

Н.А. Пуляев

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова. г. Якутск
E-mail: pna-s-vfu@mail.ru

МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЖЕЛЕЗА В ДОКЕМБРИЙСКИХ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ФОРМАЦИЯХ АЛДАНО-СТАНОВОГО ЩИТА

Аннотация. В статье приводится краткая информация о распространении железорудной формации на континентах, с которой связаны крупнейшие месторождения железных руд. Указывается, что значимым компонентом железистых кварцитов многих месторождений мира, а также сформировавшихся за их счет залежей богатых железных руд других формаций являются благородные металлы, выступающие в качестве одного из крупнейших нетрадиционных источников попутной золотой и платиновой добычи в XXI столетия. Обозначены общие черты месторождений железа железорудной формации на разных континентах. Приводится информация о выявленных залежах железных руд этой формации в разных странах и на территории России, в частности, на Алдано-Становом щите (АСЩ), где они развиты в его железорудных районах, выделенных, в своем большинстве, в докембрийских толщах по залежам пород железорудной формации. В качестве примеров приводятся геологические описания нескольких наиболее значимых месторождений железистых кварцитов, открытых на территории Сутамского блока, которые образуют Сутамский железорудный район АСЩ. Приводится краткая характеристика минерального состава руд этих месторождений железа. Месторождения этого района по мнению автора при их вовлечении в добычу железа сыграют важную роль в экономическом развитии Южной Якутии РС (Я).

Ключевые слова: железо, железорудная формация, железистые кварциты, Алдано-Становой щит, Сутамский блок, железорудный район, залежи, рудопроявление, месторождение, минеральный состав руд.

N.A. Pulayev

M.K. Ammosov NEFU, Yakutsk
E-mail: pna-s-vfu@mail.ru

IRON DEPOSITS IN THE PRECAMBRIAN IRON-ORE FORMATIONS OF THE ALDAN-STANOVY SHIELD

Abstract. The article provides brief information about the distribution of the iron ore formation on the continents, with which the largest iron ore deposits are associated. It is indicated that a significant component of the ferruginous quartzites of many deposits of the world, as deposits of rich iron ores of other formations formed due to them, are noble metals, which act one of the largest unconventional sources of associated gold and platinum mining in the 21st century. The common features of iron deposits of iron ore formation on different continents are outlined. Information is provided on the identified iron ore deposits of this formation in different countries and on the territory of Russia, in particular, on the Aldan-Stanovoy shield, where they are developed in its iron ore regions, identified, for the most part, in the Precambrian strata along deposits of iron ore rocks formations. As examples, geological descriptions of several of the most significant deposits of ferruginous quartzites discovered on the territory of the Sutam block, which form the Sutam iron ore region of ASCH, are given. A brief description of the mineral composition of the ores of these iron deposits is given. The deposits of this region, according to the author, when they are involved in iron mining, will play an important role in the economic development of South Yakutia.

Keywords: Iron, iron ore formation, ferruginous quartzites, Aldan-Stanovoy shield, Sutam block, iron ore region, deposits, ore occurrence, deposit, mineral composition of ores.

Введение

Докембрийские железорудные формации выявлены в разных частях земного шара. Как правило, они имеют распространение в зонах развития докембрийских, глубоко метаморфизованных и сильно дислоцированных комплексов. Практически везде они слагают стратиграфические толщи, часто мощностью в несколько сотен метров и протяженностью в сотни и даже тысячи километров на щитах почти всех континентов [1]. Вследствие огромного промышленного значения железорудные формации являются объектом интенсивных и продолжительных исследований и в наше время. Основной составляющей железорудной формации являются железистые кварциты. На территории России в Карелии они установлены в районе Ладожского озера. На Кольском полуострове выявлено более 100 рудных тел, образующих 12 месторождений железистых кварцитов. Наиболее известные и самые крупные из них это Оленегорское, Кировоградское, Костамукшское и Межозерское месторождения. К востоку от Русской платформы докембрийские железорудные формации выявлены на Южном Урале (Тараташское месторождение), Туве (месторождение Мугурское и пять железорудных горизонтов в междуречье Кескелинг-Чангус), Саяно-Байкальском районе (бассейны рек Талая и Иката), на Дальнем Востоке (месторождения Малого Хингана и Уссурийская группа) [2]. На восточном склоне Урала установлено 29 участков, где развиты залежи железистых кварцитов [1]. В Южной Якутии РС (Я) на территории Алдано-Станового щита (АСЩ) рудопроявления и месторождения железистых кварцитов открыты в Ималыкском (месторождения Тарынахское, Горкитское и др.), Нелюкинском (месторождения Нелюкинское, Желтуктатское), Соктокутско-Тасмиелинском (группа рудопроявлений и месторождение Дагда), Чаро-Токинском, Сутамском (месторождение Олимпийское и еще более десятка) и других железорудных районах [3].

В семи месторождениях КМА (Михайловское, Лебединское, Стойленское, Салтыковское, Осколецкое, Лебединское, Коробковское) сосредоточено две трети разведанных запасов железа России и ее прогнозных ресурсов. Крупнейшие зарубежные месторождения железорудной формации известны в США (район оз.Верхнего), Бразилии (штат Минас-Жерайс и др.), Индии, Либерии, Западной Австралии и других странах [1]. За пределами России, на прилегающих территориях, известны такие крупнейшие месторождения как Околовское (Белоруссия), Кременчугское и многие другие месторождения Криворожско-Кременчугской зоны, Большого Кривого Рога и Одесско-Брусиловского железорудного пояса (Украина). В Казахстане месторождения железистых кварцитов известны в районах Улуатау, Бетпак-Дала и Карсакпайская группа [4].

Обычно месторождения железистых кварцитов залегают в метаморфизованных морских осадочных комплексах докембрийских геосинклиналей, являющихся составной частью кристаллических щитов, складчатого фундамента древних платформ или выступов древних структур в ядрах антиклинорий более молодых складчатых областей. Подавляющее большинство залежей железистых кварцитов выявлено в докембрийских складчатых областях. Имеются сведения и о более позднем образовании железистых кварцитов. Так, например, в Казахстане железистые кварциты относятся к раннему палеозою [2]. Предполагается, что мощные железорудные формации в разных частях земной коры отложились в течении единой эпохи в истории Земли в период между 1900 и 2500 млн. лет назад [1]. Это предположение подтверждается определениями абсолютного возраста пород железорудной формации на разных континентах. Так абсолютный возраст выявленных железистых кварцитов Лабрадора, Северной Америки, Канады, Кривого Рога, Курской магнитной аномалии, ЮАР и других варьирует в пределах 1600-1900 до 2000-2800 млн. лет [1]. В Гренландии железистые кварциты района Исуа являются древнейшими горными породами Земли с возрастом 3760 млн. лет [3;4].

Для всех кварцитов железорудной формации характерным признаком является слоистость (полосчатость) разного порядка [1]. По ширине полос железистые кварциты разделяются на тонкополосчатые (1-3 мм.), среднеполосчатые (3-5 мм.), широкополосчатые (5-10 мм.), и грубополосчатые (более 10 мм.).

В результате обобщения материалов по геологическому строению железорудных месторождений в железистых кварцитах разных регионов земной коры удалось установить, что они имеют общую последовательность образования своих разновидностей в направлении снизу вверх [1]: 1. магнетит-гранат-хлоритовые; 2. хлорит-магнетитовые; 3. карбонат-магнетитовые; 4. магнетитовые; 5. гематит-магнетитовые; 6. магнетит-гематитовые; 7. гематит-магнетитовые; 8. магнетитовые; 9. карбонат-магнетитовые; 10. магнетит-карбонатные; 11. магнетит-карбонат-хлоритовые.

В зависимости от количества входящих в железистые кварциты породообразующих минералов они делятся на одно-, двух- и трехкомпонентные [2;4]. Однокомпонентные разновидности (магнетитовая, карбонатная и гематитовая) встречаются сравнительно редко. Полосчатость в рудном слое здесь обусловлена чередованием слоев с различным содержанием примеси кварца или различным содержанием углеродистого вещества. Двухкомпонентные разновидности распространены наиболее широко. В рудных слоях этого типа чередуются микрослойки состоят из двух минералов. В каждой разновидности ассоциируются только два минерала, которые стоят рядом в ряду хлорит-сидерит-магнетит-гематит. В связи с этим возможно чередование только сидеритовых и магнетитовых, магнетитовых и гематитовых слоев. При трехкомпонентном составе железистых кварцитов один из трех минералов всегда находится в подчиненном количестве по отношению к двум другим и не образует самостоятельных элементарных слоев. Так, например, в хлорит-магнетит-карбонатном кварците чередуются хлорит-магнетитовые и хлорит-карбонатные слои. Карбонат-гематит-магнетитовый кварцит состоит из перемежающихся гематитовых и карбонат-магнетитовых слоев. Отмечено, что при трехкомпонентном составе элементарные ритмы всегда образуют пару слоев [4].

Геолого-структурная позиция железорудных месторождений и рудопроявлений АСЦ

В России на Сибирской платформе в пределах АСЦ в разные годы было выявлено значительное количество рудопроявлений и месторождений железа в железистых кварцитах, развитых в железорудной формации (месторождения Чаркой и Ималыкской групп, Сутамского блока и др.). Установлено, что на территории АСЦ месторождения железных кварцитов приурочены к докембрийским комплексам горных пород, где они располагаются в протяженных синклинальных структурах, вместе с осадочными и эффузивными горными породами. Железистые кварциты на АСЦ обычно имеют позднеархейский или раннепротерозойский возраст. Их залежи вместе с вмещающими горными породами многократно деформированы и претерпели метаморфизм до гранулитовой фации. Они слагают крутопадающие пластообразные или линзовидные тела, согласные с вмещающими породами. Мощность одиночных тел от нескольких сантиметров до 800 м; часто при малой мощности железистые кварциты вместе с переслаивающимися с ними породами образуют залежи протяженностью десятки и сотни километров [3].

Месторождения железистых кварцитов Чарской группы расположены в западной части Алданской железорудной провинции и достаточно хорошо изучены. Они образуют южный фланг Чаро-Токкинского железорудного района, в северной части которого установлены сходные с ними месторождения железистых кварцитов Ималыкской группы (месторождения Тарыннахское, Горкитское и др.). Геолого-структурная позиция месторождений Чаро-Токкинского железорудного района трактуется неоднозначно. На тектонических схемах (Е.П. Миронюк и др. 1971, А.Ф. Петров, 1976 г., В.М. Моралев и др. 1982 г.) они приурочены к приразломным прогибам, наложенным на интенсивно гранитизированный складчатометаморфический фундамент и выполненным глубоко метаморфизованными вулканогенными и терригенными породами борсалинской серии верхнего архея [3]. При этом, оба прогиба Тарыннахский, вмещающий месторождения Ималыкской группы и Чарский, вмещающий месторождения Чарской группы, приурочены к региональному Чарскому разлому, имеющему субмеридиональное простирание. Единая субмеридиональная зона, включающая обе группы месторождений, разбита продольными и поперечными разломами на ряд блоков.

Для решения спорных вопросов относительно структурного плана Сутамского блока в его пределах неоднократно проводились детальные структурные исследования докембрийских образований (В.Л. Дук, В.В. Балаганский, А.Н. Зедгенизов, 1985; Р.Н. Ахметов, В.М. Никитин, В.И. Жижин, 1988. и др). Результаты этих работ позволили прояснить картину в целом. Наиболее отчетливо складчатый рисунок блока прослеживается на участках железорудных проявлений и горных выработок, вскрывших железистые кварциты [3;5]. В них надежными маркирующими горизонтами являются прослои и линзы железистых кварцитов, конфигурацию залегания которых можно проследить не только в отдельных останцах и береговых обнажениях (как это свойственно для АСЩ в целом), но и по данным магниторазведки [5;6].

Структура раннеархейских образований Сутамского блока обусловлена главным образом, двумя этапами деформаций. Первый этап – смятие толщ в линейные, сжатые до изоклинальных складки, сопровождающиеся разрывами со смещениями параллельно осевым плоскостям и с внедрением по ним плитообразных расслоенных тел ультраосновных и основных плутонических пород. Породы этого этапа подвергались метаморфизму гранулитовой фации. Второй этап – смятие этого сложного пакета пород в поперечные складки северо-западного простирания, сопровождающиеся также разрывными параллельно осевыми плоскостями с внедрением сначала силлов основных пород, а затем жил гранитов. Породы этапа подвергались метаморфизму амфиболитовой фации.

Кроме раннеархейской двухэтапной складчатости, образования Сутамского блока подверглись и последующим, более молодым деформациям. Однако они не оказали существенной роли на структурное преобразование пород раннего архея.

По сравнению с месторождениями других железорудных районов АСЩ, месторождения железистых кварцитов Сутамского блока изучены крайне недостаточно. Из открытых 29 рудопроявлений и месторождений хорошо изучены только шесть. Данные по геолого-структурному положению этих объектов и их ресурсов приводятся в таблице 1 [6].

Обобщение материалов по изученности на территории Сутамского блока железорудных месторождений и рудопроявлений, а также отдельных залежей железных руд показал, что общим для всех месторождений железистых кварцитов Сутамского блока является пластово-линзовидная форма залежей, сравнительно небольшие их размеры (протяжённость 0,5-3 км, редко до 9 км, мощностью 10-60 м, редко до 200 м, крутое падение (50-85°), согласное залегание с вмещающими породами, нахождение наиболее мощных тел или их частей в ядрах синклинальных складок, где происходит складчатое удвоение рудного горизонта, высокоградиентная гранулитовая фация метаморфизма, обуславливающая кристаллобластические структуры руд. Наиболее широким распространением пользуются проявления железных руд осадочно-метаморфогенного типа. Известно 4 месторождения этого типа (Олимпийское, Даурка, Молодежное, Нижне-Джелиндинское) и целый ряд рудопроявлений.

Таблица 1 – Структурное и геологическое положение месторождений железистых кварцитов Сутамского блока

Название, ресурсы, млн т	Породы, контактирующие с рудами	Структура	Состав руд	Содержание	Число и параметры залежей
Олимпийское, 610	Мт-Сл-Гп гнейсы и кристаллические сланцы, прослои Би-Гр гнейсов	Антиклиналь с синклинальным перегибом в замке	Гп-Мт кварциты	25, 8-32, 99 29,68-36,4	11 линзовидных залежей, Д 0,5 – 4 км, М 20 – 200 м

Кабактинское, 220	Гп и Мт-Гп гнейсы, прослой Гр кварцитов	Сжатые до изоклинальных складки смятые поперечными складками	Гп-Мт и Мт кварциты	<u>29,4</u> 35,84	4 линзовидных залежи, Д 1-4 км, М до 30-50 м
Субтугутурское, 130	Мт-Сл-Гп кристаллические сланцы и Гп гнейсы	Синформная поперечная складка в крыле антиклинали 1 генерации	Гп-Мт кварциты	<u>35. 1-35. 5</u> 37,5-39,2	Пластообразная залежь Д=9 км, М 10-56 м
Худучинское, 180	Гр-Би, Би-Гр гнейсы, кальцифиры, Мт-Гп кристаллические сланцы	Опрокинутые синклинали сжатые поперечными складками	Гп-Мт, Мт, Жс-Мт кварциты и Мт гиперстенины	<u>23-35,4</u> 36,4-39, 5	14 линзовидных залежей, ДО, 5-2,5 км, М до 100 м
Ягиндя, 166	Би-Гр, Гф-Гр, Гр-Гп. гнейсы	Опрокинутая синклиналь осложнённая поперечным изгибом	Кл-Мт, Мт-Жс кварциты	<u>12-25</u> 20-36	2 линзовидных залежи, Д 0,3 и 2,2 км, М до 50 и 200 м
Гиперстеновое, 31	Пш, Гр, Гр-Сил кварциты, кальцифиры и диопсидиты	Ядерная часть синклинали	Мт гиперстенины, Сп-Мт, Мт кварциты	<u>8.7- 26. 7</u> 32-41	Пластообразная залежь, Д-3, 5 км, М до 15- 36 м

Сокращения и символы: Би – биотит, Гп – гиперстен, Гр – гранат, Гф – графит, Же – железная слюдка, Кл – клинопироксен, Мт – магнетит, Пш – полевые шпаты, Сил – силлиманит, Сл – салит, Сп – спессартин, Д – длина, М – мощность.

В процессе изучения также установлено, что железные руды блока относятся к ведущему для докембрия формационному типу – железистым кварцитам. Главными минералами железистых кварцитов Сутамского блока являются: магнетит (8-53 %), железная слюдка (5-40 %), кварц (15-74 %), гиперстен (5-25 %), салит (1-10 %), альмандин (3-10 %), спессартин (0-10 %) и в зависимости от их изменчивых соотношений определяются подтипы и разновидности.

Геологическое строение Сутамского блока

Проведенные комплексные исследования по изучению геологического строения Сутамского блока позволили обособить две свиты [6]: нижнюю существенно вулканогенную нельгюйскую и верхнюю существенно осадочную сеймскую, объединенные в гидатскую серию. Их стратиграфическое положение относительно друг друга уверенно устанавливается по р.Сутам ниже устья р.Большая Даурка.

Раннеархейский возраст рассматриваемых образований подтверждается определением по самарий-неодимовому методу (В.М. Шемякин и др.) и составил 3000 млн. лет По данным других геологов (О.П. Стеценко, Р.А. Ахметов, В.М.Никитин, 1988) абсолютный возраст пород сеймской и нельгюйской свит составил 3100, 3450 и 4050 млн. лет, что также свидетельствует о раннеархейском возрасте рассматриваемых образований.

Главная особенность нельгюйской свиты заключается в том, что она является перспективной на поиски железорудных месторождений. В верхней части свиты выявлены многочисленные проявления магнетитовых и гиперстен-магнетитовых кварцитов. Они расположены ниже кровли свиты на Усть-Джелиндаканском проявлении – в 400 м., Субтугутурском – в 300 м., Олимпийском – в 370 м., Кыллахском – в 450 м., Даурском – в 270 м., Левобережном – 170 м.

Мощность тел магнетитовых кварцитов изменяется в широких пределах: от первых метров до 200 м., установленная протяженность отдельных тел составляет 5-9 км. Залегают железистые кварциты в монотонной части разреза нельгуйской свиты, сложенной магнетит-гиперстеновыми гнейсами, отделяясь от них маломощными прослоями гранат-гиперстеновых кварцитов, биотит-гранатовых гнейсов и магнетит-гиперстеновых кристаллических сланцев.

Имеющийся фактический материал свидетельствует о том, что пласт железистых кварцитов мощностью 10-40 м., располагающийся в 170-400 м. ниже кровли свиты, имеет в пределах Сутамского блока повсеместное распространение и может рассматриваться в качестве стратиграфического горизонта (Р.А. Ахметов, В.М. Никитин, 1986).

Железистые породы в разрезе сеймской свиты представлены гиперстен-магнетитовыми, диопсид-, куммингстонит-магнетитовыми, железослюдково-магнетитовыми, спессартин-магнетитовыми кварцитами и кварц-, гранат-, магнетитсодержащими гиперстенидами. Они слагают отдельные, часто незначительной мощности пласты и линзовидные прослои в ассоциации с гранатовыми кварцитами и кальцифирами. В нижнем течении р. Б.Даурка и бассейне р. Усмун (рудопоявление Ягиндя) железистые кварциты слагают крупные рудные тела мощностью 25-150 м. и простирающиеся на 8900-3000 м. Железослюдково-магнетитовые кварциты в качестве маломощных линз встречены лишь в магнетитовых кварцитах проявления Ягиндя. Магнетитовые гиперстениды пользуются меньшим распространением и встречаются совместно с магнетитовыми кварцитами или без них, являясь их фациальными аналогами.

К верхней подсвите сеймской свиты отнесены мощные (ширина выходов до 550 м.) линзообразные выходы кварцитов, расположенные на водоразделе рек Усмун – Тас-Юрх – Сутам. Наиболее представительный выход пород подсвиты наблюдается в верховьях р. Худучи, где он представлен тектоническим клином, зажатым между породами нельгуйской свиты. Протяженность выхода около 8 км., наибольшая ширина выхода 450 м. Породы в пределах этого тектонического клина имеют простирание, параллельное тектоническим ограничениям, т.е. запад-северо-западное, крутое (70-85°) падение на юг. В сходной тектонической позиции залегает еще один выход кварцитов подсвиты сеймской свиты на водоразделе р. Усмун-руч. Быстрый. Здесь выходы верхней подсвиты сеймской свиты залегают в тектоническом блоке. В юго-западной части породы подсвиты через разлом граничат с гиперстеновыми гнейсами нельгуйской свиты, а северо-западнее, в пределах тектонического блока наблюдается наложение кварцитов подсвиты на гранатогнейсы сеймской свиты.

Геологическое строение докембрийских железорудных рудопоявлений и месторождений Сутамского блока

В пределах Сутамского блока выявлено более 100 железорудных проявлений, которые подразделяются на следующие типы.

1. *Железистые кварциты.* С этим типом связано выделение Сутамского железорудного района. Железистые кварциты слагают два железорудных горизонта на двух стратиграфических уровнях разреза раннеархейских образований; в верхней части разреза метавулканогенной нельгуйской свиты (нижний горизонт) и в подошве разреза метаосадочной сеймской свиты (верхний горизонт). Преобладающими минеральными разновидностями руд являются магнетитовые и гиперстен-магнетитовые кварциты. В составе верхнего горизонта, кроме того, присутствуют спессартин-магнетитовые и магнетит-железослюдковые кварциты.

2. *Железистые гиперстениды.* Установлены только в составе верхнего железорудного горизонта, где они ассоциируют с железистыми кварцитами, диопсидитами, безрудными кварцитами. Они кроме магнетита часто содержат спессартин, с чем связана в них повышенная концентрация марганца. Самостоятельного практического значения этот тип руд не имеет, поскольку незначительно распространен.

Богатые апатит-магнетитовые руды. Обнаружены лишь на Олимпийском месторождении в залежи 4, слагают маломощные (10-30 см.) линзы в составе нижнего железорудного

горизонта. Генезис их не ясен. Ввиду крайне ограниченного распространения практического значения они не имеют.

4. *Магнетитовая вкрапленная минерализация.* Обнаружена в основных кристаллических сланцах и гнейсах нельгуйской свиты. Этот тип минерализации весьма широко распространен в районе, мощности пластов, содержащих магнетитовую минерализацию, достигает 100-200 м., но из-за низких содержаний магнетита (3-10, редко 15-20 %) в обозримом будущем вряд ли этот тип будет иметь практическое значение.

5. *Оолитовые гематитовые руды.* Слагают горизонты мощностью до 3 метров и протяженностью до 400 м. И размещаются в железистых алевролитах среди толщ кварцевых песчаников в протерозойских отложениях Атугей-Нуямского грабена, ограничивающего Сутамский блок с севера. Представляют интерес лишь как маркирующие горизонты при сопоставлении разрезов протерозойских отложений Атугей-Нуямского грабена.

Детально изучены те объекты, на которых ранее были известны проявления железистых кварцитов, которые могут иметь потенциально промышленное значение [6]. К таким объектам относятся: Олимпийское, Левобережное, Усть-Джелидинское, Худучинское, Верхне-Худучинское, Субтугутурское, Кыллахское, Талангское, Кабактинское, Ягиндя, Даурское. Часть из этих объектов (проявлений) обладает сходными чертами геологического строения, поэтому автор статьи приводит характеристики только типичных объектов (проявлений), в которых наиболее четко раскрывается их стратиграфическое и структурное положение.

В качестве примера месторождения, в строении которого принимают участие нижний и верхний железорудный горизонты, рассмотрим месторождение Олимпийское и примыкающее к нему проявление Гиперстеновое. Геологическое строение проявлений с нижним железорудным горизонтом показано на примере Субтугутурского, Кабактинского и Талангского проявлений, отличающихся друг от друга структурным положением железорудного горизонта. Особенности строения проявлений с верхним железорудным горизонтом охарактеризованы на примере месторождений Ягиндя, Худучинское и Гиперстеновое, отличающихся друг от друга, главным образом, составом железорудного горизонта.

Олимпийское месторождение

Месторождение расположено на водоразделе рек Сутам и Большая Даурка, вытянуто в северо-западном направлении на 11 км. при ширине 3-4 км. Месторождение подразделяется на два участка: собственно, Олимпийский (залежи 1-6) и Юхтинский (рудные залежи 7-11). В геологическом строении месторождения принимают участие стратифицируемые раннеархейские образования нельгуйской и сеймской свит, раннеархейские и протерозойские гранитоиды, архейские ультраосновные образования и метагабброиды.

Нельгуйская свита представлена магнетит-двупироксеновыми, биотит-гиперстеновыми, магнетит-двупироксеновыми гнейсами и их мигматизированными разностями с прослоями и пачками амфибол двупироксеновых и магнетит двупироксен-плагиоклазовых кристаллических сланцев мощностью от 10 до 50 метров, а на Юхтинском участке мощность этих пород достигает 100-150 метров. В структурном плане породы нельгуйской свиты слагают антиклинальную складку, опрокинутую на запад и осложненную в замковой части синклинальным перегибом. Железорудный горизонт приурочен к внешней части складки и находится ниже подошвы сеймской свиты на 170-250 м. Основные перспективы месторождения связаны именно с этим железорудным горизонтом, представленным магнетитовыми и гиперстен-магнетитовыми кварцитами. Сеймская свита в пределах месторождения представлена двумя подсвитами. Образования нижней подсвиты при плохой обнаженности удалось выделить только на трех участках месторождения. Северные два выхода слагают ядерную часть синклинальной складки, а юго-западный выход залегает на крыле опрокинутой на юг синклинальной складки. Подсвита сложена полевошпатовыми кварцитами с прослоями гранат- и силлиманит содержащих разновидностей. Отмечаются единичные прослои диопсидитов и кальцифиров.

К подошве свиты приурочен второй железорудный горизонт, который на проявлении Гиперстеновом представлен магнетитовыми и спессартин-магнетитовыми гиперстенидами мощностью от 15 до 36 метров и прослеженной протяженностью до 3.5 км. В северо-восточном выходе верхней подсвиты сеймской свиты наряду с гиперстенидами в железорудном горизонте установлены спессартин-магнетитовые кварциты и диопсидиты.

Средняя подсвита сеймской свиты на месторождении представлена, главным образом, гранатовыми гнейсами. Горные породы подсвиты приурочены к Юкта-Мутиктинской опрокинутой синклинальной складке дугообразной формы, возникшей в результате наложения поперечной складчатости.

Месторождение представлено одиннадцатью залежами линзовидной формы протяженностью 0.5-4 км. и мощностью от 20 до 200 м. Все залежи сложены средне- и крупнозернистыми гиперстен-магнетитовыми кварцитами грубополосчатой, гнейсовидной структуры. Содержание железа магнетитового варьирует от 25.3 до 35.98 %, серы – 0.08-0.13 %. В залежи 4, в коренном обнажении железистых кварцитов, отмечаются единичные согласные с полосчатостью линзы мощностью до 30 см. богатых апатит-магнетитовых руд, в которых содержание железа магнетитового составляет 61 %, P_2O_5 – 0.4-11.0 %.

На месторождении зафиксированы разрывные нарушения северо- восточного и северо-западного направлений. Наиболее крупным из них является разлом северо-западного простирания, пересекающий залежь 1 и разделяющий залежи 3 и 4. В этой зоне наблюдаются эпидотизированные гнейсы, а крупнозернистые железистые кварциты превращены в тонкозернистые диафторированные разности.

Кабактинское рудопроявление

Кабактинское рудопроявление железа расположено в истоках руч. Кабакта и на водоразделе ручьев Кабакта и Таланга-Макит (центральная часть Сутамского железорудного района). Локализовано в метаморфических породах нельгуйской свиты, представленной монотонной толщей гиперстеновых и магнетит-гиперстеновых гнейсов с редкими прослоями гиперстен-плагиоклазовых и магнетит-двупироксен-плагтоклазовых кристаллических сланцев. Рудопроявление представлено четырьмя крутопадающими (60-85) залежами линзовидной формы протяженностью от 1 до 4 км и мощностью до 30-50м. Залежи вытянуты цепочкой друг за другом и в плане образуют фигуру S-образной формы, протяженностью 10 км и шириной от 100 до 700м. Руды представлены среднезернистыми полосчатыми гнейсовидными магнетитовыми и гиперстен-магнетитовыми кварцитами с содержанием железа общего 35.84 %, магнетитового 29.39 %, серы 0.088 % и пятиокиси фосфора 0.188 %

Талангское рудопроявление

Рудопроявление расположено в центральной части Сутамского блока на водоразделе рек Таланга и Таланга-Макит. Проявление локализовано, так же, как и Кабактинское среди магнетит-гиперстеновых гнейсов нельгуйской свиты и представлено семью рудными телами и сериями более мелких линз магнетитовых и гиперстен-магнетитовых кварцитов, распространенных на площади проявления дугообразной формой длиной 6 км и шириной 0.5-1 км. Рудные тела имеют крутое падение (60-70), линзовидную форму и вытянуты цепочкой друг за другом. Каждое рудное тело состоит из двух сближенных на расстояние 10-40 м пластов магнетитовых кварцитов, которые на концах тел смыкаются, т.е. они формируют центральные части мелких изоклинальных складок. Суммарная мощность пластов каждого тела колеблется в пределах 35-40 м. Среднее содержание железа общего в рудах составляет 40.16 %, железа магнетитового 35.87 %, серы 0.1 % и пятиокиси фосфора 0.16 %.

Субтутутурское рудопроявление

Расположено на правом берегу среднего течения реки Нижняя Джелинда, в пределах наиболее высокой в районе горы Субтутутур и ее южных отрогов. В геологическом строении участка принимают участие раннеархейские метаморфизованные образования нельгуйской и сеймской

свит, позднеархейские метаморфизованные метагаббро. Нельгюйская свита представлена монотонной толщей гиперстеновых плагиогнейсов с редкими прослоями амфибол-пироксеновых кристаллических сланцев. В 350-400 м от кровли свиты залегает железорудный горизонт, который подстилается пачкой мощностью 40-50 м магнетит-пироксен-плагтоклазовых кристаллических сланцев и перекрывается гиперстеновыми гнейсами с прослоями гранат-гиперстеновых гнейсов. Мощность горизонта 10-56 м. Мощность свиты более 2000 м.

Сеймская свита сложена гранатовыми плагиогнейсами с прослоями гранат-кордиеритовых, графит-биотит-гранатовых диопсидовых гнейсов и полевошпатовых и гранатовых кварцитов. В нижней части свиты отмечаются редкие линзы гиперстен-магнетитовых железистых кварцитов. Мощность свиты более 1000 м. Рудопроявление представлено залежью плоскообразной формы длиной 9 км и мощностью от 10 до 56 м. На северо-западном конце залежи отмечается крючкообразный изгиб. Падение залежи крутое на восток-северо-восток. В северо-восточной части проявления структура залежи представляет собой синформную складку, в ядре которой залегают нижние части нельгюйской свиты, на крыльях – верхние части и образования сеймской свиты. Залежь сложена средне- крупнозернистыми гиперстен-магнетитовыми кварцитами гнейсовидной или полосчатой текстуры, содержание магнетита колеблется от 30 до 50 %, гиперстена 5-10 %. Мощности отдельных рудных тел залежи определялись по методу касательных по 10 профилям и варьируют от 10 м. до 56 м.

Худучинское рудопроявление

Расположено на правом берегу р. Тас-Юрх (левый приток р. Сутам), в бассейне руч. Худучи. Основные железорудные залежи выявлены в его центральной части (в полосе северо-восточного простирания длиной 8 км и шириной до 3 км.). Наибольшим распространением (около 80 % площади) пользуются образования нельгюйской свиты. Выходы пород сеймской свиты резко ограничены (около 20 % площади) и дешифрируются на АФС в виде зигзагообразных полос. Нельгюйская свита представлена гиперстеновыми и биотит-двупироксеновыми гнейсами с пачками и линзовидными прослоями магнетит-амфибол-двупироксеновыми кристаллическими сланцев. Мощность свиты более 3000 м.

В сеймской свите выявлен железорудный горизонт, сложенный средне- крупнозернистыми, полосчатыми, грубополосчатыми, гнейсовидными гиперстен-магнетитовыми кварцитами. Мощность горизонта в центральной части 30-40 м, в северо-западном и юго-восточном направлениях мощность уменьшается до 5-20 м.

Рудопроявление представлено тринадцатью крутопадающими залежами линзовидной формы протяженностью от 0.5 до 2.5 км и мощностью до 100 м. Наиболее крупными из них являются залежи 3, 8, 9, 10, остальные рудные тела представлены маломощными линзами с незначительной протяженностью и глубиной погружения. Содержание магнетита достигает 35-50 %. По данным химического анализа содержание суммы окислов железа составляет 40-52 %. Все рудные тела имеют согласные контакты с вмещающими породами.

Рудопроявление Ягиндя

Расположено в западной части Сутамского района, на левом берегу р. Усмун, в 20 км севернее устья. Рудопроявление представлено двумя залежами линзовидной формы. Первая из них протяженностью 2.2 км и мощностью до 120 м имеет форму дуги, обращенной выпуклой частью к северо-западу. Падение залежи крутое (60-85) северо-восточное в участках параллельных крыльев и крутое (50-60) северо-западное в участке ее перегиба.

В результате проведения структурных исследований установлено, что первая залежь представляет собой смятую в дугу ядерную часть опрокинутой синклинальной складки, а в северо-западной части залежи в ядре складки сохранились перекрывающие железорудный горизонт гранат-биотитовые и графит-гранат-биотитовые гнейсы.

Вторая залежь линзовидной формы протяженностью 270 м и максимальной мощностью 50 м расположена параллельно северо-восточному крылу первой залежи. По периметру залежь

от подстилающих гранатовых гнейсов отделяется маломощной (первые метры) пачкой оливин-пироксеновых грубозернистых пород. Внутренняя структура залежи расшифровывается как опрокинутая на юго-запад изоклиная складка. Сложена залежь преимущественно грубополосчатыми средне-, крупнозернистыми магнетитовыми кварцитами с содержанием магнетита от 5 до 40 %. Отмечаются отдельные прослои мощностью до 1-2 м., сложенные магнетитовыми кварцитами с содержанием магнетита 2-5 %. Наряду с магнетитовыми кварцитами в краевых частях залежи присутствуют пироксен-магнетитовые и гранат-магнетитовые железистые кварциты. Таким образом, на месторождении Ягиндя отмечается четкая минералогическая зональность железорудного горизонта, выразившаяся сменой пироксен-магнетитовых, гранат-магнетитовых кварцитов краевых частей горизонта последовательно магнетитовыми и магнетит-железослюдковыми кварцитами к средней части горизонта. По этому признаку, а также по наличию прослоев магнетит-железослюдковых кварцитов рудопроявление Ягиндя отличается от других изученных в Сутамском районе.

Общие черты геологического строения рудопроявлений железа гидатской серии

Как было отмечено выше, стратиграфический разрез раннеархейской гидатской серии пород в пределах Сутамского блока расчленен на две свиты: нижнюю – нельгуйскую и верхнюю – сеймскую. К верхней части разреза нельгуйской свиты приурочен железорудный горизонт, представленный магнетитовыми, гиперстен-магнетитовыми кварцитами. На отдельных участках в пределах сеймской свиты выделяются три подсвиты: нижняя – кальцифир-кварцитовая с железорудным горизонтом, представленным гиперстен-, диопсид-магнетитовыми, спессартин-диопсид-магнетитовыми, диопсид-железослюдково-магнетитовыми кварцитами и магнетитовыми гиперстенидами; средняя – существенно гранато-гнейсовая и верхняя – кварцитовая.

Наиболее широким распространением пользуются проявления магнетитовых кварцитов, приуроченные к нижнему железорудному горизонту, характеризующемуся однородным внутренним строением и относительно устойчивым составом руд. Это средне-, крупнозернистые полосчатые магнетитовые и гиперстен-магнетитовые железистые кварциты, имеющие резкие контакты с вмещающими породами. В изученных проявлениях мощность железорудного горизонта варьирует от 10 м. до 40 м., на остальных участках она становится меньше вследствие наложенных деформаций (тектоническое расланцевание и разлинзование).

В отличие от нижнего горизонта верхний железорудный горизонт характеризуется изменчивостью как минерального состава, так и мощностей. Наибольшая мощность (60м) верхнего горизонта наблюдается на проявлении Ягиндя. Здесь же отмечается минералогическая зональность, выразившаяся в смене от краевых частей к центральной силикатно-магнетитовых руд магнетитовыми и магнетит-железно-слюдковыми. Восточнее, на Худучинском рудопроявлении, мощность горизонта становится меньше (5-30м.), практически не выражена минералогическая зональность горизонта (хотя в редких образцах руд встречается железная слюдка до 1 %). Наряду с магнетитовыми кварцитами, в составе горизонта появляются магнетитовые гиперстениды.

Еще восточнее, на Олимпийском месторождении и проявлении Гиперстеновом наряду с магнетитовыми кварцитами и гиперстенидами появляются разности этих пород, содержащие спессартин. Аналогичная ассоциация руд наблюдается и в Ампардахской группе проявлений. Железорудные горизонты, как и вмещающие породы, метаморфизованы в гранулитовой фации метаморфизма, имеют согласное залегание и смяты двумя генерациями складок, что свидетельствует об их существовании еще до образования раннеархейских гранитоидов района и отсутствии генетической связи железных руд района с гранитоидами.

Важное рудоконцентрирующее значение для железистых кварцитов имеют дважды проявленная складчатость. Наиболее перспективные проявления слагают ядерные части мелких изоклиальных синклиналий складок (рудопроявления Ягиндя, Худучи, Талангское, Кабактинское), где происходит складчатое удвоение мощности железорудного горизонта. Наложение поперечной складчатости еще в большей мере привело к концентрации вещества железорудного горизонта и

образованию зигзагообразных и дугообразных форм железорудных залежей.

Наряду с проявлениями, залегающими в ядрах синклиналий складок, выявлены проявления слагающие крылья (Олимпийское) или крыло (Субтугутурское) антиклинальных складок, осложненных также поперечной складчатостью. Проведенные исследования показали, что большинство изученных проявлений обладают ограниченными перспективами на глубину поскольку залегают в ядрах мелких синклиналий складок. Большими перспективами на глубину обладают проявления, залегающие на крыльях антиклинальных структур (Олимпийское и Субтугутурское).

Заключение

Современный период экономического и социального развития как Российской Федерации, так и непосредственно Республики Саха (Якутия) ставит перед горно-геологической службой задачи расширения и экономически выгодного освоения минерально-сырьевых ресурсов. Вовлечение в эксплуатацию месторождений железа Сутамского блока АСЦ, наряду с разработкой Эльгинского угольного месторождения, существенно снизит себестоимость эксплуатации железной дороги и придаст региону исключительное экономическое развитие вплоть до создания вместе с железорудными месторождениями других районов мощной металлургической базы. В создании такой базы Сутамский район по объёму ресурсов является третьим, после Чаро-Токкинского и Южно-Алданского железорудным районом Алданской провинции (>3 млрд. т), ближе всех расположенных к Эльгинскому месторождению (менее 90 км) [5].

Важнейшим компонентом железистых кварцитов многих месторождений, а также сформировавшихся за их счет залежей богатых железных руд других формаций являются благородные металлы, выступающие в качестве одного из крупнейших нетрадиционных источников попутной золото-платиновой добычи [7; 8].

Хотя отдельные месторождения в докембрийских железорудных формациях имеют относительно небольшие размеры, общие же запасы их руд огромны, поэтому и они имеют важное промышленное значение. Кроме того, изучение географического положения, характера их распространения и способа образования дают ценную информацию относительно природы и тектонических особенностей ранней докембрийской коры.

Литература

1. Александров, Ю.А. Докембрийские железорудные формации СССР / Ю.А. Александров. – Текст : непосредственный // Докембрийские железорудные формации мира. – Москва : Мир, 1975. – С. 172-205.
2. Рудные месторождения СССР : в 3 томах. Т. 1. : монография / под редакцией академика В. И. Смирнова. – издание 2, переработанное и дополненное. – Москва : Недра, 1974. – 352 с. – Текст : непосредственный.
3. Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия) / под редакцией Л.М. Парфенова, М.И. Кузьмина. – Москва : Наука/Интерпериодика, 2001. – 571 с. – Текст : непосредственный.
4. Смирнов, В.И. Курс рудных месторождений : Учебник для ВУЗов./ В.И. Смирнов, А.И. Гинзбург, В.М. Григорьев, Г.Ф. Яковлев. – 2 издание, переработанное и дополненное – Москва : Недра, 1986. – 360 с. – Текст : непосредственный.
5. Жижин, В.И. Роль железных руд Сутамского района в экономическом развитии востока Южной Якутии и их характеристика / В.И. Жижин, В.М. Никитин. – Текст : непосредственный // Материалы второй республиканской научно-практической конференции «Пути решения актуальных проблем добычи и переработки полезных ископаемых Южной Якутии». – Нерюнгри, 2004. – С.146-150.
6. Дук, В.Л. Последовательность деформаций в архейских образованиях Сутамского блока / В.Л. Дук, В.В. Балаганский, А.Н. Зедгенизов. – Текст : непосредственный // Структурная и метаморфическая петрология раннего докембрия Алданского щита. – Якутск : ЯФ СО АН СССР, 1975. – С. 19-41.

7. Чернышов, Н.М. Первые находки минеральных форм элементов платиновой группы в железистых кварцитах КМА (Центральная Россия) / Н.М. Чернышов, В.М. Изоитко, С.В. Петров, С.П. Молотков – Текст : непосредственный // Доклады РАН, 2003. – Т. 3, № 1. – С. 104-107.

8. Чернышов, Н.М. Новые минеральные формы платиноидов и золота в железистых кварцитах Лебединского месторождения КМА (Центральная Россия) / Н.М. Чернышов, С.В. Петров – Текст : непосредственный // Доклады РАН, 2006. – Т. 408, № 4. – С.586-589.

References

1. Aleksandrov, Ju.A. Dokembrijskie zhelezorudnye formacii SSSR / Ju.A. Aleksandrov. – Tekst : neposredstvennyj // Dokembrijskie zhelezorudnye formacii mira. – Moskva : Mir, 1975. – S. 172-205.

2. Rudnye mestorozhdenija SSSR : v 3 tomah. T. 1. : monografija / pod redakciej akademika V. I. Smirnova. – izdanie 2, pererabotannoe i dopolnennoe. – Moskva : Nedra, 1974. – 352 s. – Tekst : neposredstvennyj.

3. Tektonika, geodinamika i metallogenija territorii Respubliki Saha (Jakutija) / pod redakciej L.M. Parfenova, M.I. Kuz'mina. – Moskva : Nauka/Interperiodika, 2001. – 571 s. – Tekst : neposredstvennyj.

4. Smirnov, V.I. Kurs rudnyh mestorozhdenij : Uchebnik dlja VUZov./ V.I. Smirnov, A.I. Ginzburg, V.M. Grigor'ev, G.F. Jakovlev. – 2 izdanie, pererabotannoe i dopolnennoe – Moskva : Nedra, 1986. – 360 s. – Tekst : neposredstvennyj.

5. Zhizhin, V.I. Rol' zheleznyh rud Sutamskogo rajona v jekonomicheskom razvitii vostoka Juzhnoj Jakutii i ih harakteristika / V.I. Zhizhin, V.M. Nikitin. – Tekst : neposredstvennyj // Materialy vtoroj respublikanskoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Puti reshenija aktual'nyh problem dobychi i pererabotki poleznyh iskopaemyh Juzhnoj Jakutii». – Nerjungri, 2004. – S.146-150.

6. Duk, V.L. Posledovatel'nost' deformacij v arhejskikh obrazovaniyah Sutamskogo bloka / V.L. Duk, V.V. Balaganskij, A.N. Zedgenizov. – Tekst : neposredstvennyj // Strukturnaja i metamorficheskaja petrologija rannego dokembrija Aldanskogo shhita. – Jakutsk : JaF SO AN SSSR, 1975. – S. 19-41.

7. Chernyshov, N.M. Pervye nahodki mineral'nyh form jelementov platinovoj grupy v zhelezistykh kvarcitah KMA (Central'naja Rossija) / N.M. Chernyshov, V.M. Izoitko, S.V. Petrov, S.P. Molotkov – Tekst : neposredstvennyj // Doklady RAN, 2003. – Т. 3, № 1. – С. 104-107.

8. Chernyshov, N.M. Novye mineral'nye formy platinoidov i zolota v zhelezistykh kvarcitah Lebedinskogo mestorozhdenija KMA (Central'naja Rossija) / N.M. Chernyshov, S.V. Petrov – Tekst : neposredstvennyj // Doklady RAN, 2006. – Т. 408, № 4. – С.586-589.

Сведения об авторах

ПУЛЯЕВ Николай Анатольевич – к.г.-м.н., доцент кафедры прикладной геологии ГРФ СВФУ им. М.К. Аммосова.

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

PULIAEV Nikolay Anatolievich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor, Department of Applied Geology, Faculty of Geology and Survey, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University.