

## Золотое оруденение Арктического пояса Дальнего Востока России

Горячев Н. А.

СВКНИИ ДВО РАН, г. Магадан, Россия

**Аннотация.** Охарактеризована рудная золотоносность раннемелового Арктического орогенного пояса дальневосточной Арктики. Золотое оруденение представлено золото-кварцевым жильным, золото-сульфидно-вкрапленным зон смятия и дробления, золото-висмутовым (золото-редкометалльным) жильно-прожилковым и скарновым, малоглубинными золото-джаспероидным и эпитегрмальным золото-серебряным, а также золотоносным медно-порфировым типами. Показана коровая природа оруденения по данным изотопии S сульфидов рассмотренных объектов. Максимальные перспективы связаны с позднеорогенным золото-сульфидно-вкрапленным оруденением. Весьма благоприятны на выявление крупных объектов майского типа месторождения Мастах, Альфа, Онкучанское северного обрамления Куларского купола, Таамарское Улахан-Тасского сектора, Эльвенейское на Чукотке. Следует провести оценку перспектив на посторогенное золото-серебряное эпитегрмальное оруденение на Куларе, а также золото-джаспероидного и медно-порфирового типов. Обозначена необходимость разработки специальной программы в рамках прогнозно-минерогенических исследований на ближайшие годы.

**Ключевые слова:** позднемезозойское золотое оруденение, изотопия серы рудных сульфидов, дальневосточная Арктика России.

Для цитирования: Горячев Н. А. Золотое оруденение Арктического пояса Дальнего Востока России. Руды и металлы. 2025. № 2-3. С. 5–23. DOI: 10.47765/0869-5997-2025-10005.

---

## Gold mineralization of the Arctic Belt of the Russian Far East

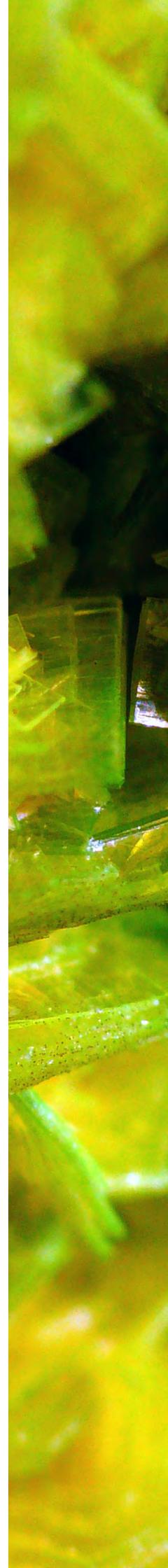
Goryachev N. A.

North-Eastern Integrated Research Institute (SVKNII) FEB RAS, Magadan, Russia

**Annotation.** The gold ore-bearing potential of the Early Cretaceous Arctic orogenic belt of the Far Eastern Arctic is characterized. The gold mineralization is represented by the Au-quartz vein, Au-sulfide disseminated in folded and crushed zones, Au-Bi (gold-rare metal) vein-veinlet and skarn types; by the shallow-depth Au-jasperoid and Au-Ag epithermal types; as well as by the gold-bearing porphyry copper type. The crustal origin of the mineralization is shown based on the S-isotope data on ore sulfides of the objects considered. The maximum prospects are related to the late-orogenic Au-sulfide disseminated mineralization. The Mastakh, Alpha, and Onkuchan gold deposits in the northern frame of the Kular Dome; the Taamar deposit in the Ulakhan-Tas sector; and the Elveney deposit in Chukotka are very favorable for identifying large objects of the Maiskoe type. It is necessary to evaluate the prospects for post-orogenic Au-Ag epithermal mineralization in the Kular area, as well as Au-jasperoid and porphyry copper types. A need in developing a special program within the framework of the forecasting minerogenic investigations for the coming years is highlighted.

**Keywords:** Late Mesozoic gold mineralization, sulfur isotope of ore sulfides, Russian Far Eastern Arctic area.

For citation: Goryachev N. A. Gold mineralization of the Arctic Belt of the Russian Far East. Ores and metals. 2025. No. 2-3. pp. 5–23. DOI: 10.47765/0869-5997-2025-10005.





**Введение.** В последнее время много внимания уделяется Арктической зоне Российской Федерации в связи с активностью по развитию Северного морского пути. Немалое место в публикациях и обсуждениях занимают вопросы, связанные с состоянием минерально-сырьевой базы на разные полезные ископаемые [3, 4, 6], особенно благородных металлов и, прежде всего, золота. При этом в современной литературе преобладают подходы глобального обобщения, моделирования и сравнительного анализа уже существующей минерально-сырьевой базы с использованием данных по уже известным и в значительной степени освоенным месторождениям. Однако общей металлогенической характеристики золотоносности отдельных регионов, с выявлением перспектив на тот или иной тип золоторудной минерализации в пределах того или иного сектора Арктической зоны, особенно её восточного фланга, практически нет.

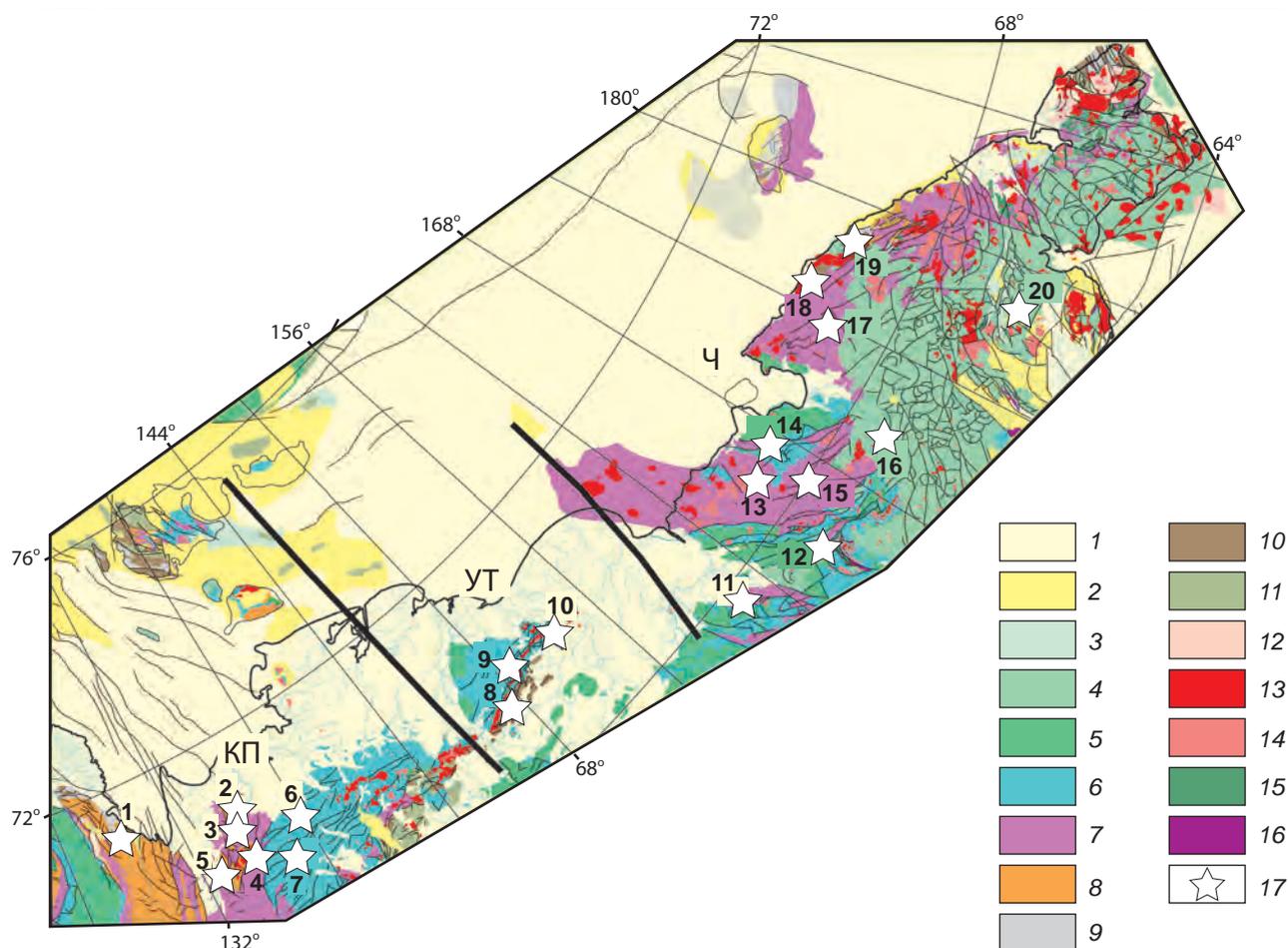
В настоящее время основные работы по металлогеническому изучению восточного фланга Арктической территории ведут коллективы СВКНИИ ДВО РАН (г. Магадан), ИГАБМ СО РАН (г. Якутск), ИГЕМ РАН (г. Москва), отчасти ИГМ СО РАН (г. Новосибирск) посредством тематических исследований и специалисты Всероссийского геологического института им. А. П. Карпинского путём составления и издания листов Госгеолкарты-1000 третьего поколения. Сводных публикаций о современном состоянии наших знаний о типах золотой минерализации в Арктическом регионе и перспективах новых находок очень немного. Представляемая статья, основу которой составил доклад на XIV международной научно-практической конференции «Геология, прогноз, поиски и оценка месторождений алмазов, благородных и цветных металлов», сделанный 16 апреля 2025 г. на пленарном заседании, является попыткой привлечь внимание к данному вопросу. Базой для изложенных представлений явилось обобщение и ревизия известных опубликованных данных о золотоносности, обзор материалов изданных листов Госгеолкарты-1000 II и III поколений [15–17] с учётом данных Карты полезных ископаемых Республики Саха (Якутия) [23], а так-

же и собственные наблюдения автора в разных секторах Арктического пояса. Объектом такого сопоставления явилась рудная золотоносность арктического побережья Дальнего Востока и прилегающих территорий (от устья р. Лена до мыса Дежнёва) приблизительно не южнее 65° широты.

Автор не ставил перед собой цель детальной характеристики главных типов золоторудной минерализации или месторождений, поскольку для данной территории это сделано в крупных монографических обобщениях [7, 10, 11, 22, 32]. Настоящая статья является попыткой рассмотрения распределения разнотипных месторождений и рудопроявлений золота в разных секторах и структурах восточного фланга Арктического пояса с оценкой их потенциала. Отдельно обращено внимание на возможные перспективы новых для данной территории типов оруденения.

#### **Краткий очерк геологии и металлогении.**

В составе рассмотренной территории по комплексу геологических данных [10, 32] выделяются четыре сектора (с востока на запад): Чукотский (до водораздела рек Колыма и Алазея), Улахан-Тасский (между реками Алазея и Индигирка), Куларо-Полоусненский (между реками Индигирка и Лена) и Оленёкский (западнее р. Лена, бассейн р. Оленёк). Геотектоническую основу первых трёх, являющихся предметом статьи, составляют структуры раннемелового Арктического (Олойско-Чукотского) орогенного пояса и северного фланга Верхояно-Колымского орогенного пояса [10, 32]. В их строении принимают участие Чукотский шельфовый террейн и Алазейско-Олойская мозаика (Олойский, Хетачанский, Алазейский) островодужных террейнов и Южно-Аньюнский аккреционный клин для Чукотского сектора, Улахан-Тасский фрагмент Омулёвского террейна, Куларо-Нерский, Полоусненско-Дебинский и Святоносско-Аньюнский террейны для Улахан-Тасского и Куларо-Полоусненского секторов [10, 32]. В их составе проявлены терригенно-карбонатные комплексы палеозоя, терригенно-вулканогенные и терригенные мезозоя, а также кроющие вулканы позднемелового Охотско-Чукотского вулканоплутонического пояса (рис. 1).



**Рис. 1. Распределение охарактеризованных золоторудных объектов по секторам дальневосточного сегмента Арктической зоны (геологическая основа по Геологической карте России м-ба 1 : 5 000 000 ВСЕГЕИ МНР РФ, 2005, с упрощениями):**

возраст вулканогенно-осадочных комплексов: 1 – N, 2 – P, 3 – K<sub>2</sub>-P, 4 – K<sub>2</sub>, 5 – K<sub>1</sub>, 6 – J, 7 – T, 8 – P, 9 – C, 10 – D, 11 – PZ<sub>1</sub>, 12 – PR<sub>2</sub>-PZ<sub>1</sub>; plutonic magmatism: 13 – граниты, 14 – гранодиориты, 15 – габбро, 16 – перидотиты; 17 – месторождения золота, рудные поля; сектора Арктической зоны: КП – Куларо-Полоусненский, УТ – Улахан-Тасский, Ч – Чукотский; рудные объекты: 1 – рудное поле Дьянди, 2 – Кыра-Анкучахское, Онкучахское, Альфа, Мастах, 3 – Емельяновское, Бургуат, Новое, 4 – Кючус, 5 – Урасалах, 6 – Марья-Хая, 7 – Мамяджу, 8 – Тугучак, Кандидатское, Арбатское, 9 – Чистое, 10 – Таамар, 11 – Камень Такмыка, 12 – Песчанка, 13 – Алярмаутские джаспероиды, 14 – Эльвенеysкое, Пельвунтыкойнен, 15 – Каральвеем, 16 – Купол, 17 – Майское, 18 – Кусьвеемское рудное поле, 19 – Совиное, 20 – Валунистое

**Fig. 1. Distribution of the considered gold ore objects by sectors of the Far Eastern segment of the Arctic zone (geological base is simplified after the Geological Map of Russia, Scale 1:5 000 000, VSEGEI MNR RF, 2005):**

Age of volcanogenic-sedimentary complexes: 1 – N, 2 – P, 3 – K<sub>2</sub>-P, 4 – K<sub>2</sub>, 5 – K<sub>1</sub>, 6 – J, 7 – T, 8 – P, 9 – C, 10 – D, 11 – PZ<sub>1</sub>, 12 – PR<sub>2</sub>-PZ<sub>1</sub>; plutonic magmatism: 13 – granites, 14 – granodiorites, 15 – gabbro, 16 – peridotites; 17 – gold deposits, ore fields; sectors of the Arctic zone: КП – Kularo-Polousnensky, УТ – Ulakhan-Tassky, Ч – Chukotsky; ore objects: 1 – Dyandi ore field, 2 – Kyra-Ankuchakh, Onkuchakh, Alfa, Mastakh, 3 – Yemelyanovskoe, Burguat, Novoe, 4 – Kyuchus, 5 – Urasalakh, 6 – Marya-Khaya, 7 – Mamyadzhu, 8 – Tuguchak, Kandidatskoe, Arbatskoe, 9 – Chistoe, 10 – Taamar, 11 – Kamen Takmyka, 12 – Peschanka, 13 – Alyarmaut jasperoids, 14 – Elveneyское, Pelvuntukoinen, 15 – Karalveem, 16 – Kupol, 17 – Mayskoe, 18 – Kusveemskoe ore field, 19 – Sovinoe, 20 – Valunistoe



Магматические и метаморфические производные главного раннемелового события широко распространены во всех секторах и образуют плутонические (гранитоидные) пояса (Олойский, Полоусненский, Улахан-Тасский, Чукотский) и цепь гранитно-метаморфических куполов (с запада на восток): Куларский, Алярмаутский, Велиткенайский, Куэквуньский, Кооленский, Золотогорский), сопровождаемые разнообразным оруденением. Среди продуктов магматизма выделяются геодинамические комплексы: позднепалеозойский субокеанический мафит-ультрамафитовый Алучинский комплекс Чукотского сектора, палеозойские орогенные гранитоиды массива мыса Кибера, позднеюрско-раннемеловые субдукционные вулcano-плутонические ассоциации и аккреционно-коллизийные, проявленные во всех секторах, и постаккреционные вулcano-плутонические, известные прежде всего на Чукотке и в меньшей степени в других секторах [10, 32].

Общая металлогеническая характеристика рассматриваемых секторов дана нами [13], исходя из концепции металлогенических индикаторов тектонических структур и геодинамических обстановок. Металлогения осадочных бассейнов представлена полиметаллическим стратиформным оруденением, проявленным в силурийских отложениях в бассейне р. Чегитунь в Чукотском секторе. Не исключено также и нахождение такой полиметаллической минерализации в палеозойских карбонатных отложениях Улахан-Тасского террейна в одноимённом секторе. Металлогения субокеаническая представлена хромитовой минерализацией в ультрамафитах Алучинского массива [10, 32], не имеющей в настоящий момент промышленного значения. Металлогения субдукционных вулcano-плутонических ассоциаций, которые распространены во всех секторах в разной степени, максимально в Чукотском, в пределах Олойского фланга Алазейско-Олойской мозаики островодужных террейнов, представлена порфировым и эпитегрмальным оруденением. Здесь, в связи с широко известным медно-порфировым месторождением Песчанка, следует обратить внимание на более широ-

кое распространение данного типа минерализации в Чукотском секторе и Куларо-Полоусненском секторе [32]. Кроме того, для магматических производных характерна и эпитегрмальная минерализация, представленная крупным месторождением Купол на Чукотке [35], а также рядом мелких объектов в пределах Улахан-Тасского сектора (Полевая и пр.) [2]. Металлогения аккреционно-коллизийных ассоциаций является определяющей и представлена широким спектром месторождений орогенного золота (Куларо-Полоусненский и Чукотский сектора), золота, связанного с гранитоидами (Куларо-Полоусненский и Улахан-Тасский сектора), олова и редких металлов, ассоциирующих с поздними гранитоидами во всех секторах.

Спецификой, отличающей рассматриваемый сегмент Арктического пояса от окружающих орогенных структур, является широкое распространение изометричных, реже линейных, в разной степени эродированных гранитно-метаморфических куполов (ГМК) [9], с которыми ассоциирует золотое и редкометалльное оруденение [12]. Эти купола возникли на аккреционно-коллизийном этапе раннемелового орогенеза 120–100 млн лет назад. Причём с наименее эродированными куполами (Куларский, Кепервеем-Алискеровские) тесно связаны ареалы орогенного золотого оруденения (золото-кварцевого и золото-сульфидного), реже редкометалльного и золото-висмутитового [12]. Гранитно-метаморфические купола средней степени эродированности (Алярмаутский, Велиткенайский, Куэквуньский, Золотогорский) окружены проявлениями золота орогенного типа и ареалами россыпной золотоносности, а сильно эродированные купола (Кооленский) – безрудные. Возможно, возникновение этих ГМК связано со сдвиговыми движениями финальной стадии раскрытия Канадской котловины. И, наконец, металлогения постаккреционных производных представлена эпитегрмальным золото-серебряным (Валунистое) и ртутным (Паляньское) оруденением.

Таким образом, для металлогенического профиля дальневосточной Арктики весьма ха-



рактены благородные металлы и, прежде всего, золото. Они наиболее изучены и представлены на Чукотке и Куларе. Самый крупный действующий объект орогенного золото-сульфидно-вкрапленного оруденения с сопутствующей жильно-прожилковой минерализацией – месторождение Майское с ежегодной добычей золота 4–5 т (АО «Полиметалл»).

#### **Типы и примеры золоторудных объектов.**

На основе современных данных золотое оруденение Арктического сектора Дальнего Востока представлено четырьмя типами: золото-кварцевым орогенным, золото-сульфидно-вкрапленным минерализованных зон орогенным, золото-висмутовым (золото-редкометалльным), генетически связанным с гранитоидами, и золото-серебряным эпитегрмальным (Купол, Валунистое). Кроме того, здесь известны представители золото-джаспероидного типа [33], а также золотоносные медно-порфировые объекты в Чукотском секторе, включая крупное месторождение Песчанка [6], а также в Куларо-Полоусненском секторе [32].

**Золото-кварцевый орогенный** жильный тип широко распространён в пределах Чукотского и Куларо-Полоусненского секторов (см. рис. 1). В настоящее время самые крупные месторождения этого типа находятся в промышленной отработке в Чукотском секторе. Это давно известные средние месторождения Каральвеем и Совиное [7, 11, 23] с нынешней добычей 1–2 т золота в год. Для Куларо-Полоусненского сектора, для Анюйской и Чаунской зон Чукотского сектора известен целый ряд мелких (первые тонны золота – запасы и ресурсы) жильных месторождений, которые имеют хороший потенциал для отработки малыми компаниями при их переходе с россыпедобычи [27, 32]. В то же время в пределах Улахан-Тасского сектора этот тип проявлен в значительно меньших и редких объектах [2].

**Золото-сульфидно-вкрапленный** тип орогенного оруденения также известен во всех трёх секторах, где выделяются Au-As-сульфидные месторождения минерализованных зон дробления с сопутствующим Sb оруденением (месторождения Майское и Кючюс) и без него (рудопроявление Урасалах) [10, 27, 32]. Ука-

занные месторождения самые крупные в регионе, но если Майское находится в отработке, то Кючюс пока ещё в стадии освоения. Интересно отметить, что вопрос о сурьмяном оруденении Кючюса (около 70 тыс. т Sb, при среднем содержании Sb 0,55 %) в настоящее время снят с повестки освоения как вредная примесь руд золота [15], равно как и неясна судьба заметных объёмов Sb Майского месторождения. Важно то, что при изучении Майского месторождения [7] фактически была прослежена эволюция всех типов золотого оруденения Чукотского сектора. В рудах данного месторождения А. В. Волковым и др. (2001 г.) были выделены следующие минеральные ассоциации: 1 – ранняя дорудная и додайковая метаморфогенного кварца; 2 – ранняя постгранит-порфировая – редкометалльно-кварцевая (кварц, пирротин, халькопирит, касситерит, висмутин, самородный висмут, молибденит, вольфрамит, арсенопирит), сопровождается березитизацией; 3 – основная постдайковая пирит-арсенопиритовая (пирит-As, арсенопирит с тонкодисперсным золотом, серицит, кварц, анкерит), сопровождается серицитизацией, окварцеванием и каолинизацией; 4 – кварц-полисульфидная с серебром (сфалерит, Ag-тетраэдрит, галенит, халькопирит, цинкениит, джемсонит, андорит и самородное золото (789–920 ‰)), она пересекает зоны главной золотоносной ассоциации и нередко ассоциирует с халцедоновидным кварцем, содержащим акантит, миаргирит, фрейбергит и электрум; 5 – поздняя кварц-антимонитовая с крупным самородным золотом (920–950 ‰), халькостибитом, бертьеритом, самородным мышьяком, которая завершает процесс рудообразования. На основании этих данных для руд месторождения была представлена следующая схема рудного процесса [7, с. 74], важная для региональных сопоставлений:

- формирование редкометалльного штокверкового оруденения, связанного с ранними дайками;
- отложение золото-сульфидных вкрапленных руд;
- развитие сульфидно-полиметаллической прожилковой минерализации;



- образование золото-серебряных прожилков;
- формирование антимонит-кварцевой минерализации с самородным мышьяком.

Кроме указанных месторождений известен ряд потенциальных объектов этого типа в Чукотском и Куларо-Полоусненском секторах, рассмотренных ниже.

Для Анюйской зоны Чукотского сектора, судя по данным геологического картирования и по результатам поисково-оценочных работ прошлых лет, большой интерес представляет *Северо-Пельвунтыкойненский рудный узел*, в составе которого выделяется Эльвене́йское рудопоявление и пункты минерализации золота в пределах Эльвене́йского рудного поля как в северной части узла, так и в южной его части [7]. Пространственно они связаны с меловыми интрузивными образованиями раучуанского, кэлильвунского и ичувеемского комплексов [17]. Структурная позиция Эльвене́йского рудного поля определена приуроченностью к зоне Раучуанского разлома. Положение кварц-серицитовых метасоматитов, вмещающих золоторудную минерализацию, контролируется дайками диоритовых порфиров ичувеемского комплекса. В пределах рудного поля *рудопоявление Эльвене́йское* золото-сульфидного типа (Au-As-Sb) ассоциирует с проявлениями золото-висмутового и вольфрамового оруденения. По данным поисково-оценочных работ, минерализация образует ареал – главную субмеридиональную рудную зону (2–2,5)×1 км. Рудные тела типа минерализованных зон дробления и смятия с линзовидными телами кварцевых (с кальцитом и серицитом) брекчий локализованы в юрской терригенной толще, ориентированы по простиранию главной зоны и расположены на расстоянии 80–100 м друг от друга. Главные рудные минералы пирит и арсенопирит с тонкодисперсным золотом образуют вкрапленность и гнёзда в кварце и метасоматитах, в меньшей степени развиты антимонит и самородное золото, редко халькопирит, глаукодит, сфалерит и пирротин. Согласно [18], промышленные сечения (1–1,7 м) установлены по трём рудным телам с содержаниями: Au 13–

18 г/т, Ag 1,9–5,8 г/т, As до 1 %, Sb 0,05–1,0 %, Cu 0,016 %. Рудные тела прослежены до глубины 100 м при максимальных содержаниях Au на метровые сечения до 24,5–23,9 г/т. Золото в руде в основном мелкое и тонкодисперсное, большая часть содержится в пирите и арсенопирите, вследствие чего руды труднообогатимы и трудноизвлекаемы. Но поскольку по геолого-промышленному типу (золото-сульфидный с тонкодисперсным золотом) данный объект – очень близкий аналог разрабатываемого месторождения Майское, это их свойство не является проблемой. Прогнозные ресурсы объекта по категории P<sub>2</sub> составляют 59,4 т золота [18]. Здесь следует отметить, что такая оценка была дана по работам ещё советского периода, когда экономика золота была совсем другая, да и подходы к оценке содержания. В настоящее время данный объект требует переоценки ресурсов.

В пределах Куларского поднятия также известны слабо изученные *Кыра-Онкучахское* и *Онкучахское рудопоявления* на его северном фланге [15, 29]. Они локализованы в терригенно-углеродистых пермских отложениях в зоне крупного разлома, ограничивающего с севера это поднятие. Руды представлены минерализованными (вкрапленность пирита и арсенопирита, кварц-сульфидные прожилки) зонами смятия и дробления как секущего, так и субпослойного типа. Рудные минералы – арсенопирит, пирит, пирротин, в подчинённом количестве проявлены галенит, халькопирит, сфалерит, сульфосоли, образующие позднюю ассоциацию. Содержание сульфидов в рудах достигает 10–15 %. Золото преимущественно тонкодисперсное в арсенопирите и пирите; в поздней ассоциации – самородное, мелкое.

Одним из перспективных объектов данного типа является *проявление Урасалах (Центральное)*, расположенное на юго-западном фланге Куларского поднятия [15, 27, 29]. Здесь, по данным бурения, среди сульфидизированных (арсенопирит и пирит) алевролитов и аргиллитов туогучанской свиты выделены четыре согласно залегающих рудных тела, представленных карбонатно-кварцевыми и суль-



фидно-кварцевыми прожилками с ореолами арсенопиритизации вмещающих пород. Контуры рудных тел определяются только по результатам опробования. Содержание арсенопирита в кварце обычно не более 3–5 % (до 10–15 %), во вмещающих породах 1–2 %. Постоянно отмечается пирит, реже встречаются пирротин, халькопирит, сфалерит, галенит, антимонит, киноварь. Протяжённость субсогласных пологопадающих рудных тел достигает 300 м, при мощности 1–15 м, при содержаниях Au 0,34–6,3 г/т (среднее содержание 1–1,5 г/т на среднюю мощность 5–7 м). Следует обратить внимание на золотоносность (0,15–0,46 г/т) межрудного пространства [15]. Прогнозные ресурсы категории  $P_2$ , по данным этого источника, 27,5 т. Необходимо также отметить, что рудовмещающие породы Куларского поднятия обогащены редкоземельной минерализацией, представленной куларитомонацитом, который может оказаться полезным сопутствующим минералом руд.

Кроме указанных примеров отмечу минерализованные зоны смятия в Хараулахском поднятии, где известны высокие содержания Au [29]. Здесь, в *рудном поле Дьянды* [23] выявлен ряд зон смятия и кварцевого прожилкования шириной до 100 м при длине до 700 м, в которых выделяются рудные тела мощностью первые метры и протяжённостью до 120 м со средними содержаниями Au в 12 г/т (124 пробы) [29]. Интересно, что, по данным этих авторов, в окварцованных пермских битуминозных глинистых сланцах с фосфоритами без видимой сульфидизации содержится 0,5–8,0 г/т Au, а в самих битумах – 51 г/т.

Из потенциально интересных объектов данного типа следует также отметить слабо изученное *рудное проявление Таамар* восточного фланга Улахан-Тасского сектора [26, 27]. Оно расположено в северо-восточном экзоконтакте одноимённого массива лейкократовых гранитов гранит-лейкогранитовой формации [2], прорывающего вулканогенно-осадочную толщу ранне-среднеюрских пород (основание – риодацитовые вулканы, центральная часть – толща углистых и сульфидизированных алевролитов и аргиллитов, верхи – песчаники).

Минерализация контролируется субширотными зонами трещиноватости, фиксирующими зону влияния крупного Абыйского разлома. В составе рудопроявлений поисковыми работами выявлены широкие (до 150–500 м) зоны дробления и кварцевого прожилкования, сопровождаемые окварцеванием и пиритизацией вмещающих (иногда ороговикованных) углистых аргиллитов и алевролитов. Мощность таких зон достигает 20 м. По простиранию они прослежены до 4 км. Руды подвержены заметному окислению, в них преобладают лимонит и пирит, реже встречаются халькопирит, арсенопирит, галенит, антимонит, мелкое (доли миллиметра) самородное золото. Содержание Au варьирует от 1 до 29 г/т (есть сечения 5–20 м при средних содержаниях 5–7 г/т), As – 0,1 %, Bi – 0,02 % [19]. Общие прогнозные ресурсы оценены в 250 т [26].

Известные месторождения **золото-висмутового** (золото-редкометалльный или гранитоид-релейтед) типа (табл. 1) рудной минерализации (Кандидатское, Чистое, Пельвунтыкойнен и др.) распространены во всех трёх секторах дальневосточного сегмента Арктической зоны. Однако заметную роль они всё же играют в пределах Улахан-Тасского сектора, где представлены двумя генетическими типами – гидротермальных кварцевых жил и скарнов [2].

В Куларо-Полоусненском секторе примером жильного типа оруденения является *рудное проявление Новое*, находящееся в истоках р. Кыллах, правого притока р. Омолой, и локализованное в поле контактово-метаморфизованных терригенных пород туогучанской свиты перми над нескрытым массивом гранитоидов куларского комплекса [15]. Рудные тела представлены многочисленными минерализованными зонами дробления и кварцевыми жилами с вольфрамитом и арсенопиритом небольшой протяжённости (20–275 м) и мощностью 0,45–4,6 м. Рудные минералы: арсенопирит, вольфрамит, шеелит, пирит, касситерит, висмутин, галенит, молибденит, халькопирит, висмут самородный, теллуровисмутин, золото самородное. Золото ассоциирует с висмутином, тонкодисперсное золото уста-

Таблица 1. Изотопный состав серы сульфидов золоторудных месторождений дальневосточного сектора Арктики

Table 1. Isotopic composition of sulfur of sulfides from gold ore deposits in the Far Eastern sector of the Arctic

Месторождение	Тип	Минерал	$\Delta^{34}\text{S}$ , ‰	Сектор (зона)
Каральвеем	золото-кварцевый	Арсенопирит, пирит, галенит	-7,5÷-11,7 (23)	Чукотский (Анъюская)
Иннах	медно-порфировый	Пирит	-3,1	
Совиное	золото-сульфидно-кварцевый	Арсенопирит, пирит, галенит	-0,7÷-4,8 (5)	Чукотский (Чаунская)
Майское		Галенит	-2,8÷-1,5 (4)	
		Антимонит	-5,8÷-13 (17)	
Валунистое	золото-серебряный	Пирит, сфалерит	-3,3÷-3,4 (2)	Улахан-Тасский
Кандидатское, Хоспокчан, Арбатское	золото-висмутовые скарны	Арсенопирит	-6,6÷-10,7 (17)	
		Арсенопирит	-7,4÷-10 (8)	
Чистое, Тугучак	золото-висмутовые жилы	Молибденит	-6÷-7,2 (4)	
Полевая	золото-серебряный	Пирит, арсенопирит	-0,7÷+3,5 (7)	
Поздний эпитеpмальный	золото-серебряный	Пирит	-9,6	

Примечание. Майское, галенит – по [6], остальное – данные автора (Аналитический центр ДВГИ ДВО РАН, г. Владивосток, аналитик Т. А. Веливецкая). В скобках количество проанализированных проб.

новлено в пирите и арсенопирите. Содержание  $\text{WO}_3$  варьирует от 0,31 до 2,18 %, содержание Au 0,1–3 г/т, Ag 10–20 г/т, Sn 0,03–0,16 %, Bi до 0,9 %, As более 1,0 %.

Среди месторождений Улахан-Тасского сектора выделяются два месторождения жильного типа *Тугучакское* и *Чистое* [2, 12]. Первое локализовано в апикальной части Улахан-Сисского гранитоидного массива, второе в апикальной части его апофизы среди юрских алевролитов. Это типично кварцево-жильный тип с ранней вольфрамит-молибденитовой и поздней золото-мышьяк-висмутовой минерализацией, сопровождавшейся процессами грейзенизации. Различаются они только по разной концентрации Mo (Тугучак) и W (Чистое) и характеризуются невысокими (2–3 до 10 г/т) содержаниями Au и повышенным (до 0,н %) Bi. Количество рудных минералов составляет первые проценты. Ранее одна из жил Тугучакского месторождения была разведана на молибден. В пределах Чистого ру-

допроявления помимо кварцевых жил с W-Au-Bi минерализацией относительно широко распространены минерализованные зоны дробления (0,2–2 г/т Au) с сульфидной (пирит, пирротин, халькопирит) минерализацией, с повышенной концентрацией W и Bi (0,н %).

Аналогичная золото-висмутовая минерализация отмечена и в пределах Чукотского сектора (рудопроявления Пельвунтыкойнен, Туманное и пр.). В качестве примера приведём характеристику *рудопроявления Пельвунтыкойнен* [18, 20, 25]. Оно расположено в южной части рассмотренного выше Северо-Пельвунтыкойненского рудного узла, где приурочено к экзоконтактовой части Пельвунтыкойненского массива в верховьях р. Пельвунтыкойнен. Здесь в апофизе гранитов и ороговикованных глинистых сланцах мачваваамской свиты локализовано несколько пологопадающих кварцевых жил и прожилков мощностью до 0,5 м и протяжённостью до 200 м. В совокупности они формируют две жильно-прожил-



ковых зоны протяжённостью до 300 м и штокверк 300 × 500 м. В жилах, помимо кварца, отмечены турмалин и кальцит. Рудные минералы (1–4 %) представлены самородными золотом и висмутом, висмутином, тетрадимитом, арсенопиритом, пиритом и халькопиритом, отмечен шеелит. Частицы самородного золота (756–820 ‰) имеют небольшие размеры (0,04–0,03 мм, иногда до 0,15 мм). Содержание Au по данным бороздowego опробования достигает 6,2–14,6 г/т, W – 0,1–0,5 %, Bi – 0,1 %.

Как уже отмечено ранее, помимо жильного типа в Улахан-Тасском секторе известны небольшие золото-скарновые месторождения [2, 12]. Из них наибольшей известностью пользуются *Кандидатское* и *Арбатское месторождения*, расположенные в центральной части хребта Улахан-Тас в контакте известковистых алевролитов пермо-триасового возраста с гранодиоритами Улахан-Тасского массива [2]. Они представлены крутопадающими линзовидными телами арсенопирит-кобальтин-лёллингитового состава протяжённостью до 100 м при мощности до 10 м, локализованными среди пироксеновых и пироксен-гранатовых скарнов. Руды вкрапленные с линзами сплошных сульфидных агрегатов протяжённостью до 50 м при мощности до 4 м. Кроме них выделяются также мощные (до 50 м) и протяжённые (до 1200 м) минерализованные зоны дробления. Основными рудными минералами являются арсенопирит, лёллингит, пирротин. Реже встречаются пирит, халькопирит, шеелит, кобальтин, молибденит, сфалерит, галенит, висмутин, самородный висмут. Золото очень мелкое (98 % золотин размером менее 0,08 мм), редко до 0,5–0,8 мм, образует вкрапленность в лёллингите и арсенопирите, реже в кварце, где образует срастания с галенитом и минералами висмута. На Кандидатском месторождении выделяется две генерации золота [2]: ранняя связана с арсенопиритом и лёллингитом, пробность 928–957 ‰; поздняя ассоциирует с самородным висмутом и галенитом, пробность 780 ‰. Пробность золота Арбатского месторождения 890 ‰. В руде содержания Au 0,2–42,6 г/т, Co 0,03–2,0 %, Mo 0,01–0,24 %, Bi 0,03–0,11 %. В минерализованных зонах содержания Au 0,1–1,4 г/т (пробирный анализ). По данным

поисково-разведочных работ, запасы золота в рудах Кандидатского месторождения оценены в 0,84–3,6 т при средних содержаниях 7,3–8,8 г/т, запасы Co составили 335–614 т при среднем содержании 0,308 %.

**Золото-серебряное эпитеpмальное оруденение** представлено широко известными в Чукотском секторе месторождениями Купол и Валунистое, которые охарактеризованы в серии публикаций [10, 35]. Более того, этот тип минерализации был впервые в регионе выделен и охарактеризован А. А. Сидоровым именно на примерах Чукотского сектора в 1966 г. и дополнительно представлен в более поздних публикациях [7, 10]. Здесь важно отметить, что месторождения несколько различаются по возрасту: оруденение Купола датируется 94–95 млн лет, а Валунистого – 66 млн лет, хотя оба относятся к типу низкосульфидированного эпитеpмального оруденения. В настоящее время на юге Чукотского сектора силами АО «Полюс» оценивается золото-серебряный объект нового высокосульфидированного типа [31], что, несомненно, привлечёт внимание к потенциалу эпитеpмального оруденения в регионе.

Помимо этого, следует вспомнить о проявлениях эпитеpмальной минерализации в пределах Куларского поднятия (рудопроявления Альфа и Мастах) [24, 28, 29], которые составителями карт отнесены к «серебро-золоторудным и золоторудным объектам золото-кварцевой формации, главными рудными минералами которых являются арсенопирит и пирит» [15]. Судя по имеющимся описаниям [24, 28], на севере Куларского поднятия широко распространены именно эпитеpмальные золото-серебряные объекты, которые требуют доизучения, поскольку они перекрыты кайнозойскими отложениями и их оценивали как жильные золото-кварцевые. Параметры оруденения *рудопроявления Альфа* (рудная зона Альфа [28]) – около 3 км по протяжённости при мощности 7–15 м. В зоне Альфа локализована серия кварцевых жил и зон штокверкового прожилкования, в которых доля сульфидной массы достигает 40 %, а содержание Au и Ag в них составляет 25–30 г/т и 3 кг/т, что указывает на столбовое распределение ме-

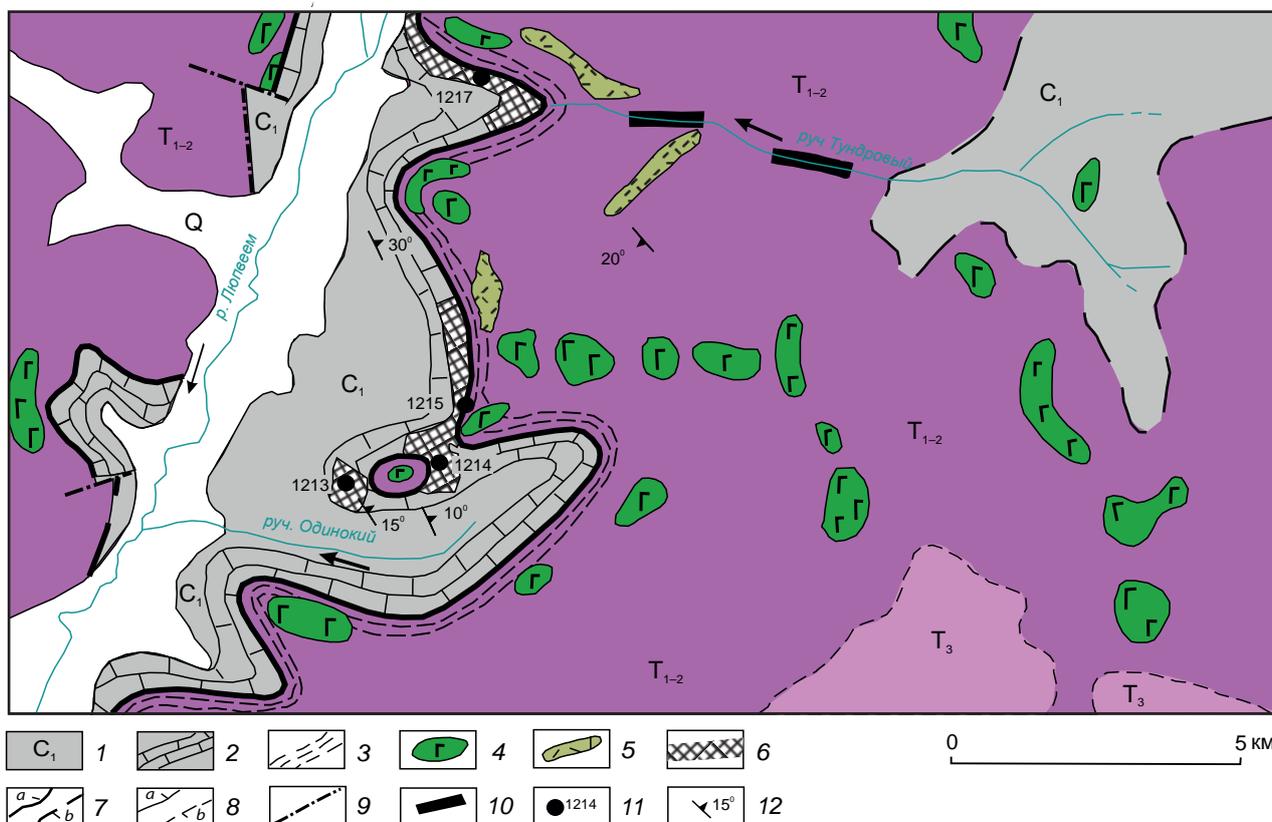
таллов. Разведкой выделено два таких столба с параметрами  $25 \times 6 \times 50$  м. По мнению И. Я. Некрасова [28], на протяжении 3 км вся рудная зона является рудным телом с таким столбовым распределением металлов. В руде сочетаются две минеральные ассоциации: ранняя кварц-пирит-арсенопиритовая с тонкодисперсным золотом (содержание в пирите 120–4000 г/т, в арсенопирите 320–2000 г/т) с обильным углистым веществом и поздняя халцедоновидного до гребенчатого кварца с кристаллами галенита, сфалерита, халькопирита, блёклой руды, пираргирита, миаргирита, науманита, агвиларита, кюстелита и самородного серебра [28]. Их особенностью является повышенный фон Hg, вплоть до образования ртутных минералов Ag (амальгама и конгсбергит), а также широкое распространение минералов Au (самородное золото, кюстелит, айтенбогардит, петровскаит) [28].

Таким образом, месторождения Альфа и Мастах обладают всеми признаками рудной системы Майского месторождения. Прежде всего, это протяжённые зоны смятия и сульфидной вкраплено-прожилковой минерализации с характерным столбовым распределением. Они располагаются на удалённом фланге крупного интрузивно-купольного поднятия одновозрастного с Кукенейским массивом одноимённого интрузивно-купольного поднятия. Это обусловило отсутствие в рудных зонах ранней редкометалльной ассоциации и преобладание пирита над арсенопиритом в главных рудах прожилково-вкрапленного типа, так же, как и на Майском, обогащённых углеродистым веществом. Пирит и арсенопирит этих объектов, как и на Майском месторождении, содержат высокие концентрации тонкодисперсного золота [28]. Важной особенностью руд месторождений Альфа и Мастах является присутствие жилообразных тел риолитов, с которыми ассоциирует золото-серебряное с сурьмой оруденение эпитермального типа с низкопробным (532–573 ‰) самородным золотом [24, 28].

В пределах Улахан-Тасского сектора также есть находки отдельных жил халцедоновидного кварца с арсенопиритом, пиритом, галенитом и сфалеритом, рассекающих ору-

денелые скарны Кандидатского месторождения, гранитоиды Улахан-Тасского плутона и ассоциирующих с поздними дайками риолитов [2].

Кроме упомянутого выше нового HS-типа эпитермального оруденения следует обратить внимание и на **золото-джаспероидный** тип малоглубинной золоторудной минерализации, известный на Алярмаутском поднятии западного фланга Чукотского сектора [33]. Здесь в бассейне р. Люпвеем на восточном фланге раннемелового гранитно-метаморфического купола, охарактеризованного М. Л. Гельманом [9], в зоне контакта горизонта раннекарбонатовых известняков с перекрывающей толщей углисто-глинистых сланцев пермо-триасового возраста, насыщенных межпластовыми залежами раннетриасовых габброидов, выявлены пологопадающие пластовые залежи джаспероидов с сульфидной минерализацией (рис. 2). Обычно они имеют мощность 1–4 м и располагаются под экраном углисто-глинистых сланцев или в прикровельной части известнякового горизонта. Протяжённость участков окварцевания таких известняков достигает 1 км (см. рис. 2). Джаспероиды представлены гранобластовым агрегатом кварца (80–95 %) с примесью углистого вещества (до 2–3 %), мусковита (до 2 %) и сульфидов (1–10 %), среди которых установлены сфалерит, галенит, пирит, марказит, арсенопирит, халькопирит. Они формируют три минеральных ассоциации: ранняя галенит-сфалеритовая с пиритом-1, затем пирит-кварцевая и поздняя марказит-арсенопиритовая. В составе арсенопирита постоянно присутствует примесь Sb (0,1–5,8 %). В джаспероидах отмечены аномальные концентрации Pb до > 1 %, Zn до 1 %, Sb до 410 г/т, As 100 г/т, Au 0,07–21,4 г/т, Li до 165 г/т. Макроскопически джаспероиды часто неотличимы от обычных известняков и различаются лишь по твёрдости. Это оруденение весьма слабо изучено, однако, судя по распространению карбонатных пород среднего палеозоя в пределах известных гранитно-метаморфических куполов, рудные объекты такого типа могут быть встречены не только на флангах Алярмаутского поднятия [33], но и в Киберовском



**Рис. 2. Геологическое строение Алярмаутского рудпроявления золото-джаспероидного типа (по [33]):**

1, 2 – терригенная толща (1), горизонт известняков (2),  $C_1$ ; 3 – сланцевый горизонт и песчано-алевролитовые отложения,  $T_{1-2}$ ; 4 – субпластовые тела габброидов,  $T$ ; 5 – дайки риолитов и гранит-порфиров,  $K$ ; 6 – залежи джаспероидов; 7 – граница между палеозойскими и мезозойскими отложениями:  $a$  – установленная,  $b$  – предполагаемая; 8 – прочие границы геологических тел:  $a$  – установленные,  $b$  – предполагаемые; 9 – разломы; 10 – россыпи золота; 11 – точки наблюдения и их номера [33]; 12 – элементы залегания пород

**Fig. 2. Geological map of the Alyarmaut gold-jasperoid ore occurrence (after [33]):**

1, 2 – terrigenous sequence (1), limestone horizon (2),  $C_1$ ; 3 – shale horizon and sandy-siltstone deposits,  $T_{1-2}$ ; 4 – gabbroid sublayered bodies,  $T$ ; 5 – rhyolite and granite-porphyrus dikes,  $K$ ; 6 – jasperoid deposits; 7 – boundary between the Paleozoic and Mesozoic deposits:  $a$  – established,  $b$  – inferred; 8 – other boundaries of geological bodies:  $a$  – established,  $b$  – inferred; 9 – faults; 10 – gold placers; 11 – observation points and their numbers [33]; 12 – rock bedding attitudes

выходе палеозоя (см. рис. 1) в пределах Кусьвеевского рудного поля [5]. Здесь известны штокверковые и брекчиевые рудные тела (с содержаниями не более 3 г/т) и стратиформные жилы кварца (до 15 г/т) с примесью сульфидов (пирит, пирротин, халькопирит, галенит) и мелким (доли миллиметра) самородным золотом с пробностью 820 ‰. Кроме них тут отмечены зоны и брекчии окварцованных известняков мощностью до 100 м, песчаников и сланцев палеозоя, рассечённых кварцевыми

и кварц-карбонатными жилами мощностью до 0,8 м [21], в которых возможны золотоносные джаспероиды.

**Золотосодержащий медно-порфировый** тип рудной минерализации представлен крупным месторождением Песчанка в Баимском рудном узле западного фланга Чукотского сектора и не оценёнными рудопроявлениями Камень Такмыка, Мамяджу и пр. [6, 26]. Если Камень Такмыка находится в районе, где порфировые объекты довольно широко распро-

странены [6], то Мамяджу и ряд других объектов расположены в Куларо-Полоусненском секторе и внимания исследователей не привлекали. Кратко охарактеризуем потенциально интересные рудопроявления.

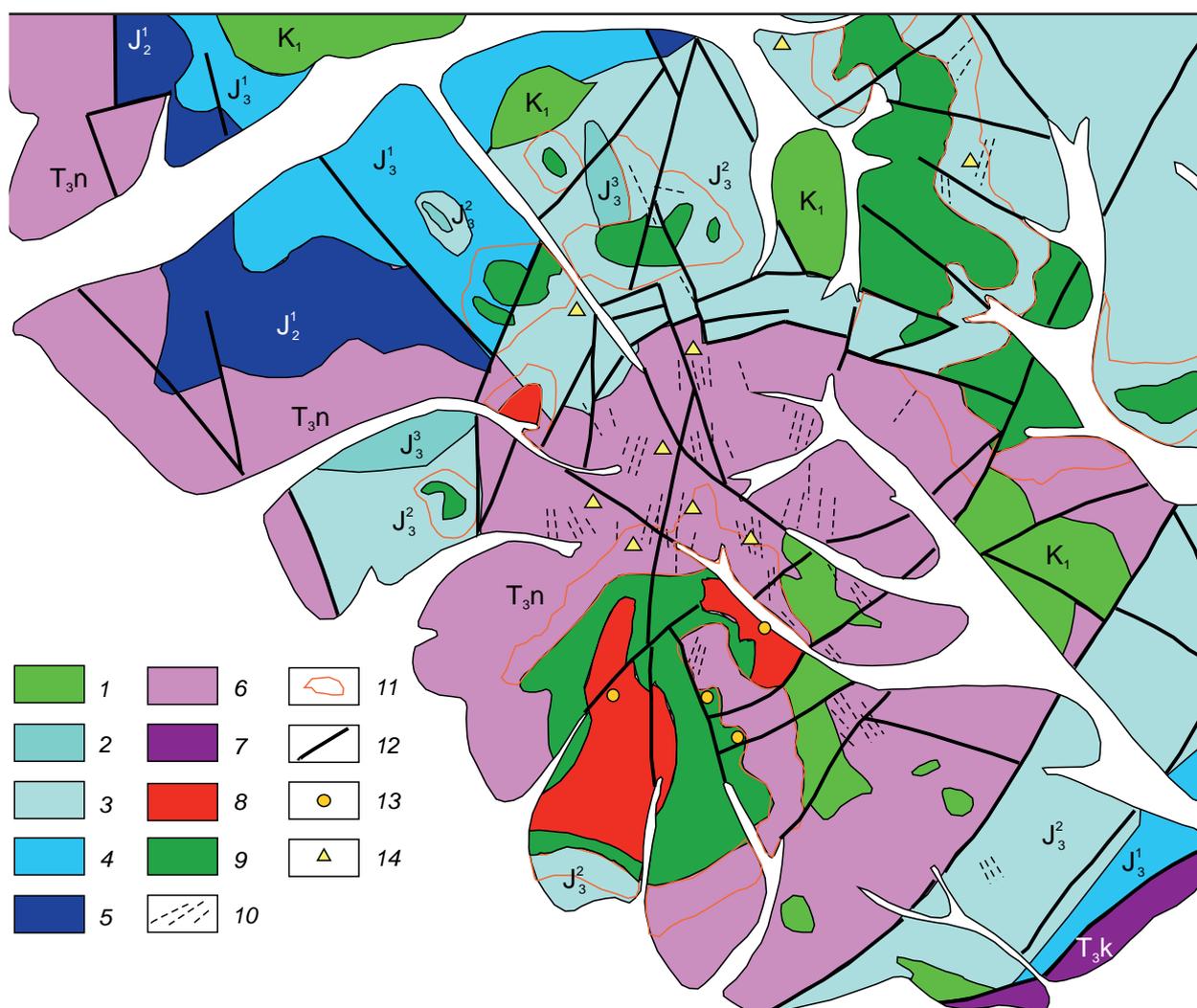
*Рудопроявление горы Камень Такмыка* расположено в Иннахском рудном узле, известном своими россыпями и мелкими рудопроявлениями золота, их коренными источниками [14], локализованными на флангах Иннахского поднятия, в центре которого прогнозируется медно-порфировая система (рис. 3). Она представлена штокверковой халькопирит-молибденит-кварцевой минерализацией 0,5 км<sup>2</sup>, сосредоточенной в кварцевых монцонитах апикальной части рудоносного интрузива. В прожилках содержится вкрапленность и гнезда халькопирита (до 15 %), в поздних карбонатных жилах установлены почковидные агрегаты самородного мышьяка. Содержание Cu варьирует от 0,05 до 1 %.

*Рудопроявление Мамяджу* расположено в западном экзоконтакте Балаганнахского массива раннемеловых гранодиоритов [15, 30] на южном склоне Полоусненского хребта к востоку от Куларского поднятия (см. рис. 1). В его составе выделены: зона дробления с прожилково-вкрапленной сульфидной минерализацией северо-западного простирания протяженностью 1,5 км при ширине первые десятки метров (руды сильно окислены и представлены хальконтитом, халькозином, купритом, при подчинённой роли первичных минералов – пирита, арсенопирита, халькопирита; по данным анализа бороздовых проб, в таких рудах содержится: Cu 1,0–17,2 %, Au 0,2–1,8 г/т, As до 1 %); первичная рудная минерализация в гранодиоритах массива в виде штокверка кварцевых с халькопиритом прожилков с содержаниями Cu до 1,5 %. Предполагаемые прогнозные ресурсы меди оценены в 0,5 млн т.

Возможно, к этому типу относятся слабоизученные рудопроявления Марья-Хая и Берендей (см. рис. 1) [30, 32]. *Рудопроявление Марья-Хая* локализовано в роговиках по юрским песчаникам в экзоконтакте одноимённого гранитоидного плутона, представленного в современном эрозионном срезе небольшими

по площади выходами гранодиорит-порфировых интрузивов с телами флюидоэксплозивных брекчий, площадь выхода которых составляет около 0,2 км<sup>2</sup>. В брекчиях отмечаются интенсивная сульфидизация, биотитизация, лимонитизация и сульфидно-кварцевые прожилки. Прожилки образуют две системы: северо-западной ориентировки с золото-висмутовым оруденением и разноориентированные с медно-золотым оруденением. Общая площадь штокверков 2,5 × 1,5 км [30]. Содержание сульфидов варьирует от 2–3 до 15–20 %. Рудные минералы представлены арсенопиритом, халькопиритом и пиритом, менее распространены пирротин, борнит, вольфрамит, галенит. Из вторичных минералов отмечаются гётит, скородит, халькозин, ковеллин. В бороздовых пробах отмечены Cu (0,05–0,86 %) и As (0,1–1,0 %), Au (в брекчиях 0,08–1,93 г/т, а в сульфидно-кварцевых прожилках до 7,27 г/т). Кроме того определены: Ag до 835 г/т, Cu 0,04–1,8 %, W 0,16–0,7 %, Pb 2,3 %, Bi 3,6 %, Sb 0,56 %, редкие земли 0,01–0,05 %. Ресурсы меди оценены в 155 тыс. т, золота в 15 т [15]. Однако на типизацию рассмотренных руд имеется и иная точка зрения [15], согласно которой их следует относить к IOCG типу Au-Cu месторождений.

**Обсуждение.** Таким образом, золотое оруденение в пределах рассматриваемых секторов Арктики представлено золото-кварцевым жильным, золото-сульфидно-вкрапленным зонсматия и дробления, золото-висмутовым (золото-редкометалльным) жильно-прожилковым и скарновым, малоглубинными золото-джаспероидным и эпитеpmальным золото-серебряным, а к золотоносным следует относить медно-порфиновый тип. Все они в той или иной степени проявлены во всех рассмотренных секторах, известны давно, но не всем было уделено внимание при прогнозно-поисковых работах и при оценке перспектив. Исходя из представленных данных, можно сказать, что мы имеем хороший потенциал как среди давно известных типов, так и среди ранее не рассматривавшихся. В частности, весьма благоприятны на выявление крупных объектов майского типа месторождения Мастах, Альфа, Он-



**Рис. 3. Геологическое строение Иннахского рудного узла с медно-порфировым оруденением (основа, по [14]):** 1 –  $K_1$ ; 2–4 –  $J_3$  (2 – верхи, 3 – середина, 4 – низы); 5 –  $J_2$ ; 6, 7 –  $T_3$  (6 – норий, 7 – карний); интрузивные породы: 8 – граносиениты, 9 – габбро-монзониты, 10 – дайки; 11 – контуры ороговикования вмещающих пород; 12 – разломы; минерализация: 12 – золото-сульфидно-кварцевая, 13 – медно-порфировая

**Fig. 3. Geological map of the Innakh ore cluster with porphyry copper mineralization (geological base is after [14]):** 1 –  $K_1$ ; 2–4 –  $J_3$  (2 – upper, 3 – middle, 4 – lower); 5 –  $J_2$ ; 6, 7 –  $T_3$  (6 – Norian, 7 – Carnian); intrusive rocks: 8 – granosyenite, 9 – gabbro-monzonite, 10 – dikes; 11 – hornfelsing contours of the host rocks; ore mineralization: 12 – gold-sulfide-quartz, 13 – porphyry copper

кучанское северного обрамления Куларского купола, Таамарское Улахан-Тасского сектора, Эльвенеиское на Чукотке. Следует провести оценку перспектив золото-джпаспероидного и медно-порфирового типов. Но всё это требует разработки специальной программы в рам-

ках прогнозно-минерагенических исследований на ближайшие годы.

Если говорить о генезисе оруденения, то обращает на себя внимание разный характер распределения выделенных типов. Так, золото-редкометалльные типы распространены

**Таблица 2. Эндогенная история золотоносности рассмотренных секторов дальневосточного сегмента Арктики**

**Table 2. Endogenous history of gold-bearing potential of the considered sectors of the Far Eastern segment of the Arctic**

Чукотский сектор	Улахан-Тасский сектор	Куларо-Полоусненский сектор
Гранитоиды I-типа (148–140 млн лет)	Гранитоиды I-типа (135–130 млн лет)	140–130 млн лет
Медно-порфировое оруденение $\delta^{34}\text{S}$ пирита 3,1 ‰ (1)	Золото-серебряная- минерализация $\delta^{34}\text{S}$ пирита -0,7÷+3,5 ‰	Медно-порфировое оруденение
Гранитоиды I-типа (123–112 млн лет), гранит-метаморфические купола (130–95 млн лет)	Гранитоиды I-типа (128–115 млн лет)	Гранитоиды I-типа (130–115 млн лет), гранит-метаморфический купол (120–100 млн лет)
Золото-кварцевые жилы (123–96 млн лет) $\delta^{34}\text{S}$ арсенопирита -7,5÷-11,1 ‰ (14)	Золото-висмутый тип (124 млн лет) $\delta^{34}\text{S}$ арсенопирита -6,6÷-10,7 ‰	Золото-кварцевый тип (?)
Золото-висмутый тип (115–105 млн лет)		Золото-висмутый тип (120 млн лет)
Гранитоиды IS-типа (112–100 млн лет)	Гранитоиды IS-типа (110–90 млн лет)	Гранитоиды IS-типа (115–102 млн лет)
Золото-сульфидный тип (106–97 млн лет) $\delta^{34}\text{S}$ арсенопирита -0,7÷-2,4 ‰, антимонита -5,8÷-13 ‰	Золото-сульфидный тип (?)	Золото-сульфидный тип (?)
Риолит-порфировые дайки (115–97 млн лет)		Риолит-порфировые дайки (?)
Золото-серебряное-оруденение (95–93 млн лет) $\delta^{34}\text{S}$ пирита -3,3 ‰	Золото-серебряное- оруденение (?) $\delta^{34}\text{S}$ пирита -3,1 ‰	Золото-серебряное оруденение (?)

Примечание. Использованы данные [1, 7, 15, 16, 22, 34]

равномерно от Кулара до Чаунской зоны, а золото-кварцевые и золото-сульфидно-вкрапленные проявлены дискретно в Кулар-Полоусненском и Улахан-Тасском секторах и максимально в Чукотском. В значительной степени это, по всей видимости, обусловлено генетическими связями этих типов с процессами метаморфизма и гранитоидного магматизма. Сопоставление эндогенной истории рассмотренных секторов (табл. 2) показало общность в последовательности формирования магматитов, гранитно-метаморфических куполов и руд, что позволяет говорить об их образовании в результате единого орогенного события – становления Арктического (Олойско-Чукотского) орогенного пояса, которое завершилось формированием разнотипного золотого оруденения.

О генетической общности оруденения свидетельствуют и изотопно-геохимические данные, указывающие на коровое происхождение

минерализации (см. табл. 2). Так, сходство изотопного состава серы орогенных месторождений золота (Каральвеем, Майское) с разновозрастными гранитогенными месторождениями (Кандидатское, Чистое и пр.) позволяют предполагать общность корового источника серы для них и связь их с раннеорогенным этапом аккреционно-коллизийного магматизма. А относительно тяжёлая ювенильная сера, характерная для минералов вулканогенных месторождений позднеюрского и мелового возраста, обусловлена их общей субдукционной природой.

**Закключение.** Таким образом, металлогенический профиль Арктической зоны ДВ ФО определяется процессами мелового тектонического орогенеза в Арктическом (Олойско-Чукотском) орогенном поясе аккреционно-коллизийной природы [10]. Это обусловило существование коровый тип металлогении (Au-W-Sn)



и ведущую роль плутоно-метаморфической и плутонических магматогенных моделей разнообразной минерализации, которые и определили главные типы оруденения: золото-рудные орогенные, золото-висмутый, джаспероидный и эпитермальный, а также медно-порфиновые, которые распространены шире и отмечены за пределами Олойской зоны Чукотского сектора.

В настоящий момент кроме известных золоторудных (Майское, Купол, Валунистое, Каральвеем) и медно-порфиновых (Песчанка) объектов, потенциально промышленный интерес в связи с развитием Северного морского пути могут представлять относительно

небольшие золото-висмутые объекты, объекты джаспероидного типа, порфинового типа и орогенные месторождения Кулара и Эльвенейское проявление. Но это получит движение, на мой взгляд, только при запуске Кючюса, Баимки и крупнейших олово-редкометалльных месторождений: Депутатское (с запасами ~ 275 тыс. т Sn), Пыркакай (~ 200 тыс. т Sn) и Светлое – (W, Sn, Be), развитие которых придаст мощный толчок поисково-оценочным работам.

*Статья подготовлена в рамках госзадания СВКНИИ ДВО РАН, тема № 121031700301-5 и НОЦ «Север: территория устойчивого развития», проект 3.*

## Список литературы

1. Акинин В. В., Ползуненков Г. О., Готтлиб Э. Ш., Миллер Э. Л. Меловой монзонит-гранит-мигматитовый велиткенайский комплекс: петрология, геохимия пород и циркона (U-Pb, Hf и O) в приложении к реконструкции эволюции магматизма и континентальной коры в блоке Арктическая Аляска–Чукотка // Петрология. – 2022. – Т. 30, № 3. – С. 227–259.
2. Бахарев А. Г., Гамянин Г. Н., Горячев Н. А., Половинкин В. Л. Магматические и рудные формации хребта Улахан-Тас (Северо-Восточная Якутия). – Якутск : Изд-во ЯФ СО АН СССР, 1988. – 200 с.
3. Бортников Н. С., Лобанов К. В., Волков А. В., Галямов А. Л., Викентьев И. В., Тарасов Н. Н., Дистлер В. В., Лаломов А. В., Аристов В. В., Мурашов К. Ю., Чижова И. А., Чефранов Р. М. Месторождения стратегических металлов Арктической зоны // Геология рудных месторождений. – 2015. – Т. 57, № 6. – С. 479–500.
4. Бортников Н. С., Лобанов К. В., Волков А. В., Галямов А. Л., Мурашов К. Ю. Арктические ресурсы золота в глобальной перспективе // Арктика: экология и экономика. – 2014. – № 4 (16). – С. 28–37.
5. Волков А. В. Золоторудные месторождения Центральной Чукотки // Геология рудных месторождений. – 1995. – Т. 37, № 6. – С. 482–499.
6. Волков А. В., Савва Н. Е., Сидоров А. А., Егоров В. Н., Шаповалов В. С., Прокофьев В. Ю., Колова Е. Е. Закономерности размещения и ус-
7. Волков А. В., Сидоров А. А. Уникальный золоторудный район Чукотки. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН; М. : ИГЕМ РАН, 2001. – 180 с.
8. Галямов А. Л., Волков А. В., Лобанов К. В., Мурашов К. Ю. Перспективы выявления месторождений стратегических металлов в Арктической зоне России // Арктика: экология и экономика. – 2017. – № 1 (25). – С. 59–74.
9. Гельман М. Л. Фанерозойские гранитно-метаморфические купола на Северо-Востоке Сибири. Статья 1. Геологическая история палеозойских и мезозойских куполов // Тихоокеанская геология. – 1995. – Т. 14, № 4. – С. 102–115. Статья 2. Магматизм, метаморфизм и мигматизация в позднемезозойских куполах // Тихоокеанская геология. – 1996. – Т. 15, № 1. – С. 84–93.
10. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России: в 2 кн. / под ред. А. И. Ханчука. – Владивосток : Дальнаука, 2006. Кн. 1. – С. 1–572; Кн. 2. – С. 573–981.
11. Гончаров В. И., Волков А. В. Геология и генезис золоторудного месторождения Совиное (Чукотка). – Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 2000. – 231 с.
12. Горячев Н. А. Геология золото-кварцевых жильных поясов Северо-Востока Азии. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 1998. – 210 с.

13. *Горячев Н. А.* Очерк металлогении Арктической зоны Дальнего Востока России // «Север и Арктика: геология, экономика, история». Всероссийская научная конференция, посвящённая 300-летию Российской академии наук. Материалы северо-восточного научного форума, г. Магадан, 7–11 октября 2024 г. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2024. – С. 93–96.
14. *Горячев Н. А., Половинкин В. Л.* Минералого-геохимические признаки связи золотого оруденения с магматизмом (на примере Иннахского рудного узла, Западная Чукотка) // Минералогические особенности эндогенных образований Якутии. – Якутск : ЯФ СО АН СССР, 1979. – С. 115–129.
15. *Государственная* геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000. Третье поколение. Серия Верхояно-Колымская. Лист R-53 – Нижнеянк. – СПб. : ВСЕГЕИ, 2020.
16. *Государственная* геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000. Третье поколение. Серия Верхояно-Колымская. Лист R-54 – Депутатский. – СПб. : ВСЕГЕИ, 2022.
17. *Государственная* геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000 (новая серия). Лист R-58–60 (Билибино). – СПб. : ВСЕГЕИ, 1999.
18. *Государственная* геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. Серия Анюйско-Чаунская. Лист R-59-XXXI, XXXII. Объяснительная записка. – М.; СПб., 2000. – 102 с.
19. *Государственная* геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. Серия Нижне-Индигирская. Листы R-56-XV, XXI, XXII, XXIII. Объяснительная записка. – М. : Росгеолфонд, 1998. – 107 с.
20. *Государственная* геологическая карта СССР масштаба 1 : 200 000. Анюйско-Чаунская серия. Лист R-59-XXXI, XXXII. Объяснительная записка. – М. : ГНТИ литературы по геологии и охране недр, 1963. – 68 с.
21. *Государственная* геологическая карта СССР масштаба 1 : 200 000. Серия Анюйско-Чаунская. Лист R-59-XXIII-XXIV. Объяснительная записка. – М. : Союзгеолфонд, 1984. – 94 с.
22. *Золоторудные* месторождения СССР. Северо-Восток России. Т. 4. – М. : Наука, 1988. – 179 с.
23. *Карта* полезных ископаемых Республики Саха (Якутия) м-ба 1 : 1 500 000 и объяснительная записка. – СПб : Картфабрика ВСЕГЕИ, 2012. – 148 с.
24. *Крашенинин В. Ф.* О формационной принадлежности объектов золотосеребряного оруденения Джукотукского рудного узла Куларского поднятия // Колыма. – 1994. – № 1. – С. 8–9.
25. *Найбородин В. И.* Золото-теллур-висмутовое оруденение в Западной Чукотке // Колыма. – 1966. – № 8. – С. 41–43.
26. *Некрасов А. И.* Золотое оруденение хр. Улахан-Тас (северо-восток Якутии) // Рудогенез и металлогения Востока Азии. – Якутск : ИГАБМ СО РАН, 2006. – С. 122–125.
27. *Некрасов А. И.* Золоторудные месторождения Северо-Востока Якутии // Руды и металлы. – 2007. – № 5. – С. 26–48.
28. *Некрасов И. Я.* Особенности золото-серебряного месторождения Альфа в хребте Улахан-Сис // Докл. РАН. – 1997. – Т. 353, № 1. – С. 97–99.
29. *Некрасов И. Я., Лихойдов Г. Г., Плюснина Л. П., Кузьмина Т. В.* Особенности геологии, геохимия и генезис Улахан-Сисского, Куларского и Хараулахского золоторудных узлов Верхоянской складчатой области // Тихоокеанская геология. – 2001. – Т. 20, № 3. – С. 79–86.
30. *Панфилов В. И., Некрасов А. И.* Золото-медное оруденение северо-востока Якутии // Рудогенез и металлогения Востока Азии. – Якутск : ИГАБМ СО РАН, 2006. – С. 138–141.
31. *Савичев А. А., Мишулович П. М., Вольных Д. В., Аристов В. В., Антащук К. М.* Новый золото-серебряный объект HS-эпитермального типа на Чукотке // Сборник тезисов докладов XIV Международной научно-практической конференции «Геология, прогноз, поиски и оценка месторождений алмазов, благородных и цветных металлов» (15–18 апреля 2025 г., Москва, ФГБУ «ЦНИГРИ»). – М. : ЦНИГРИ, 2025. – С. 376–379.
32. *Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия) / отв. ред. Л. М. Парфёнов, М. И. Кузьмин.* – М. : МАИК «Наука-Интерпериодика», 2001. – 571 с.
33. *Шпикерман В. И., Горячев Н. А.* Золотоносные джаспероиды на западе Чукотки // Колыма. – 1994. – № 5. – С. 7–11.



34. Layer P. W., Newberry R., Fujita K., Parfenov L., Trunilina V., Bakharev A. Tectonic setting of the plutonic belts of Yakutia, northeast Russia, based on  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  geochronology and trace element geochemistry // *Geology*. – 2001. – V. 29, № 2. – P. 167–170.
35. Thomson B., Pratt W. T., Rhys D. A., Oliver N. H. S., Halley S. W., Fischl P., Akinin V. V., Dotzov D. The Kupol Epithermal Au-Ag Vein District, Chukotka, Far Eastern Russia // *Economic Geology*. – 2023. – V. 118, № 1. – P. 93–122.

## References

- Akinin V. V., Polzunenkov G. O., Gottlib E. Sh., Miller E. L. Melovoi montsonit-granit-migmatitovy velitkenaiskii kompleks: petrologiya, geokhimiya porod i tsirkona (U-Pb, Hf i O) v prilozhenii k rekonstruktsii evolyutsii magmatizma i kontinental'noi kory v bloke Arkticheskaya Alyaska-Chukotka [Cretaceous monzonite-granite-migmatite Velitkenai complex: petrology, geochemistry of rocks and zircon (U-Pb, Hf and O) in application to the reconstruction of the evolution of magmatism and continental crust in the Arctic Alaska-Chukotka block], *Petrologiya [Petrology]*, 2022, V. 30, No 3, pp. 227–259. (In Russ.)
- Bakharev A. G., Gamyarin G. N., Goryachev N. A., Polovinkin V. L. Magmaticheskie i rudnye formatsii khrebta Ulakhan-Tas (Severo-Vostochnaya Yakutiya) [Magmatic and ore formations of the Ulakhan-Tas ridge (North-Eastern Yakutia), Yakutsk subsidiary of SB USSR AS Publ., 1988, 200 p.
- Bortnikov N. S., Lobanov K. V., Volkov A. V., Galyamov A. L., Vikent'ev I. V., Tarasov N. N., Distler V. V., Lalomov A. V., Aristov V. V., Murashov K. Yu., Chizhova I. A., Chefranov R. M. Mestorozhdeniya strategicheskikh metallov Arkticheskoi zony [Deposits of strategic metals of the Arctic zone], *Geologiya rudnykh mestorozhdenii [Geology of ore deposits]*, 2015, V. 57, No 6, pp. 479–500. (In Russ.)
- Bortnikov N. S., Lobanov K. V., Volkov A. V., Galyamov A. L., Murashov K. Yu. Arkticheskie resursy zolota v global'noi perspektive [Arctic gold resources in a global perspective], *Arktika: ekologiya i ekonomika [Arctic: ecology and economics]*, 2014, No 4 (16), pp. 28–37. (In Russ.)
- Volkov A. V. Zolotorudnye mestorozhdeniya Tsentral'noi Chukotki [Gold ore deposits of Central Chukotka], *Geologiya rudnykh mestorozhdenii [Geology of ore deposits]*, 1995, V. 37, No 6, pp. 482–499. (In Russ.)
- Volkov A. V., Savva N. E., Sidorov A. A., Egorov V. N., Shapovalov V. S., Prokof'ev V. Yu., Kolova E. E. Zakonomernosti razmeshcheniya i usloviya formirovaniya Au-soderzhashchikh Cu-Mo-porfirovykh mestorozhdenii Severo-Vostoka Rossii [Regularities of placement and conditions of formation of Au-bearing Cu-Mo porphyry deposits of North-Eastern Russia], *Geologiya rudnykh mestorozhdenii [Geology of ore deposits]*, 2006, V. 48, No 6, pp. 512–539. (In Russ.)
- Volkov A. V., Sidorov A. A. Unikal'nyi zolotorudnyi raion Chukotki [Unique gold ore region of Chukotka], Magadan, North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute of FEB RAS Publ.; Moscow, Institute of Ore Geology, Petrography, Mineralogy and Geochemistry RAS Publ., 2001, 180 p.
- Galyamov A. L., Volkov A. V., Lobanov K. V., Murashov K. Yu. Perspektivy vyyavleniya mestorozhdenii strategicheskikh metallov v Arkticheskoi zone Rossii [Prospects for identifying deposits of strategic metals in the Arctic zone of Russia], *Arktika: ekologiya i ekonomika [Arctic: ecology and economics]*, 2017, No 1 (25), pp. 59–74. (In Russ.)
- Gel'man M. L. Fanerozoiskie granitno-metamorficheskie kupola na Severo-Vostoke Sibiri. Stat'ya 1. Geologicheskaya istoriya paleozoiskikh i mezozoiskikh kupolov [Phanerozoic granite-metamorphic domes in northeastern Siberia. Article 1. Geological history of Paleozoic and Mesozoic domes], *Tikhookeanskaya geologiya [Pacific geology]*, 1995, V. 14, No 4, pp. 102–115; Stat'ya 2. Magmatizm, metamorfizm i migmatizatsiya v pozdnemezozoiskikh kupolakh [Article 2. Magmatism, metamorphism, and migmatization in late Mesozoic domes], *Tikhookeanskaya geologiya [Pacific geology]*, 1996, V. 15, No 1, pp. 84–93. (In Russ.)
- Geodinamika, magmatizm i metallogeniya Vostoka Rossii: v 2 kn. / pod red. A. I. Khanchuka [Geodynamics, magmatism, and metallogeny of the Russian East: in 2 volumes, edited by A. I. Khanchuk], Vladivostok, Dal'nauka Publ., 2006, V. 1, pp. 1–572; V. 2, pp. 573–981.
- Goncharov V. I., Volkov A. V. Geologiya i genezis zolotorudnogo mestorozhdeniya Sovinoe (Chukotka)

- [Geology and genesis of the Sovinoe gold deposit (Chukotka)], Magadan, North-East Scientific Center of FEB RAS Publ., 2000, 231 p.
12. Goryachev N. A. Geologiya zoloto-kvartsevykh zhil'nykh pojasov Severo-Vostoka Azii [Geology of gold-quartz vein belts of Northeast Asia], Magadan, North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute of FEB RAS Publ., 1998, 210 p.
  13. Goryachev N. A. Oчерк металлогении Арктической зоны Дальнего Востока России [Essay on metallogeny of the Arctic zone of the Russian Far East], Sever i Arktika: geologiya, ekonomika, istoriya. Vserossiiskaya nauchnaya konferentsiya, posvyashchennaya 300-letiyu Rossiiskoi akademii nauk. Materialy severo-vostochnogo nauchnogo foruma, Magadan, 7–11 oktyabrya 2024 g. [North and Arctic: geology, economics, history. All-Russian scientific conference dedicated to the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences. Proceedings of the north-eastern scientific forum, Magadan, October 7-11, 2024], Magadan, North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute of FEB RAS Publ., 2024, pp. 93–96.
  14. Goryachev N. A., Polovinkin V. L. Mineralogo-geokhimicheskie priznaki svyazi zolotogo orudneniya s magmatizmom (na primere Innakhskogo rudnogo uzla, Zapadnaya Chukotka) [Mineralogical and geochemical features of the relationship between gold mineralization and magmatism (on the example of the Innakh ore cluster, Western Chukotka)], Mineralogicheskie osobennosti endogennykh obrazovaniy Yakutii [Mineralogical features of endogenous formations of Yakutia], Yakutsk, Yakutsk subsidiary of SB USSR AS Publ., 1979, pp. 115–129.
  15. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii masshtaba 1 : 1 000 000. Tret'e pokolenie. Seriya Verkhoyano-Kolym'skaya. List R-53 – Nizhneyansk [State geological map of the Russian Federation, scale 1 : 1 000 000. Third generation. Verkhoyansk-Kolyma Series. Sheet R-53 – Nizhneyansk], St. Petersburg, VSEGEI Publ., 2020.
  16. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii masshtaba 1 : 1 000 000. Tret'e pokolenie. Seriya Verkhoyano-Kolym'skaya. List R-54 – Deputatskii [State geological map of the Russian Federation, scale 1 : 1 000 000. Third generation. Verkhoyansk-Kolyma Series. Sheet R-53 – Deputatskii], St. Petersburg, VSEGEI Publ., 2022.
  17. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii masshtaba 1 : 1 000 000 (novaya seriya). List R-58–60 (Bilibino) [State geological map of the Russian Federation, scale 1 : 1 000 000 (new series). Sheet R-58–60 (Bilibino)], St. Petersburg, VSEGEI Publ., 1999.
  18. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii masshtaba 1 : 200 000. Seriya Anyuisko-Chaun'skaya. List R-59-XXXI, XXXII. Ob"yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation, scale 1 : 200,000. Anyui-Chaun Series. Sheet R-59-XXXI, XXXII. Explanatory note], Moscow – St. Petersburg, 2000, 102 p.
  19. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii masshtaba 1 : 200 000. Seriya Nizhne-Indigir'skaya. Listy R-56-XV, XXI, XXII, XXIII. Ob"yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation, scale 1 : 200,000. Nizhne-Indigir'skaya Series. Sheets R-56-XV, XXI, XXII, XXIII. Explanatory note], Moscow, Rosgeofond Publ., 1998, 107 p.
  20. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta SSSR masshtaba 1 : 200 000. Anyuisko-Chaun'skaya seriya. List R-59-XXXI, XXXII. Ob"yasnitel'naya zapiska [State geological map of the USSR, scale 1 : 200 000. Anyui-Chaun Series. Sheet R-59-XXXI, XXXII. Explanatory note], Moscow, Gosgeoltekhizdat Publ., 1963, 68 p.
  21. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta SSSR masshtaba 1 : 200 000. Seriya Anyuisko-Chaun'skaya. List R-59-XXIII-XXIV. Ob"yasnitel'naya zapiska [State geological map of the USSR, scale 1 : 200 000. Anyui-Chaun Series. Sheet R-59-XXIII-XXIV. Explanatory note], Moscow, Soyuzgeofond Publ., 1984, 94 p.
  22. Zolotorudnye mestorozhdeniya SSSR. Severo-Vostok Rossii [Gold ore deposits of the USSR. North-East of Russia], V. 4, Moscow, Nauka Publ., 1988, 179 p.
  23. Karta poleznykh iskopaemykh Respubliki Sakha (Yakutiya) m-ba 1 : 1 500 000 i ob"yasnitel'naya zapiska [Map of mineral resources of the Republic of Sakha (Yakutia), scale 1 : 1 500 000 and explanatory note], St. Petersburg, Kartfabrika VSEGEI [VSEGEI Cartography Factory], 2012, 148 p.
  24. Krashenin V. F. O formatsionnoi prinadlezhnosti ob"ektov zolotoserebryanogo orudneniya Dzhutukskogo rudnogo uzla Kular'skogo podnyatiya [On the formational affiliation of gold-silver mineralization objects of the Dzhutuk ore cluster of the Kular uplift], *Kolyma*, 1994, No 1, pp. 8–9. (In Russ.)
  25. Naiborodin V. I. Zoloto-tellur-vismutovoe orudnenie v Zapadnoi Chukotke [Gold-tellurium-bis-



- muth mineralization in Western Chukotka], *Kolyma*, 1966, No 8, pp. 41–43. (In Russ.)
26. Nekrasov A. I. Zolotoe orudnenie khrebta Ulakhan-Tas (severo-vostok Yakutii) [Gold mineralization of Ulakhan-Tas ridge (northeast of Yakutia)], *Rudogenez i metallogeniya Vostoka Azii* [Ore genesis and metallogeny of East Asia], Yakutsk, Science Diamond and Precious Metal Geology Institute SB RAS Publ., 2006, pp. 122–125.
  27. Nekrasov A. I. Zolotorudnye mestorozhdeniya Severo-Vostoka Yakutii [Gold deposits of the North-East of Yakutia], *Rudy i metally* [Ores and metals], 2007, No 5, pp. 26–48. (In Russ.)
  28. Nekrasov I. Ya. Osobennosti zoloto-serebryanogo mestorozhdeniya Al'fa v khrebte Ulakhan-Sis [Features of the Alpha gold-silver deposit in the Ulakhan-Sis ridge], *Doklady RAN* [Proceedings of the Russian Academy of Sciences], 1997, V. 353, No 1, pp. 97–99. (In Russ.)
  29. Nekrasov I. Ya., Likhoidov G. G., Plyusnina L. P., Kuz'mina T. V. Osobennosti geologii, geokhimiya i genezis Ulakhan-Siskogo, Kularskogo i Kharaulakhs-kogo zolotorudnykh uzlov Verkhoyanskoi skladchatoi oblasti [Features of geology, geochemistry and genesis of the Ulakhan-Sisky, Kularsky and Kharaulakhsky gold ore clusters of the Verkhoyansk folded region], *Tikhookeanskaya geologiya* [Pacific geology], 2001, V. 20, No 3, pp. 79–86. (In Russ.)
  30. Panfilov V. I., Nekrasov A. I. Zoloto-mednoe orudnenie severo-vostoka Yakutii [Gold-copper mineralization of the northeast of Yakutia], *Rudogenez i metallogeniya Vostoka Azii* [Ore genesis and metallogeny of East Asia], Yakutsk, Science Diamond and Precious Metal Geology Institute SB RAS Publ., 2006, pp. 138–141.
  31. Savichev A. A., Mishulovich P. M., Vol'nykh D. V., Aristov V. V., Antashchuk K. M. Novyi zolotose-rebryanyi ob"ekt HS-epitermal'nogo tipa na Chukotke [New gold-silver object of the HS-epithermal type in Chukotka], *Sbornik tezisov dokladov XIV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Geologiya, prognoz, poiski i otsenka mestorozhdenii almazov, blagorodnykh i tsvetnykh metallov"* [Collection of abstracts of reports of the XIV International scientific and practical conference "Geology, forecast, prospecting and evaluation of deposits of diamonds, noble and non-ferrous metals"], Moscow, TsNIGRI Publ., 2025, pp. 376–379.
  32. Tektonika, geodinamika i metallogeniya territorii Respubliki Sakha (Yakutiya) / otv. red. L. M. Parfenov, M. I. Kuz'min [Tectonics, geodynamics and metallogeny of the territory of the Republic of Sakha (Yakutia), ed. by L. M. Parfenov, M. I. Kuz'min], Moscow, MAIK Nauka-Interperiodika Publ., 2001, 571 p.
  33. Shpikerman V. I., Goryachev N. A. Zolotonosnye dzhasperoidy na zapade Chukotki [Gold-bearing jasperoids in western Chukotka], *Kolyma*, 1994, No 5, pp. 7–11. (In Russ.)
  34. Layer P. W., Newberry R., Fujita K., Parfenov L., Trunilina V., Bakharev A. Tectonic setting of the plutonic belts of Yakutia, northeast Russia, based on  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  geochronology and trace element geochemistry, *Geology*, 2001, V. 29, No 2, pp. 167–170.
  35. Thomson B., Pratt W. T., Rhys D. A., Oliver N. H. S., Halley S. W., Fischl P., Akinin V. V., Dotzov D. The Kupol Epithermal Au-Ag Vein District, Chukotka, Far Eastern Russia, *Economic Geology*, 2023, V. 118, No 1, pp. 93–122.

**Горячев Николай Анатольевич** (goryachev@neisri.ru)  
академик РАН, главный научный сотрудник

Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н. А. Шило ДВО РАН,  
г. Магадан, Россия