

## К ВОПРОСУ ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ТИПИЗАЦИИ АРХЕЙСКИХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

*Рассмотрены закономерности локализации архейских золоторудных месторождений. Охарактеризованы геологическое строение и состав руд двух подобных объектов Канадского щита, различающихся тектонической позицией и составом вмещающих комплексов. На их примере обосновано выделение среди архейских золоторудных месторождений двух геолого-генетических типов – золото кварцевого (орогенного) и золото-редкометалльного (связанного с гранитоидами) аналогично фанерозойским аккреционно-коллизийным поясам.*

*Ключевые слова: архейские золоторудные месторождения, провинция, гранит-зеленокаменная область, орогенный, связанный с гранитоидами.*

Архейские золоторудные месторождения (АЗМ) широко распространены в пределах гранит-зеленокаменных областей Северо-Американской, Австралийской и Африканской платформ. На их долю приходится порядка 20 % накопленной мировой добычи золота [31]. К наиболее крупным и известным относятся месторождения Керкленд-Лейк, Холлинджер-Макинтайр, Доум, Ред-Лейк, Джайент, Кон, Лупин (Канада), Калгурли (Австралия), Колар (Индия), Морро-Вельо (Бразилия). Этим месторождениям посвящён огромный массив литературы, однако на русском языке опубликованы лишь единичные работы [17, 21, 23, 24], в значительной степени уже устаревшие. В генетическом отношении АЗМ являются разнородной совокупностью объектов [33]. Однако традиционно и в отечественной [17, 20, 21], и в зарубежной [29, 38] литературе все они относятся к одному типу так называемых архейских месторождений зеленокаменных поясов, который, по сути, параллелизуется с орогенными золоторудными месторождениями протерозоя и фанерозоя [5]. Существуют также представления о слабой геохимической дифференциации архейского золоторудения [3, 4], а также о том, что «для архея и протерозоя характерно широкое распространение золото-кварцевого и золото-сульфидного оруденения, и значимых различий между, так называемыми, орогенными и связанными с гранитоидами месторождениями нет» [4]. В нашей стране при широком развитии комплексов раннего докембрия, в том числе зеленокаменных поясов, золотая минерализация архейского возраста до сих пор не выявлена. Таким образом, существует потребность в уточнении геолого-генетических типов АЗМ и, в прикладном аспекте, факторов, контролирующих их размещение. В данной работе сделана попытка решить эту задачу на примере месторождений архейских провинций Канадского щита – Сьюперior и Слэйв (рис. 1), которые изучались автором в 2004 и 2014 гг. соответственно в

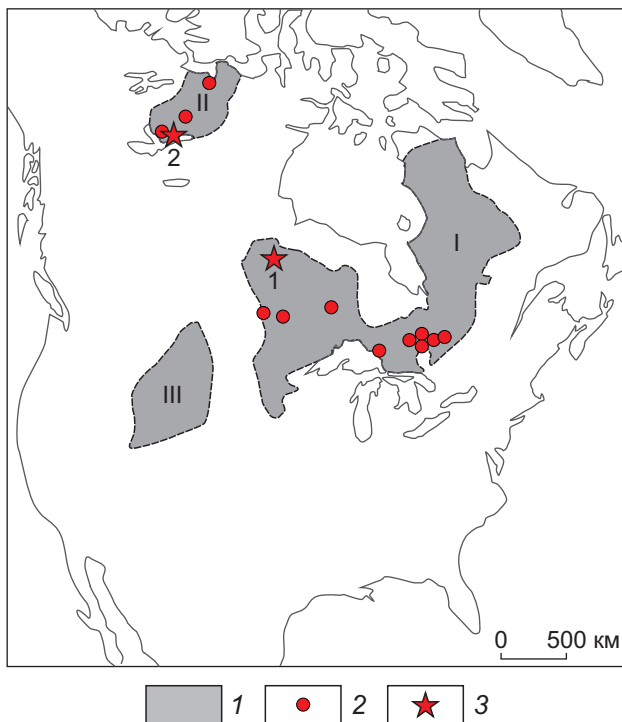


**Глухов  
Антон Николаевич**

кандидат геолого-минералогических наук  
старший научный сотрудник  
gluhov76@list.ru

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





**Рис. 1. СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ АРХЕЙСКИХ ПРОВИНЦИЙ СЕВЕРНОЙ АМЕРИКИ, ПО [37] (с упрощениями):**

1 – архейские провинции (I – Сьюпериор, II – Слэйв, III – Вайоминг); 2 – архейские золоторудные месторождения; 3 – месторождения, рассматриваемые в статье (1 – Моньюмент-Бей, 2 – Томсон-Ландмарк)

качестве геолога-консультанта горнорудных компаний. Ранее нами уже было охарактеризовано месторождение Моньюмент-Бей провинции Сьюпериор [2]. В основу данной работы положен фактический материал, собранный автором при изучении архейского золоторудного месторождения Томсон-Лундмарк (провинция Слэйв) в 2014 г.

На месторождении Томпсон-Лундмарк были отобраны 25 точечных и пунктирно-бороздовых штучных проб. Они анализировались на 40 элементов методом оптической спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-OES) с растворением навески в царской водке и на золото пробирным методом с ICP-окончанием в лаборатории ALS Chemex (г. Ванкувер). Для выявления геохимических ассоциаций производились факторный (метод главных компонент) и корреляционный анализы. Минералогическое изучение руд выполнено Л. Кабри (Королевский Университет Кингстона, г. Онтарио, Канада) на материале укрупнённой пробы

массой 11 кг. Выделялись монофракции в тяжёлых жидкостях, изготавливались аншлифы, были проведены рентгеноструктурный, количественный MLA (QuemSCAN) и гранулометрический анализы.

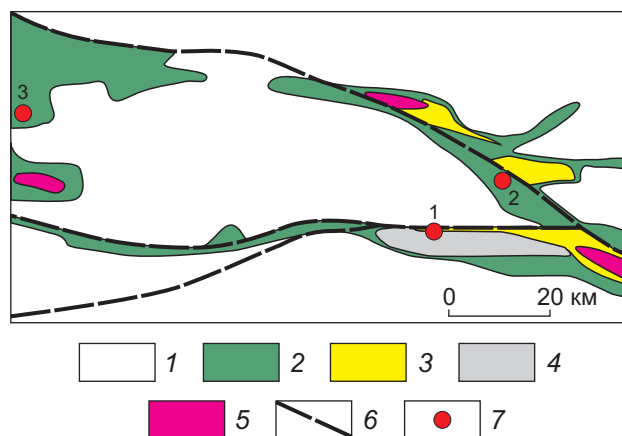
Геологическое строение архейских провинций Сьюпериор и Слэйв детально охарактеризовано в литературе [9, 26, 30, 37]. Структурный план их супракрустальных комплексов определяется зеленокаменными и разделяющими их терригенно-сланцевыми поясами. Вулканогенные и осадочные образования поясов рассечены зонами расланцевания и смятия, прорваны коллизионными гранитоидами. Метаморфизм архейских пород относится к фации высоких температур и низких давлений и проявлен зонально относительно гранитоидов.

Металлогения обеих архейских провинций сходна. Её определяют прежде всего АЗМ. Абсолютное большинство их объектов и запасов золота вмещают осадочно-вулканогенные комплексы зеленокаменных поясов. Среди наиболее крупных (с запасами золота более 100 т) месторождений провинции Сьюпериор отметим Холлинджер-Макинтайр, Керкленд-Лейк, Доум, Сигма, Ред-Лейк; в провинции Слэйв – Джайент, Кон, Лупин, Корейджес-Лейк, Хоуп-Бей. Значительно меньшее значение имеют золоторудные объекты в турбидитах и граувакках терригенно-сланцевых поясов. Они известны главным образом в пределах провинции Слэйв [36, 37]. АЗМ обеих провинций характеризуются близким изотопным составом сульфидной серы:  $-2,0...+8,0$  для провинции Сьюпериор [29],  $+0,6...+5,0$  для провинции Слэйв [44] с модальными значениями  $+2,8...+3,0$ . Их формирование происходило в течение одного отрезка времени – от 2,72 до 2,59 млрд лет [35]. Столь же экономически значимыми являются колчеданно-полиметаллические (Норанда, Флин-Флон) месторождения и залежи железистых кварцитов провинции Сьюпериор, которые приурочены к тем же зеленокаменным поясам. В провинции Слэйв объекты этих типов редки и имеют незначительные масштабы. Ag-U-Co-Ni-Bi месторождения так называемой пятиэлементной формации, приуроченные к контакту архейского фундамента и протерозойского чехла, многочисленны и в провинциях Слэйв (Эко-Бей, Индор, Рейрок), и Сьюпериор (Кобальт-Гоуганда). На южной окраине провинции Слэйв располагается гигантское Be-Nb-Ta-Zr-REE месторождение Тор-Лейк, локализованное в расслоенном пироксенит-габбро-сиенит-щёлоч-

ногранитном массиве протерозойского возраста. В пределах обеих провинций располагаются крупные алмазные месторождения кимберлитового типа.

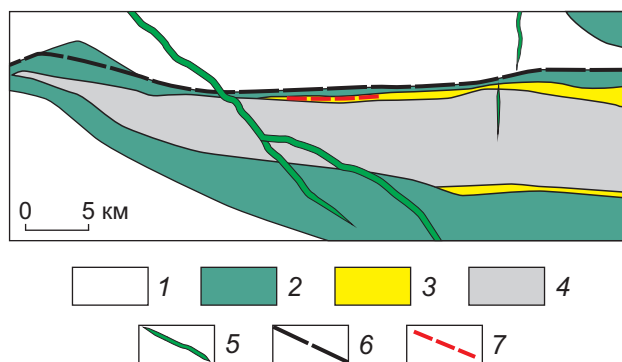
Ранее нами было изучено месторождение Моньюмент-Бей [2], расположенное на северо-западном фланге провинции Сьюпериор в 540 км к северо-востоку от г. Виннипег. Оно является весьма характерным примером АЗМ зеленокаменных поясов [29, 38]. Месторождение принадлежит рудному району Сталл-Лейк (рис. 2), который приурочен к зеленокаменному поясу Оксфорд-Лейк протяжённостью 150 км. Пояс сложен конгломератами, песчаниками, железистыми кварцитами, известково-щелочными вулканитами среднего и кислого составов, которые интенсивно деформированы и метаморфизованы в условиях зеленосланцевой фации и прорваны гранодиоритами и тоналитами [42]. Протяжённость рудного поля месторождения (рис. 3) более 20 км при ширине 2–4 км. Рудные тела приурочены к зоне дробления и смятия широтного простирания и представлены двумя морфологическими типами: зонами интенсивного прожилково-сетчатого и метасоматического окварцевания и сульфидизации мощностью 2–20 м и плитообразными кварцевыми жилами мощностью 0,2–0,5 м. Запасы золота составляют 111 т при среднем содержании 1,5 г/т [40]. Минеральный состав руд приведён в табл. 1, последовательность минералообразования – в табл. 2. Общее содержание рудных минералов 2–5 %. Самородное золото образует включения размером 5–10 мкм в игольчатом арсенипирите в сростании с пирротинном и галенитом. Пробность золота 749–863 ‰. Геохимический спектр руд – Au-As-Zn-Cu-Pb. Минералого-геохимическая зональность отсутствует, даже минимально выраженная.

Золоторудные месторождения зеленокаменных поясов провинции Слэйв мало отличаются от аналогов и детально описаны в многочисленных публикациях, впервые – в классической работе Р. Бойла [27]. Месторождениям терригенно-сланцевых поясов посвящены буквально единичные работы [36, 41], обращающие внимание главным образом на различные аспекты деформационной структуры и метаморфизм. Изученное нами месторождение Томсон-Лундмарк – характерный представитель этого типа. Оно расположено в 48 км к северо-востоку от г. Йеллоунайф в пределах одноимённого золоторудного района (рис. 4). По дан-



**Рис. 2. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА РУДНОГО РАЙОНА ОКСФОРД-СТАЛЛ-ЛЕЙК [42]:**

1 – гранулиты; зеленокаменные пояса: 2 – базальты, железистые кварциты, 3 – андезиты, 4 – алевролиты, песчаники, конгломераты; 5 – коллизионные гранитоиды; 6 – разломы; 7 – золоторудные месторождения (1 – Моньюмент-Бей, 2 – Литтл Сталл-Лейк, 3 – Годс-Лейк)



**Рис. 3. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА РУДНОГО ПОЛЯ МОНЬЮМЕНТ-БЕЙ:**

1 – гранулиты; 2 – базальты, железистые кварциты; 3 – андезиты; 4 – алевролиты, песчаники, конгломераты; 5 – дайки диабазов; 6 – разломы; 7 – рудная зона

ным геологической службы провинции Северо-Западные Территории Канады, в 1941–1949 гг. месторождение отрабатывалось [40], добыто 2,2 т золота. Рудное поле (рис. 5) локализовано в ороговевших архейских филлитах экзоконтактовой зоны интрузивного массива, сложенного высокоглинозёмистыми коллизионными гранитами S-типа [30, 32]. Его структура определяется сжатыми складками северо-северо-западной ориентиров-

## 1. РАСПРОСТРАНЁННОСТЬ МИНЕРАЛОВ В РУДАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МОНЬЮМЕНТ-БЕЙ [2]

Группа	Главные	Второстепенные	Редко встречающиеся
Породообразующие	Кварц Серицит	Эпидот Амфибол Хлорит	Плагиоклаз Микроклин Полевые шпаты Циркон Сфен
Рудные	Арсенопирит Пирит Пирротин Магнетит Титаномагнетит	Халькопирит Ильменит Лейкоксен Гематит	Галенит Борнит Самородное золото Сфалерит
Гипергенные		Лимонит	Халькозин

## 2. ЭТАПЫ, СТАДИИ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ И МИНЕРАЛЬНЫЕ АССОЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МОНЬЮМЕНТ-БЕЙ [2]

Этап	Стадия, ассоциация	Минералы
Дорудный метаморфогенный	Кварц-магнетитовая	Кварц I, гематит, магнетит, ильменит, титаномагнетит
Дорудный гидротермальный	Кварц-хлорит-пирротиновая	Кварц II, плагиоклаз, серицит, хлорит, борнит, халькопирит I, арсенопирит I, пирит I, сфалерит, пирротин I, халькозин
Рудный гидротермальный	Золото-арсенопиритовая	Арсенопирит II, самородное золото, халькопирит II, пирит II, пирротин II
Пострудный гидротермальный	Кварц-галенитовая	Кварц III, галенит
Гипергенный	Лимонит-халькозиновая	Лимонит, халькозин

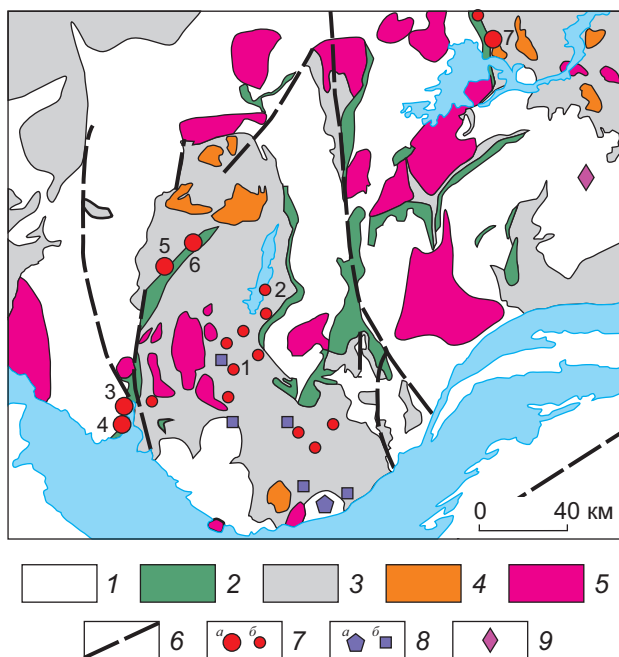
## 3. РАСПРОСТРАНЁННОСТЬ МИНЕРАЛОВ В РУДАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТОМСОН-ЛУНДМАРК

Группа	Главные	Второстепенные	Редко встречающиеся
Породообразующие	Кварц	Турмалин Альбит Серицит Биотит	Сидерит Апатит Клинохлор
Рудные	Пирит Галенит	Арсенопирит Сфалерит Пирротин Самородный висмут Тетрадимит Молибденит Ильменит	Халькопирит Самородное золото Гессит Петцит Алтаит Касситерит Станнин
Гипергенные		Лимонит Ярозит	Ковеллин

## 4. ЭТАПЫ, СТАДИИ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ И МИНЕРАЛЬНЫЕ АССОЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТОМСОН-ЛУНДМАРК

Этап	Стадия, ассоциация	Минералы
Дорудный метаморфогенный	Кварц-биотит-серицит-альбитовая	Кварц I, биотит, альбит, серицит, ильменит
Дорудный гидротермальный	Кварц-арсенопиритовая	Кварц II, турмалин, пирротин, арсенопирит, касситерит, шеелит, молибденит
Рудный гидротермальный	Галенит-сфалеритовая	Пирит, галенит, сфалерит, халькопирит
	Золото-теллуридно-висмутовая	Самородное золото, гессит, петцит, алтаит, тетрадимит
Гипергенный	Лимонит-халькозиновая	Лимонит, ярозит, халькозин



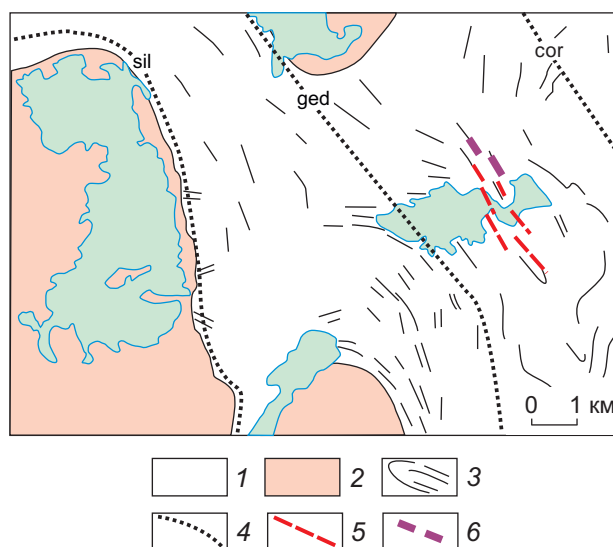


**Рис. 4. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА РУДНОГО РАЙОНА ЙЕЛЛОУНАЙФ, ПО [41], С ИЗМЕНЕНИЯМИ И ДОПОЛНЕНИЯМИ:**

1 – гранулиты, гнейсы, тоналиты; 2 – зеленокаменные пояса; 3 – парасланцевые пояса; 4 – гранитоиды I типа; 5 – граниты S-типа; 6 – разломы; 7 – золоторудные месторождения с запасами более 10 (а), менее 10 т (б) (1 – Томсон-Лундмарк, 2 – Гордон-Лейк, 3 – Джайент, 4 – Кон, 5 – Ормсби, 6 – Дискавери, 7 – Корейджес-Лейк); 8 – Ta-Nb-Be-R3E месторождения, связанные с габбро-сиенит-щёлочнотонитовыми комплексами (а), пегматитами (б); 9 – алмазные месторождения

ки; рудоконтролирующей является опрокинутая антиклиналь, шарнир которой полого погружается на юго-восток. Она осложнена зонами расланцевания и смятия, субпараллельными осевой плоскости складки либо пересекающими её под острыми углами. Участки пересечения и сопряжения данных структур контролируют размещение рудных столбов.

На месторождении известны рудные тела двух типов. Первый представлен кварцевыми жилами, второй – зонами прожилково-вкрапленной сульфидной минерализации. Все разведанные (и отработанные) запасы золота сосредоточены в кварцевых жилах. Они имеют мощность от первых сантиметров до 5 м и полого (45–55°) падают на северо-восток. Средние содержания золота, по данным эксплуатационных работ, 13–22 г/т. Распределение золота неравномерное, при эксплуатации место-



**Рис. 5. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА РУДНОГО ПОЛЯ ТОМСОН-ЛУНДМАРК, ПО [37], С ИЗМЕНЕНИЯМИ И ДОПОЛНЕНИЯМИ:**

1 – кварц-сланцевые сланцы; 2 – граниты; 3 – сланцеватость; 4 – изограды (sil – силлиманит, ged – жедрит, cor – кордиерит); 5 – золоторудные тела; 6 – дайки пегматитов

рождения выявлены рудные столбы протяжённостью 50–100 м по простиранию, более 200 м по падению. Зоны прожилково-вкрапленной сульфидизации характеризуются невысокими содержаниями золота (0,5–1 г/т), мощностью 1–2 м, всегда приурочены к горизонтам углеродистых филлитов. Руды убогосульфидные, их минеральный состав приведён в табл. 3, последовательность минералообразования – в табл. 4. Золото свободное, модалной крупностью 0,05–0,1 мм, умеренно высокопробное (824–883 ‰), ассоциирует с пиритом и минералами Te и Bi. Содержания серебра не превышают первых граммов на тонну. Изредка наблюдаются повышенные концентрации As (до 613 г/т) и W (до 250 г/т). Геохимический спектр руд – Au-Bi-Ag-W-As. Наблюдается геохимическая зональность, выражающаяся в повышении в рудных телах по мере приближения к гранитам концентраций As и W, а при удалении от них – Pb и Zn. Близкое геологическое строение имеют другие месторождения рудного района Йеллоунайф [38]. В рудах некоторых из них концентрации WO<sub>3</sub> достигают 30–40 %, и эти объекты обрабатывались как вольфрамовые. Золотоносные кварцевые жилы часто тесно ассоциируют с дайками редкометалльных пегматитов,

## 5. СРАВНЕНИЕ ДВУХ ТИПОВ АРХЕЙСКИХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Тип	Вмещающие породы	Морфология рудных тел	Минералы в составе руд		Геохимический спектр руд	Состав флюидных включений [29, 41]	
			жильные	рудные		NaCl экв., %	CO <sub>2</sub> / CH <sub>4</sub>
Зеленокаменных поясов	Вулканииты, BIF	Жильные и минерализованные зоны	Кварц, Fe-карбонат, серицит	Арсенопирит, пирит, пирротин, халькопирит, галенит, сфалерит, шеелит, самородное золото	Au-As-Pb-Zn-(W, Te)	< 6	> 1
Терригенно-сланцевых поясов	Турбидиты, граувакки	Жилы	Кварц, турмалин	Арсенопирит, пирит, пирротин, халькопирит, галенит, сфалерит, шеелит, тетрадимит, алтаит, гессит, петцит, молибденит, самородное золото	Au-Bi-W-As-Te	25–30	< 1

содержащими сподумен, колумбит, танталит и берилл [25].

**Выводы.** Архейские золоторудные месторождения Канадского щита по составу вмещающих комплексов можно разделить на два типа: зеленокаменные и терригенно-сланцевых поясов (табл. 5). Объекты первого наиболее многочисленны [31] и известны как в пределах архейских провинций Северной Америки (Джайент-Йеллоунайф, Кон, Керкленд-Лейк, Холлинджер-Макинтайр), так и в Австралии (Калгурли) и Индии (Колар). По геологическому строению и минералогии руд они весьма близки орогенным (золото кварцевым) месторождениям протерозоя и фанерозоя [5]. Объекты второго типа изучены намного хуже и в настоящее время уверенно могут быть выделены только в провинции Слэйв. Они намного меньше по масштабу, соответственно меньше и известность этих объектов. Пространственная ассоциация с коллизионными гранитами, минеральный состав и геохимический спектр руд, параметры рудообразующего флюида, хорошо проявленная латеральная зональность позволяют отнести их к типу месторождений, связанных с гранитоидами (золото-редкометалльному, или золото-висмутовому) [5, 43]. Пространственно они ассоциируют с вольфрамосодержащими кварцевыми жилами и редкометалльными пегматитами и весьма сходны с золото-редкометалльной минерализацией Яно-Колымского по-

яса [3]. Рудогенез происходил на завершающем, аккреционном, этапе тектоно-магматического развития провинции Слэйв: U-Pb возраст коллизионных гранитов составляет 2,58–2,59 млрд лет [29], Re-Os возраст пирита из золотоносных кварцевых жил месторождения Кон – 2,59 млрд лет [35]. Архейские золото-кварцевые и золото-редкометалльные месторождения характеризуются всеми чертами, присущими их фанерозойским аналогам, например, широко развитым в пределах орогенных поясов южного и восточного обрамления Северо-Азиатского кратона [5, 6, 10, 16]. В частности, коллизионные граниты провинции Слэйв [30, 32] по своим петролого-геохимическим особенностям аналогичны породам «колымского» комплекса [11, 22]. Это в целом характерно для высокоглинозёмистых S-гранитов, которые проявляли удивительное сходство состава на протяжении всей геологической истории [28]. Возрастные, геохимические и структурно-геологические критерии связи золоторудного оруденения с дислокационным метаморфизмом и гранитоидным магматизмом, разработанные для золоторудных поясов Северо-Востока Азии [6], в полной мере применимы и к АЗМ. Упомянем также, что ранее золоторудное оруденение, связанное с гранитоидами, было охарактеризовано в пределах зеленокаменного пояса Норсмен-Уилуна [34]. Это не подтверждает существующие представления об отсутствии значимых генетических различий между

разными типами золоторудных месторождений архея и протерозоя [3, 4].

Затронем вопрос о перспективах выявления АЗМ в России, который неоднократно поднимался в публикациях [1, 8, 20]. Большая часть супракрустальных архейских комплексов Балтийского, Алданского и Анабарского щитов, Воронежского кристаллического массива была переработана в ходе грандиозных раннепротерозойских орогенных событий, которые сопровождались образованием надвигов, амфиболитовым и гранулитовым метаморфизмом, внедрением гранитоидов и анортозитов, и глубоко эродирована [7, 12, 18, 19]. Известная здесь золоторудная минерализация имеет протерозойский возраст [13–15]. В ещё большей степе-

ни это касается кратонных террейнов, таких как Омолонский, Охотский, Канский, Шарыжалгайский и другие, которые были консолидированы лишь в неопротерозое. Все эти обстоятельства определяют ограниченный потенциал архейских провинций нашей страны для поисков АЗМ. Тем не менее выявление небольших по масштабам объектов такого типа возможно главным образом под чехлом фанерозойских платформенных осадков. Первоочерёдными для изучения являются участки пространственного совмещения пунктов минерализации, геохимических и шлиховых аномалий Au, As, W с раннедокембрийскими зонами расщепления и смятия, рассекающими комплексы зеленокаменных и терригенно-сланцевых поясов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *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. – С. 59–74.
2. *Глухов А. Н., Фомина М. И.* Геология и минералогия архейского месторождения золота Моньюмент-Бей, Канада (золото-кварцевая формация) // Научная молодежь – Северо-Востоку России: материалы III Межрегиональной конференции молодых ученых. – Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 2010. – С. 32–35.
3. *Горячев Н. А.* благороднометалльный рудогенез и мантийно-коровое взаимодействие // Геология и геофизика. – 2014. – Т. 55, № 2. – С. 323–332.
4. *Горячев Н. А.* благороднометалльный рудогенез и мантийно-коровое взаимодействие // Современные проблемы геохимии. Тезисы докладов Всероссийского совещания, посвящённого 95-летию со дня рождения академика Л. В. Таусона в 3-х томах. Том 2. – Иркутск : ИГ СО РАН, 2012. – С. 47–49.
5. *Горячев Н. А.* Золоторудообразующие системы орогенных поясов // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. – 2006. – № 1. – С. 2–16.
6. *Горячев Н. А.* Происхождение золото-кварцевых жильных поясов Северной Пацифики. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2003. – 143 с.
7. *Доминиковская Д. А., Доминиковский Г. Г.* Эволюция земной коры раннего докембрия. – Минск : Наука и техника, 1991. – 216 с.
8. *Жирнов А. М.* Крупные золотоносные штокверки в архейской зеленокаменной толще Приамурья – новый тип месторождений России // Отечественная геология. – 2019. – № 4. – С. 37–46.
9. *Конди К.* Архейские зеленокаменные пояса [перевод с английского А. К. Запольнова, А. П. Платуновой]. – М. : Мир, 1983. – 390 с. – (Науки о Земле).
10. *Корольков А. Т.* Геодинамика золоторудных районов Восточной Сибири. – Иркутск : ИГУ, 2007. – 251 с.
11. *Котляр И. Н., Жуланова И. Л., Русакова Т. Б., Гагиева А. М.* Изотопные системы магматических и метаморфических комплексов Северо-Востока России. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2001. – 319 с.
12. *Котов А. Б., Ковач В. П., Сальникова Е. Б., Глебовицкий В. А., Яковлева С. З., Бережная Н. Г., Мыскова Т. А.* Этапы формирования континентальной коры центральной части Алданской гранулитогнейсовой области: U-Pb и Sm-Nd изотопные данные по гранитоидам // Петрология. – 1995. – Т. 3, № 1. – С. 99–110.
13. *Кравченко А. А., Смелов А. П., Березкин В. И., Попов Н. В.* Геология и генезис докембрийских золотоносных metabазитов центральной части Алдано-Станового щита. – Якутск : ИГАБМ СО РАН, 2010. – 148 с.
14. *Кузнецов В. С., Петров С. В.* Вещественный состав и генетические особенности благороднометалльной минерализации в межрудных сланцах курской серии КМА // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология, география. – 2014. – Вып. 4. – С. 37–51.
15. *Ларионова Ю. О., Самсонов А. В., Шатагин К. Н., Носова А. А.* Изотопно-геохронологические свидетельства палеопротерозойского возраста золоторудной минерализации в архейских зеленокаменных поясах Карелии (Балтийский щит) // Геология рудных месторождений. – 2013. – Т. 55, № 5. – С. 374–396.
16. *Мионов А. Г., Спиридонов А. М., Жмодик С. М.* Основные этапы и геодинамические обстановки формиро-

- вания золоторудных месторождений южного обрамления Сибирского кратона // Золоторудные месторождения Востока России. Труды III Всероссийского симпозиума «Золото Сибири и Дальнего Востока: геология, геохимия, технология, экономика, экология» (Улан-Удэ, 21–25 сентября 2004 г.). – Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 2006. – С. 17–31.
17. Некрасов Е. М. Зарубежные эндогенные месторождения золота. – М. : Недра, 1988. – 286 с.
  18. Ранний докембрий Балтийского щита / под ред. В. А. Глебовицкого. – СПб. : Наука, 2005. – 711 с.
  19. Розен О. М., Андреев В. П., Белов А. Н., Бибикина Е. В., Злобин В. Л., Ляпунов С. М., Милановский С. Ю., Ножкин А. Д., Рачков В. С., Сонюшкин В. Е., Суханов М. К., Шахотько Л. И. Архей Анабарского щита и проблемы ранней эволюции Земли. – М. : Наука, 1988. – 253 с.
  20. Рундквист Д. В., Минц М. В., Ларин А. М. [и др.] Металлогения рядов геодинамических обстановок раннего докембрия. – М. : МПР РФ, РАН ; ГеоКарт ; РосГео, 1999. – 399 с.
  21. Сафонов Ю. Г., Васудев В. Н., Сринивасан Р. Золоторудное поле Колар (Индия). – М. : Наука, 1988. – 132 с.
  22. Соболев А. П. Мезозойские гранитоиды Северо-Востока СССР и проблемы их рудоносности. – М. : Наука, 1989. – 248 с.
  23. Шер С. Д. Металлогения золота (Евразия, Африка, Южная Америка). – М. : Недра, 1974. – 256 с.
  24. Шер С. Д. Металлогения золота (Северная Америка, Австралия, Океания). – М. : Недра, 1972. – 295 с.
  25. Anderson M. O., Lentz D. R., Mcfarlane C. M., Falck H. A geological, geochemical and textural study of a LCT pegmatite: implications for the magmatic versus metasomatic origin of Nb–Ta mineralization in the Moose II pegmatite, Northwest Territories, Canada // *Journal of Geosciences*. – 2013. – V. 58. – P. 299–320.
  26. Bleeker W., Hall B. The Slave craton: geological and metallogenic evolution // *Mineral deposits of Canada: synthesis of major deposit-types, district metallogeny, the evolution of geological provinces and exploration methods*. Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division, Special Publication. – 2007. – № 5. – P. 849–879.
  27. Boyle R. W. Origin of Yellowknife gold deposits // *Economic Geology*. – 1964. – V. 59. – P. 1176–1177.
  28. Bucholz C. E., Spencer C. J. Strongly Peraluminous Granites across the Archean–Proterozoic Transition // *Journal of Petrology*. – 2019. – V. 60, № 7. – P. 1299–1348.
  29. Colvine A. C., Fyon J. A., Heather K. B., Marmont S., Smith P. M., Troop D. G. Archean Lode Gold Deposits in Ontario // *Ontario Geological Survey Miscellaneous Paper 139*. – Ontario : Ministry of Northern Development and Mines, 1988. – 138 p.
  30. Davis W. J., Bleeker W. Timing of plutonism, deformation, and metamorphism in the Yellowknife Domain, Slave Province, Canada // *Canadian Journal of Earth Sciences*. – 1999. – V. 36. – P. 1169–1187.
  31. Hagemann S. G., Cassidy K. F. Archean Orogenic Lode Gold Deposits // *Society of Economic Geologist Reviews*. – 2000. – V. 13. – P. 9–68.
  32. Kretz R., Loop J., Hatree R. Petrology and Li-Be-B geochemistry of muscovite-biotite granite and associated pegmatite near Yellowknife, Canada // *Contribution to Mineralogy and Petrology*. – 1989. – V. 102, № 2. – P. 174–190.
  33. Mercier-Langevin P., Houle M. G., Dube B., Monecke T., Hannington M. D., Gibson H. L., Goutier J. A Special Issue on Archean Magmatism, Volcanism, and Ore Deposits: Part 1. Komatiite-Associated Ni-Cu-(PGE) Sulfide and Greenstone-Hosted Au Deposits. Preface // *Economic geology and the bulletin of the Society of Economic Geologists*. – 2012. – V. 107, № 5. – P. 745–753.
  34. Mueller A. G., Lawrance L. M., Muhling J., Pooley G. D. Mineralogy and PTX Relationships of the Archean Hannan South Au-Cu (Co-Bi) Deposit, Kalgoorlie, Western Australia: Thermodynamic Constraints on the Formation of a Zoned Intrusion-Related Skarn // *Economic Geology*. – 2012. – V. 107. – P. 1–24.
  35. Ootes L., Morelli R. M., Creaser R. A., Lentz B. R., Falck H., Davis W. J. The Timing of Yellowknife Gold Mineralization: a Temporal Relationship with Crustal Anatexis // *Economic Geology*. – 2011. – V. 106. – P. 713–720.
  36. Padgham W. A. Turbidite-hosted gold-quartz veins in the Slave Structural Province, N.W.T. // *Geological Association of Canada. Special Paper*. – 1986. – V. 32. – P. 119–134.
  37. Percival J. A. Geology and Metallogeny of the Superior Province, Canada // *Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit-Types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces and Exploration Methods*: Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division. – 2007. – Special Publ. – P. 21–57.
  38. Poulsen K. H., Robert F., Dube B. Geological classification of Canadian gold deposits // *Geological Survey of Canada Bulletin 540*. – 2000. – 106 p.
  39. Shelton K. I., McMenemy T. D., Falck H. Deciphering the Complex Fluid History of a Greenstone-Hosted Gold Deposit: Fluid Inclusion and Stable Isotope Studies of the Giant Mine, Yellowknife, Northwest Territories, Canada // *Economic Geology*. – 2009. – V. 99. – P. 1643–1663.
  40. Silke R. High-grade tales: stories from mining camps of the Northwest Territories, Canada. – Canarctic graphic Ltd., 2012. – 76 p.



41. Stokes T. R., Zentilli M., Culshaw N. Structural and lithological controls of gold-bearing quartz-breccia zones in Archean metaturbidites, Gordon Lake, Northwest Territories, Canada // *Canadian Journal of Earth Sciences*. – 1990. – V. 27, № 12. – P. 1577–1589.
42. Stone D. Geology of the northern Superior area, Ontario // *Ontario Geological Survey. Open File Report 6140*. – 2005. – 94 p.
43. Vikent'eva O., Prokofiev V. Yu., Gamyarin G. N., Goryachev N. A., Bortnikov N. S. Intrusion-related gold-bismuth deposits of North-East Russia: PTX parameters and sources of hydrothermal fluids // *Ore Geology Reviews*. – 2018. – V. 102. – P. 240–259.
44. Wanless R. K., Boyle R. W., Lowdon J. A. Sulfur Isotope Investigations of the Gold-Quartz Deposits of the Yellowknife District // *Economic Geology*. – 1960. – V. 55. – P. 1591–1621.

## REFERENCES

1. Galyamov A. L., Volkov A. V., Lobanov K. V., Murashov K. Yu. Perspektivy vyavleniya 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 Economy]*, 2017, No 1, pp. 59–74. (In Russ.).
2. Glukhov A. N., Fomina M. I. Geologiya i mineralogiya arkhaiskogo mestorozhdeniya zolota Mon'yument-Bei, Kanada (zoloto-kvartsevaya formatsiya) [Geology and mineralogy of the Archean gold deposit Monument Bay, Canada (gold-quartz formation)], *Nauchnaya molodezh' – Severo-Vostoku Rossii: materialy III Mezhtseional'noi konferentsii molodykh uchenykh [Scientific youth – to the North-East of Russia: materials of the III Interregional conference of young scientists]*, Magadan, SVNTs DVO RAN Publ., 2010, pp. 32–35. (In Russ.).
3. Goryachev N. A. Blagorodnometall'nyi rudogenez i mantiino-korovoe vzaimodeistvie [Noble metal ore genesis and mantle-crustal interaction], *Geologiya i geofizika [Russian Geology and Geophysics]*, 2014, V. 55, No 2, pp. 323–332. (In Russ.).
4. Goryachev N. A. Blagorodnometall'nyi rudogenez i mantiino-korovoe vzaimodeistvie [Noble metal ore genesis and mantle-crustal interaction], *Sovremennye problemy geokhimii. Tezisy dokladov Vserossiiskogo soveshchaniya, posvyashchennogo 95-letiyu so dnya rozhdeniya akademika L. V. Tausona [Modern problems of geochemistry. Abstracts of the All-Russian Meeting dedicated to the 95th anniversary of the birth of Academician L. V. Tauson]*, Irkutsk, IG SO RAN, 2012, pp. 47–49. (In Russ.).
5. Goryachev N. A. Zolotorudoobrazuyushchie sistemy orogennykh pojasov [Gold-mining systems of orogenic belts], *Vestnik Severo-Vostochnogo nauchnogo tsentra DVO RAN [Bulletin of the North-East Scientific Center, Russia Academy of Sciences Far East Branch]*, 2006, No 1, pp. 2–16. (In Russ.).
6. Goryachev N. A. Proiskhozhdenie zoloto-kvartsevyykh zhil'nykh pojasov Severnoi Patsifiki [Origin of gold-quartz vein belts of the North Pacific], Magadan, SVKNII DVO RAN Publ., 2003, 143 p.
7. Dominikovskaya D. A., Dominikovskii G. G. Evolyutsiya zemnoi kory rannego dokembriya [Early Precambrian crustal evolution], Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1991, 216 p.
8. Zhirnov A. M. Krupnye zolotonosnye shtokverki v arkhaiskoi zelenokamennoi tolshche Priamur'ya – novyi tip mestorozhdenii Rossii [Large gold-bearing stockworks in the Archean greenstone strata of the Amur region – a new type of deposits in Russia], *Otechestvennaya geologiya [National Geology]*, 2019, No 4, pp. 37–46. (In Russ.).
9. Kondi K. Arkheiskie zelenokamennye poyasa [Archean Greenstone Belts], Moscow, Mir Publ., 1983, 390 p.
10. Korol'kov A. T. Geodinamika zolotorudnykh raionov Vostochnoi Sibiri [Geodynamics of the gold ore regions of Eastern Siberia], Irkutsk, IGU Publ., 2007, 251 p.
11. Kotlyar I. N., Zhulanova I. L., Rusakova T. B., Gagieva A. M. Izotopnye sistemy magmaticheskikh i metamorficheskikh kompleksov Severo-Vostoka Rossii [Isotope systems of magmatic and metamorphic complexes in the North-East of Russia], Magadan, SVKNII DVO RAN Publ., 2001, 319 p.
12. Kotov A. B., Kovach V. P., Sal'nikova E. B., Glebovitskii V. A., Yakovleva S. Z., Berezhnaya N. G., Myskova T. A. Etapy formirovaniya kontinental'noi kory tsentral'noi chasti Aldanskoi granulito-gneisovoi oblasti: U-Pb i Sm-Nd izotopnye dannye po granitoidam [Stages of formation of the continental crust of the central part of the Aldan granulite-gneiss area: U-Pb and Sm-Nd isotopic data on granitoids], *Petrologiya [Petrology]*, 1995, V. 3, No 1, pp. 99–110. (In Russ.).
13. Kravchenko A. A., Smelov A. P., Berezkin V. I., Popov N. V. Geologiya i genezis dokembriiskikh zolotonosnykh metabazitov tsentral'noi chasti Aldano-Stanovogo shchita [Geology and genesis of Precambrian gold-bearing metabasites of the central part of the Aldan-Stanovoy shield], Yakutsk, IGABM SO RAN Publ., 2010, 148 p.
14. Kuznetsov V. S., Petrov S. V. Veshchestvennyi sostav i geneticheskie osobennosti blagorodnometall'noi mineralizatsii v mezhrudnykh slantsakh kurskoi serii KMA

- [Material composition and genetic features of noble metal mineralization in the inter-ore shale of the Kursk KMA series], *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Seriya 7. Geologiya, geografiya* [Bulletin of St. Petersburg University. Series 7. Geology, geography], 2014, V. 4, pp. 37–51. (In Russ.).
15. Larionova Yu. O., Samsonov A. V., Shatagin K. N., Nosova A. A. Izotopno-geokhronologicheskie svidetel'stva paleoproterozoiskogo vozrasta zolotorudnoi mineralizatsii v arkhaiskikh zelenokamennykh poiyasakh Karelii (Baltiiskii shchit) [Isotope-geochronological evidence of the Paleoproterozoic age of gold mineralization in the Archean greenstone belts of Karelia (Baltic shield)], *Geologiya rudnykh mestorozhdenii* [Geology of Ore Deposits], 2013, V. 55, No 5, pp. 374–396. (In Russ.).
  16. Mironov A. G., Spiridonov A. M., Zhmodik S. M. Osnovnye etapy i geodinamicheskie obstanovki formirovaniya zolotorudnykh mestorozhdenii yuzhnogo obramleniya Sibirskogo kratona [The main stages and geodynamic settings of the formation of gold deposits in the southern framing of the Siberian craton], *Zolotorudnye mestorozhdeniya Vostoka Rossii: Trudy III Vserossiiskogo simpoziuma "Zoloto Sibiri i Dal'nego Vostoka: geologiya, geokhimiya, tekhnologiya, ekonomika, ekologiya"* (Ulan-Ude, 21–25 sentyabrya 2004 g.) [Gold ore deposits of the East of Russia. Proceedings of the III All-Russian Symposium "Gold of Siberia and the Far East: geology, geochemistry, technology, economics, ecology" (Ulan-Ude, September 21–25, 2004)], Magadan, SVNTs DVO RAN Publ., 2006, pp. 17–31. (In Russ.).
  17. Nekrasov E. M. Zarubezhnye endogennye mestorozhdeniya zolota [Foreign endogenous gold deposits], Moscow, Nedra Publ., 1988, 286 p.
  18. Rannii dokembrii Baltiiskogo shchita [Early Precambrian Baltic Shield], St. Petersburg, Nauka Publ., 2005, 711 p.
  19. Rozen O. M., Andreev V. P., Belov A. N., Bibikova E. V., Zlobin V. L., Lyapunov S. M., Milanovskii S. Yu., Nozhkin A. D., Rachkov V. S., Sonyushkin V. E., Sukhanov M. K., Shakhot'ko L. I. Arkhei Anabarskogo shchita i problemy rannei evolyutsii Zemli [Archean of the Anabar Shield and the Problems of the Early Evolution of the Earth], Moscow, Nauka Publ., 1988, 253 p.
  20. Rundkvist D. V., Mints M. V., Larin A. M. [et al.] Metallogeniya ryadov geodinamicheskikh obstanovok rannego dokembriya, Moscow, MPR RF, RAN, GeoKart Publ., RosGeo Publ., 1999, 399 p.
  21. Safonov Yu. G., Vasudev V. N., Srinivasan R. Zolotorudnoe pole Kolar (Indiya), Moscow, Nauka Publ., 1988, 132 p.
  22. Sobolev A. P. Mezozoiskie granitoidy Severo-Vostoka SSSR i problemy ikh rudonosnosti [Mesozoic granitoids of the North-East of the USSR and the problems of their ore content], Moscow, Nauka Publ., 1989, 248 p.
  23. Sher S. D. Metallogeniya zolota (Evraziya, Afrika, Yuzhnaya Amerika) [Gold metallogeny (Eurasia, Africa, South America)], Moscow, Nedra Publ., 1974, 256 p.
  24. Sher S. D. Metallogeniya zolota (Severnaya Amerika, Avstraliya, Okeaniya) [Gold metallogeny (North America, Australia, Oceania)], Moscow, Nedra Publ., 1972, 295 p.
  25. Anderson M. O., Lentz D. R., Mcfarlane C. M., Falck H. A geological, geochemical and textural study of a LCT pegmatite: implications for the magmatic versus metasomatic origin of Nb–Ta mineralization in the Moose II pegmatite, Northwest Territories, Canada, *Journal of Geosciences*, 2013, V. 58, pp. 299–320.
  26. Bleeker W., Hall B. The Slave craton: geological and metallogenic evolution, *Mineral deposits of Canada: synthesis of major deposit-types, district metallogeny, the evolution of geological provinces and exploration methods. Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division, Special Publication*, 2007, No 5, pp. 849–879.
  27. Boyle R. W. Origin of Yellowknife gold deposits, *Economic Geology*, 1964, V. 59, pp. 1176–1177.
  28. Bucholz C. E., Spencer C. J. Strongly Peraluminous Granites across the Archean–Proterozoic Transition, *Journal of Petrology*, 2019, V. 60, No 7, pp. 1299–1348.
  29. Colvine A. C., Fyon J. A., Heather K. B., Marmont S., Smith P. M., Troop D. G. Archean Lode Gold Deposits in Ontario, *Ontario Geological Survey Miscellaneous Paper 139, Ministry of Northern Development and Mines*, 1988, 138 p.
  30. Davis W. J., Bleeker W. Timing of plutonism, deformation, and metamorphism in the Yellowknife Domain, Slave Province, Canada, *Canadian Journal of Earth Sciences*, 1999, V. 36, pp. 1169–1187.
  31. Hagemann S. G., Cassidy K. F. Archean Orogenic Lode Gold Deposits, *Society of Economic Geologist Reviews*, 2000, V. 13, pp. 9–68.
  32. Kretz R., Loop J., Hatree R. Petrology and Li-Be-B geochemistry of muscovite-biotite granite and associated pegmatite near Yellowknife, Canada, *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 1989, V. 102, No 2, pp. 174–190.
  33. Mercier-Langevin P., Houle M. G., Dube B., Monecke T., Hannington M. D., Gibson H. L., Goutier J. A Special Issue on Archean Magmatism, Volcanism, and Ore Deposits: Part 1. Komatiite-Associated Ni-Cu-(PGE) Sulfide and Greenstone-Hosted Au Deposits. Preface, *Economic geology and the bulletin of the Society of Economic Geologists*, 2012, V. 107, No 5, pp. 745–753.
  34. Mueller A. G., Lawrence L. M., Muhling J., Pooley G. D. Mineralogy and PTX Relationships of the Archean Hannan South Au-Cu (Co-Bi) Deposit, Kalgoorlie, Western Australia: Thermodynamic Constraints on the Formation of a Zoned Intrusion-Related Skarn, *Economic Geology*, 2012, V. 107, pp. 1–24.



35. Ootes L., Morelli R. M., Creaser R. A., Lentz B. R., Falck H., Davis W. J. The Timing of Yellowknife Gold Mineralization: a Temporal Relationship with Crustal Anatexis, *Economic Geology*, 2011, V. 106, pp. 713–720.
36. Padgham W. A. Turbidite-hosted gold-quartz veins in the Slave Structural Province, N.W.T., *Geological Association of Canada. Special Paper*, 1986, V. 32, pp. 119–134.
37. Percival J. A. Geology and Metallogeny of the Superior Province, Canada // Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit-Types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces and Exploration Methods: Geological Association of Canada, *Mineral Deposits Division*, 2007, Special Publ., pp. 21–57.
38. Poulsen K. H., Robert F., Dube B. Geological classification of Canadian gold deposits, *Geological Survey of Canada Bulletin 540*, 2000, 106 p.
39. Shelton K. I., McMenamy T. D., Falck H. Deciphering the Complex Fluid History of a Greenstone-Hosted Gold Deposit: Fluid Inclusion and Stable Isotope Studies of the Giant Mine, Yellowknife, Northwest Territories, Canada, *Economic Geology*, 2009, V. 99, pp. 1643–1663.
40. Silke R. High-grade tales: stories from mining camps of the Northwest Territories, Canada, *Canarctic graphic Ltd.*, 2012, 76 p.
41. Stokes T. R., Zentilli M., Culshaw N. Structural and lithological controls of gold-bearing quartz-breccia zones in Archean metaturbidites, Gordon Lake, Northwest Territories, Canada, *Canadian Journal of Earth Sciences*, 1990, V. 27, No 12, pp. 1577–1589.
42. Stone D. Geology of the northern Superior area, Ontario, *Ontario Geological Survey. Open File Report 6140*, 2005, 94 p.
43. Vikent'eva O., Prokofiev V. Yu., Gamyarin G. N., Goryachev N. A., Bortnikov N. S. Intrusion-related gold-bismuth deposits of North-East Russia: PTX parameters and sources of hydrothermal fluids, *Ore Geology Reviews*, 2018, V. 102, pp. 240–259, doi: 10.1016/j.oregeorev.2018.09.004
44. Wanless R. K., Boyle R. W., Lowdon J. A. Sulfur Isotope Investigations of the Gold-Quartz Deposits of the Yellowknife District, *Economic Geology*, 1960, V. 55, pp. 1591–1621.

## GENETIC CLASSIFICATION OF ARCHEAN LODE GOLD DEPOSITS

**A. N. Glukhov** (PhD, senior researcher)

N. A. Shilo Northeastern Integrated Research Institute FEB RAS, Magadan

*Main features of the Archean gold deposits spatial distribution are outlined. Geology and ore composition of two deposits within the Canadian shield distinguished by tectonic position and host rock lithology are described. Delineation of two separate genetic types of the Archean gold deposits, orogenic and granitoid-related, similar to Phanerozoic accretion-collision belts is validated on that basis.*

*Keywords: Archean gold deposits, craton, granite-greenstone terranes, orogenic, granitoid-related.*

