

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

имени М.В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

Прийменко Владимир Валерьевич

**ПОЗДНЕМЕЛОВАЯ МЕТАЛЛОГЕНИЯ ЗОЛОТА И
СЕРЕБРА ОМОЛОНСКОГО МАССИВА И ЕГО ЮЖНОГО
ОБРАМЛЕНИЯ**

1.6.10. Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения
(геолого-минералогические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата
геолого-минералогических наук

Москва – 2024

Диссертация подготовлена в лаборатории петрологии, изотопной геохронологии и рудообразования ФГБУН Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило Дальневосточного отделения РАН

Научный руководитель: *Акинин Вячеслав Васильевич, доктор геолого-минералогических наук, член-корр. РАН*

Официальные оппоненты: *Волков Александр Владимирович, доктор геолого-минералогических наук, член-корр. РАН, ФГБУН Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, лаборатория Геологии рудных месторождений, заведующий;*

Якубчук Александр Сергеевич, доктор геолого-минералогических наук, ФГБОУ ВО МГУ имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра Геологии, геохимии и экономики полезных ископаемых, доцент;

Полуфунтикова Лена Идененовна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, ФГБУН Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, ведущий научный сотрудник лаборатории Геологии и минералогии благородных металлов, зам. директора по научно-организационной работе; ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», геологический факультет, кафедра Прикладной геологии, доцент, и.о. заведующего.

Защита диссертации состоится 26 декабря 2024 г. в 17 часов на заседании диссертационного совета МГУ.016.6 Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по адресу: 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, геологический факультет, ауд. 415.

E-mail: dsmsu0403@yandex.ru

С диссертацией можно ознакомиться в отделе диссертаций научной библиотеки МГУ имени М.В. Ломоносова (Ломоносовский просп., д. 27) и на портале: <https://dissovet.msu.ru/dissertation/3192>

Автореферат разослан 20 ноября 2024 г. Повторно разослан «__» февраля 2025 г. в связи с исправлением технической ошибки.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук

К.М. Кузнецов

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы и степень её разработанности.

В структуре Омогонского массива (ОМ) выделяются архейско-раннепротерозойский кристаллический фундамент и рифейско-фанерозойский чехол. В длительной истории ОМ установлено несколько минерогенических этапов, в течение которых образовывались экономически важные золото-серебряные и медно-порфировые месторождения, парагенетически связанные с окраинно-континентальным известково-щелочным магматизмом (Геодинамика..., 2006). Известково-щелочной магматизм масштабно проявился на ОМ в позднедевонско-раннекаменноугольное время, когда формировался Кедонский вулcano-плутонический пояс (ВП), а в его пределах многочисленные эпитепральные золото-серебряные месторождения – Кубака, Биркачан, Ольча и др. (Горячев и др., 2017). На северо-восточной окраине ОМ в позднеюрско-раннемеловое время происходило заложение Олойского ВП (Парфенов и др., 2003; Геодинамика ..., 2006; Тихомиров, 2020), с которым связаны крупные медно-порфировые и золото-серебряные месторождения (Шпикерман, 1998; Николаев и др., 2016). Ранне-позднемеловой известково-щелочной магматизм ознаменован становлением окраинно-континентального Охотско-Чукотского вулcano-плутонического пояса (ОЧВП), магматические комплексы внешней зоны которого с резким несогласием перекрывают мезозойды ОМ. С данным этапом ассоциируют золотые и серебряные месторождения и рудопоявления (Котляр, Русакова, 2004; Стружков, Константинов, 2005; Кравцова, 2010; и др.), преимущественно Эвенского рудного района (РР) Пенжинского сегмента ОЧВП – Ирбычан, Невенрекан, Сопка Кварцевая, Дальнее, Ороц, Перекатное (здесь и далее на рис. 1). Объекты характеризуются различной степенью изученности, а имеющаяся геологическая информация по ним не систематизирована.

Магматические образования ОЧВП разделяются на ранний и поздний этапы развития (Белый, 1977; Умитбаев, 1986; Белый, 1994; и др.), в пределах которых вулканы развиваются гомогенно – от андезитовых к риолитовым формациям два раза подряд; их деление в разрезе маркируется осадочными (с конгломератами) и вулканогенно-осадочными породами (Белый, 1977; Белый, 1994). Металлогеническим выражением магматизма ОЧВП является Охотско-Чаунская металлогеническая провинция (МП) (Умитбаев, 1986), где также отмечается двухэтапность золото-серебряной и медно-молибден-порфировой минерализации (Ньюберри и др., 2000).

В центральной части ОМ располагается Конгинская рудно-магматическая зона (РМЗ) – или вулcano-плутонический ряд по (Мерзляков и др., 1982), протягивающаяся в субмеридиональном направлении, ортогонально к простиранию ОЧВП (рис. 1). Традиционно Конгинская РМЗ рассматривается как линейный опережающий структурный элемент ОЧВП; малая доля современных аналитических данных (ICP-MS, U-Pb, ^{40}Ar - ^{39}Ar и др.) о составе и возрасте магматических образований указывают на неоднозначность данного заключения и требуют специализированного изучения.

Актуальность проведенных геолого-металлогенических исследований, нацеленных на реконструкцию истории развития мелового магматизма и связанного с ним разнотипного оруденения на ОМ и в его обрамлении, обусловлено дискуссионностью подходов и отсутствием устоявшейся точки зрения о металлогенической истории региона, его высокой промышленной значимости (Горячев и др., 2017); данное определяет стратегию проведения геолого-разведочных работ.

Цели и задачи. Цель исследования – реконструкция закономерностей формирования и размещения мезозойских месторождений золота и серебра ОМ и его обрамления для разработки металлогенических моделей. Для достижения указанной цели выполнены следующие задачи: (1) анализ геологического строения Конгинской РМЗ и Пенжинского сегмента ОЧВП (Эвенский РР), уделяя особое внимание анализу таких характеристик как состав и возраст магматических образований и парагенетически связанной минерализации; (2) детальное исследование геологического строения, вещественного состава месторождений Ирбычан, Перекатное и Невенрекан Эвенского РР; (3) определение возраста магматических и рудных образований Конгинской РМЗ и Эвенского РР U-Pb и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методами датирования; сопоставление новых данных с предшествующими материалами; (4) выявление главных закономерностей формирования и размещения позднемеловых месторождений золота и серебра в регионе.

Объектом исследования являются рудно-магматические системы Конгинской РМЗ и Пенжинского сегмента ОЧВП (Эвенский РР). **Предметом** – геологическое строение, вещественный состав, возраст магматизма и связанной с ним рудной минерализации, рудно-магматических систем (РМС) Конгинской РМЗ и Эвенского РР.

Фактический материал. Работа выполнена на фактическом материале, собранном в ходе специализированных геологических исследований (2012-2022 гг.) на рудных объектах Магаданской области (Охотско-Чаунская и Омолонская МП), в том числе при совместных геологических изысканиях (2018 г.) с к.г.-м.н. А.Н. Глуховым (рудопроявления Захаренко, Кустики/Седое, Джелты). База данных по рудным объектам содержит собственные материалы, полученные в процессе полевых работ, а также сведения из производственных отчетов, хранящихся в территориальных геологических фондах г. Магадана (ФГУ «ТФГИ»), и журнальных публикаций.

Минералого-петрографическое изучение выполнено по более 130 петрографическим шлифам и 110 шлифам-препаратам рудной микроскопии. Для геохимического анализа закономерностей распределения элементов – индикаторов оруденения, привлечены ICP-MS анализы по 91 пробам. Для месторождений Невенрекан, Перекатное и рудопроявления Захаренко методом Ag-Ag датирования проведено опеределение возраста кристаллизации адуляра и серицита из рудных тел (3 образца) и U-Pb по циркону – магматических комплексов (11 образцов, в том числе новые данные). Проанализированы и обобщены результаты геолого-съемочных, поисковых, оценочных, разведочных и тематических работ ПГО «Севостгеология».

Научная новизна. С привлечением авторских материалов охарактеризованы месторождения и рудопроявления золото-серебряного, серебро-полиметаллического, золото-редкометалльного и медно-молибден-порфирового оруденения Эвенского РР (Невенрекан, Перекатное, Ирбычан) и Конгинской РМЗ (Захаренко, Желты, Кустики/Седое, Лабазное, Туромча); уточнено геологическое строение и данные о возрасте минерализации и магматизма (U-Pb и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методы), минералогии и геохимии руд и вмещающих комплексов (ICP-OES, ICP-MS, данные микрозонда). Показано, что возраст и состав гранитоидов Конгинской РМЗ, ассоциирующих с рудной минерализацией, соотносится с поздним этапом гранитоидного магматизма Пенжинского сегмента ОЧВП. По авторским материалам получены первые данные о возрасте рудоносных гранитоидов Конгинской РМЗ и Эвенского РР (U-Pb по циркону) и времени кристаллизации жильного мусковита из золото-редкометалльного месторождения Перекатное, медно-молибден-порфирового рудопроявления Захаренко и адуляра эпитепирмальной золото-серебряной минерализации месторождения Невенрекан ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$).

Теоретическая и практическая значимость. Установленные закономерности формирования рудной минерализации могут быть основой для разработки современных геолого-поисковых моделей, что позволит более качественно вести разбраковку перспективных участков при прогнозных и поисковых работах.

Методология диссертационного исследования. Включает: (1) полевые работы от геолого-съёмочных до тематических с проведением поисково-съёмочных маршрутов, описанием рудных участков и горных выработок, изучением разрезов и отбором представительных коллекций образцов на разные виды анализов; (2) изучение минерального состава руд (с выделением последовательных парагенетических ассоциаций минералов) и петрографическое описание вмещающих пород; (3) электронную микроскопию и микрозондовый анализ; (4) определение концентраций примесных элементов пород и руд методами ICP-OES, ICP-MS; (5) изотопное датирование пород и руд U-Pb (TIMS, LA-ICP-MS) и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методами; (6) интерпретацию петрохимических, минералого-геохимических, геохронологических характеристик руд и вмещающих пород; (7) статистический анализ геохимического состава руд разнотипных месторождений методом главных компонент многомерной статистики (факторный анализ).

Публикации и апробация работы. По теме диссертации опубликовано 5 научных статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных диссертационным советом МГУ по специальности. Материалы диссертации представлены автором на всероссийских и международных конференциях в Магадане (2017, 2018, 2020-2022), Якутске (2019-2022), Иркутске (2021), Владивостоке (2021), Хабаровске (2021), Сыктывкаре (2022), Москве (2021, 2022) и др.

Источники финансирования. Исследования выполнены в рамках государственного задания СВКНИИ ДВО РАН – «Разработка критериев рудоносности магматических комплексов» - № 124051600003-4, Молодежная лаборатория.

Степень достоверности результатов. Материалы диссертации доложены автором в устных докладах на 15 конференциях. Полученные результаты согласуются с исследованиями, представленными в независимой опубликованной литературе.

Личный вклад автора. Автор участвовал в полевых (12 экспедиций, из них в 4 – руководитель), камеральных, научно-исследовательских работах на рудопрооявлениях и месторождениях Магаданской области в пределах Охотско-Чаунской МП (в составе ООО «ДГРП», ООО «Светлое») и Омолонской (ООО «ОЗРК», АО «Полиметалл УК», СВКНИИ ДВО РАН). Общий объем детальных геолого-поисковых, специализированных и рекогносцировочных маршрутов составил 300 км. Материалы авторской коллекции послужили основой для исследований вещественного состава и возраста вмещающих пород и руд месторождений Ирбычан, Перекатное, Невенреккан, рудопрооявлений Захаренко, Лабазное, Желты, Кустики/Седое и др. Итоговые результаты отражены в печатных работах (Глухов и др., 2021, 2022; Прийменко и др., 2019-2023). Соискателем сформулированы положения диссертации и идеи публикаций (совместно с соавторами). Автор принимал активное участие в написании текстов публикаций, создании иллюстраций и графики, в выборе журналов и переписке с редакторами и рецензентами; вклад соискателя в формировании совместных публикаций основополагающий.

Структура и объём диссертации. Работа состоит из Введения, шести глав, Заключение, в т.ч. 232 страницы текста, 66 иллюстраций, 12 таблиц, 3-х приложений и списка литературы, содержащего 306 наименований опубликованных работ и фондовых отчетов.

Благодарности. Автор искренне признателен и благодарен сотрудникам Института, где выполнена работа, принимавшим участие в обсуждении и в обработке полученных данных: Н.А. Горячеву, Н.Е. Савве, И.Л. Жулановой, Е.М. Горячевой, А.С. Бякову, А.М. Гагиевой, М.И. Фоминой, Т.И. Михалицыной, Г.О. Ползуненкову, А.Н. Глухову, А.В. Альшевскому, О.Т. Соцкой, Е.Е. Коловой, а также сотрудникам университетов, научно-исследовательских и производственных геологических организаций Москвы, Санкт-Петербурга и Новосибирска за помощь и обсуждение результатов исследования: А.Б. Котову, М.М. Буслову, Е.Б. Сальниковой, О.Л. Галанкиной, В.П. Ковачу, Л.Н. Шишаковой, А.А. Самсонову, Д.С. Юдину, С.В. Петрову, А.В. Травину, А.П. Бороздину, Ю.С. Полеховскому, Корнееву С.И. Отдельную признательность и благодарность автор выражает научному руководителю В.В. Акинину.

Положения, выносимые на защиту:

1. Конгинская рудно-магматическая оперяющая зона Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (ОЧВП) имеет ряд отличий от главной рудно-магматической дуги пояса: редуцированность магматизма и оруденения раннего этапа (1); отсутствие редкометалльного гранитоидного магматизма и связанного (RIRGS) оруденения (2), полей поздних базальтов и эпитермальной золото-серебряной минерализации LS-типа (3); преобладание оруденения медно-порфировых рудно-магматических систем (4).

2. Время формирования разнотипного оруденения в пределах крупных рудно-магматических систем Эвенского района определено в интервале 91-78 млн лет на основании ^{40}Ar - ^{39}Ar метода датирования мусковита из руд золото-редкометалльного месторождения Перекатное и адуляра из сульфидно-адуляр-кварцевых жил месторождения Невенреккан.

3. Результаты геолого-геохимического изучения рудных полей месторождений Ирбычан, Перекатное и Невенреккан в совокупности с геохронологическими и минералогическими данными показывают моногенное формирование первых двух, в то время как для месторождения Невенреккан установлено сочетание разнотипной минерализации в пределах выявленных рудных тел.

Положение №1 обосновывается в главах 3, 4, 5; Положение №2 и №3 обосновывается в главах 5 и 6.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Обзор предыдущих исследований. Приведены общие сведения по истории геологического изучения ОМ и наложенного на него ОЧВП; освещаются вопросы, связанные с формированием представлений о металлогеническом потенциале данных структур.

Глава 2. Методы исследования. Приведено описание аналитических методов, задействованных при диссертационном исследовании: геохимии пород и руд (ICP-OES, ICP-MS) – ООО «Стюарт Геокемикл энд Эссей», г. Москва; минералогии руд и петрографического состава вмещающих пород (микроскоп AX-IOPLAN ZEIS); состава минеральных фаз (сканирующий электронный микроскоп Jeol JSM-6510LA – ИГГД РАН, г. Санкт-Петербург, и рентгеновский электронно-зондовый микроанализатор Camebax – СВ ЦКП СВКНИИ ДВО РАН, г. Магадан); оценки возраста пород и руд U-Pb – ИГГД РАН, г. Санкт-Петербург; ГИ СО РАН, г. Улан-Удэ, и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ – ЦКП МИИ СО РАН, г. Новосибирск, методами датирования минералов. Геохимические особенности руд рассмотрены с использованием статистического анализа методом главных компонент многомерной статистики (факторный анализ, по Davis, 2002; Котова, Булдаков, 2009) – МФ АО «Полиметалл УК», г. Магадан.

Глава 3. Геологическое строение Пенжинского сегмента ОЧВП и Конгинской РМЗ, наложенных на Омолонский массив. Геологическое строение Пенжинского сегмента рассмотрено в границах *Эвенского РР* (рис. 1). Здесь в строении вулканогенного разреза раннего этапа ОЧВП участвуют лавы и туфы андезитов с вулканогенно-осадочными прослоями (с фрагментами ранне-среднеальбской флоры, по Решения..., 1978) *тайночинской* и *кегалинской свит* и лавы и игнимбриты риодацитов *вархаламской толщи* (конец раннего – начало позднего мела, по Щепетов, 1995). Поздний этап отделен угловым несогласием и представлен лавами и туфами базальтов и андезибазальтов *туромчинской толщи* с линзами туфопесчаников и конгломератов в основании (с углефицированной

флорой позднего мела – не древнее сеномана, по ЛОС-200)¹ и лавами и туфами риолитов *хайчанской толщи* (коньяк-сантон, по ЛОС-200). Венчают разрез плагиобазальты и андезитобазальты *уйканской толщи*, именуемые «верхними базальтами ОЧВП» (Белый, 1977; Котляр, Русакова, 2004; Тихомиров, 2020; Akinin et al., 2020). Толщи вулканитов прорываются и метаморфизуются позднемеловыми гранитоидными интрузиями *гармандинского и ахавеевского комплексов* – Гармандинский, Доктомышчанский, Мечта и штокообразные тела до 60-80 км².

Конгинская РМЗ – субмеридионально ориентированная зона (200 × 15-40 до 60 км), состоящая из разрозненных вулканоструктур и интрузивно-купольных поднятий (рис. 1). Вулканогенный разрез раннего этапа ОЧВП представлен терригенной *тиксской свитой* (конгломераты и песчаники с флорой раннемелового возраста, по ЛОС-200) и, залегающей с угловым несогласием, вулканотерригенной *нижнеконгинской подсвитой* (с позднеальбской и сеноманской флорой, по ЛОС-200); позднего этапа – андезитовыми лавами средней и риолитовыми верхней подсвит *конгинской свиты*. Вулканогенные образования конгинской свиты прорваны и метаморфизованы позднемеловыми интрузиями *викторинского комплекса* – массивы Ветвистый, Спрут (около 90 км²), силлы, многофазные штоки (до 10 км²) (Дылевский, 1984; ЛОС-200; и др.).

Сопоставление вулканизма на участках ОЧВП и РМЗ выполнено по литературным описаниям типовых и сводных разрезов и авторским материалам полевого исследования в бассейне руч. Бодрый (рис. 2). Сравнительный анализ показал, что наиболее ярко отличия в режиме вулканогенных накоплений проявились в пределах Конгинской РМЗ; здесь отсутствуют (редуцированы) вулканогенные толщи раннего этапа ОЧВП и, напротив, значительно превосходят по объему и площади распространения вулканогенные образования позднего. Отмечается снижение мощности (интенсивности) вулканогенных накоплений в направлении с юга на север – от Омсукчанской зоны (Умитбаев, 1983, 1986; Ливач и др., 2022) через Коркодон-Наяханскую (Мерзляков и др., 1981 г.; Терехов и др., 1984) вглубь ОМ к Конгинской РМЗ.

Глава 4. Рудоносные гранитоидные комплексы Эвенского рудного района (Пенжинский сегмент ОЧВП) и Конгинской рудно-магматической зоны: история проблемы, геохимические особенности, геохронометрические данные. Сравнительный петрохимический анализ магматических образований Конгинской РМЗ и Пенжинского сегмента ОЧВП показал, что при общем сходстве их составов выделяется ряд отличий. На TAS диаграмме (рис. 3а) точки составов гранитоидов *викторинского* (Конгинская РМЗ) и *гармандинского* (Пенжинский сегмент) комплексов располагаются в области от нормальнощелочных габбродиоритов до нормально- и умереннощелочных гранодиоритов и гранитов; при этом гранитоиды Конгинской РМЗ отличаются более повышенными концентрациями щелочей. Гранитоиды относятся к I-типу магнетитовой серии, за ис-

¹ Шевченко В.М., Симаков К.В. Легенда Омолонской серии Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000. Второе издание. Магадан: СевВостНИЦМИС, 1999. 173 с.

ключением ед. пробы (S типа ильменитовой серии) с рудопроявления Горный Эвенского РР. На диаграмме Дж. Пирса (1984) точки составов пород попадают в область вулканических дуг (рис. 3б). Спектры распределения примесных элементов в целом имеют схожий рисунок – ярко выраженный Ta-Nb минимум, Pb максимум и глубокий Ti минимум; при этом гранитоиды викторинского комплекса обнаруживают умеренно повышенные концентрации HFSE – Zr, Y, и LILE – Sr, Ba (рис. 3г). Гранитоиды характеризуются схожим распределением REE – обогащением LREE по отношению к HREE; для викторинского комплекса отмечаются относительно повышенные содержания HREE, для гармандинского – повышенные LREE (рис. 3в). Европиевая аномалия проявлена слабо; незначительно в гранитоидах гармандинского комплекса. По содержаниям несовместимых элементов (Таусон, 1977) породы викторинского комплекса соответствуют андезитовому и лагитовому геохимическим типам, гармандинского – андезитовому и известково-щелочному. Геохимические отличия гранитоидов Конгинской РМЗ – повышенные щелочность, кремнекислотность, содержания LILE, связаны с удаленностью от палеозоны субдукции и вовлечением в процесс выплавления магм сиалического гнейсового фундамента ОМ (Глухов и др., 2022).

Для гранитоидных тел викторинского и гармандинского комплексов, расположенных в пределах рудных участков, выполнено изохронное датирование U-Pb методом по циркону: Конгинская РМЗ – конкордантные значения возраста диоритовых штоков рудопроявлений Захаренко – 86.4 ± 1 млн лет (СКВО=0,79), и Кустики/Седое – 86 ± 1 млн лет (СКВО=5.4), сантон (рис. 4г,ж); Эвенский РР – гранитоидные штоки Туромчинской вулcano-тектонической депрессии (ВТД), участки Невенрекан и Перекатное – 77 ± 1 млн лет (СКВО=0.91) и 77 ± 1 млн лет (СКВО=1.9), кампан (рис. 4д,е).

Анализ имеющейся геохронометрической информации по гранитоидному магматизму ОЧВП показал закономерное распределение разновозрастных интрузий (рис. 5,6; табл. 1); так в его внутренней зоне – Охотский, Кони-Пьягинский сегменты, преимущественно сосредоточены интрузии, характеризующие ранний (101-85 млн лет, альб-коньяк) этап магматизма, в северной (внешняя зона) – Пенжинский сегмент, Конгинская, Коркодон-Наяханская (86 ± 1.3 млн лет, по Akinin et al., 2020) и Омсукчанская (86-82 млн лет, Акинин, Миллер, 2011) РМЗ – поздний (85-74 млн лет, сантон-кампан). Отсутствие альбских датировок среди гранитоидов Конгинской и Коркодон-Наяханской РМЗ подтверждает ранее установленный асинхронный характер магматизма ОЧВП (Акинин, 2012; Тихомиров, 2020).

Глава 5. Геология, вещественный состав и возраст позднемеловых месторождений и рудопроявлений золота и серебра Омолонского массива и его обрамления. Меловые магматические образования Конгинской РМЗ и Эвенского РР вмещают многочисленные месторождения и рудопроявления золота и серебра. Их размещение контролируется глубинными разломами (северо-западного и субширотного простирания), расположенными на сочленении с кольцевыми и дуговыми разрывами, ограничивающими интрузивно-купольные поднятия или ВТД. Большинство рудопроявлений приурочено к контактовым

зонам гранитоидных интрузий викторинского и гармандинского комплексов, которые нередко находятся за пределами области мелового вулканизма Пенжинского сегмента ОЧВП и Конгинской РМЗ (рис. 1), что позволяет существенно расширить традиционно выделяемые границы вулканического пояса вслед за Р.Б. Умитбаевым (1986).

Месторождения золота и серебра Эвенского РР и Конгинской РМЗ, согласно классификации (Sillitoe, Hedenquist, 2003; Hart, 2007), принадлежат золото-серебряному, золото-редкометалльному (не установлен в Конгинской РМЗ), медно-молибден-порфировому, полиметаллическому (с золотом и серебром) типам оруденения. Ряд месторождений уверенно классифицируются и служат эталонными объектами; другие – остаются дискуссионными, требующими новых данных.

На основе проведенного анализа разнотипного оруденения выполнено детальное описание месторождений (геологическое строение, петрографические и минералого-геохимические характеристики, материалы изотопного датирования руд), являющихся объектами изучения автора.

5.1. Золото-серебряное оруденение широко проявлено в границах ОМ и в структурах ОЧВП. Рассматриваются его геолого-генетические типы, базирующиеся на пространственно-генетической связи оруденения с разно- глубинными магматическими очагами, комплексе характерных рудных минералов, составе рудообразующих растворов и пр.; приводится описание:

5.1.1. низкосульфидированного типа (LS) или эпитермального золото-серебряного вулканогенного. Характерные представители – крупнейшие месторождения ОМ (Кубака, среднепалеозойское) и ОЧВП (Купол, меловое). В Эвенском РР – Сопка Кварцевая, Дальнее, Ороч, Альдигич и др. (Стуржков, Константинов, 2005; Кравцова, 2010; Горячев и др., 2017; Савва, 2018; Кравцова и др., 2023). К данному типу отнесено месторождение Ирбычан, расположенное в центральной части Эвенского РР. Сравнительный анализ рудных объектов Эвенского РР и месторождения Купол (Центрально-Чукотский сегмент ОЧВП) показал их сходный минеральный состав (табл. 2); значимые отличия выявлены для руд месторождения Невенрек² (его описанию посвящена Глава 6).

5.1.2. среднесульфидированного типа (IS). Отличается приуроченностью жильных тел к дистальной части порфировой рудно-магматической системы (РМС), широким распространением карбонатных пород в границах месторождений, высокими концентрациями меди, свинца, цинка, редко молибдена в рудах, низкими отношениями Au к Ag (1:10 - 1:100). К данному типу отнесено рудопроявление Джелты, расположенное в Конгинской РМЗ.

5.1.3. высокосульфидированного типа (HS) или алунит-кварцевого. Относится к редким и слабо изученным на С-В и России в целом; единственный представи-

² **Прийменко В.В.**, Глухов А.Н. Полиформационность рудных месторождений и эпитермальное Au-Ag оруденение (Северо-Восток Азии) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России. Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции. Якутск, 2021. С. 101-104.

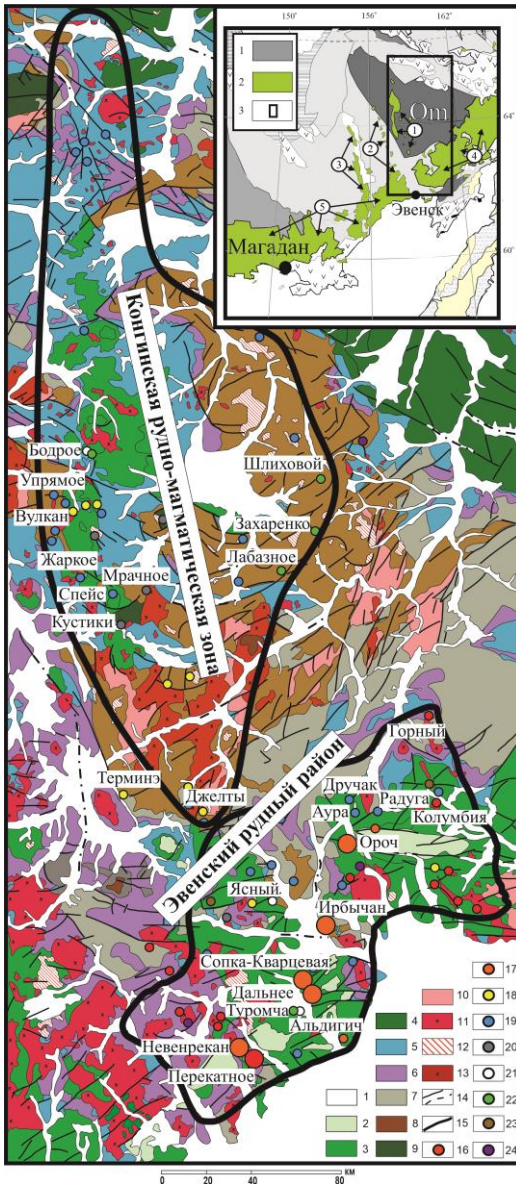


Рис. 1. Геологическая карта Конгинской рудно-магматической зоны и Пенжинского сегмента ОЧВП, по (В. М. Кузнецов и др., 1998, 2001 г.; Кравцова, 2010; Горячев и др., 2017) с упрощением и добавлениями:

1 – четвертичные и неогеновые отложения; 2 – нерасчлененные позднемеловые «верхние базальты» ОЧВП и палеогеновые базальты кытыймской свиты; 3 – преимущественно вулканогенные породы ОЧВП; 4 – вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы Олойского пояса; 5 – преимущественно терригенно-осадочные породы юры; 6 – терригенно-осадочные и вулканогенно-осадочные породы триаса; 7 – верхнепалеозойские терригенно-карбонатные породы; 8 – преимущественно среднепалеозойские вулканогенные породы кедонской серии; 9 – силурийские и кембрийские образования; 10 – докембрийские метаморфические, интрузивные и осадочные образования; 11,12 – позднемеловые интрузии: гранитоидные полнокристаллические (11), порфировидные (12); 13 – палеозойские гранитоидные интрузии; 14 – разломы (штрих-пунктиром – предполагаемые); 15 – контуры Конгинской рудно-магматической зоны и Эвенского рудного района (Пенжинский сегмент ОЧВП).

16-24 – Месторождения и рудопроявления: 16 – золото-редкометаллические, 17 – золото-серебряные плутоногенные, 18 – золото-серебряные вулканогенные, 19 – полиметаллические, 20 – скарново-полиметаллические, 21 – серные и алунитовые проявления, 22 – медно-молибден-порфировые, 23 – оловянные и олово-серебряные, 24 –

молибден-порфировые. На врезке – Тектоническая схема (Акинин, Миллер, 2011): 1 – Омолонский массив (Om); 2 – Охотско-Чукотский вулканогенный пояс (альб-кампан); 3 – граница исследуемой территории; Цифрами в кружках обозначены: 1 – Конгинская рудно-магматическая зона; 2 – Коркодон-Найханская рудно-магматическая зона; 3 – Омсукчанская рудно-магматическая зона; 4 – Пенжинский сегмент ОЧВП; 5 – Охотский сегмент ОЧВП.

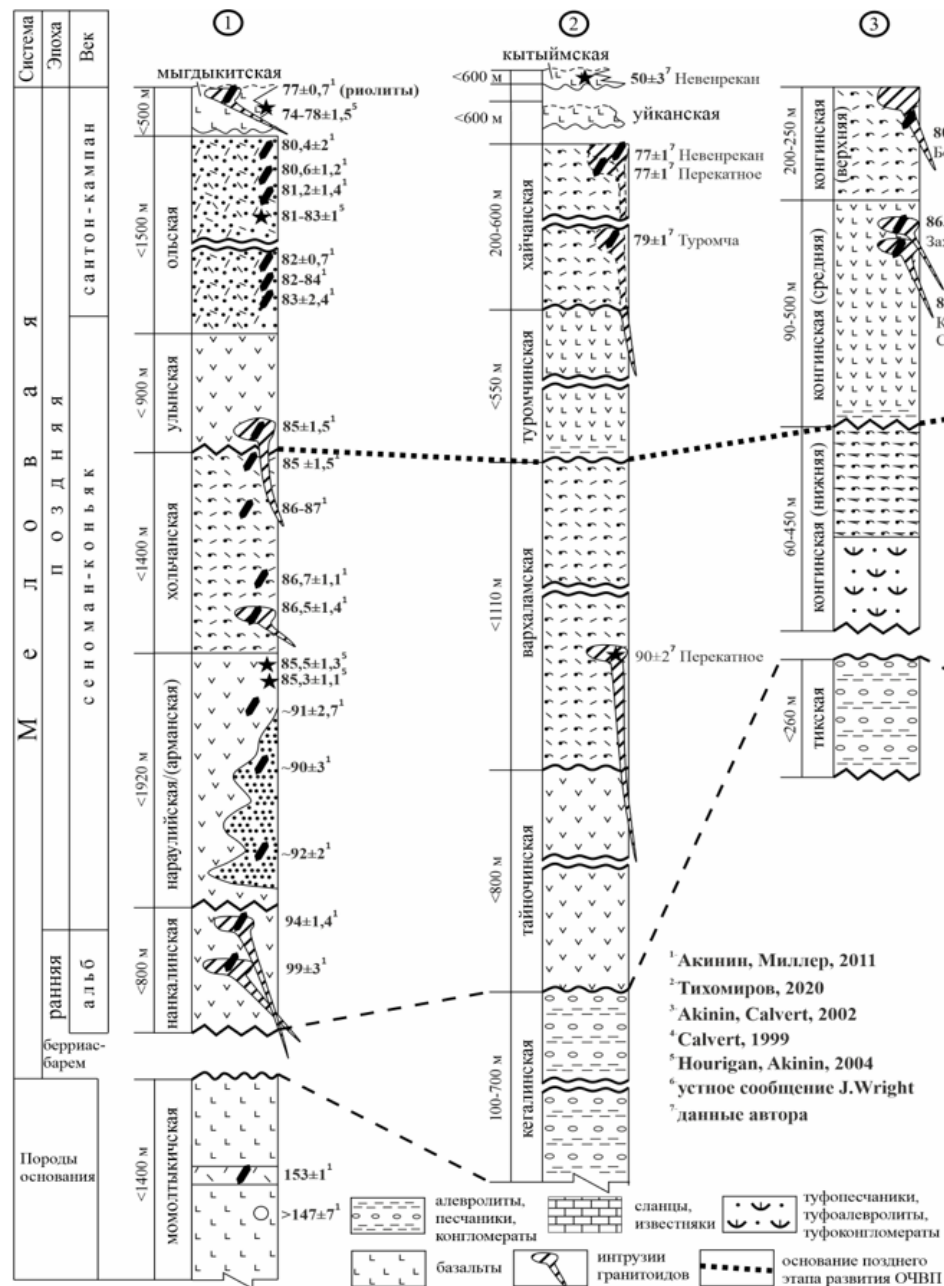
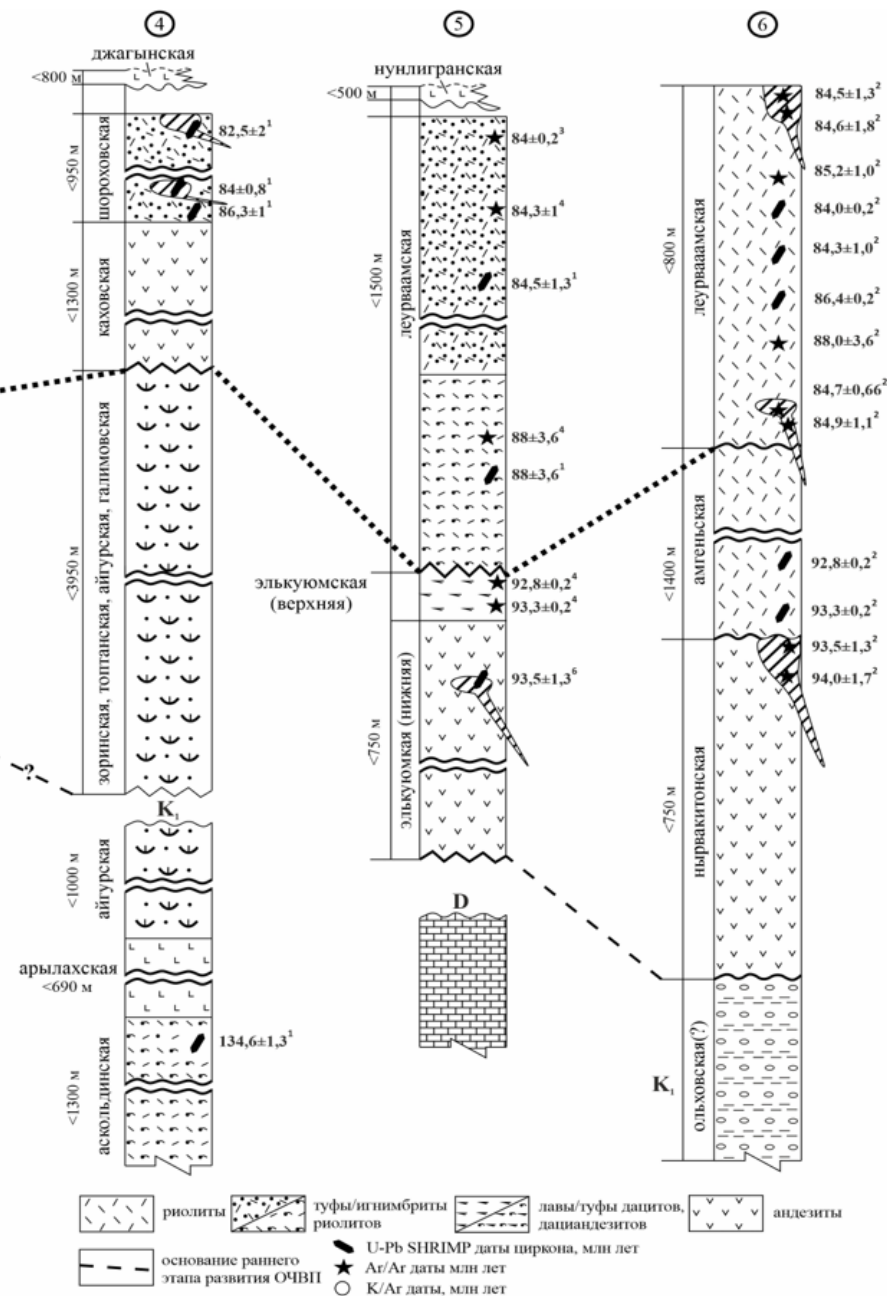


Рис. 2. Сводные типовые разрезы меловых вулканогенных отложений в пределах структурных участков ОЧВП и магматических зон изучаемого региона.
Цифры в кружках – разрез в пределах: 1 – Охотского сегмента ОЧВП – Арманская ВТД; 2 – Пенжинского сегмента ОЧВП – Эвенский рудный район, Туромчинская ВТД; 3 – Конгинской рудно-



магматической зоны; 4 – Омсукчанской зоны; 5 – Восточно-Чукотской (западная часть) фланговой зоны ОЧВП – Румилетская ВТД; 6 – Восточно-Чукотской (восточная часть) фланговой зоны ОЧВП. Разрезы по материалам: 1, 4, 5 – Аксинин, Миллер, 2011; 2, 3 – ЛОС 200; Симаков, Шевченко, 1999 г.; Жуланова и др., 1999 г., с добавлениями автора. 6 – Решения..., 2009; Тихомиров, 2020.

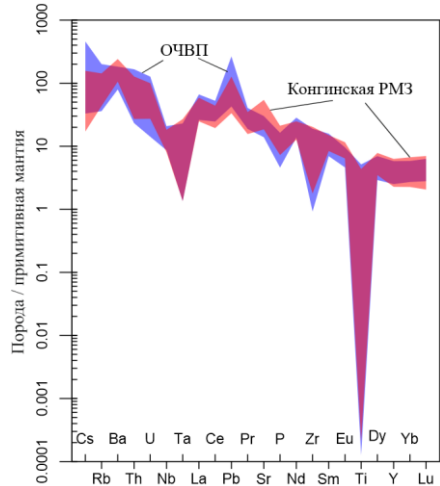


Рис. 3. Диаграммы химического состава гранитоидов Конгинской РМЗ (викторинский комплекс) и Эвенского рудного района (гармандинский комплекс) ОЧВП. **а** – классификационная TAS (Middlemost, 1994); **б** – дискриминационная Rb–Y+Nb (Pearce et al., 1984); спайдерграммы распределения примесных элементов, нормированных по хондриту (**в** – Boynton, 1984) и примитивной мантии (**г** – McDonough, Sun, 1995). Фигурные значки – состав гранитоидов в пределах рудных участков и месторождений: 1–9 – Конгинская РМЗ (красный цвет): 1 – Бодрый, 2 – Промежуточный, 3 – Бургагчан, 4 – Ущельный, 5 – Скрытый, 6 – Захаренко, 7 – Лабазное, 8 – Седой/Кустики, 9 – Желты; 10–15 – Эвенский рудный район (синий цвет): 10 – Горный, 11 – Озерный, 12 – Туромча, 13 – Невенреккан, 14 – Перекатное, 15 – Альдигич. Поля составов на диаграмме Пирса – геодинамические обстановки: syn-COLG – коллизионные, post-COLG – постколлизионные, WPG – внутриплитные, VAG – магматических дуг, ORG – океанических хребтов.

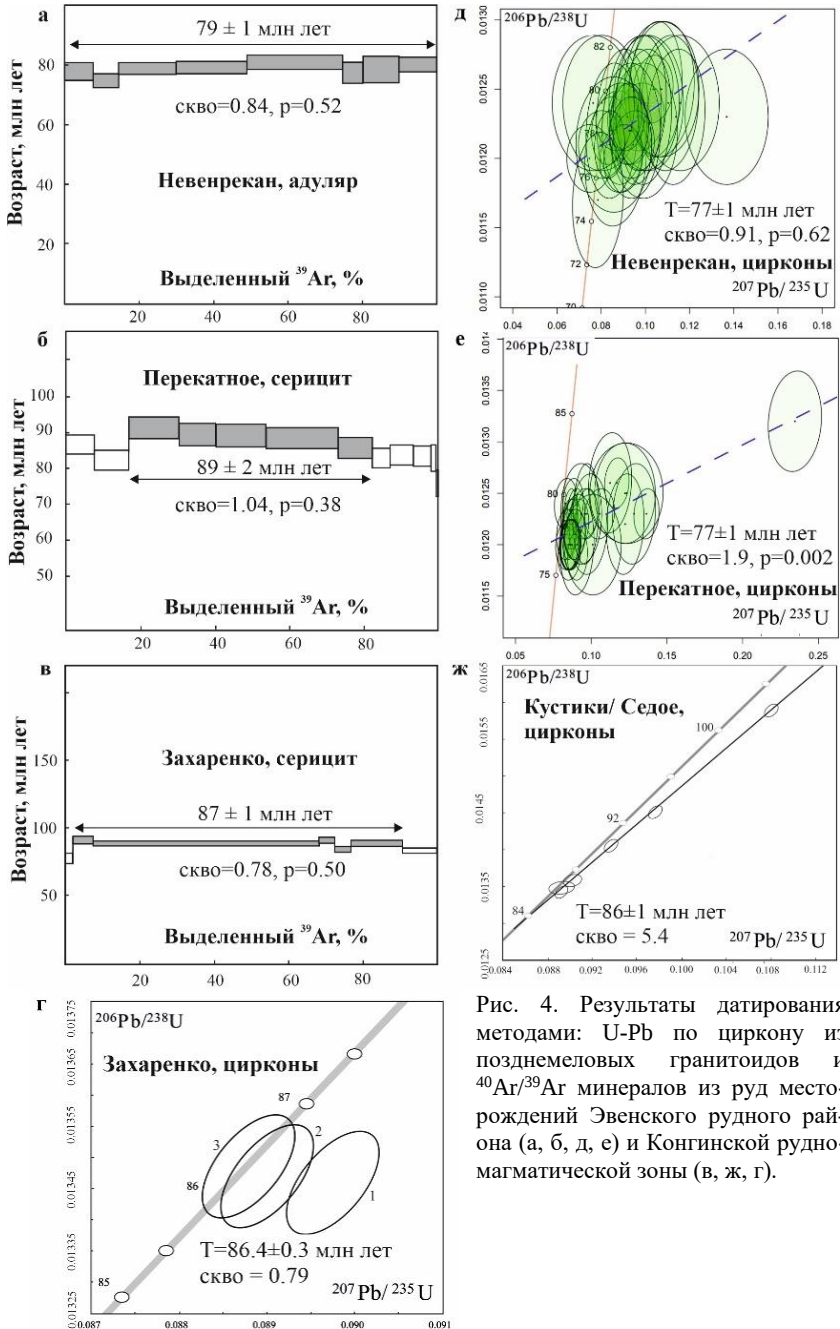


Рис. 4. Результаты датирования методами: U-Pb по циркону из позднемеловых гранитоидов и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ минералов из руд месторождений Эвенского рудного района (а, б, д, е) и Конгинской рудно-магматической зоны (в, ж, г).

Таблица 1. Рудно-магматические системы Охотско-Чаунской металлогенической провинции в эволюционной схеме ОЧВП; геолого-геохронологические данные.

Импульсы магматической активности (млн лет) ¹		1. андезитовый (106–89)	2. андезитовый; базальты, туфоконгломераты, песчаники (94–89)	3. дацит-риодацитовый; туфы (89–85)	4. андези-базальтовый (85–83)	5. риолитовый (83–81)	6. «верхние базальты» (79–76)
Этапы формирования ОЧВП ^{3,4}		ранний этап			поздний этап		отдельный этап растяжения ⁴
Смена фронтальной субдукции на косую ^{5,6}		101–85 млн лет (направление движения на северо-запад)			85–74 млн лет (направление движения на запад)		
Стратиграфические подразделения Эвенского и Магаданского района ОЧВП (свита, толща) ²		нанкалинская	тайночинская, кегалинская нараульинская (нанкалинская), арманская	вархаламская хольчанская	туромчинская ульинская	хайчанская ольская	уйканская мыдыкитская
Рудно-магматические системы	золото-серебряные (LS)	ОЧВП рудные, Ar/Ar, адуляр, млн лет <u>Охотский сегмент</u> Ойра 76.08±0.3 ¹⁵ 93 ¹⁷ Нявлена 93.68±0.2 ¹⁵ <u>Центрально-Чукотский сегмент</u> Юрьевское 91–99 ¹⁷ Купол 93±1 ²¹			ОЧВП рудные, адуляр, млн лет <u>Пенжинский сегмент</u> Невенрекан 79.4±1 ¹⁹ Ar/Ar Дальнее 80±0.5 ¹² Rb-Sr 77±3 ¹² Rb-Sr Сопка-Кварцевая 78.6±0.2 ¹⁵ Ar/Ar 80.4±0.2 ¹⁵ Ar/Ar 80±2 ¹⁵ K-Ar Ирбычан 82.45±0.2 ¹⁵ Ar/Ar Кегали 79.92±0.2 ¹⁵ Ar/Ar <u>Охотский сегмент, Ar/Ar</u> Карамкен 78.6±0.2 ¹⁶ 78.88±0.2 ¹⁵ 78.42±0.2 ¹⁵ Утесное 81 ¹⁷ Валунистое 71.6±0.2 ¹⁵ 71.97±0.2 ¹⁵ 75–80 ¹⁷		
	мелно-порфировые	ОЧВП рудные интрузивные внутренняя зона млн лет <u>Охотский сегмент</u> Усинское 98 ¹³ Re-Os, молибденит *100 ¹³ Речной Профессорский 100.4 ¹⁸ Re-Os, молибденит *100 ¹⁸ Уптар *95 ¹³ <u>Кони-Пьягинский сегмент</u> Тальниковый *94 ^{13,14} Лора 104±5 ⁴ K-Ar, *103 ¹³ эксплозивная брекчия 104–76 ⁴ , K-Ar			ОЧВП рудные интрузивные млн лет <u>Анадырский сегмент</u> Ольховское 78±2.6 ²³ Rb-Sr *78±0.65 ²³ <u>Пенжинский сегмент</u> Туромча ***79±2 <u>Охотский сегмент</u> Пиритовый *85 ¹³ Конгинская РМЗ Бодрый ***80 Кустики/Седое **86 ⁹ Лабазное 82±2 K-Ar, ***86±2 мусквит Захаренко 87±1 ⁹ Ar-Ag, **86 ⁹ мусквит Коркодон-Наяханская РМЗ Аксу 84.6±0.5 ^{8,20} *86±1.3 ^{8,20} Re-Os, молибденит *84±1 ^{8,20}		
	золото-редкометаллальные	ОЧВП внутренняя зона рудные, млн лет <u>Пенжинский сегмент</u> Перекастное 89±2 Ar-Ag, мусквит <u>Охотский сегмент, K-Ar</u> Тэутэджак 103 ¹⁰ Волочек 105 ¹¹ Верхне-Семканское 105 ¹¹			ОЧВП рудные, Ar-Ag, мусквит, млн лет <u>Охотский сегмент</u> Бутугычаг 78 ²² Контактовое 79.8 ¹⁷ Чагыданское 80.5±0.4 ¹⁷ Штурмовское *82 ²² Ачча *83 ²² Омсулчанская РЗ рудные, Ar-Ag, млн лет Невское и др. 84.5±0.5 ¹⁷		

Примечание. Импульсы магматической активности (их возрастные интервалы) и соответствующие им вулканогенные и вулканогенно-осадочные свиты, толщи, по: ¹ – Акинин, Миллер, 2011; ² – Решения..., 2009. Этапы формирования ОЧВП и соответствующие им геодинамические обстановки, по: ³ – Белый, 1994; ⁴ – Котляр, Русакова, 2004; ⁵ – Engebretson et al., 1985; ⁶ – Парфенов и др., 2003. Результаты изотопного датирования рудных тел месторождений и вмещающих гранитоидных интрузий, по: ⁷ – Акинин и др., 2019; ⁸ – Акинин и др., 2021; ⁹ – Глухов и др. 2022; ¹⁰ – Горячев, 2005; ¹¹ – Горячев и др., 2013; ¹² – Кравцова, 2010; ¹³ – Колова и др., 2022; ¹⁴ – Колова и др., 2023; ¹⁵ – Лейер и др., 1996; ¹⁶ – Лейер и др., 1997; ¹⁷ – Ньюберри и др., 2000; ¹⁸ – Пачерский и др., 2021; ¹⁹ – Прийменко и др., 2022; ²⁰ – Соцкая и др., 2021; ²¹ – Thomson et al., 2022; ²² – Voroshin et al., 2004; ²³ – Rogacheva, Baksheev, 2010. *SHRIMP, **TIMS, ***LA-ICP-MS – U-Pb датирование по цирконам. Граница раннего и позднего этапов развития ОЧВП, по (Белый, 1977-1994).

тель в границах ОЧВП – месторождение Светлое (Западный сегмент) (Мишин, 2011). К данному типу причислены рудопрооявления Туромча (Эвенский РР) (Глухов, 2011) и руч. Бодрый (Конгинская РМЗ), обладающие схожим строением и минералого-геохимическими характеристиками. Алуит-кварцевые золото-серебряные объекты широко представлены и активно разрабатываются в зарубежных регионах Тихоокеанского кольца (Sillitoe, 2010); предполагается перспективность прогнозно-поисковых программ на данный тип оруденения в вулканогенных поясах активных континентальных окраин ДВ России.

5.2. Золото-редкометалльное оруденение (RIRGS) связано с интрузивно-купольными структурами (прежде всего гранитоидными). На С-В России данный тип характеризуют месторождения Бутарное, Дубач, Тугучак, Лево-Дыбинское, Школьное, Кекурное и др. (Волков и др., 2013; Волков, Сидоров, 2018); в границах Эвенского РР – рудопрооявление Инач, Аханджа, многочисленные безымянные рудопрооявления и пункты минерализации (Кузнецов и др., 2001 г.; Усачев и др., 2007 г.). Месторождение Перекатное (Эвенский РР) принадлежит Невенрекан-Перекактенскому рудному узлу. Предполагается парагенетическая связь оруденения с гранитоидным штоком, расположенным, по данным магнито-электроразведки, на глубине от 300 м. Отмечается наличие в рудах ассоциации гессита, кубанита, изостаннина, молибденита. Среднее содержание золота – 0.6 г/т (максимальное 1.3 г/т), серебра – 13 г/т.; отношение Au/Ag – 1:5. Геохимический спектр руд – As-Au-Cd-Ag-Te-Bi³. Методом ⁴⁰Ag/³⁹Ag датирования по мусковиту из сульфидно-кварцевых жил штокверковой зоны получено возрастное значение 89±2 млн лет (СКВО = 1.04, Р = 0.38, выделенного ³⁹Ag – 78.2%) (рис. 4б).

5.3. Медно-молибден-порфировое оруденение относится к числу главных поставщиков меди, молибдена и золота (Петров и др., 2020). Характерно для островодужных и окраинно-континентальных вулкано-плутонических поясов. Про-

³ **Прийменко В.В.**, Глухов А.Н., Фомина М.И., Акинин В.В., Михалицына Т.И., Соцкая О.Т. Возраст, геология и вещественный состав золото-редкометалльного месторождения Перекатное (Магаданская область) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России. Материалы XII Всероссийской научно-практической конференции. Якутск, 2022б. С. 230-232. DOI 10.52994/9785751332846_2022_47.

мышленные концентрации молибдена и меди сосредоточены в эндо- и экзоконтактовых зонах гранитоидных интрузий, где формируются штокверковые зоны, которые на периферии сопровождаются полиметаллической минерализацией с золотом. К данному типу нами отнесены рудопрооявления Захаренко и Лабазное (Конгинская РМЗ), имеющие сходное строение. Содержания молибдена и меди в штокверках Захаренко до 0,03 масс. %, свинца – до 0,06%, цинка – до 0,04%, геохимический спектр Mo-Ag-Pb-Cu-Zn-Ag; для рудоносных кварцевые жил и прожилков периферической зоны, несущих золото-серебро-полиметаллическую минерализацию, содержания золота до 20 г/т, серебра – до 88 г/т, свинца более 1%, геохимический спектр Au-Pb-Ag-(W, Mo)-As (Глухов и др., 2021). Методом $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования по мусковиту из филлизитов рудного поля Захаренко получена датировка 87.9 ± 1.3 млн лет (рис. 4в); к ней приближена K-Ar дата по околожилльному мусковиту рудопрооявления Лабазное – 82 ± 2 млн лет.

5.4. *Серебро-полиметаллическое оруденение* сопряжено с медно-молибден-порфировыми, реже золото-серебряными объектами, и составляет с ними единый эволюционно-латеральный ряд в рамках РМС. В пределах Конгинской РМЗ и Эвенского РР представлено преимущественно оруденелыми скарнами, развитыми по карбонатным породам на контакте с гранитоидными интрузиями – рудопрооявления Хивач, Жаркое, Мрачное и др., реже – сульфидно-карбонатными жилами и прожилковыми зонами – Вулкан, Гном, Терминэ, Упрямое и др. (Глухов и др., 2021) и сульфидно-кварцевыми жилами – Аксу, Захаренко, Лабазное. Рудопрооявление Кустики/Седое (Конгинская РМЗ) представлено кварц-сульфидно-карбонатными прожилками, рассекающими гранат-пироксеновые скарны. Рудные минералы: пирит, сфалерит, галенит, халькопирит, стефанит, прустит, пираргирит, самородное серебро, а также, редко: арсенопирит, леллингит, глаукодот, кобальтин, алтаит, гессит, теллуrowисмутит, тетрадимит (Савва, 2018). Содержания золота составляют до 8 г/т, серебра – до 197 г/т, свинца и цинка – до 1%; геохимический спектр минерализации Pb-Ag-Zn-As-Bi-W-Sb-Au-Cu.

Основные итоги сопоставления магматизма и рудообразования Эвенского РР и Конгинской (отчасти Коркодон-Наяханской и Омсукчанской) РМЗ обобщаются в разделе 5.5. *Этапность мелового магматизма и сопутствующего оруденения Эвенского рудного района и Конгинской рудно-магматической зоны; сопоставление геологических, геохронологических и металлогенических данных.* Эвенский РР является примером, сочетающим в своем составе разнотипное оруденение, связанное с различными РМС – золото-серебряные эпиптермальные Ирбычан, Сопка Кварцевая, Ороch, Дальнее, золото-серебряное алунит-кварцевое (HS) Туромча, золото-редкометалльные Перекатное, Инач и Аханджа, а так же Невенреккан, рассматриваемое автором как полигенное с наложенной золото-редкометалльной и эпиптермальной золото-серебряной минерализацией (Глава 6). Конгинская РМЗ – преобладают медно-порфировая (Бодрый, Захаренко, Лабазное, Вечернее, Хрустальное и др.) и серебро-полиметаллическая (Кустики/Седое, Жаркое, Мрачное и др.) минерализации; отсутствуют золото-редкометалльная и золото-серебряная минерализации низкосульфидированного типа.

Таблица 2. Минеральный состав руд золото-серебряных месторождений Эвенского рудного района (Пенжинский сегмент ОЧВП) в сравнении с минералогией золото-серебряного месторождения Купол (Центрально-Чукотский сегмент ОЧВП).

Месторождения	Сопка Кварцевая	Дальнее	Ирбычан	Ороч	Купол	Невенрекан	
Минералы	Этапы оруденения*						
	ВГ	ВГ	ВГ	ВГ	ВГ	ВГ	П
Кварц	+	+	+	+	+	+	+
Халцедон	+	+	+	+	+	+	
Адуляр	+	+	+	+	+	+	
Гидрослюда	+	+	+	+	+	+	
Мусковит/ Серицит							+
Хлорит	+	+	+	+	+	+	
Гипс/Ангидрит	+	+	+		+	+	
Эпидот					+		+
Каолинит	+	+	+	+	+	+	
Кальцит/ Родохрозит	+	+	+	+	+	+	+
Анкерит		+		+		+	
Барит	+	+		+		+	
Ярозит	+		+	+	+	+	
Гипс	+	+			+		
Гематит					+	+	
Пирротин	+	+	+	+	+	+	
Пирит	+	+	+	+	+	+	
Галенит	+	+	+	+	+	+	
Евгенит				+			
Аргентогаленит							+
Сфалерит	+	+	+	+	+	+	+
Халькопирит	+	+	+	+	+	+	
Фрейбергит		+	+	+	+	+	
Теннантит				+	+	+	
Тетраэдрит	+	+	+	+		+	
Антимонит	+						
Андорит					+		
Арсенопирит	+	+	+	+	+	+	
Марказит	+	+	+	+	+	+	
Борнит							+
Халькозин				+	+		
Канфилдит							+
Se-канфилдит							+
Станнин							+
Касситерит**							+
Агиларит	+	+	+	+	+	+	
Науманнит				+	+	+	
Джемсонит					+		
Буланжерит					+		
Матильдит				+			+
Пираргирит	+	+	+		+	+	
Прустит	+	+	+				
Стефанит	+	+	+	+	+		
Полибазит	+	+	+	+	+	+	
Ялпант				+			
Пирсент	+	+		+	+		
Киноварь				+			
Мираргирит	+	+			+		
Биллингслент	+			+	+		
Акантит	+	+	+	+	+	+	
Самородное Au	+	+	+	+	+	+	+
Электрум	+	+	+	+	+		
Кюстелит	+	+	+	+	+	+	
Ютеибогартит	+				+	+	
Самородный Pb							+
Самородное Ag			+	+	+	+	

Примечание. ВГ – вулканогенный, П – плутоногенный. * – минералогия в технологических пробах из производственных отчетов (Печниковский, 2011г.; Антошин и др., 2010г.; Ишков, 2012г.; Шувал-Сергеев, Яковенко, 2017г.), монографии Н.Е. Саввы (2018) и авторской коллекции (Приيمنко и др., 2019, 2020, 2022); **минералогия руд (Подолья, Бороздин, 2017).

Анализ материалов изотопного датирования магматических и рудных образований обнаруживает две группы датировок – 105-87 и 87-76 млн лет, временные рамки которых соответствуют раннему и позднему этапам магматической активности ОЧВП (рис. 5; табл. 1). Установлено, что гранитоидные интрузии и парагенетически связанные с ними рудные объекты, отвечающие раннему этапу магматизма, сосредоточены преимущественно в краевой – внутренней зоне ОЧВП (Пенжинский, Охотский сегменты), граничащей с Удско-Мургаальским поясом, позднего этапа – в линейных зонах, протягивающихся вглубь континента к ОМ (Омсукчанской, Коркодон-Наяханской и Конгинской РМЗ).

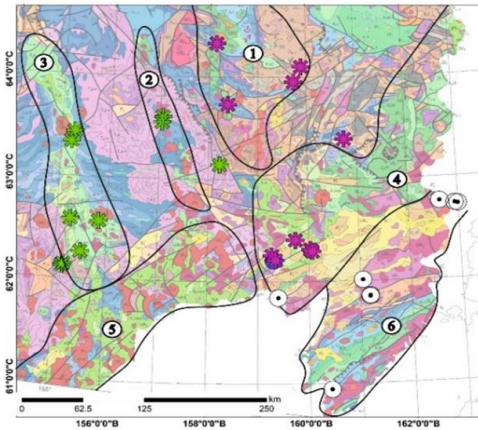


Рис. 5. Пространственная локализация гранитоидов раннего и позднего этапов развития ОЧВП; на геологической карте масштаба 1:2 500 000 [https://openmap.mineral.ru].

Фигурные значки – местоположение гранитоидных интрузий с U-Pb датировками, млн лет: звездочка (86-77), круг с черной точкой (102-89); фиолетовая и синяя заливка – коллекция автора, зеленая и белая – из литературных источников. Цифры в кружочках: 1-3 – рудно-магматические зоны: Конгинская (1), Коркодон-Наяханская (2), Омсукчанская (3); 4,5 – сегменты ОЧВП: Пенжинский (4), Охотский (5); 6 – Удско-Мургаальский вулканический пояс.

Отсутствие альбских датировок среди интрузивных и рудных образований Конгинской и Коркодон-Наяханской РМЗ, а также сокращенный объем раннемеловых вулканогенных накоплений в их границах, подтверждают ранее установленный асинхронный характер магматизма ОЧВП – смещение активности с континентальной окраины вглубь континента (Тихомиров, 2020). Эвенский РР является наиболее охарактеризованным современными методами изотопного датирования. Совокупность данных о возрасте интрузивных и рудных образований позволяют существенно расширить временной интервал формирования промышленно значимого оруденения золота и серебра в Эвенском РР – от раннего этапа, когда формировалось золото-редкометалльное месторождение Перекатное (89 ± 2 млн лет, турон-коньяк), до позднего, которому отвечает эпitherмальная золото-серебряная минерализация месторождения Невенрекан (79.4 ± 1 млн лет, кампан). Изложенное суммируется в 1 и 2-ом защищаемых положениях.

Глава 6. Золотые и серебряные месторождения Омолонского массива и его южного обрамления с наложенной минерализацией. В главе приведены краткие сведения об особом типе месторождений, в котором совмещено разнотипное – наложенное друг на друга, оруденение; обозначены структурные, геодинамические, минералого-геохимические и пр. характеристики, которые могут рассматриваться как критерии для обоснования наложенной минерализации. К данному типу отнесено месторождение Невенрекан, детальное описание которого приведено в разделе 6.1. *Золото-серебряное месторождение Невенрекан*

как объект с наложенной минерализацией. Эксклюзивность месторождения Невенрекан в ряду золото-серебряных объектов Эвенского РР обусловлена его геолого-структурной позицией и влиянием локальных (и зачастую региональных) факторов на эволюцию рудообразования. В строении Невенрекан-Перекактенского рудного узла совмещены Невенреканская ВТД и изометричное Перекактенское интрузивно-купольное поднятие, в апикальной части которого расположено золото-редкометалльное месторождение Перекактное. Золото-серебряная минерализация ограничена областью распространения позднемеловых вулканитов, золото-редкометалльная – триасовыми терригенными породами фундамента вулканоструктуры.

Результатами минералогического изучения в составе руд месторождения Невенрекан выявлен ряд минералов, не встречающихся в золото-серебряных (LS) месторождениях Эвенского РР рудного района (табл. 1); преимущественно это минералы, образование которых связано с плутогенным этапом оруденения (*эпидот, аргентогаленит, борнит, канфильдит, станин, кестерит, касситерит, матильдит, самородный свинец*). Геохимический спектр руд – Au-Ag-Se-Sb-As-Sn-Te-Bi, со значительным содержанием элементов редкометалльного профиля – Bi, Sn, Te. В целом, для Невенрекан-Перекактенского рудного узла устанавливается геохимическая зональность, выраженная распределением микроэлементов в направлении с юго-востока на северо-запад – As-Au-Cd-Ag-Te-Bi (Перекактное) → Au-Ag-As-Sn-Bi-Te (Невенрекан, рудная зона III) → Au-Ag-As-Sn-Zn-Pb (Невенрекан, рудная зона II) → Au-Ag-As-Sb-Sn-Te (Невенрекан, рудная зона I).

По материалам геологических наблюдений и данных изотопного датирования составлена идеализированная геолого-событийная модель формирования Невенрекан-Перекактенского рудного узла. Установлено сочетание разнотипных (оловянной с касситеритом и золото-серебряной) минерализаций, связанных с плутоногенной и вулканогенной РМС. Выделено три этапа гипогенного рудообразования, каждый из которых характеризуется набором типоморфных минералов и их парагенезисов: - ранний (плутоногенный) – связь с золото-редкометалльной рудно-магматической системой (составной частью которой является месторождение Перекактное); характеризуется повышенными концентрациями Sn, Bi и Te, присутствием ксенолитов касситерита в халькопирите ранних парагенетических ассоциаций руд месторождения Невенрекан (Подольян, Бороздин, 2017), присутствием самородного золота II генерации; - основной (вулканогенный) – формирование адуряр-кварцевых жил с золото-серебряной минерализацией на фоне предрудного андезит-дацитового субинтрузивного магматизма; выделяется по парагенетическим ассоциациям минералов, характерным для эпиптермальных золото-серебряных месторождений Эвенского РР; - поздний плутоногенный и метаморфический (или «гибридный») – отражает совокупность воздействия наложенных друг на друга плутоногенной и вулканогенной РМС; характерно присутствие в рудах канфильдита, кестерита, матильдита, родонита, в рудном поле – окварцованных и эпидотизированных пород.

Материалы изотопного датирования указывают на непродолжительный (около 10 млн лет) интервал образования наложенной (двухэтапной, вулканоген-

ной и плутоногенной) минерализации – от раннего этапа минерализации на месторождении Перекатное (89 ± 2 млн лет) до позднего на месторождении Невенреккан (79 ± 1 млн лет) (рис. 4а,б).

В разделе главы 6.2. *Геохимических особенности золото-серебряных руд на трехмерных диаграммах факторных значений (метод многомерной статистики факторного анализа) на примере полигенного месторождения Невенреккан* наглядно показано поведение индикаторных химических элементов разнотипных месторождений: - эпитермального золото-серебряного (LS) типа; в пределах ОЧВП – Ирбычан (Эвенский РР) и Купол (Центрально-Чукотский сегмент), для ОМ – Кубака и Ольча, генетически связанные со среднепалеозойским Кедонским ВПП; - золото-редкометалльного типа – Перекатное, составляющее Невенреккан-Перекатненский рудный узел (Эвенский рудный район); - золото-серебряного полигенного типа – Теплое (на сочленении Омсукчанской РМЗ и Охотского сегмента ОЧВП). Установлено, что характер распределения фигуративных точек факторных значений – «относительная скученность» для моногенных месторождений и «хаотичность, разброс» для месторождений с нарушенной геохимической структурой, в равной степени отображаются и для разновозрастных объектов, и для объектов, принадлежащих генетически различным рудно-магматическим системам, зонам (рис. 6).

Пример месторождения Невенреккан интересен тем, что его руды имеют сложный вещественный состав, значимо отличающийся от известных золото-серебряных и золото-редкометалльных объектов. Геохимическая зональность рудного поля Невенреккан характеризуется как нарушенная. Примечателен и тот факт, что месторождение входит в состав Эвенского рудного района, для которого нами установлено два этапа рудообразования – ранний (плутоногенный) золото-редкометалльный (месторождение Перекатное – 89 ± 2 млн лет, Ar-Ar) и поздний (вулканогенный) золото-серебряный эпитермальный (месторождение Ирбычан – 82.5 млн лет, Ar-Ar). Установленная в рудах месторождения Невенреккан разнотипная наложенная минерализация позволила сформулировать 3-е защищаемое положение.

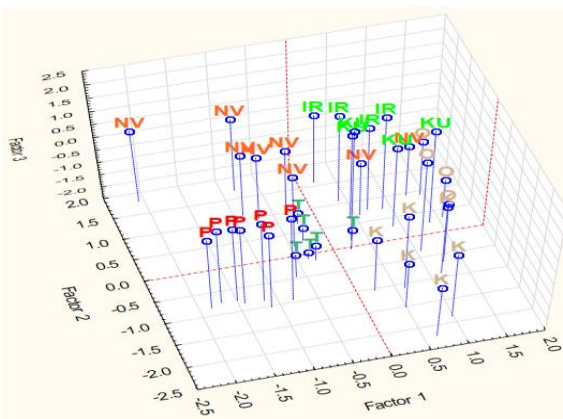


Рис. 6. Трехмерная диаграмма распределения фигуративных точек значений факторных нагрузок по образцам руд месторождений. Позднемеловые: полигенное Невенреккан (NV), золото-серебряные Ирбычан (IR) и Купол (KU), золото-редкометалльное Перекатное (P), ранне-позднемеловое полигенное Теплое (T), среднепалеозойские золото-серебряные Кубака (K) и Ольча (O).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Содержание выполненного исследования представляет анализ геологических, петрологических, минералогических, геохимических и геохронологических данных, полученных автором в ходе разноплановых научных, геолого-разведочных, геолого-съемочных и др. работ по рудным объектам, расположенным в пределах ключевых для С-В России структур – ОМ и ОЧВП, и обобщения данных предшественников. В процессе достижения поставленной цели – установление закономерностей формирования и размещения мезозойских месторождений золота и серебра на ОМ и его южном обрамлении, с последующей разработкой металлогенических моделей их образования, получены следующие результаты:

1. Анализ информации по изотопному датированию (в т.ч. авторские данные) гранитоидных интрузий Конгинской и Коркодон-Наяханской РМЗ и Пенжинского сегмента ОЧВП позволил выделить среди них две группы датировок, соответствующих раннему (102-89 млн лет, альб-турон) и позднему (86-77 млн лет, сантон-кампан) этапам развития или импульсам интенсивного магматизма ОЧВП. Установлено, что интрузивные тела раннего этапа магматизма, сосредоточены преимущественно во внутренней зоне ОЧВП, наложенной на Удско-Мургальский ВП, позднего – во внешней зоне ОЧВП, в границах Конгинской и Коркодон-Наяханской РМЗ.

2. Обобщение геологических данных и материалов изотопного датирования меловых магматических образований и сопутствующего оруденения (в том числе авторские результаты U-Pb и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования) позволило показать место РМС в эволюционной схеме ОЧВП. Так Конгинская РМЗ выделяется преобладанием месторождений серебро-полиметаллического и медно-молибден-порфирового типа, формирование которых связано с поздним этапом эволюции ОЧВП. В границах Эвенского РР сосредоточены золото-редкометалльные месторождения, генетически связанные с гранитоидным магматизмом раннего этапа ОЧВП, и преобладающие золото-серебряные (LS) месторождения позднего.

3. Получены первые данные о возрасте руд золото-редкометалльного месторождения Перекатное – 89 ± 2 млн лет, и золото-серебрянных руд Невенрекана – 79 ± 1 млн лет.

Рекомендации, перспективы дальнейшей разработки темы:

Сопоставление геологических данных и материалов изотопного датирования по рудным объектам Эвенского РР позволило выделить два этапа рудообразования, связанных с двукратным проявлением магматизма ОЧВП – ранний (плутоногенный, около 91 млн лет) золото-редкометалльный (месторождение Перекатное), генетически связанный с гранитоидным магматизмом (гармандинский комплекс) раннего этапа ОЧВП, и поздний (вулканогенный, 83-78 млн лет) золото-серебряный эпitherмальный (Невенрекан, Дальнее, Сопка Кварцевая, Ирбычан, Кегали), вероятно парагенетически связанный с «верхними» платобазальтами позднего этапа ОЧВП (Берман, 1970), с интрузиями андезит-риолитового ряда уйканского комплекса.

Актуальным остается вопрос о структурной принадлежности гранитоидных интрузий п-вов Тайгонос, Кони и Пьягина, несущих оруденение медно-порфировых и золото-редкометаллических рудно-магматических систем (Кузнецов и др., 2001 г.). Материалами предыдущих работ установлено, что в пределах данных структурных элементов вулканогенные образования Охотско-Чукотского и предшествующего Удско-Мургаляского ВП находятся в сложных взаимоотношениях – накладываются друг на друга (Тихомиров, 2020). Согласно изотопному датированию период формирования рудоносных гранитоидных тел (104-94 млн лет) приходится на нижнюю границу ОЧВП, что в равной степени позволяет рассматривать их в составе Охотско-Чукотского или Удско-Мургаляского ВП, либо как фрагмент ископаемой (реликтовой) самостоятельной островной дуги в составе сложно устроенного Охотского тектоно-магматического пояса (по, Устиев, 1959, 1963).

Обращает внимание двухэтапное гомодромное развитие магматизма и сопутствующего ему оруденения ОЧВП; этапы разделяются маркирующими терригенно-осадочными породами, в том числе конгломератами, что предполагает самостоятельность этих двух этапов магматизма.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

*Научные статьи, опубликованные в рецензируемых научных изданиях,
индексируемых в базе ядра Российского индекса научного цитирования
eLibrary Science index:*

1. Прийменко В.В., Глухов А.Н., Фомина М.И., Михалицына Т.И. Интрузивный этап развития вулканоструктуры и Au-Ag оруденения на примере месторождения Невенреккан (Магаданская область, Россия) // Вулканология и сейсмология. 2020. № 5. С. 13–25 (1.75 п.л., авторский вклад – 70%). DOI: 10.31857/S0203030620050041. Импакт-фактор РИНЦ 2023: 1,0.

Priyemenko V. V., Glukhov A. N., Fomina M. I., Mikhaliitsyna T. I. The Intrusive Phase in the Evolution of a Volcanic Structure and of Au–Ag Low Sulfidation Mineralization: The Nevenrekan Deposit, Magadan Region, Russia // Journal of Volcanology and Seismology. 2020. Vol. 14, No. 5. P. 292-304. DOI 10.1134/S0742046320050048. (1.6 п.л., авторский вклад – 70%). SJR 2023: 0,3.

2. Прийменко В.В., Глухов А.Н., Акинин В.В., Фомина М.И., Михалицына Т.И., Пономарчук А.В., Ползунов Г.О. Золото-серебряное вулканогенно-плутоногенное месторождение Невенреккан (Магаданская область, Россия): вмещающие породы, околорудные метасоматиты, возраст и вещественный состав руд // Вулканология и сейсмология. 2022. № 1. С. 54–72. (2.56 п.л., авторский вклад – 60%). DOI: 10.31857/S0203030622010059. Импакт-фактор РИНЦ 2023: 1,0.

Priyemenko V. V., Glukhov A. N., Akinin V. V. [et al.] The Nevenrekan Gold–Silver Volcanogenic–Plutonogenic Deposits, Magadan Region, Russia: Host Rocks, Host-Rock Metasomatites, Age, and Material Composition of the Ores // Jour-

nal of Volcanology and Seismology. 2022. Vol. 16, No. 1. P. 49-66. DOI 10.1134/S0742046322010055. (2.4 п.л., авторский вклад – 60%). SJR 2023: 0,3.

3. Глухов А.Н., **Прийменко В.В.**, Самсонов А.А. Возраст и тектоническая позиция эпitherмального золотого оруденения Омолонского массива (Северо-Восток Азии) // Вестник Московского университета. Серия Геология. 2021. № 6. С. 61–69 (0.97 п.л., авторский вклад – 30%). DOI: 10.33623/0579-9406-2021-6-61-69 Импакт-фактор РИНЦ 2023: 0,201.

Glukhov A. N., **Priymenko V. V.**, Samsonov A. A. The Age and Tectonic Position of Epithermal Gold Mineralization of the Omolon Massif (Northeast Asia) // Moscow University Geology Bulletin. 2022. Vol. 77, No. 1. P. 61-70. DOI: 10.3103/S0145875222010057. (0.9 п.л., авторский вклад – 30%). SJR 2023: 0,24.

4. Глухов А.Н., Котов А.Б., **Прийменко В.В.**, Сальникова Е.Б., Иванова А.А., Плоткина Ю.В., Федосеенко А.М. Гранитоиды Конгинской магматической зоны Омолонского массива (Северо - Восток России): состав пород, возраст и геодинамическая обстановка формирования // Геотектоника. 2022. № 2. С. 81–94 (1.80 п.л., авторский вклад – 30%). DOI: 10.31857/S0016853X22020023. Импакт-фактор РИНЦ 2023: 1,996.

Glukhov A. N., **Priymenko V. V.**, Kotov A. B. [et al.] Granitoids of the Kongo Magmatic Zone of the Omolon Massif (Northeastern Russia): Rock Composition, Age, and Geodynamic Setting // Geotectonics. 2022. Vol. 56, No. 2. P. 178-190. DOI: 10.1134/S0016852122020029. (1.60 п.л., авторский вклад – 30%). SJR 2023: 0,38.

Научные статьи, опубликованные в других рецензируемых научных изданиях, включенных в дополнительный список изданий, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ имени М.В. Ломоносова по специальности и отрасли наук:

5. Глухов А.Н., **Прийменко В.В.**, Фомина М.И., Акинин В.В. Металлогения Конгинской зоны Омолонского террейна (Северо-Восток Азии) // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2021. № 2. С. 3–16. (1.87 п.л., авторский вклад – 30%). DOI: 10.34078/1814-0998-2021-2-3-16. Импакт-фактор РИНЦ 2023: 0,229.