

Н.А. Пуляев

СВФУ им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

e-mail: pna-s-vfu@mail.ru

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ ДОКЕМБРИЙСКИХ ТРОГОВЫХ СТРУКТУР ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АЛДАНО-СТАНОВОГО ЩИТА

Аннотация. В статье приводятся результаты изучения разными геологами геологического строения и перспективы рудоносности троговых комплексов, выполняющих такие структуры как трог, которые выявлены на разных этапах геологических исследований на территории западной части Алдано-Станового щита. Определены основные типы троговых комплексов и их разрезы. Установлен характер залегания осадочных (терригенных), вулканогенно-осадочных и метавулканических пород, выполняющих трог и образующие троговые комплексы. Описан характер соотношения этих пород в разрезе трогового комплекса в изученных трогах. Результаты изучения троговых комплексов показали, что в целом, для них характерна фациальная изменчивость, неоднородность метаморфизма и динамотермальная переработка пород (особенно в бортах трогов) с образованием милонитов и катаклазитов. Установлено, что трог приурочены к трем региональным системам разрывных нарушений. Внутри трогов отмечены как согласные, так и секущие разрывы, определяющие их блоковую тектонику. Приведены результаты определения геологического возраста пород трогового комплекса. Для троговых структур характерна рудная минерализация, связанная с процессами седиментации (железистые кварциты, медистые песчаники) и вулканогенного рудообразования (медноколчеданное и полиметаллическое оруденение), а также с процессами метаморфогенно-гидротермального перераспределения рудного вещества (стратиформное шселитовое оруденение, рудоносные кварцевые жилы). Также установлено, что металлогения троговых структур изучена недостаточно. Тем не менее, большинство геологов, изучавших троговые комплексы в своих отчетах отмечали, что докембрийские троговые комплексы могут рассматриваться в качестве важных и перспективных в металлогеническом отношении геологических объектов западной части Алдано-Станового щита и заслуживают более углубленного изучения.

Ключевые слова: Алдано-Становой щит, троговые структуры, трог, троговый комплекс, геологический разрез, геологический возраст, метаморфизм, металлогения.

N.A. Puliaev

M. K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

e-mail: pna-s-vfu@mail.ru

GEOLOGICAL STRUCTURE AND METALLOGENY OF PRECAMBRIAN SEDIMENTARY STRUCTURES OF WESTERN ALDAN-STANOVY SHIELD

Abstract. The article presents the results of the study by various geologists of the geological structure and prospects of ore-bearing trog complexes performing structures such as throgs, which were identified at different stages of geological research in the western part of the Aldan-Stanovy shield. The main types of traction complexes and their sections were determined. The nature of the occurrence of sedimentary (terrigenous), volcanogenic-sedimentary and metavolcanic rocks performing throgs and forming throg complexes was established. The nature of the ratio of these rocks in the context of the trog complex in the studied throgs was described. The results of the study of trog complexes showed that they are generally characterized by facies variability, heterogeneity of metamorphism and dynamothermal processing of rocks (especially in the sides of throgs) with the formation of mylonites and cataclasites. It was established that the throgs are confined to three regional systems of discontinuous disturbances. Both consonantal and secant discontinuities were marked inside the throgs, defining their block

tectonics. The results of determining the geological age of the rocks of the trogovoi complex were presented. The trog structures are characterized by ore mineralization associated with the processes of sedimentation (ferruginous quartzites, copper sandstones) and volcanogenic ore formation (copper-crust and polymetallic mineralization), as well as with the processes of metamorphogenic-hydrothermal redistribution of ore matter (stratiform scheelite mineralization, ore-bearing quartz veins). It was also found that the metallogeny of the trog structures has not been studied sufficiently. Nevertheless, the majority of geologists who studied the trogoveye complexes noted in their reports that Precambrian trogoveye complexes can be considered as important and metallogenically promising geological objects in the western part of the Aldan-Stanovy Shield and deserve more in-depth study.

Keywords: Aldan-Stanovoy shield, trog structures, trogs, trog complex, geological section, geological age, metamorphism, metallogeny.

Введение

Существование троговых структур как самостоятельного типа докембрийских грабенообразных прогибов в западной части Алдано-Станового щита (АСЩ), впервые было упомянуто в работах Е. М. Лазько и Г. Б. Митича [1]. В бассейне верхнего течения р. Чуги ими было отмечено, что метаморфизованные вулканогенно-терригенные отложения выполняют обособленные тектонические структуры (изолированные грабены), более молодые, чем архейские образования. В последующие годы исследования Ю. К. Дзевановского и Е. П. МIRONЮКА позволили значительно уточнить и расширить знания о составе и строении геологических комплексов более молодых, чем метаморфические образования архея АСЩ [2]. Позже, в связи с расширением геологических работ в этом районе, вопросы тектоники, магматизма и металлогении приразломных прогибов разрабатывались и другими геологами (Е. П. МIRONЮКОМ, Л. И. Салопом, М. З. Глуховским, В. А. Кудрявцевым, А. Ф. Петровым, Л. М. Реутовым, Ю. П. Рассказовым, Е. В. Ялынычевым, В. С. Федоровским, А. М. Лейтесом, В. И. Березкиным, В. С. Когеном, В. М. Моралевым, А. Л. Ставцевым, И. М. Фрумкиным, С. В. Нужновым и др). На основе этих исследований оформились представления о троговых структурах Алдано-Станового щита, как аналогах структур типа зеленокаменных поясов, известных на многих древних платформах [3, 4, 5]. В пределах АСЩ в настоящее время выявлено более 30 шовных прогибов (трогов), выполненных метаморфизованными терригенно-вулканогенными образованиями, объединяемыми под общим названием троговый комплекс [6]. Установлено, что формирование трогов приурочено, большей частью, к крупным региональным разломам и прослеживаются они в виде систем относительно узких линейных структур, наиболее протяженные из которых расположены в широтных зонах Станового и Южно-Тукурингского разломов

Троговые комплексы западной части АСЩ

Отложения трогового комплекса принадлежат к терригенно-вулканогенной и железисто-кремнистой формациям. В составе комплекса преобладают вулканические и осадочные терригенные породы, прогрессивно метаморфизованные в условиях амфиболитовой или реже зеленосланцевой фаций. В подчиненном количестве встречаются глинистые, кремнисто-железистые и карбонатные породы. Залегая, главным образом, в относительно узких и протяженных структурах, отложения трогового комплекса иногда отделены от гранитизированных раннеархейских образований разломами. Чаше эти границы «залечены» раннепротерозойскими гранитами, развивающимися как по породам фундамента, так и по образованиям трогового комплекса. Разрезы трогового комплекса даже в трогах, расположенных в пределах одной зоны разломов, существенно различаются, главным образом, по количеству вулканогенных пород. Точно так же и в соседних параллельных трогах нередко наблюдаются трудно сопоставимые последовательности напластований. Индивидуальный характер внутреннего строения трогов сильно затрудняет корреляцию разрезов даже смежных и не очень удаленных шовных прогибов. Варианты такой корреляции разрезов трогового комплекса стратотипической местности на западе АСЩ были предложены Е. П. МIRONЮКОМ и др. [2] и А. Ф. Петровым [6]. Этими

исследователями была выделена верхнеархейская борсалинская серия, а также олондинская, субганская, тунгурчинская и тасмизлинская серии нижнего протерозоя. Как правило, образования, относимые к различным сериям (за исключением тасмизлинской серии и ее аналогов), в одном и том же трог не встречаются; они обычно залегают в изолированных структурах.

Преимущественно в терригенной тасмизлинской серии и ее аналогах известны горизонты базальных метаконгломератов, в которых отмечается галька метаморфических пород, типичных для подстилающих образований трогового комплекса и более древних пород фундамента. Это позволило рассматривать тасмизлинскую серию и ее аналоги как верхнюю часть разреза трогового комплекса, залегающую с размывом на породах нижней части разреза. В качестве стратотипических комплексов нижней и верхней частей разреза могут быть указаны соответственно борсалинская и тасмизлинская серии [7].

Несмотря на трудности, возникающие при корреляции разрезов комплекса и связанные, по всей видимости, с высокой степенью автономности развития отдельных троговых структур, для всех них устанавливается несомненное сходство состава слагающих их пород. Однако количественные соотношения вулканических и осадочных пород в различных трогах варьируют очень сильно, в связи с чем представляется возможным различать три основных типа строения трогового комплекса. Это преимущественно вулканогенный, терригенно-вулканогенный и существенно терригенный типы.

К первому типу относятся трог, в пределах которых на долю вулканогенных пород приходится более половины объема (мощности) слагающих их образований (Хани-Олондинский, Унгринский и Амазар-Гилуйский). Второй тип троговых структур (наиболее распространенный) характеризуется наличием вулканогенных пород в объеме менее 50 % (Саймаганский, Торочанский, Чарский, Ималыко-Тарынакский, Темулякитский, Тасмизлинский, Тунгурчинский, Борсалинский, Каларский, Субганский, Аяно-Бурпалинский, Имангринский, Чульманский, Джелтулакский, Нижнеджелиндинский). Необходимо отметить, что в этой группе трогов выявлены разновидности с резким преобладанием в разрезах терригенных пород (по существу, вулканогенно-терригенный подтип – Аяно-Бурпалинский, Каларский, Чульманский).

Существенно терригенный тип троговых структур отличается преобладанием метаосадочных пород при крайне незначительных развитиях метавулканитов (Итчилякский, Тарагай-Ханский, Куртахский, Авгенкурский, Амедичинский).

В процессе изучения геологического строения трогов, было установлено что не существует резкого различия между выделенными типами трогов. Отнесение их к тому или иному типу часто объяснялось недостатком фактического материала. Последнее обстоятельство, в свою очередь, обусловлено слабой степенью изученности троговых структур, сложностью их тектоники и, возможно, различным эрозионным срезом, при котором на поверхности могут обнажаться не все горизонты и пачки пород, слагающие разрез той или иной структуры.

Троговые структуры вулканогенного типа характеризуются преимущественным развитием вулканогенных пород основного состава или контрастных вулканических серий. В качестве примера характерного разреза трогового комплекса вулканогенного типа можно привести обобщенный разрез отложений, выполняющих Хани-Олондинский трог [8]. Описание разреза снизу-вверх:

- | | |
|---|-------|
| 1. Хлоритовые, карбонат-хлорит-хальк-актинолитовые, хлорит-актинолитовые сланцы, амфиболиты. | 150 м |
| 2. Амфиболиты полосчатые, биотитизированные, переслаивающиеся со светло-серыми метаэффузивами среднего и кислого состава, которые по латерали иногда замещаются лейкократовыми кварцито-гнейсами. | 250 м |
| 3. Амфиболиты и амфиболовые сланцы с линзовидными прослоями биотит-кварцевых сланцев и метапесчаников. | 250 м |

4. Метаэффузивы среднего и кислого состава, переслаивающиеся с амфиболитами.	150 м
5. Метаэффузивы среднего и кислого состава с прослоями кварцитовидных песчаников и кварцитов.	450 м
6. Амфиболиты, карбонат-тальк-хлоритовые сланцы, метапесчаники и кислые метаэффузивы.	600 м
7. Метаэффузивы среднего состава.	700 м.
8. Биотит-амфиболовые гнейсы, амфиболиты, вверху слой мраморов (до 20 м).	170 м
9. Амфиболиты.	150 м
10. Амфиболовые гнейсы, переслаивающиеся с метаэффузивами кислого состава.	100 м
11. Амфиболиты.	140 м
12. Метаэффузивы среднего состава, местами вмещающие пачку ставролит-гранат-биотитовых сланцев и кварцитов.	50 м

Общая мощность отложений Хани-Олондинского трога 2460 м.

В пределах Амазар-Гилюйского трога, также принадлежащего к вулканогенному типу, отложения трогового комплекса имеют очень большую мощность (до 7,5 км) и подразделяются на три свиты: арбинскую (2500 м), мотовинскую (до 3000 м) и минжакскую (2000 м). Нижняя и верхняя свиты представлены преимущественно амфиболовыми кристаллическими сланцами (метавулканитами), слагающими однородные монотонные толщи, выдержанные по простиранию. Отмечаются послойные тела габбро-амфиболитов. В средней мотовинской свите преобладают биотитовые гнейсы и кристаллические сланцы. На отдельных участках трога развиты железистые кварциты, кварцито-гнейсы, редко пласты мраморов и глиноземистых графитосодержащих гнейсов [9].

В Унгринской структуре породы основного состава слагают верхнюю часть толщи (4000 м), в то время как в ее нижней части (1500 м) преимущественным развитием пользуются биотитовые гнейсы с подчиненными кварцитами, амфиболитами и амфиболовыми кристаллическими сланцами [10].

Большая часть троговых структур западной части АСЦ принадлежит к терригенно-вулканогенному типу. В составе этой группы трогов встречаются трог, в которых вулканогенные породы залегают преимущественно в нижней части разреза, а также трог, где вулканиты образуют отдельные прослои, рассредоточенные по всему разрезу. В первую подгруппу включены Тасмиэлинский, Тунгурчинский, Субганский, Имангрский, Чульманский, Желтулакский и Нижнеджелиндинский (южная часть) трог. В которых в низах разрезов залегают актинолитовые амфиболиты и амфиболовые сланцы, микроамфиболиты, нередко с реликтами первичных структур, свойственных долеритам, иногда переслаивающиеся с резко подчиненными биотитовыми микрогнейсами, мраморами, кварцито-сланцами и графитовыми сланцами. Мощность этой существенно вулканогенной пачки 200-650 м. Выше ее залегают либо терригенная пачка мощностью 400-1000 м, либо терригенно-вулканогенная – мощностью до 1000-1500 м. В первом случае в составе верхней пачки отмечаются двуслюдяные андалузит-слюдяные сланцы иногда с гранатом и дистеном, биотитовые и биотит-гранатовые микрогнейсы, мраморы, слюдяные кварциты и кварциты, часто графитосодержащие, с редкими прослоями амфиболитов. Во втором случае (Желтулакский трог), помимо перечисленных пород, в верхней пачке отмечаются в больших количествах амфиболиты и актинолит-хлоритовые сланцы. В некоторых случаях верхняя надэффузивная часть разреза сложена преимущественно карбонатными породами при подчиненной роли метаморфизованных терригенных пород. По особенностям строения разреза эти трог можно отнести к вулканогенно-терригенно-карбонатному типу. Они развиты главным образом на южном фланге Тыркандинской системы трогов в верховьях рек Зеи и Купури.

К второй подгруппе принадлежат Саймаганский, Торочанский, Чарский, Ималыко-Тарынакский, Темулякитский, Борсалинский, Каларский, Аяно-Бурпалинский трог и северная

часть Джелтулакского трога. Повсеместно в нижней части разрезов метаморфических толщ, выполняющих эти трог, залегают биотитовые, двуслюдяные гнейсы и сланцы, переслаивающиеся с мономинеральными кварцитами или слюдистыми кварцитами, нередко содержащими кордиерит, ставролит и куммингтонит. Отмечаются прослои магнетитовых кварцитов и мраморов. Среди метаосадочных пород залегают многочисленные прослои метавулканитов-амфиболитов, актинолит-эпидотовых, актинолит-гранатовых, актинолитовых и амфиболовых сланцев, а также габбро-амфиболитов. Мощность терригенно-вулканогенной толщи пород варьирует от 400 до 2000 м. Выше нее располагается существенно терригенная толща мощностью 1000-2000 м. Она сложена биотитовыми гнейсами, переслаивающимися с кварц-биотитовыми, гранат-ставролитовыми, силлиманит-биотитовыми, кварц-серицитовыми, биотит-гранатовыми и двуслюдяными сланцами. Редко отмечаются прослои метаконгломератов с галькой кварца и мраморов. Типичным для этой части разреза является присутствие разнообразных кварцитов. Как правило, мономинеральных или содержащих силлиманит, андалузит и гранат. Повсеместно в верхних толщах трогов рассматриваемой подгруппы встречаются пласты магнетитовых кварцитов.

Троговые структуры терригенного типа выполнены разнообразными породами осадочного происхождения, среди которых в подчиненном количестве иногда присутствуют и метавулкани-ты. Так, в Авгенкурском троге отмечаются слюдистые и кварцито-слюдистые сланцы, кварциты, редко мраморы и амфиболитовые сланцы. Видимая мощность разреза 300 м. Аналогичная картина наблюдается и в Итчилякском троге, где в основании разреза залегает мощный (110 м) горизонт кварцитов, перекрытый двуслюдяными и мусковитовыми сланцами с прослоями биотитовых сланцев, микрогнейсов, кварцитов и метапесчаников. Примерно в средней части толщ (общей мощностью 970 м) отмечается пластовое тело ортоамфиболитов мощностью 200 м.

Наибольшей мощностью и разнообразием пород отличается разрез трогового комплекса Амедицинского трога [9]. Здесь наиболее древние горизонты трогового комплекса, объединяемые в булгуняхтахскую толщу, представлены биотитовыми, биотит-гранат-кордиеритовыми гнейсами и микрогнейсами с прослоями биотит-амфиболовых, силлиманит-кордиеритовых, биотит-гранат-кордиерит-ставролитовых и гранат-кордиерит-жедритовых гнейсов и амфиболитов. Мощность этой толщи 1200-1600 м. Выше залегает крутойская толща, сложенная кварцитами, слюдистыми кварцитами, кварцито-гнейсами с прослоями биотитовых, биотит-кордиеритовых, биотит-амфиболовых, силлиманит-кордиеритовых, слюдисто-андалузитовых сланцев и метадиабазов. Мощность толщи 1300-1500 м. Далее вверх по разрезу залегает кылахская толща, в основании которой располагается пачка конгломератов, гравелитов и гравелистых кварцито-песчаников. В конгломератах встречается галька мономинеральных и железистых кварцитов, сходных по составу и структурным особенностям с кварцитами верхнеалданской свиты архея АСЦ и частично с кварцито-гнейсами крутойской толщи. Мощность пачки конгломератов 250 м. На конгломератах залегает толща мономинеральных и слюдистых кварцитов с прослоями гематитовых кварцитов. Общая мощность кылахской толщи 1600-1900 м. Разрез трогового комплекса в Амедицинском троге завершается диалтундинской толщей, сложенной кварцитами, амфиболитами, биотитовыми сланцами с андалузитом и фибролитом. В виде линз и отдельных прослоев встречаются мраморы, актинолит-диопсидовые породы, метариолиты и метадациты. В нижней части толщи выявлена пачка (150-200 м) галечных и валунных метаконгломератов. Мощность толщи 1100-1300 м. Общая мощность трогового комплекса в Амедицинском троге оценивается в 5200-6400 м.

На примере Амедицинской структуры хорошо видна принадлежность двух верхних толщ трогового комплекса к обособленной верхней части разреза, видимо, отделенной от нижней части перерывом. К верхней части трогового комплекса относятся также некоторые толщи трогов терригенно-вулканогенного типа, в частности, тасмиэлинская серия одноименного трога и ее аналоги в Каларском, Тунгурчинском, Тарагай-Хаинском и Джелтулакском трогах [7].

В составе тасмиелинской серии и ее аналогов отмечаются метапесчаники и микрокварциты (в том числе медистые), метаалевролиты, черные графитистые, гранат-ставролитовые и слюдястые сланцы, кварциты, реже джеспилиты и мраморы. Последние в значительном объеме отмечаются в Тунгурчинском трого. Почти повсеместно в основании рассматриваемой серии залегают метаконгломераты и метагравелиты с галькой подстилающих пород. Одновременно в разрезе серии присутствуют метавулканиды основного (Тасмиелинский и Каларский трого), среднего и кислого состава: метадациты, метариолиты, порфирииды по андезитам и андезиодацитам (Амедичинский и Тарагай-Хаинский трого). Характерной особенностью серии, завершающей разрез трогового комплекса, является заметно меньшая степень метаморфизма пород по сравнению с породами нижней части разреза. Здесь метаморфизм достигает обычно эпидот-амфиболитовой и зеленосланцевой фации, в связи с чем в породах часто сохраняются первичные структуры, текстуры и другие признаки первично-осадочного или вулканического происхождения. Мощность отложений верхней части трогового комплекса достигает 2700-3200 м.

Особо следует остановиться на желтулакской серии, залегающей с разрывом на терригенно-вулканогенных образованиях нижней части трогового комплекса в пределах одноименного трого. В ее составе отмечаются метапесчаники (в том числе медистые), кварц-полевошпат-слюдястые сланцы, черные графитистые сланцы, филлиты, слюдястые сланцы, очень часто метагравелиты, а также измененные андезиты, дациты, риолиты, долериты, диопсид-тремолитовые мраморы. В основании встречаются конгломераты (часто графитсодержащие) с галькой кварца, пегматитов и амфиболитов. Видимая мощность отложений не менее 1000 м. Желтулакская серия может коррелироваться с удоканской серией нижнего протерозоя [7]. Вместе с тем она имеет ряд сходных черт и с тасмиелинской серией трогового комплекса как по формационной принадлежности слагающих ее пород, так и по степени их метаморфизма. Не исключено, что в состав желтулакской серии входят аналоги удоканской серии и аналогии тасмиелинской серии верхов трогового комплекса.

В целом для трогового комплекса весьма характерна фациальная изменчивость, неоднородность метаморфизма и часто динамотермальная переработка пород (особенно в бортах трогов) с образованием милонитов, катаклазитов и тектонических сланцев. Отложения, выполняющие троговые структуры Алдано-Становой области, сложены вулканидами преимущественно основного состава, а также терригенными, глинистыми и в меньшей степени кремнистыми и карбонатными породами. Все они в различной степени метаморфизованы в условиях амфиболитовой и зеленосланцевой фации и нередко трудно отличимы от диафторированных пород архейских комплексов. Детальные петрографические исследования показывают, однако, что породы трогового комплекса подверглись прогрессивному метаморфизму вплоть до условий амфиболитовой фации, тогда как в архейских комплексах метаморфизм амфиболитовой и более низких фаций является регрессивным и накладывается на минеральные ассоциации гранулитовой фации.

В пределах трогов широко развиты интрузии метагаббро и ортоамфиболитов, изредка отмечаются тела дунитов. В трогах и вблизи их располагаются массивы редкометальных щелочных гранитоидов, поля мусковитовых и редкометальных пегматитов.

Тектоническая позиция трогов

В западной части АСЦ трого в большинстве своем приурочены к трем региональным системам разрывных нарушений. На западе щита, севернее зоны Станового разлома, преобладают субмеридиональные направления троговых структур. В зонах Станового и Южно-Тукурингского разломов, ограничивающих Джугджуро-Становую область, субширотные. Для самой этой области типичны северо-западные простирания трогов. Обращает на себя внимание приуроченность большинства трогов к крупным дуговым системам разломов, образующим иногда так называемые кольцевые структуры. Некоторые из них дешифрируются на космических снимках. Такова, например, Чарская кольцевая структура с дуговыми разломами, контролиру-

ющими размещение Темулякитского, Тасмиэлинского, Тунгурчинского, Аяно-Бурпалинского и Саймаганского трогов. К крупной Олекмо-Нюкжинской системе приурочены Желтулакский, Куртахский, Амазар-Гилуйский и Субганский трог. Эта дуговая система диаметром около 1000 км, так же, возможно, как и Чарская, является древнейшей кольцевой структурой Земли, которая четко выражена в магнитном поле в виде системы положительных аномалий. К подобной же дуговой системе разломов принадлежат и трог Тыркандинской зоны, в том числе и Авгенкурский.

Троговые структуры обычно ограничены разрывами, часто «залеченные» процессами гранитизации. Протяженность трогов заметно превышает их ширину. Наиболее вытянутые Каларский и Амазар-Гилуйский трог имеют размеры соответственно 150 x 10-20 км и 800 x 40 км, а системы Тукурингского, Темулякитского и Тасмиэлинского трогов – 150 x 30 км. Наиболее распространены трог размером 30-50 x 3-7 км; встречаются и более мелкие структуры. Часто трог разветвляются (например, Хани-Олондинский трог, юго-восточная часть Желтулакского трога и др.). Троговые структуры, как правило, разделены поднятиями фундамента, так называемыми гранитогнейсовыми валами, обычно сложенными гранитогнейсами станового или куандинского комплекса.

Метаморфизованные вулканогенно-осадочные образования трогового комплекса интенсивно дислоцированы и смяты в килевидные синклинали, осложненные опрокинутыми изоклинальными складками более высоких порядков. Изредка в крупных трогах отмечаются антиклинальные перегибы. В некоторых случаях троговый комплекс слагает моноклинальные чешуи. Оси линейных складок, равно как и общее простирание слоев, обычно параллельны вытянутости трогов и ограничивающих их разломов.

В пределах крупных трогов отмечаются брахиформные куполовидные структуры, связанные с ростом гранитогнейсовых диапиров ремобилизованного фундамента (Амазар-Гилуйский трог, юго-восточный фланг Желтулакского трога). Гранитогнейсовые купола чрезвычайно характерны для торцевых частей многих трогов. Они отмечены на восточном фланге Каларского трога в бассейне р. Олекмы, на юге Тунгурчинского и Тасмиэлинского трогов, в районе северо-западного фланга Желтулакского трога. В обрамлении таких куполов образования трогового комплекса часто слагают лентовидные моноклинальные залежи, «впаянные» в гранитогнейсовый субстрат и изгибающиеся согласно общей структуре фундамента [6]. В некоторых случаях (Тарагай-Хаинская структура), образования трогового комплекса слагают изогнутые синклинали, «вложенные» в гранитизированное и ремобилизованное основание.

Внутри трогов отмечаются как согласные, так и секущие разрывы, определяющие их блоковую тектонику. Вертикальные перемещения по этим разломам (например, в Желтулакском трог) затрудняют не только расшифровку внутренней структуры трога, но и корреляцию разрезов разобщенных блоков. Многие троговые структуры, особенно в Джугджуро-Становой области и в зоне Тыркандинского разлома, в значительной степени эродированы, в связи с чем на поверхности обнажаются их корневые части, представленные зонами катаклаза и милонитизации, насыщенными интрузивными телами габбро-амфиболитов, габбро и ультраосновных пород. Последние, видимо, могут рассматриваться в качестве вскрытых эрозией подводящих каналов, размывших вулканоплутонических комплексов.

К вопросу о возрасте троговых комплексов

Как отмечалось выше, разломные границы трогового комплекса с гранитизированным раннеархейским основанием обычно залечены раннепротерозойскими (от 2600 до 1900 млн. лет) палингено-метасоматическими гранитами. Поэтому стратиграфические взаимоотношения трогового комплекса с нижнеархейским фундаментом непосредственно не наблюдаются. Тем не менее на основании анализа геологического положения трогов можно утверждать, что рассматриваемые метаморфические образования шовных структур слагают более молодой структурно-вещественный комплекс.

Верхний возрастной предел трогового комплекса определяется тем, что на западе АСЦ он перекрывается нижнепротерозойской удоканской серией. При этом установлено [9], что в трогах, примыкающих к Кодаро-Удоканскому прогибу, верхняя, менее метаморфизованная часть трогового комплекса, связана постепенными переходами с нижней икабийской свитой удоканской серии, причем по латерали она фациально изменяется от терригенно-вулканогенной до существенно терригенной.

Не исключено, что тасмиэлинская серия и ее аналоги являются переходными между типичными терригенно-вулканогенными отложениями трогов и терригенными отложениями нижнепротерозойского протоплатформенного чехла, которые сохранились в пределах некоторых наиболее крупных трогов (желтулакская серия).

Результаты определений абсолютного возраста пород трогового комплекса калий-аргоновым методом [9], позволяют думать, что заложение и начало развития троговых структур в основном относится к позднему архею (интервал времени от 3150 до 2670-2540 млн. лет). Завершение формирования нижней части трогового комплекса, вероятно, относится к концу архея (2540-2670 млн. лет), тогда как образование верхних горизонтов комплекса, судя по определению возраста гальки пегматита из конгломератов желтулакской серии (2300 млн. лет) и прорывающих ее пегматитов (2200 млн. лет) захватывает и ранний протерозой.

Эпохи регионально проявленных процессов гранитизации и метаморфизма датируются следующим образом. Одна группа анализов (2670 и 2540 млн. лет) характеризует, вероятнее всего, время проявления раннепротерозойской гранитизации («древнестановой» в Становой области и синхронной ей «куандинской» на западе АСЦ), а вторая (от 2034 до 1676 млн. лет) – время формирования гранитоидов Чуйско-Кодарского комплекса западной части АСЦ и разновозрастных им гранитоидов Чубагинского и Токкско-Алгоминского комплексов Становой области [9,10]. С начальными и завершающими этапами гранитообразования в раннем протерозое связаны основные процессы складчатости и прогрессивного метаморфизма пород трогового комплекса, а также гранитизации, регрессивного метаморфизма и ремобилизации раннеархейского основания.

Таким образом, анализ геологического материала в комплексе с результатами определения абсолютного возраста пород указывает на длительность периода формирования (включая процессы складчатости, метаморфизма и гранитизации) шовных структур, охватывающего интервал времени от позднего архея до середины или конца дорифейского протерозоя.

Особенности металлогении троговых структур

Несмотря на то, что металлогения АСЦ в целом изучена вполне достаточно, тем не менее, изученность металлогении его троговых структур в западной части слабая [9]. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что в породах трогового комплекса щита локализуется достаточно разнообразная рудная минерализация, принадлежащая к перспективным промышленно-генетическим типам. Это прежде всего первично-осадочные руды железа в железистых кварцитах и меди в медистых песчаниках, кварцитах и «черных» (углеродсодержащих) сланцах, стратиформное медно-колчеданное, полиметаллическое и вольфрамовое оруденение, а также рудоносные кварцевые жилы в метавулканитах основного состава. Кроме того, в интрузиях гипербазитов, приуроченных к троговым структурам и ограничивающим их разломам, известны проявления асбеста и талька, а в терригенно-вулканогенных толщах трогового комплекса локализуются редкометальные пегматиты различного возраста.

Промышленные железные руды, представленные пластами джеспилитов, локализованы в троговом комплексе западной части щита (Чарский, Темулякитский, Ималыко-Тарынакский и др. трог). Значительно реже они встречаются в структурах центральной части щита. Джеспилиты характерны для трогов терригенно-вулканогенного типа, где они приурочены преимущественно к верхним частям разреза. По данным Е. П. Миронюка и др. [2], пласты средне- и крупнозернистых железистых кварцитов имеют мощность до нескольких десятков метров и

протяженность около 10 км. Содержание железа составляет 25-42 %, причем большая его часть входит в состав магнетита. Легкая обогатимость руд дополняется таким ценным качеством, как малое содержание вредных примесей (сотые доли процента фосфора и серы). Пласты джеспилитов сосредоточены обычно в одном интервале разреза, реже разобщены безрудными породами мощностью до 200 м. В ассоциации с ними отмечаются и метаморфизованные терригенные образования, а также и метавулканиды основного состава. В Чарском трогое присутствуют полиминеральные железистые породы, состоящие из кварца, магнетита, амфибола, граната, биотита и пироксена. В Нижнеджелиндинском и некоторых других трогоах АСИЦ известны магнетитосодержащие амфиболиты. Не исключено, что они являются древними аналогами магнетитовых базальтовых лав.

В западной части АСИЦ также известны и проявления магнетита, титаномagnetита, связанные с габброидами и гипербазитами, прорывающими породы трогового комплекса. В некоторых случаях, они формируют зональные или расслоенные силлы протяженностью до 20 км. при мощности 80-200 м. [10]. Содержание железа в габбро-амфиболитах и гипербазитах Тепраканского силла достигает местами 46 %, а титана – 4,5 %. По оценкам геологов, эти массивы малоперспективны в отношении железа и титана, ввиду низких содержаний этих компонентов.

Медная минерализация в песчаниках, кварцитах и «черных» сланцах выявлена в верхней существенно терригенной части разреза трогов вулканогенно-терригенного типа, а также в желтулакской серии одноименного трогоа. В вулканогенно-терригенных комплексах меденосные породы представлены кварцитами и микрокварцитами с мелкой вкрапленностью пирита, халькопирита, иногда пирротина, магнетита и резко подчиненным количеством других сульфидов. Они слагают тела, залегающие согласно с напластованием в толщах существенно терригенных пород с подчиненными метавулканидами основного состава, графитсодержащими сланцами и метагравелитами, содержащими сульфидную минерализацию, в том числе халькопиритовую. Так, в Желтулакском трогое меденосные микрокварциты образуют линзообразные пласты, которые пространственно ассоциируют с медноколчеданными вкрапленно-прожилковыми рудами в актинолитовых и других сланцах основного и ультраосновного состава.

Медистые песчаники, кварц-полевошпат-слюдястые сланцы (рассланцованные метапесчаники и метагравелиты) и кварц-серицит-графитистые сланцы, принадлежащие к желтулакской серии, выявлены на ряде участков Желтулакского трогоа. На одном из них образования трогового комплекса представлены актинолитовыми микроамфиболитами, кварц-актинолитовыми, кварц-хлоритовыми, актинолит-хлоритовыми и актинолит-плагиоклаз-биотитовыми сланцами с редкими маломощными прослоями микрокварцитов и графитистых сланцев; выше по разрезу терригенные породы постепенно начинают преобладать (в метавулканидах и микрокварцитах фиксируется медноколчеданная минерализация), образуя толщу метаосадочных пород, содержащих пласты медистых песчаников.

Ведущим рудным минералом является халькопирит, которому сопутствуют малахит и гидроокислы железа. Крайне редко отмечаются пирит, иногда борнит, ковеллин. Вкрапленная медная минерализация приурочена к определенным литологическим разностям пород и горизонтам и обычно не выходит за их пределы. Пирит-халькопиритовая вкрапленная минерализация зафиксирована также в маломощном пластовом теле хлоритовых и хлорит-магнетитовых пород (метавулканидов).

На других участках, помимо аналогичной минерализации, в метапесчаниках встречаются меденосные кварц-серицит-графитовые сланцы с обильными азуридом и малахитом. Породы иногда рассекаются кварцевыми прожилками, обогащенными пиритом, халькопиритом, сфалеритом, галенитом, иногда арсенопиритом. Отдельные прожилки содержат другие сульфиды, молибденит, а также турмалин. Отмечается заметное увеличение содержания меди на тех участках, где кварцевые прожилки пересекают меденосные породы. В этих местах в них фиксируются гнезда халькопирита с подчиненным количеством галенита и других сульфидов.

Видимая мощность меденосной толщи составляет около 200 м, при этом мощность продуктивных пластов не превышает нескольких метров. Наиболее богаты медью рассланцованные крупнозернистые песчаники, гравелиты и «черные сланцы». Для метаалевролитов и кварц-серицитовых сланцев характерна бедная минерализация. В немногочисленных прослоях диопсид-тремолитовых мраморов минералы меди отмечаются крайне редко, причем они ассоциируются с пиритом и пирротинном. В небольших количествах в меденосных породах постоянно присутствуют серебро и свинец.

Проявления стратиформного медноколчеданного оруденения, приурочены к метавулканитам основного состава нижних частей разрезов трогов вулканогенного и терригенно-вулканогенного типа. Они представлены пластами роговообманковых или актинолитовых амфиболитов, актинолит-хлорит-плагиоклазовых и кварц-актинолитовых сланцев. Пласты насыщены вкрапленниками сульфидов, сопровождаемых мелкими прожилками кварца и карбоната. Среди сульфидов преобладают пирит, халькопирит, иногда пирротин. В подчиненном количестве отмечаются борнит, магнетит, галенит, сфалерит. В пределах Желтулакского трога выявлены протяженные пластовые тела таких вкрапленно-прожилковых руд.

Сульфидизированные актинолит-хлоритовые и кварц-актинолитовые сланцы преимущественно приурочены к нижней, существенно вулканогенной, части разреза, в меньшей степени они развиты в метавулканитах верхней терригенно-вулканогенной части. Аналогичная минерализация отмечается и в линзовидных телах габбро-амфиболитов, локализованных среди вулканогенных пород.

В габбро-перидотитах, наблюдаемых среди актинолитовых амфиболитов, нередко интенсивно рассланцованных, наряду с перечисленными выше минералами выявлен также пентландит, что существенно повышает перспективы данного типа оруденения. Заслуживающим внимание фактом является то, что в аллювии ручьев, дренирующих эти образования, установлено присутствие платиноидов [3].

Медноколчеданная минерализация в троговых комплексах выявлена также и в пределах Тыркандинской зоны разломов, где вкрапленность, прожилки и гнезда сульфидов локализованы в амфиболитах и габбро-амфиболитах, выполняющих серию небольших трогов.

Полиметаллическая минерализация отмечается лишь в карбонатных отложениях и метавулканитах основного состава отдельных структур. В прорывающих их габброидах, установлено жильное и прожилково-вкрапленное свинцово-цинковое и колчеданно-полиметаллическое оруденение [10]. Так, в актинолит-хлоритовых сланцах и габбро-амфиболитах Нижнеджелиндинского трога выявлены зоны кварц-сульфидных и сульфидных прожилков, содержащих преимущественно галенит и халькопирит с подчиненным количеством пирита и валлериита. В карбонатных породах некоторых троговых структур юго-восточного фланга Тыркандинского разлома отмечаются тонкополосчатые существенно сфалеритовые руды с незначительной примесью пирита и халькопирита. В ряде случаев галенит-сфалеритовая минерализация с незначительной примесью пирита и халькопирита локализуется в зеленых сланцах, образованных как по метавулканитам трогового комплекса, так и по диафторированным архейским породам в бортах троговых структур.

В карбонатных породах троговых структур Становой области известна стратиформная вольфрамовая минерализация, представленная тонкой вкрапленностью шеелита. Так, в мраморах Нижнеджелиндинского трога установлено присутствие распыленного шеелита, которому сопутствуют пирит, иногда вольфрамит и халькопирит. Помимо рудных минералов, отмечается крайне незначительная примесь диопсида, граната и эпидота. Аналогичная, но более бедная вольфрамовая минерализация отмечается в выше- и нижележащих джеспилитах, кварцитах и актинолит-кварц-биотитовых сланцах. В пределах Желтулакского трога вкрапленность шеелита (размер выделений до 1 мм) установлена на ряде участков в прослоях диопсид-тремолитовых мраморов и диопсидитов среди терригенных отложений желтулакской серии. Мощность

шеелитоносных пород достигает несколько десятков метров. Какой-либо пространственной связи вольфрамовой минерализации с интрузивными породами или элементами трещинной тектоники не установлено.

Редкометалльные и мусковитоносные пегматиты выявлены в ряде троговых структур западной части щита. Они локализуются преимущественно среди интенсивно гранитизированных осадочных и вулканогенных пород или гранитоидов, прорывающих метавулканиды трогового комплекса. Для редкометалльных пегматитов характерна пространственная связь с телами гранитоидов повышенной щелочности и с зонами щелочного метасоматоза.

Кварцевые и кварц-карбонатные жилы и прожилки фиксируются практически во всех троговых структурах. Набор рудных минералов в таких жилах весьма ограничен. Наиболее часто встречается пирит, халькопирит, галенит, сфалерит, пирротин, иногда арсенопирит, самородное золото, крайне редко отмечаются различные сульфосоли и теллуриды. В отдельных случаях, наряду с сульфидами, встречается шеелит. Так, в западной части щита среди метавулканидов основного состава установлены многочисленные жилы и прожилки кварца с гнездами пирита и пирротина. В пределах Желтулакского трога среди актинолитовых сланцев выявлены кварцевые жилы и тела кварцитовидных пород (иногда с актинолитом), содержащие вкрапленность галенита, сфалерита, пирита, пирротина, а в терригенной части трогового комплекса – преимущественно галенита и сфалерита, а также халькопирита. Метаосадочные толщи желтулакской серии рассечены прожилками с разнообразной сульфидной минерализацией. Мощные пачки «черных сланцев» иногда содержат редкие прожилки кварца с убогой вкрапленностью сульфидов свинца, цинка и меди, наряду с которыми присутствуют различные сульфосоли и теллуриды.

Наряду с древними кварцевыми жилами в троговых структурах отмечаются многочисленные рудоносные кварцевые жилы, образованные в эпоху мезозойской активизации региона [7]. Наиболее часто они отмечаются на юге АСИ. Среди них можно выделить два ведущих типа: а) малосульфидные кварцевые жилы; б) кварцево-сульфидные и сульфидные жилы.

Маломощные кварцевые жилы, связанные с эпохой мезозойской активизации, резко секут вмещающие породы трогового комплекса и обычно сопровождаются изменениями типа березитизации-лиственитизации. Для жильного кварца характерны друзовидные текстуры, разнообразие рудных минералов при их малом относительном количестве. Радиологический возраст слюды из зальбандов таких жил (130–200 млн. лет) соответствует возрасту мезозойских интрузивных пород, с которыми они связаны. Интересно, что в меланократовых породах трогового комплекса (роговообманковых, актинолитовых, биотитовых сланцев) рудная минерализация сосредоточена не в самих жилах, а преимущественно в их призальбандовых участках (Нижне-Джелиндинский трог).

Сульфидные и кварцево-сульфидные жилы отмечаются в метавулканидах и габбро-амфиболитах Нижне-Джелиндинского и Желтулакского трогов, а также в некоторых троговых структурах Тыркандинского разлома. От более древних жильных образований они отличаются более разнообразной рудной минерализацией. Для кварца типичны текстуры и структуры, характерные для близповерхностных образований. Изменения вмещающих пород преимущественно березит-лиственитового типа, иногда аргиллизация. Призальбандовые породы большей частью практически безрудны.

Проявления асбеста и талька связаны с ультраосновными интрузиями, прорывающими метавулканиды трогового комплекса в западной части щита. Они известны в Хани-Олондинском троге, где жилы хризотил-асбеста встречены в небольшом массиве серпентинизированных дунитов. Мелкие проявления талька зафиксированы в местах находки тел гипербазитов не только в трогах вулканогенного, но и терригенно-вулканогенного типа.

Приведенные сведения о рудоносности троговых структур АСИ показывают, что основная масса проявлений рудной минерализации приурочена к трогам терригенно-вулканогенного

тица. Структуры, выполненные преимущественно терригенными или вулканогенными образованиями, являются значительно менее продуктивными. Такое распределение может в большой степени зависеть от неравномерности изученности и опоискованности троговых структур, однако в какой-то мере оно, видимо, все же отражает металлогеническую специализацию трогов различных типов. Наиболее четко проявлена приуроченность железистых кварцитов, медистых песчаников, медноколчеданного, полиметаллического и стратиформного вольфрамового оруденения к терригенно-вулканогенным троговым комплексам, а асбестоносных гипербазитов – к вулканогенным. Это позволяет рассматривать троговые структуры соответствующих типов в качестве перспективных объектов на тот или иной тип оруденения. Интересным в отношении медноколчеданного оруденения и асбестоносности может оказаться Амазар-Гиллюйская система шовных структур, где в троговом комплексе широко развиты вулканогенные образования основного состава. Остается неясным вопрос о возможности выявления в западной части АСЦ рудопроявлений медно-никелевой минерализации, однако, очевидно, наиболее перспективными структурами, где можно ожидать такое оруденение, являются докембрийские троговые структуры вулканогенного и терригенно-вулканогенного типов. Это положение в значительной мере остается справедливым и для редкометальной минерализации домезозойского возраста, поскольку приуроченность докембрийских месторождений редких металлов к древним, существенно метабазитовым комплексам доказана [6, 9].

В отношении редкометальных пегматитов и метасоматитов троговые структуры также представляют известный интерес, однако размещение этих образований в большей мере контролируется зонами разломов, определяющими локализацию интрузий щелочных пород.

Заключение

Докембрийские троговые структуры Алдано-Становой области представляют собой рифтогенные (тафрогенные) структуры, заложение и развитие которых происходило в пределах области, где уже существовала земная кора континентального типа. Формирование трогового комплекса в узких шовных прогибах определялось процессами седиментации и вулканизма, причем образующиеся терригенно-вулканогенные комплексы во многих отношениях, в том числе по петрохимии метавулканитов основного состава, сходны с комплексами зеленокаменных поясов других древних платформ. Это сходство проявляется также в том, что развитие троговых структур сопровождалось и завершалось неоднократным проявлением метаморфизма и гранитизации, в связи с чем в троговых комплексах широкое распространение получили процессы метаморфогенно-гидротермального рудообразования. Время развития троговых структур АСЦ охватывает поздний архей и дорифейский протерозой, причем процессы протерозойской гранитизации и роста гранитогнейсовых куполов во многом обусловили структурные особенности трогов и отдельных моноклинальных чешуй трогового комплекса, «спяянных» с породами ремобилизованного раннеархейского основания.

Для троговых структур характерна рудная минерализация, связанная с процессами седиментогенеза (железистые кварциты, медистые песчаники) и вулканогенного рудообразования (медноколчеданное и полиметаллическое оруденение), а также с процессами метаморфогенно-гидротермального перераспределения рудного вещества (стратиформное шеелитовое оруденение, рудоносные кварцевые жилы). Кроме того, с гипербазитовыми интрузиями, ассоциирующими с терригенно-вулканогенными и вулканогенными троговыми комплексами, связаны проявления талька и асбеста, а с интрузиями щелочных пород – редкометальные пегматиты и метасоматиты. Петрохимические особенности метавулканитов трогового комплекса позволяют предполагать возможность локализации в них стратиформной медно-никелевой и редкометальной минерализации. Наиболее интересными в этом отношении являются троговые, выполненные вулканогенными и терригенно-вулканогенными комплексами, которые представляются также перспективными в отношении асбестовых, медноколчеданных и полиметаллических руд.

Несмотря на явно недостаточную изученность, докембрийские троговые структуры, видимо, могут рассматриваться в качестве важных и перспективных в металлогеническом отношении объектов западной части АСИЦ, заслуживающих углубленного исследования.

Литература

1. Лазько, Е.М. Геологическое строение западной части Алданского щита / Е.М. Лазько. – Текст: непосредственный // Известия АН СССР. Серия: Геология. – 1978. – № 2.
2. МIRONЮК, Е.П. Геология западной части Алданского щита: Всесоюзный научно-исследовательский геологический институт «ВСЕГЕИ». Якутское геологическое управление Министерства геологии СССР / Е.П. МIRONЮК, Б.К. Любимов, Э.П. Магнушевский. – Москва : Недра, 1971. – 238 с. – Текст: непосредственный.
3. АХМЕТОВ, Р.Н., БИРЮЛЬКИН Г.В., КУДРЯВЦЕВ В.А., ФРУМКИН И.М. Геологическая позиция и состав раннедокембрийских зеленокаменных толщ Алданского щита / Р.Н. АХМЕТОВ, Г.В. БИРЮЛЬКИН, В.А. КУДРЯВЦЕВ, И.М. ФРУМКИН – Текст: непосредственный // Докембрийские троговые структуры Байкало-Амурского региона и их металлогения. – Новосибирск, 1983. – С. 10-11.
4. АНИСИМОВА, И.В. Возраст и геодинамические обстановки формирования зеленокаменных поясов западной части Алданского щита: 15.05.07 автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук / Ирина Валерьевна АНИСИМОВА. – Санкт-Петербург, 2007. – 21 с. – Текст: непосредственный.
5. РЕУТОВ, Л.М. Новый докембрийский трог в центральной части Алданского щита / Л.М. РЕУТОВ. – Текст: непосредственный // Доклады АН СССР. – 1978. – № 6. – С. 239-251.
6. МОРАЛЕВ, В.М. Докембрийские троговые структуры Алдано-Становой области и их металлогения / В.М. Моралев, М.З. Глуховский, В.С. Коген. – Текст: непосредственный. – Москва : Наука, 1982. – С. 79-96.
7. АКСЕНОВ, Е.М., ВАФИН Р.Ф., ХАЙДАРАВ Р.А. Сравнительный формационный анализ троговых структур западной части Патомо-Алдано-Станового щита / Е.М. АКСЕНОВ, Р.Ф. ВАФИН, Р.А. ХАЙДАРАВ. – Текст: непосредственный // Докембрийские троговые структуры Байкало-Амурского региона и их металлогения. – Новосибирск : Наука, 1985. – С. 11-116.
8. ГЛУХОВСКИЙ, М.З. Троговой комплекс Алданского щита и его обрамления / М.З. Глуховский, В.С. Коген, В.М. Моралев [и др.]. – Текст: непосредственный // Геология и геофизика. – 1976. – № 6.
9. МОРАЛЕВ, В.М., Геология и минералогия троговых структур древних щитов / В.М. Моралев, М.З. Глуховский, В.С. Коген. – Москва : ВИЭМС, 1976. – Текст: непосредственный.
10. СМЕЛОВ, А.П. Геологическое строение западной части Алдано-Станового щита и химические составы пород раннего докембрия (Южная Якутия). ИГАБМ СО РАН / А.П. Смелов, В.И. Березкин, В.Ф. Тимофеев [и др.]. – Якутск : Издательство ЯНЦ СО РАН, 2009. – 168 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Laz'ko, E.M. Geologicheskoe stroenie zapadnoj chasti Aldanskogo shhita / E.M. Laz'ko. – Текст: непосредственный // Izvestija AN SSSR. Serija: geologija. – 1978. – № 2.
2. MIRONJUK, E.P. Geologija zapadnoj chasti Aldanskogo shhita: Vsesojuznyj nauchno-issledovatel'skij geologicheskij institut «VSEGEI». Jakutskoe geologicheskoe upravlenie Minesterstva geologii SSSR / E.P. MIRONJUK, B.K. Ljubimov, Je.P. Magnushevskij. – Moskva: Nedra, 1971. – 238 s. – Текст: непосредственный.
3. Ahmetov, R.N., Birjul'kin G.V., Kudrjavcev V.A., Frumkin I.M. Geologicheskaja pozicija i sostav rannedokembrijskih zelenokamennyh tolshh Aldanskogo shhita / R.N. Ahmetov, G.V. Birjul'kin, V.A. Kudrjavcev, I.M. Frumkin – Текст: непосредственный // Dokembrijskie trogovye struktury Bajkalo-Amurskogo regiona i ih metallogenija. – Novosibirsk. – 1983. – S.10-11.
4. Anisimova, I.V. Vozrast i geodinamicheskie obstanovki formirovanija zelenokamennyh pojasov zapadnoj

chasti Aldanskogo shhita: 15.05.07 avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata geologo-mineralogicheskikh nauk: / Irina Valer'evna Anisimova. – Sankt-Peterburg. 2007. – 21 s. – Tekst: neposredstvennyj.

5. Reutov, L.M. Novyj dokembrijskij trog v central'noj chasti Aldanskogo shhita / L.M. Reutov. – Tekst: neposredstvennyj // Doklady AN SSSR. – 1978. – № 6. – S. 239-251.

6. Moralev, V.M. Dokembrijskie trogovye struktury Aldano-Stanovoj oblasti i ih metallogenija / V.M. Moralev, M.Z. Gluhovskij, V.S. Kogen. – Tekst: neposredstvennyj. Moskva: Nauka, 1982. S. 79-96.

7. Aksenov, E.M., Vafin R.F., Hajdarav R.A. Sravnitel'nyj formacionnyj analiz trogovyh struktur zapadnoj chasti Patomo-Aldano-Stanovogo shhita / E.M. Aksenov, R.F. Vafin, R.A. Hajdarav. – Tekst: neposredstvennyj // Dokembrijskie trogovye struktury Bajkalo-Amurskogo regiona i ih metallogenija. – Novosibirsk: Nauka, 1985. S. 11-116.

8. Gluhovskij, M.Z. Trogovyj kompleks Aldanskogo shhita i ego obramlenija / M.Z. Gluhovskij, V.S. Kogen, V.M. Moralev [i dr.]. – Tekst: neposredstvennyj // Geologija i geofizika. – 1976. – № 6.

9. Moralev, V.M., Geologija i mineragenija trogovyh struktur drevnih shhitov. V.M. Moralev, M.Z. Gluhovskij, V.S. Kogen. – Moskva: VJEMS, 1976. – Tekst: neposredstvennyj.

10. Smelov, A.P. Geologicheskoe stroenie zapadnoj chasti Aldano-Stanovogo shhita i himicheskie sostavy porod rannego dokembrija (Juzhnaja Jakutija). IGABM SO RAN. / A.P. Smelov, V.I. Berezkin, V.F. Timofeev [i dr.] – Jakutsk: Izdatel'stvo JaNC SO RAN, 2009. – 168 s. – Tekst: neposredstvennyj.

Сведения об авторе

ПУЛЯЕВ Николай Анатольевич – к.г.-м.н., доцент, доцент кафедры прикладной геологии СВФУ М.К. Аммосова, e-mail: pna-s-vfu@mail.ru

PULIAEV Nikolay Anatolievich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate professor of Applied Geology Department, Faculty of Geology and Survey, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, e-mail: pna-s-vfu@mail.ru