

Геотехнологические и криоэкологические условия «Таежного» железорудного месторождения в Южной Якутии

В статье описаны географические, климатические и геологические условия района месторождения «Таёжное», освещены инженерно-геологические особенности участка, выявлены наиболее опасные экзогенные процессы: морозное пучение и сейсмичность. Прослежена история геологического изучения территории. Показаны причины многолетних задержек с освоением и отработкой месторождения, его ближайшие перспективы.

Шац Марк Михайлович

Ведущий научный сотрудник ФГБУН Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, Якутск, к.г.н.
mmshatz@mail.ru,

Введение

В Южной Якутии, наряду с ранее выявленными минеральными ресурсами нефти, газа, угля, цветных и драгоценных металлов, обнаружены и разведаны многочисленные значительные, а порой и уникальные по объемам запасов железорудные месторождения. Однако промышленность черной металлургии, в отличие от вышеназванных полезных ископаемых, здесь пока развития не получила. Это положение связано с проблемами, переживаемыми экономикой региона и страны в целом.

Тем не менее, вовлечение железорудных месторождений в промышленное использование представляется важным фактором социально-экономического развития этой пока еще мало освоенной части Сибири. При этом возникает необходимость выявления методов и подходов эффективного промышленного освоения крупных запасов железных руд и создания в реальной перспективе на их базе объектов черной металлургии. Решение этой проблемы возможно лишь на основе комплексного геолого-экономического анализа и оценки рентабельности разработки наиболее крупных месторождений, базирующихся на оперативной информации о геологических, горнотехнических, экономических, инфраструктурных и других условиях районов освоения.

Результатом подобных исследований обычно является обоснование экономической целесообразности освоения ряда первоочередных наиболее эффективных месторождений, а также определение важнейших технико-экономических показателей их промышленного освоения.

Вместе с тем, учитывая современные экономические сложности и острый дефицит инвестиций в экономику, в статье рассмотрены возможности привлечения для освоения и эксплуатации месторождений иностранного капитала, например, из таких ближайших к этой части России стран, как Япония, Китай и Южная Корея, которые испытывают дефицит в собственном железорудном сырье и свою потребность в нем удовлетворяют в основном за счет импорта.

Наличие на Дальнем Востоке России крупных разведанных месторождений железных руд в сочетании с расположением неподалеку огромных залежей высококачественного каменного угля становится благоприятной сырьевой базой для создания черной металлургии региона и серьезным фактором развития его экономики.

Однако при решении вопроса освоения этих месторождений в современных рыночных условиях сложившаяся уникальная экономико-сырьевая ситуация по ряду объективных и субъективных моментов была неоправданно усложнена. В результате вот уже более 20 лет проекту активного и масштабного освоения ряда железорудных месторождений Южной Якутии должного внимания не уделяется и конца подобной ситуации не видно.

Цель статьи дать комплексную оценку геолого-географических условий освоения одного из богатейших месторождений региона – «Таежного» с акцентом на мерзлотно-гидрогеологическую информацию, обуславливающую методы и подходы его геотехнологической отработки.

Природные условия железорудного месторождения «Таёжное»

При подготовке данного раздела использованы следующие источники [2-7,9,11-15,17-21].

Одним из крупнейших в РФ по запасам является железорудное месторождение «Таёжное», расположенное в Нерюнгринском районе Республики Саха (Якутии), в 100 км к югу от города Алдан и в 4 км к востоку от разъезда «Таежный» железной дороги Беркакит-Томмот-Якутск.

Связь с месторождением может осуществляться по Амуро-Якутской автомагистрали и по автодороге на пос. Канкунский, которая проходит по территории будущей промплощадки. Возможно и строительство подъездного железнодорожного пути, примыкающего к станции «Таежная».

Месторождение «Таежное» расположено в восточной части Олекмо-Тимптонской плоскогорной провинции, которая характеризуется развитием горно-таежных и горно-редколесных ландшафтов (рис.1) с островным и прерывистым распространением многолетнемерзлых пород (ММП).



webmineral.ru

Рис. 1. Естественные геосистемы участка месторождения. Фото И.В. Дорофеева

Горно-редколесный ландшафт определяется преобладанием лиственничных реди и редколесий, широко развитых на горных хребтах и плоскогорьях. В напочвенном покрове обычны лишайники, зеленые мхи и кустарнички, в подлеске – кустарниковые березки, ольховник, кедровый стланик.

Горно-таежный ландшафт характеризуется распространением лиственничных и сосново-лиственничных лесов кустарничково-зеленомошных и лишайниковых.

Орографически месторождение находится в пределах Алданского нагорья, имеет среднегорный полого увалистый рельеф, осложненный отдельными горными вершинами с абс. отм. 1380 м и сетью неглубоко врезанных с пологими склонами речных долин. Абсолютные отметки поверхности собственно на Таежном месторождении составляют 1180-1285 м, а речных долин – 1000-1150 м. Рельеф горный с пологими возвышенностями и широкими заболоченными долинами, сочетающийся с плоскогорьями и тектоническими впадинами. Водоразделы местных возвышенностей плоские и куполовидные при крутизне склонов речных долин от 3 до 20°. Монотонный выдержанный рельеф часто нарушен скальными выходами интрузивных горных пород в виде одиночных и групповых останцов высотой до 14 м.

Речная сеть участка Таежный относится к бассейнам р. Алдана (реч. Аччыгый-Нимныр с притоками) и р. Тимптона (реч. Улахан - Леглегер и реч. Аччыгый-Леглегер с притоками), представлена верховьями практически всех вышеперечисленных водотоков. Собственно

лицензионный участок занимает водораздельную территорию между этими водными системами. Долины рек имеют небольшой врез – от 30 до 250 м, пологие, редко – средней крутизны борта. Практически во всех водотоках зимой формируются наледь, достигая в отдельных случаях 3-5 км в длину при мощности льда до 4-5 м. Особенно широко известна знаменитая Леглегерская наледь (рис.2).

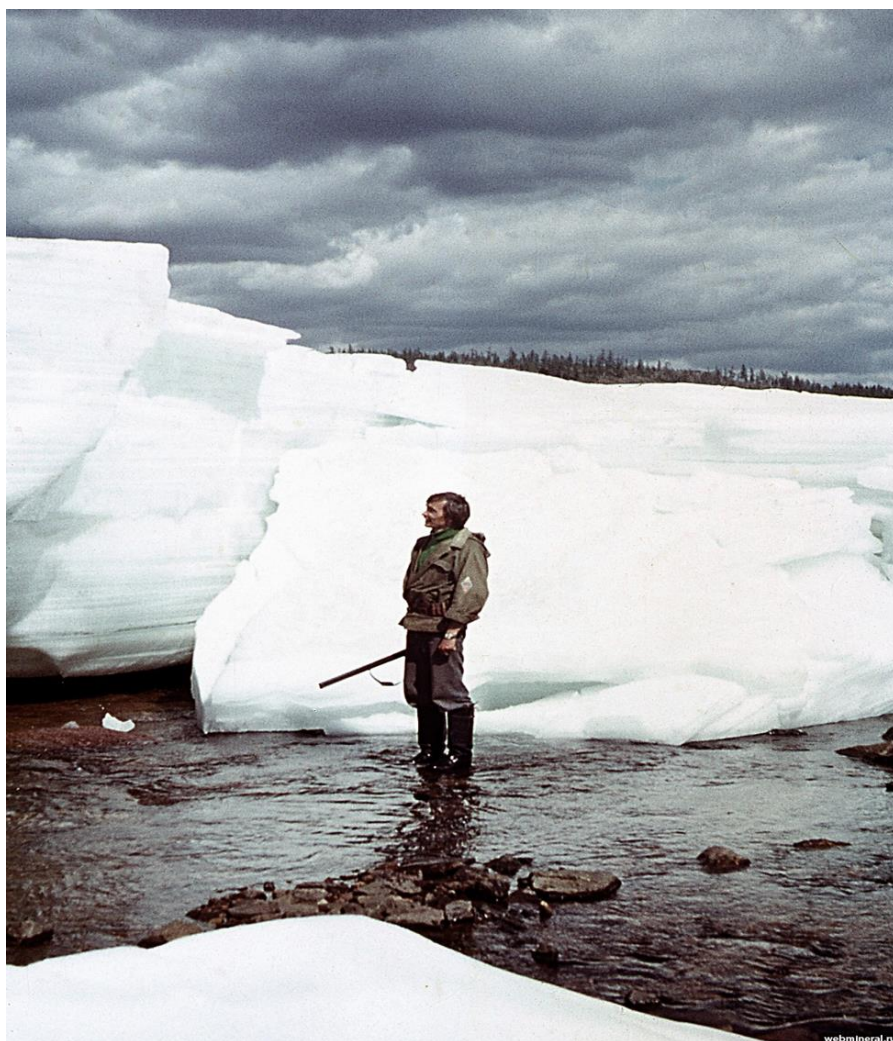


Рис. 2. Наледь Леглегерская. Фото Н.П. Кривошеева

Питание водотоков происходит преимущественно за счет весеннего снеготаяния и летне-осенних дождей, причем подземные воды в общем балансе поверхностного стока играют не основную роль. Сток неравномерен – до 75-90% его общего объема приходится на лето, а зимой на большинстве водотоков сток почти полностью прекращается в связи с перемерзанием водного потока, часто являющегося причиной образования русловых наледей.

Виду расчлененного рельефа озерная сеть выражена слабо и в основном приурочена к верховьям речных долин. Берега озер, как правило, заболочены и подвержены термокарстовой переработке.

Климат района резко-континентальный со значительными колебаниями температур воздуха. Среднегодовая температура воздуха непосредственно на участке месторождения составляет $-9,5^{\circ}\text{C}$. Минимальная температура воздуха понижается до -63°C , а максимальная летом достигает 34°C . Среднегодовое количество осадков составляет 450-550 мм при толщине снежного покрова 1 м.

Глубокое промерзание и оттаивание пород определяют интенсивное развитие физического выветривания, которому способствуют активно протекающие процессы эрозии и тектоническая трещиноватость горных пород.

Многочисленные тектонические нарушения играют особую роль в геологическом строении в пределах Таежного участка, а также в формировании его геокриологических и гидрогеологических условий. Наибольшей тектонической активности территория подвергалась в мезозойское время, когда было заложено большинство разломов, сыгравших в последующем огромную роль в формировании современного рельефа. Продолжение тектонической деятельности в более позднее время привело к образованию многочисленных зон дробления. Среди разломов выделяется несколько систем различных простираний с преобладанием тектонических нарушений северо-восточного, северо-западного и субширотного направления. С зонами дизъюнктивных нарушений связана линейная кора выветривания, которая в плане представляет рисунок омоложенных разломов.

Таёжное месторождение находится в центральной части Алданского щита в Леглиерском железорудном районе и структурно приурочено к межкупольному Унгра-Тимптонскому прогибу, ограниченному разломами и выполненному образованиями раннедокембрийской дес-леглиерской серии с суммарной мощностью 2300-3100 м. В составе серии преобладают метавулканы основного состава, подчинённое значение имеют интрузивные и метаморфизованные осадочные породы.

Залежи железных руд месторождения локализованы в леглиерском продуктивном горизонте мощностью 320 м с отдельными выходами на поверхность. В составе горизонта выделены три пачки: нижняя рудная (120-200 м), гнейсовая межрудная (40-80 м) и верхняя рудная (до 120 м). В нижней части рудной пачки находится «Главная» рудная залежь, включающая линзовидные прослои амфибол-пироксеновых кристаллических сланцев и амфибол-биотитовых гнейсов мощностью до 5-15 м. Иногда межрудные прослои сложены доломитовыми мраморами.

Межрудная пачка представлена различными по составу гнейсами, а верхняя сложена диопсид-биотитовыми гнейсами, чередующимися с маломощными пластами и короткими линзами доломитовых мраморов, диопсидовых, диопсид-флогопитовых пород и силлиманит-биотитовых гнейсов. Она включает 10 крупных рудных тел длиной 400-800 м при мощности 30-50 м. Преобладающим типом руд на месторождении (около 80% запасов) являются магнетитовые ортосиликатные с массивной и вкрапленной текстурой. Магнетит представлен двумя генерациями. Первая (до 95%) – изометричные, овальные на контакте с сульфидами зёрна толщиной 0,5-2 мм. Вторая (до 5%, редко более) образует тончайшие жилки в псевдоморфозах серпентина по форстериту и клиногумиту, либо ашарита по людвигиту в комплексных борато-магнетитовых рудах. Среди сульфидов преобладает пирротин, реже пирит и халькопирит, сфалерит и молибденит. Содержание железа в рудах колеблется от 20 до 60%, много сульфидной серы, но редок фосфор. Руды легко обогащаются путем двухстадийной магнитной сепарации с извлечением 94% железа в

концентрат с содержанием железа 62-64%. Сера успешно удаляется при необходимой для всех типов руд агломерации.

Четвертичные отложения представлены аллювием, элювием, склоновыми, озерно-болотными и другими молодыми отложениями. К нижнему отделу четвертичной системы относится аллювий высоких (60-80 м) террас местных водотоков [19].

Средне-четвертичные отложения представлены валунно-галечным аллювием террас 40-50 м уровня и ледниково-солифлюкционными образованиями. Элювиальные горизонты водоразделов представлены главным образом щебнистыми суглинками с меняющимися соотношениями глинистого и щебнисто-глыбового материала, мощностью до 1-2 метров (редко – больше), а также склоновым гетерогенным комплексом из руслового и пойменного аллювия, озерно-болотных и техногенных отложений.

В целом характер геологического разреза пород района Леглегерского рудного поля свидетельствует о том, что в течение всего поздне-кайнозойского времени территория испытывала поднятия, вследствие чего происходило удаление ранее образовавшихся континентальных отложений и замещение их молодыми маломощными осадками, соответствующими лишь самым последним фазам геологической истории [19].

На месторождении также развита борная минерализация людвигитового типа. Среди первичных боратов преобладает людвигит (с железистостью 25-40%). Кроме этого, в кальцифирах неравномерно распределены суанит, сингалит и варвикит. В скарнах изредка встречаются флюоборит и варвикит. Широко развито замещение первичных боратов ссайбелиитом. Кроме боратов широко развиты в скарнах серендибит и турмалин; редко встречаются аксинит, датолит и данбурит. Последние два минерала пространственно связаны с проявлениями магматизма мезозойского времени.

Как и на многих других железорудных месторождениях, на «Таежном» имеются вкрапления боратовых руд, а сам бор в малых дозах присутствует в растениях и организмах всех животных и человека. Запасы В₂O₃ (категории С₂) месторождения составляют 3993 тыс. т (11,5% российских), при среднем содержании В₂O₃ в рудах – 3,20%.

Соединения бора активно используются в быту, в частности, входят в состав большинства современных чистящих средств. Присутствуют соединения бора и в хрустальных изделиях — люстрах, вазах, бокалах. Недостаток бора, равно как и его избыток одинаково вредны для всей флоры и фауны. Поэтому для исключения вреда необходимо применить весь накопленный опыт горнорудных компаний мира по защите от потенциального экологического ущерба.

«Таежный» расположен на юге Восточно-Сибирской артезианской области в пределах структуры I-го порядка – Алданского гидрогеологического массива и принадлежит структуре 2-го порядка – Алдано-Тимптонскому гидрогеологическому массиву с наложенным водоносным комплексом кристаллических пород архея [6,7,18.19].

В пределах месторождения «Таежное» распространены:

-водоносный горизонт четвертичных отложений;

-водоносный комплекс трещинных и трещинно-жильных вод коренных пород.

Водоносный горизонт четвертичных отложений в обводнении проектируемого карьера практического значения иметь не будет. Режим подземных вод сезонный, зимой эти воды полностью промерзают. Подземные воды архейских кристаллических пород являются наиболее распространенными, они безнапорны, глубина залегания уровней, в зависимости от рельефа и времени года, колеблется от 5 м до 70 м.

В зоне развития ММП воды приобретают напор до 100 м, а мощность водоносного комплекса колеблется от 250 м до 70 м. Коэффициент фильтрации колеблется в пределах от 0 до 1,5 м/сут.

Трещинно-жильные воды приурочены к разломам, мощность которых достигает 30-60 м, они напорны, величина напора выше поверхности земли. Коэффициент фильтрации водовмещающих пород разломов достигает 0,8 м/сут, а питание трещинных и трещинно-жильных вод осуществляется за счёт инфильтрации атмосферных осадков.

По химическому составу воды гидрокарбонатные и сульфатно-гидрокарбонатные кальциево-магниевые, а по степени минерализации трещинные подмерзлотные воды (по данным гидрогеологической экспедиции ПГО «Якутскгеология») близки к надмерзлотным и межмерзлотным, служащим источником их питания [19].

Многолетняя мерзлота на участке «Таежного» железорудного месторождения имеет преимущественно прерывистое по площади и сплошное по вертикали распространение. Глубина залегания верхней поверхности ММП находится в основном в пределах 0,7-3,0 м и определяется величиной его сезонного протаивания.

Мощность многолетнемерзлой толщи (ММТ) изменяется от первых до 250-300 м и более при среднегодовой температуре у подошвы слоя ее годовых колебаний (10-15 м) от 0 до минус 3-4°С и ниже. Температура талых пород обычно редко превышает + 2°С, оставаясь в средних значениях от 0,5 до 1,5°С. Глубина сезонного промерзания изменяется в значительных пределах от 2 до 6-8 м.

Именно в этом районе в процесс геокриологических исследований ИМЗ СО РАН были выявлены чрезвычайно высокие темпы преобразования ММП при освоении железорудного месторождения «Таежное». По результатам наземных и дистанционных исследований, площади развития мерзлых пород возросли на 15-20%, мощность на 20-40 м, а температура на глубине 12 м понизилась на 0,6°С, отражая тем самым существенное увеличение суровости мерзлотных условий.

Подобные достаточно активные и масштабные изменения связаны с нарушениями, а порой и уничтожением напочвенных покровов, приводящим в местных климатических условиях к перераспределению снежного покрова и изменению условий теплообмена верхних горизонтов горных пород с приземными слоями атмосферы.

Экзогенные геологические явления в районе месторождения в основном относятся к категории криогенных и весьма разнообразны. Основными факторами, обуславливающими глубину сезонного промерзания в данном районе в естественных условиях, являются мощный рыхлый снежный покров, небольшая влажность пород, а также низкие зимние температуры воздуха. Сезонное протаивание грунтов в основном зависит от характера растительного покрова, состава и влажности пород, а также от высоких летних температур воздуха. На основной части территории характер рыхлых отложений благоприятствует активной инфильтрации значительных, прогретых, жидких осадков, что может привести к возрастанию глубин сезонного протаивания грунтов на 15-20% [19].

Неблагоприятные экзогенные процессы отрицательно влияют на строительство и эксплуатацию различных объектов. К их числу в первую очередь следует отнести морозное выпучивание каменного обломочного материала на склонах местных возвышенностей, криогенное пучение рыхлых грунтов при промерзании. В речных долинах многочисленны наледи, одна из которых – Леглегерская – достигает в длину нескольких км при мощности льда до 3-4 м. Чаще отмечают наледи средних размеров, площади отдельных экземпляров

достигают 200 000 м². Относительная надежность этого района составляет 0,27%. Ухудшает инженерно-геологические условия и сейсмичность площадки.

История изучения месторождения

Месторождение «Таёжное» было разведано еще во времена СССР, однако его разработка до сих пор не началась. Геологическое изучение района работ стартовало с конца 40-х годов, когда работниками ЯФАН СССР была выявлена Леглиерская аномалия, а в 1949 г. наземными выработками были оконтурены магнетит-флогопитовые рудные тела, получившие впоследствии название Таежного месторождения [5]. С весны 1950 г. «Якутская комплексная экспедиция» выполнила поисково-разведочные буровые работы в пределах рудного поля Таежного месторождения. За период 1950-1958 гг. группой железорудных отрядов этой экспедиции были проведены: геолого-петрографические, минералого-геохимические и генетические исследования железорудных месторождений и железорудных зон. Позднее на месторождении продолжались геолого-разведочные работы. Первая мерзлотная инженерно-геологическая съемка района месторождения была выполнена в 1977 г. комплексной экспедицией в масштабе 1:25000. По материалам данной съемки были выделены инженерно-геологические районы, произведено описание грунтов, приведены сведения о подземных водах, криогенных, физико-геологических явлениях. В 1977 г. на месторождении были выполнены инженерно-геологические изыскания. Целевым назначением работ являлось изучение общего геологического строения участка и определение физико-механических свойств грунтов.



Рис. 3. Технологическая дорога на месторождении. Фото с электронного ресурса [16]

В 2003 г. ОАО «ЯкутГИСИЗ» выполнило инженерно-геологические изыскания для разработки рабочей документации, а в 2011 году провел инженерные изыскания, включающие геофизические работы для оценки степени сейсмической опасности площадки месторождения. В 2007 г. ОАО «ЮВГК» были изучены гидрогеологические условия территории Таёжного месторождения.

В 2007 г. изучение мерзлотных свойств горных пород Таёжного месторождения было выполнено Институтом мерзлотоведения СО РАН [9]. Целью исследований являлись сбор и обобщение геотермической информации по месторождению, создание электронной базы данных, определение теплофизических и физико-механических свойств горных пород.

Современное состояние проекта

В настоящее время Таежное месторождение железных руд является наиболее подготовленным к промышленному освоению. Оно характеризуется наиболее оптимальными технико-экономическими показателями, а верхняя часть залежей месторождения до глубины 600 метров может быть отработана открытым способом одним карьером, что весьма выгодно в экономическом отношении.

В пределах рудного поля Таежного месторождения заложена сеть технологических дорог (рис. 3). Известны также около десяти неизученных месторождений, что делает его еще более перспективным. Общие запасы и прогнозные ресурсы Таежно-Леглегерской группы месторождений составляют 2,1 млрд тонн железной руды, из них 1,18 млрд тонн пригодны для открытой добычи [2-4].

Разведанные запасы железных руд «Таёжного» на 01.01.2014 г. категорий А+В+С1 составляли 798,2 млн т. при среднем содержании железа в рудах 39,5%, а предварительно оценённые – 590,4 млн т. Три четверти запасов заключено в «Главном» рудном теле, протяжённостью 3,5 км и мощностью от 47 м до 57 м. Месторождение является одним из крупнейших резервов железных руд в России, его можно в относительно короткие сроки вовлечь в разработку.

Лицензией на разработку месторождения владели ОАО «Горно-металлургическая компания «Тимир» и компания «Евраз Групп», но до сих пор оно не разрабатывается, что вызывает недовольство руководства Якутии [1,8,10]. Периодически возникает вопрос об отзыве лицензии, т.к. у владельцев до сих пор нет четкой позиции по реализации проекта по добыче железной руды. Проблема обсуждалась на совещание у зампреда правительства РФ Юрия Трутнева, но своего решения так и не получила.

Руководство железорудной ГМК «Тимир» до сих пор не озвучило четкие параметры разработки «Таежного», по сути отказывается от прежних масштабных планов строительства металлургического комбината в республике. В то же время эксперты отмечают, что найти других инвесторов для проекта будет сложно.

Владельцу лицензии на «Таежное» ГМК «Тимир» принадлежат также аналогичные права на еще три месторождения в Якутии — «Десовское», «Тарыннахское» «Горгитское» с совокупными запасами 3,6 млрд тонн, что еще более усложняет ситуацию. Изначально проект «Тимир» предполагал строительство двух ГОКов общей мощностью 18 млн тонн концентрата в год и Нерюнгринского металлургического комбината мощностью до 6,1 млн

тонн стали в год. Но эти планы составлялись в 2008 году, еще до кризиса и на пике цен на продукцию отрасли, поэтому позже серьезно изменились.

В последнее время появились новые, хотя и неопределенные перспективы освоения «Таежного», связанные с потенциальным крупным инвестором в угольную и железорудную промышленность Южной Якутии – китайской металлургической компанией ООО «Торгово-промышленная корпорация Хэбэй-Би Ши» [16], которая была основана в 2007 году как единая крупномасштабная современная частная компания в КНР. Представляет собой объединение сталелитейной, коксовой, электрической, горной промышленности, недвижимого имущества, финансово-коммерческой деятельности с фиксированными активами в размере 18 млрд юаней. Годовая выработка стали на предприятиях корпорации составляет 6,8 млн тонн, кокса – 3 млн тонн, железного порошка – 3 млн тонн, электроэнергии – 2,5 млрд киловатт/час. Для сравнения: Нерюнгринская ГРЭС вырабатывает около 3 млрд киловатт/час в год, то есть, мощности вполне сопоставимы.

Визиту в Южную Якутию в апреле 2019 г. предшествовала встреча 14 сентября 2018 года главы Приморья Андрея Тарасенко и председателя совета директоров китайской корпорации Би Цзиньвань, включающая подписание соглашения о строительстве в Приморском крае, недалеко от морских портов Владивостока, металлургического завода стоимостью около 3,4 млрд рублей.

Этот завод нужен в первую очередь приморцам. Там в ближайшей перспективе планируется создать кластер судостроения, а также реализовать множество новых строительных проектов, поэтому в регионе будут крайне востребованы судовая сталь и арматура из железа. Но в Приморском крае нет таких месторождений, как в Нерюнгринском районе Якутии, а современные технологии позволяют извлекать металл не только из богатых, но и из бедных пород.

Еще в 1974 году предполагалось создать в Южной Якутии крупнейшую металлургическую базу со строительством металлургического комбината на Таежном месторождении железной руды. Именно этим объясняется главный интерес китайских специалистов, которым требуется сырье для сталелитейного завода в Приморье, а они находятся в Таежном месторождении железной руды. Кроме того, неподалеку имеется ещё Десовское железорудное месторождение с балансовыми запасами 400,7 млн тонн со средним содержанием металла 26,7% [16].

Суммарные запасы двух основных железорудных месторождений Южной Якутии позволят горнодобывающему комплексу осуществлять добычу угля открытым способом свыше 40 лет, а далее в течение 60-70 лет проводить подземную доработку месторождений.

Учитывая технологию сталелитейного производства, в котором не обойтись без высококачественного кокса и концентрата, китайских партнеров особо интересовали качественные показатели нерюнгринского угля и они были ими вполне удовлетворены. Таким образом перспективы освоения двух якутских железорудных месторождений вполне реальны.

Заключение

Таежное месторождение железной руды находится в труднодоступном регионе с экстремально суровыми природными условиями. В сочетании с происходящим в последние годы в условиях рынка ужесточением экономических требований к

рентабельности промышленного освоения, это в значительной степени сдерживает разработку месторождения.

В то же время «Таежное» обладает крупными разведанными и прогнозными запасами железных руд и может рассматриваться как перспективная потенциальная сырьевая база создания в Южной Якутии горно-обогатительной промышленности с акцентом на развитие черной металлургии. По комплексу критериев в число шести наиболее благоприятно географически расположенных и крупных месторождений Сибири для первоочередного освоения было рекомендовано и Таежное месторождение.

Список литературы

1. Анатолий Джумайло Под «Тимиром» дрогнула руда. Якутские власти недовольны работой компании//Коммерсантъ, 27.01.2016. С.34-41.
2. Архипов Г.И. Минеральные ресурсы горнорудной промышленности Дальнего Востока. Обзор состояния и возможности развития. М.: Горная книга, 2011. 830 с.
3. Архипов Г.И. Горнорудная промышленность. Минеральные ресурсы России // Экономика и управление. 2013. No 5. С. 164-175.
4. Архипов Г.И. Территориально-корпоративная организация горнорудной промышленности Дальнего Востока // География и природные ресурсы. 2015. No 1. С. 135-141.
5. **ВИКИПЕДИЯ.** Электронный ресурс. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B0%D1%91%D0%B6%D0%BD%D0%BE%D0%B5_\(%D0%BC%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B6%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B0%D1%91%D0%B6%D0%BD%D0%BE%D0%B5_(%D0%BC%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B6%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5)). Дата обращения: 11.11.2018.
6. Геокриология СССР. Средняя Сибирь / Под ред. Э.Д. Ершова. М.: Недра, 1989. 414 с.
7. Геология СССР. Т. XVIII. Якутская АССР. Полезные ископаемые. – М.: Недра. 1979. – 411 с.
8. "Евраз Групп" может лишиться лицензии на "Таежное". Электронный ресурс. URL:<http://xn--80aa3bndv5cq.xn--p1ai/157708.html>. Источник: SakhaNEWS. Дата обращения: 22.06.2018.
9. Железняк М.Н. Геотемпературное поле и криолитозона юго-востока Сибирской платформы. – Н-ск: Изд-во «Наука» СО РАН, 2005. – 227 с.
10. Ирина Васильева. Строительство Таежного ГОКа станет первым шагом в освоении рудных запасов Южной Якутии. Электронный ресурс. URL: <https://rg.ru/2011/09/29/reg-dvostok/taezhnoe.html>. Источник: <https://rg.ru/>. Дата обращения: 23.07.2018.
11. Лейдерман Л.Е., Темникова М.С., Чистякова Е.В. и др. Освоение Таежного месторождения железной руды: синергия экологии и бизнеса// Рациональное освоение недр. 2015, №2, С.68-74.
12. Лисицын А.Е., Руднев В.В., Гафт А.Л., Добровольская Н.В., Дара О.М., Ткачева Т.В. Новые данные о людвигите и ашарите Таежного скарно-магнетитового месторождения (Южная Якутия) // ЗВМО. 1985. Часть 114. Вып. 1, С. 62-72.
13. Малинко С.В., Ямнова Н.А., Пушаровский Д.Ю., Лисицын А.Е., Руднев В.В., Юркина К.В. Железистый варвикит из месторождения Таежное (Южная Якутия). - ЗВМО, 1986, №6, С. 717-723.

14. Маракушев А.А. Петрология Таежного железорудного месторождения в архее Алданского щита. Магадан: Кн. изд-во, 1958. - 122 с.
15. Мерзлотно-ландшафтная карта Якутской АССР масштаба 1:2 500 000. – М.: ГУГК, 1991. – 2 л.
16. Олег СОЛОДУХИН. Китайцы строят «железные планы» в Южной Якутии. Электронный ресурс. URL: <http://news.myseldon.com/ru/news/index/209004930>. Дата обращения: 16 апреля 2019 г.
17. Перцев Н.Н., Кулаковский А.Л. Таежное месторождение. - Геология рудных месторождений, 2002, т. 44, № 1, с. 3-21.
18. Фотиев С.М. Подземные воды и мерзлые породы Южно-Якутского угленосного бассейна. М., "Наука", 1965, 127 с.
19. Южная Якутия. Мерзлотно-гидрогеологические и инженерно-геологические условия Алданского горнопромышленного района. Под ред. Кудрявцева В.А. Москва : Изд-во МГУ, 1975. – 444 с.
20. Grew E.S., Pertsev N.N., Boronikhin V.A., Borisovskiy S.E., Yates M.G., Marquez N. (1991) Serendibite in the Tayozhnoye deposit of the Aldan Shield, eastern Siberia, USSR, - Am. Min., 76, 1061-1080
21. Schreyer, W., Pertsev, N.N., Medenbach, O., Burchard, M., Dettmar, D. (1998) Pseudosinhalite: discovery of the hydrous MgAl-borate as a new mineral in the Tayozhnoye, Siberia, skarn deposit. Contributions to Mineralogy and Petrology (1998): 133: 382-388.