканиты.

Результаты полевых работ (В.В. Лебедев, 2021) демонстрируют, что в местах развития ожелезненных пород находятся геохимические аномалии золота и серебра, значительное количество штуфных проб с высокими содержаниями благородных металлов, а также выходы гидротермальных образований. Минералогические исследования, проведенные нами [Голдырев и др., 2022в] на эпитермальном месторождении Кумроч демонстрируют, что золото аргиллизитовых «шляп» имеет отличия от золота неизменных пород (рис. 7): 1) содержание золота – аргиллизированные вмещающие породы содержат золото в незначительном количестве (0,01 – 0,5 г/т), в кварцевых жилах содержание может достигать 728,8 г/т; 2) форма выделений – заключено в агрегаты других минералов (ковеллина и минералы Zn, вероятно, сфалерит или смитсонит), покрыто пленками; 3) размер – 0,1-0,5 мм, крупнее золотинок неизменных пород, так как образуют агрегаты; 4) пробность – 505-818‰, меньше, чем у золотинок неизменных пород (более 814‰, как правило, 970-990‰); 5) химический состав – постоянно присутствуют примеси Cu (до 1,53%), Ag (до 17,52%), Hg (до 1,22%), Fe (до 0,91%).



**Рисунок 7.** Золото эпитермального месторождения Кумроч, Камчатка: а – золотины из диорит-порфиров, б – золотины из кварцевых жил, в и г – золотины из аргиллизитовых «шляп»

Отличие золота «шляп» обусловлено как эндогенными, так и экзогенными факторами. Вхождение макропримесей в состав золота может быть обусловлено захватом других элементов, не успевших сформировать собственные минеральные фазы, по причине резко градиентного режима формирования рудной минерализации в приповерхностных условиях [Савва, 2018]. Однако образование агрегатов с минералами зоны окисления, а также пленок на поверхности золотинок и изменение их состава вызвано гипергенными процессами преобразования первичных минералов [Наумов и др., 2020].

Все эти особенности свидетельствуют о том, что описанные образования являются корами выветривания, сформированными по ранее аргиллизированным вулканитам в период частичной пенепленизации территории. Развитие «шляп» обусловлено наличием мощной гидротермальной системы, которая может быть как рудной, так и безрудной. Данные наблюдения позволяют сделать вывод, что

аргиллизитовые «шляпы» являются косвенным поисковым признаком золото-серебряного оруденения. Кроме того, они хорошо заметны при полевых наблюдениях, так и на космических снимках, что обуславливает эффективное использование ДЗЗ на территории ВРР.

*Индикация геологического строения с помощью ДЗЗ* базируется на спектрах отраженного и поглощенного излучения наиболее распространенных классов минералов. Спектры горных пород весьма разнообразны и зависят от минерального состава, особенностей кристаллической решетки, размера зерен, степени цементации, пористости и трещиноватости. В основу исследований положены общедоступные (получены на ресурсах NASA и EarthExplorer USGS) мультиспектральные космоснимки среднего пространственного разрешения спутниковой системы Aster level 1T V3, которая имеет 14 спектральных диапазонов. Комбинации (отношения) данных диапазонов образуют информативный композит (минеральный индекс), присущий для спектра определенного класса минералов [Kalinowski, Oliver, 2004; Mars, Rowan, 2006; Di Tommaso, Rubinstein, 2007; Rajendren, Nasir, 2017].

Минералого-геохимическая модель демонстрирует, что наиболее характерными для ВРР индикаторами оруденения являются окварцевание (жильно-прожилковые зоны, метасоматическое окварцевание пород) и ожелезнение (аргиллизитовые «шляпы», продукты гипергенеза). Этот факт, а также опыт работ по дистанционному зондированию территории исследования позволил выбрать наиболее информативные минеральные индексы, аномалии которых соответствуют индикаторам оруденения (рис. 8):

1. «Quartz rich rocks» (породы богатые кварцем) соответствует крупным жильно-прожилковым и метасоматически измененным зонам кварцевого состава.

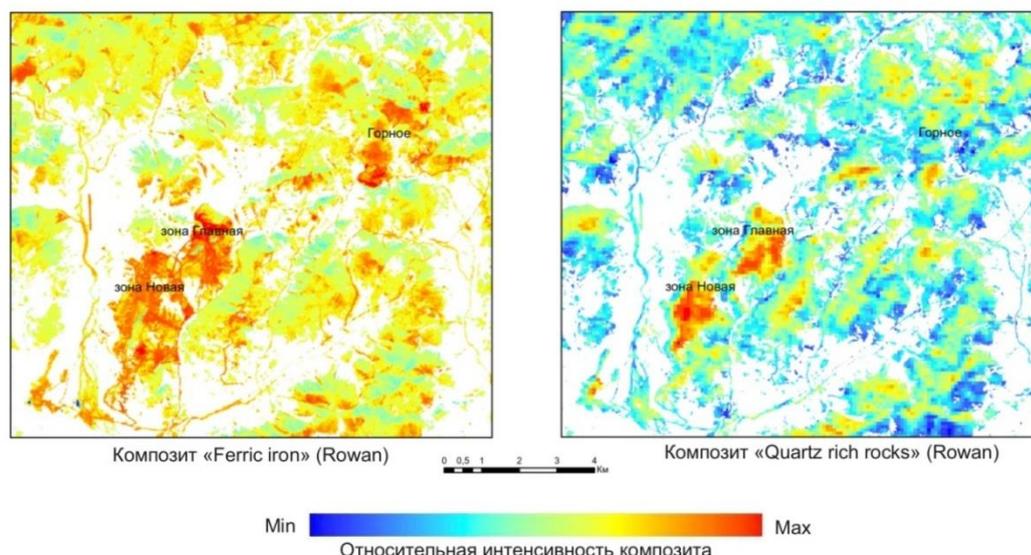
2. «Ferric iron» (трехвалентное железо) соответствует крупным площадным зонам ожелезненных пород. Такие зоны, как правило, являются участками развития метасоматически измененных глинистых пород (алузит, каолинит, иллит, мусковит-серицит), в том числе аргиллизитовыми «шляпами». Часто они связаны с выходами субвулканических образований леурваамского комплекса.

Как правило, «аномалии железа» окаймляют «аномалии кварца», а также находятся ниже их по склону, что определяется эталонным строением золото-серебряных эпитермальных месторождений: кварцевые жилы расположены в центре ореола метасоматических изменений.

Результаты сопоставления геологической карты месторождения Валунистое и карты аномалий минеральных индексов «Quartz rich rocks» и «Ferric iron» подтверждают сходимость результатов дешифрирования мультиспектральных снимков.

Выявленные закономерности позволяют локализовать наиболее перспективные рудные поля в более мелком масштабе. В пределах Тэркенейского рудного узла (рис. 9), где были проведены поисково-оценочные работы 2017-2021 гг. (В.В. Лебедев, 2021), по аномалиям минеральных индексов выделяется наиболее перспективный участок для дальнейших работ в северной части карты, который

соответствует участку «Кремовый», выявленному в результате геологосъемочных (А.А. Павлов, 1995) и поисковых работ (В.А. Казинский, 1996).



**Рисунок 8.** Мультиспектральные изображения Валунистого рудного поля: композит «Ferric iron» и композит «Quartz rich rocks» (выполнена автором)

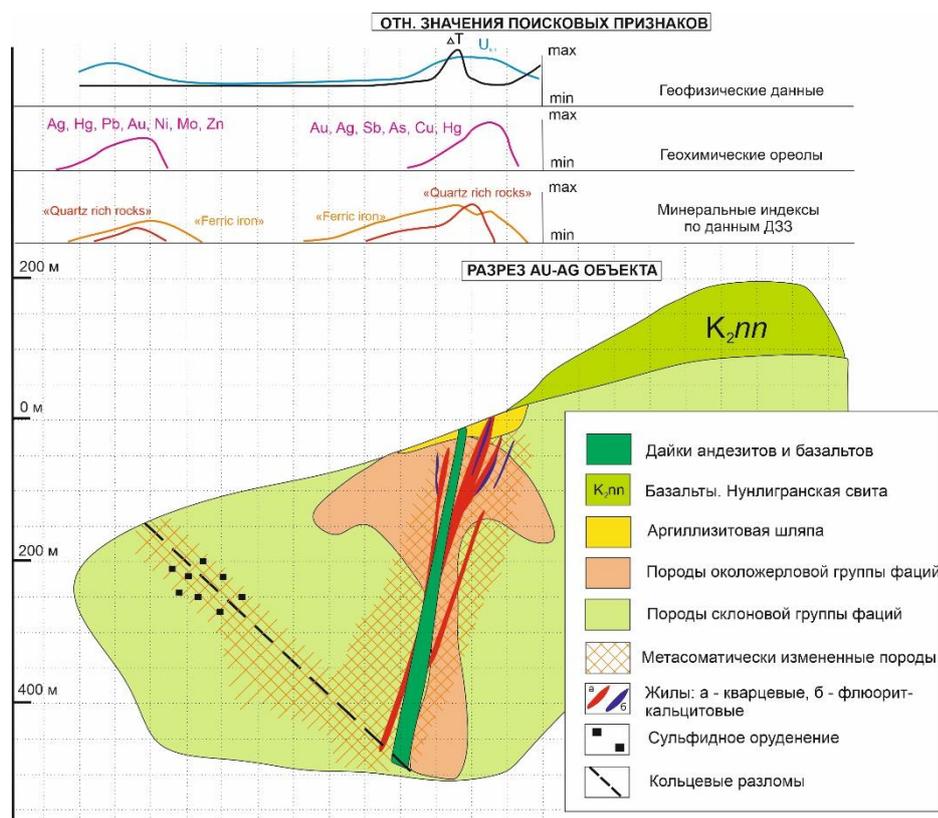
Заметно, что аномалии «Quartz rich rocks» достаточно точно оконтурили кварцевые зоны гидротермально-метасоматических пород, выделенные на карте полезных ископаемых. Некоторые линейно вытянутые аномалии совпадают с разрывными нарушениями. Зона овальной формы, в которой отсутствуют аномалии минеральных индексов, в центре участка «Кремовой» соответствует штоку диоритов экитынского комплекса. Изометричные в плане, находящиеся на вершинах, аномалии «Ferric iron», часто являются выходами субвулканических образований леурваамского комплекса.

Многие аномалии «Quartz rich rocks» к «Ferric iron» совпадают с аномалиями по вторичным ореолам рассеяния золота. Их простираие также имеет общее направление. Наиболее высокие концентрации золота в этом случае соответствуют аномалии «Quartz rich rocks».

Вышеизложенное служит доказательством второго защищаемого положения: **поисковым признаком золото-серебряного оруденения на территории Валунистого рудного района являются установленные при дистанционном зондировании Земли аномалии минеральных индексов, которые отвечают зонам окварцевания и ожелезнения.**

**3. Прогнозно-поисковая модель оруденения (рис. 9) разработана на основе научно обоснованных критериев прогнозирования: предпосылок и признаков (табл. 2). Стоит заметить, что ряд признаков и предпосылок имеет различия в зависимости от минералого-геохимического типа оруденения. Однако в виду более благоприятных геологических и экономико-технологических условий целесообразно проводить прогнозирование только объектов золото-сульфосольного типа.**





**Рисунок 10.** Прогнозно-поисковая модель золото-серебряного оруденения Валунистого рудного района

Осеннее рудное поле расположено на пересечении Канчаланской и Ныгчекваамской зоны разломов. Оно находится в контуре шлихового ореола золота, в геохимическом поле отражается контрастными вторичными ореолами рассеяния Au и Ag интенсивностью соответственно до 4,7 г/т и до 30 г/т. Его геологическое строение имеет высокую степень подобия с месторождением Купол [Глухов, 2008]. В пределах поля прогнозируется выявление крупного золото-серебряного объекта (Au – 35 т, Ag – 2237 т, категории P<sub>2</sub>).

Оранжевое рудное поле приурочено к центру купольной структуры, сложенной кислыми вулканитами амгеньской толщи, прорванными субвулканическими телами риолитов леурваамского комплекса. Вмещающие породы подвергнуты площадной пропилитизации, с образованием аргиллизитов и вторичных кварцитов. Установлены вторичные ореолы средней и высокой интенсивности Au, Ag, Mo и As с максимальными содержаниями 0,03; 9; 32 и 90 г/т соответственно. В ядерной части геохимической аномалии содержания золота и серебра в штучных пробах кварца достигают 12 и >2000 г/т.

*Предполагаемые рудные узлы.* С прогнозно-поисковой точки зрения в пределах ВРР интерес представляют пересечения Канчаланской, Ныгчекваамской, Амгуэмской зон разломов с Анадырской кольцевой структурой:

1. Продолжение Канчаланской зоны на северо-восток от месторождения Горное вплоть до пересечения с кольцевым ограничением Анадырской кольцевой структуры и южным краем Амгуэмской зоны разломов (включая рудопроявления Кремовое и Тэркенейское).

**Таблица 2.** Критерии прогнозирования золото-серебряного оруденения Валунистого рудного района

Прогнозно-поисковые критерии	Содержание критериев
<i>Поисковые предпосылки</i>	
<b>1. Структурно-тектонические</b>	
1.1. Региональные рудоконтролирующие структуры	1. Расположение в пределах кольцевого поднятия кольцевой мегаструктуры (Анадырская). 2. Пересечения кольцевых (дугообразных) нарушений с региональными зонами разломов: Канчаланская, Амгуэмская, Нычегваамская
1.2. Локальные рудоконтролирующие структуры	1. Разломы северо-восточной и субмеридиональной ориентировки: Канчаланская, Тнеквеемская зоны разломов. 2. Вулкано-купольные структуры: Кытэмнайваамская вулкано-тектоническая депрессия
<b>2. Магматические</b>	Субвулканические, экструзивные, жерловые образования (околожерловая группа фаций)
<b>3. Литолого-петрографические</b>	
3.1. Рудоносная формация	1. Риолит-трахириолитовая (леурваамский вулканический комплекс); 2. Дацит-риолитовая (амгеньский вулканический комплекс)
3.2. Рудовмещающая формация	1. Дацит-риолитовая (амгеньский вулканический комплекс); 2. Андезит-трахиандезитовая (экитыкинский вулканический комплекс); 3. Риолит-трахириолитовая (леурваамский вулканический комплекс)
<b>4. Стратиграфические</b>	Верхняя граница оруденения - кровля леурваамской свиты. Образования нунлигранского субвулканического комплекса – послерудные.
<i>Поисковые признаки</i>	
<b>1. Геохимические</b>	Вторичные ореолы средней и высокой концентрации. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Для золото-сульфосольного типа: Au, Ag, Sb, As, Cu, Hg.</li> <li>▪ Для серебро-полисульфидного типа: Ag, Hg, Pb, Au, Ni, Mo, Zn</li> </ul>
<b>2. Геофизические</b>	Зоны градиентов магнитного поля и локальных аномалий сопротивления методом естественного электрического поля (ЕП)
<b>3. Гидротермально измененные породы</b>	1. Пропилиты, аргиллизиты, вторичные кварциты. 2. Кварцевые, адуляр-кварцевые, пирит-кварцевые, карбонат-кварцевые, флюорит-кварцевые жилы с характерными текстурами – колломорфной, ритмично-полосчатой, друзоподобной. 3. Коры выветривания по аргиллизитам («Аргиллизитовые шляпы»)
<b>4. Шлиховые и механические ореолы</b>	1. Шлиховые и механические ореолы золота со знаковым, редко весовым (до 0,5 г/м <sup>3</sup> ) содержанием. Реже встречаются ореолы минералов серебра, преимущественно акантита. 2. Зоны развития продуктов гипергенеза (гидроксиды железа, сульфатные фазы из группы кристаллогидратных соединений, ярозитового семейства и группы брошантита)
<b>5. Дистанционные</b>	Аномалии минеральных индексов «Ferric iron» и «Quartz rich rocks»

2. Северо-восточное продолжение Нычегваамской зоны разломов от рудопроявление Осеннее – вплоть до пересечения с Амгуемской зоной разломов. В пределах данной зоны выявлено множество пунктов минерализации и геохимические потоки Au.

3. Южное продолжение разломов Тнеквеемского-Нычегваамского направления от месторождения Валунистое – вплоть до центральной части Анадырской кольцевой структуры.

Стоит заметить, что в своем западном и восточном продолжении Амгуемская зона разломов проходит через рудные узлы месторождений Песчанка, Купол, Арыкеваам, Пепервеемский и ряд других. Поэтому площадь пересечения Амгуемской и Канчаланских зон является наиболее перспективной для выявления

участков локализации золото-серебряного оруденения, среди которых по комплексу критериев прогнозирования были выделены:

1. «Урочище Белые Увалы» крупнейшая в районе зона интенсивной аргиллизации пород, размерами около 30x9 км, частично перекрытая флювиогляциальными отложениями. Участок выделяется по контрастным аномалиям «Quartz rich rocks» и «Ferric iron». На территории участка имеются выходы субвулканических образований леурваамского комплекса, расположенные в контуре геохимического ореола Au.

2. «Моховый» выделяется по аномалиям «Quartz rich rocks» и «Ferric iron», которые простираются вдоль локального рудоконтролирующего разлома Моховый, направленного аналогично с Канчаланским и упирающегося в Тнэквеевский и Тадлеонский разломы. На территории участка расположено множество вулкано-купольных структур с выходами субвулканических тел леурваамского комплекса, а также несколько крупных ореолов гидротермально измененных пород, сопровождаемых пунктами минерализации Au и Ag.

3. «Светлый» расположен на разломной зоне «Канчаланского» направления, прослеживающаяся от участка Шах на юго-запад. Вдоль зоны разломов выражена широкая полоса интенсивного осветления пород размерами около 20x4 км, которая выделяется как аномалия «Ferric iron». В пределах участка ранее было установлено несколько точек золото-серебряной минерализации. В 2007 г. в восточной части участка был проведен маршрут отрядом Гуревича Д.В., который подтвердил широкое развитие метасоматитов (включая аргиллизиты, окварцованные породы).

Вышеизложенное служит доказательством третьего защищаемого положения: **золото-серебряное оруденение приурочено к интрузивно- и вулканокупольным структурам на участках их пересечения зонами разломов. Прогнозно-поисковая модель наиболее продуктивных Au-Ag объектов Валунистого рудного района отличается геохимическими ореолами Ag, Au, Sb, As, Hg, Cu, аномалиями минеральных индексов «Quartz rich rocks» и «Ferric iron», широким развитием пород околожерловой группы фаций, аргиллизитов, флюорит-кальцитовых жил. Согласно прогнозно-поисковой модели, наиболее перспективные участки золото-серебряной минерализации: «Белые Увалы», «Моховый», «Светлый», рудные поля Осеннее и Оранжевое.**

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В пределах палеовулканического сооружения Валунистого рудного узла, имеющего несколько этапов развития, золото-серебряное оруденение связано с околожерловой и склоновой группами фаций и относится к 2 минералогеохимическим типам: золото-сульфосольному (месторождения Валунистое и Горное) и серебро-полисульфидному (месторождение Жильное).

Выделяются 2 этапа минералообразования: кварц-полевошпатовый и кальцитовый. Руды месторождения Жильное, для которых характерно Ag/Au более 50, однообразие минеральных форм серебра при преобладающей роли акантита и меньшем развитии самородного серебра, полибазита и низкопробного золота (480-650‰), сформированы исключительно на кварц-полевошпатовом этапе. Месторождения Валунистое, для руд которого характерно Ag/Au 5-10, большое

разнообразие Ag-содержащих минералов, значительные количества сульфосолей, халькогенидов, амальгам Au и Ag, два максимума пробности самородного золота (560-600‰ и 820-850‰), имеет широкий вертикальных размах оруденения и приурочено к 2 этапам минералообразования.

Вертикальная зональность оруденения заключается в тенденции увеличения следующих параметров от нижнерудного уровня к верхнему: золото-серебряное отношение (ЗСО), пробность золота, Au и Ag теллуриды и селениды, концентрация Au, Se, As, Bi, Sb. В тоже время происходит сокращения количества сульфидов и акантита, снижение концентрации Ag, Pb, Zn, Mo, Ni. Месторождение Жильное преимущественно относится к нижнерудному уровню, Валунистое – к рудному и верхнерудному.

Наиболее характерными для ВРР индикаторами оруденения являются окварцевание (жильно-прожилковые зоны, метасоматическое окварцевание пород) и ожелезнение (аргиллизитовые «шляпы», продукты гипергенеза), что позволяет рассматривать их при прогнозировании месторождений в качестве выделяемых при ДЗЗ минеральных индексов «Quartz rich rocks» и «Ferric iron» соответственно. Участки «Урочище Белые Увалы», «Моховый», «Светлый», установленные в зоне пересечения Канчаланского и Амгуэмского разломов по комплексу критериев прогнозирования, являются наиболее перспективными предполагаемыми рудными полями Валунистого рудного района.

#### **Список научных трудов по теме диссертации**

*Публикации в рецензируемых журналах:*

1. **Голдырев В.Н.**, Осовецкий Б.М., Наумов В.А., Артемов А.Л., Заводов А.В. Пирит эпитермального Au-Ag месторождения Жильное (Чукотский АО): морфология, стадийность образования, продукты преобразования // Отечественная геология. 2023а. № 3. С. 42-56.

2. **Голдырев В.Н.** Прогнозирование и поиск золотого оруденения в Амгуэмо-Канчаланской металлогенической зоне (Чукотка) // Вестник Пермского университета. Геология. - 2022. - Т. 21, № 1. - С. 72-89.

3. **Голдырев В.Н.**, Коротаев В.С., Наумов В.А., Кислицын Т.В. Минералы-индикаторы золотоносности россыпей в бассейне р. Берелех (Магаданская область) // Известия Уральского государственного горного университета. 2021а. № 3 (63). С. 44-52.

4. **Голдырев В.Н.**, Наумов В.А., Наумова О.Б. Минерагеническая позиция и геологический потенциал техногенно-минеральных образований золото-серебряного месторождения Валунистое (Чукотский АО) // Вестник Пермского университета. Геология. 2021б. Т. 20. № 2. С. 172-191.

5. **Goldyrev, V.**, Naumov, V., Kovyrzina, U. (2023). Resource Potential of Technogenic-Mineral Formations of Santo Tomas II Gold-Copper-Porphyry Deposit (Philippines). In: Isaeva, E., Rocha, A. (eds) Science and Global Challenges of the 21st Century – Innovations and Technologies in Interdisciplinary Applications. Perm Forum 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 622. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-28086-3\\_31](https://doi.org/10.1007/978-3-031-28086-3_31)

*Публикации в материалах научных мероприятий:*

1. **Голдырев В.Н.** Серебро-сульфидно-полиметаллическая стадия минералообразования Амгуэмо-Канчаланской металлогенической зоны (Центральная Чукотка) // В сборнике: Геология в развивающемся мире. Сборник научных трудов по материалам XVI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых Пермь. Отв. редактор Н.В. Кулакова. Пермь, 2023. С. 20-25.
2. **Осовецкий Б.М., Голдырев В.Н.** Золото в пирите Ново-Широкинского месторождения (Забайкальский край) // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2023. № 6 (43). С. 57-64.
3. **Голдырев В.Н., Артёмов А.Л., Заводов А.В.** Галенит эпитермального Au-Ag месторождения Жильное (Чукотский АО) // В сборнике: Азимут геонаук. Материалы Всероссийской междисциплинарной молодежной научной конференции. Томск, 2023б. С. 22-27.
4. **Голдырев В.Н., Артёмов А.Л., Заводов А.В.** Преобразование сульфидов эпитермального Au-Ag месторождения Жильное в условиях криогенеза // В сборнике: Азимут геонаук. Материалы Всероссийской междисциплинарной молодежной научной конференции. Томск, 2023в. С. 27-30.
5. **Голдырев В.Н., Баландин Е.Д., Наумов В.А.** Геолого-экономический потенциал горнопромышленных отходов эпитермальных месторождений золота Чукотского АО // В книге: Управление минеральными ресурсами. Орловские чтения. Сборник тезисов II открытой Всероссийской научно-практической конференции, посвященной памяти В.П. Орлова. Томск, 2023г. С. 12-16.
6. **Голдырев В.Н., Осовецкий Б.М., Наумов В.А.** Золотоносные эксплозивные брекчии месторождения Жильное (Чукотка) // Металлогения древних и современных океанов. – 2022а. - Т. 28. - С. 129-133.
7. **Голдырев В.Н., Наумов В.А., Хусаинова А.Ш.** Бурожелезняковые образования - косвенный поисковый признак золотой эпитермальной минерализации // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. 2022б. № 25. С. 46-54.
8. **Голдырев В.Н., Артемов А.Л., Заводов А.В., Коротаев В.С.** Аргиллизированные породы как критерий прогнозирования золотого орудения в пределах рудного поля Кумроч (Центральная Камчатка) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Сборник научных статей IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Под общей редакцией И. С. Копылова . Пермь, 2022в. С. 103-111.
9. **Голдырев В.Н., Наумов В.А., Зобачев А.В., Калина К.Н., Пушин К.А.** Потаповские проявления золота (Средний Урал) // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2022г. № 5 (42). С. 100-109.
10. **Наумов В.А., Наумова О.Б., Брюхов В.Н., Голдырев В.В., Голдырев В.Н., Плюснина К.И.** Природоподобные технологии на пути освоения техногенно-минеральных образований // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. 2022. № 25. С. 181-187.
11. **Голдырев В.Н., Наумов В.А.** Особенности формирования техногенно-минеральных образований разных типов эпитермальных месторождений золота //

В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. Гл. редактор И.С. Копылов. Пермь, 2021. С. 363-372.

12. **Голдырев В.Н.**, Хусаинова А.Ш. Преобразование Au-содержащих техногенно-минеральных образований в зоне криогенеза // В сборнике: Геология в развивающемся мире. Сборник научных трудов по материалам XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Отв. редактор И.С. Зорин. Пермь, 2021. С. 22-26.

13. **Голдырев В.Н.**, Наумов В.А., Коврижных С.Б., Ощепкова И.В., Макаров К.С. Ресурсный потенциал золота Полуденской техногенной россыпи (Западный Урал) // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2021в. № 4 (41). С. 37-45.

14. Наумов В.А., Наумова О.Б., **Голдырев В.Н.** Алгоритм прогнозной оценки перспектив использования и управления составом техногенно-минеральных образований месторождений золота // В сборнике: Россыпи и месторождения кор выветривания XXI века: задачи, проблемы, решения. Материалы XVI Международного совещания по геологии россыпей и месторождений кор выветривания. Воронеж, 2021. С. 235-236.

15. **Голдырев В.Н.** Техногенно-минеральные образования Ново-Широкинского полиметаллического эпитегрмального месторождения (Забайкальский край) // В сборнике: Геология в развивающемся мире. Сборник научных трудов по материалам XIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Пермь, 2020. С. 48-53.

16. **Голдырев В.Н.** Наумов В.А. Геологический анализ техногенно-минеральных образований Au-Ag эпитегрмального месторождения Купол (Чукотский АО) // Сборник трудов конференции «наука и инновации - современные концепции» (г. Москва, 22 мая 2020 г.). Т. 2. М., 2020. С. 117-133.

17. **Goldyrev V. N.**, Naumov V. A. Technogenic-mineral resources "High Sulfidation" of the epithermal Cu-Au-Ag deposit Chelopech (Bulgaria). Part 1. Geological features and technogenesis // Science. Education. Practice : proceedings of the International University Science Forum (Canada, Toronto), July 8, 2020a. Part 2. P. 151-163.

18. **Goldyrev V. N.**, Naumov V. A. Technogenic-mineral resources "High Sulfidation" of the epithermal Cu-Au-Ag deposit Chelopech (Bulgaria). Part 2. Technogenic mineral formations, technogeogenesis and technogenic ore genesis // Science. Education. Practice : proceedings of the International University Science Forum (Canada, Toronto), July 8, 2020b. Part 2. P. 164-175.