

Железная дорога в Заполярье

Если этому не воспрепятствует нынешний финансово-экономический кризис, через несколько лет за Северным полярным кругом может появиться рудовозная железная дорога с тяжеловесным движением, технико-экономическое обоснование и эскизный проект которой разрабатывает компания **Canarail**. Экстремальные топографические и климатические условия создают для проектировщиков и будущих строителей и эксплуатационников ряд сложных проблем.

Корпорация **Baffinland Iron Mines** начала разработку месторождения железной руды в северной части принадлежащего Канаде острова Баффинова Земля (в районе населенного пункта Мэри-Ривер, рисунок). Залежи высококачественной руды с содержанием железа примерно 65% были открыты здесь еще в 1962 г., но лишь в последнее время их разработка стала целесообразной вследствие увеличения спроса и

повышения цен на руду (пять европейских металлургических компаний уже подписали протоколы о намерениях закупать до 40% ежегодной добычи). Поэтому **Baffinland** организовала в районе Мэри-Ривер временную производственную базу и скоро приступит к извлечению первых 250 тыс. т руды для опытного использования в Европе.

Как полагают, запасы месторождения достаточны для добычи до

18 млн. т руды в год в течение 20 лет. При средней цене 67 дол. США за 1 т крупнорудовой и 55 дол. за 1 т мелкорудовой железной руды в ходе реализации проекта будет обеспечен коэффициент возврата капитальных вложений (до начисления налогов) в размере 20%; тогда начальные инвестиции окупятся всего за 3,7 года. За время эксплуатации рудника корпорация надеется получить 18 млрд. дол. дохода, и прибыль (после уплаты налогов) составит 1,2 млрд. дол.

Железная дорога — общие сведения

Для вывоза руды на мировой рынок необходима железная дорога до одного из портов. Хотя ближайшая к Мэри-Ривер бухта Милн находится всего в 100 км к северу, для обустройства порта с рудным терминалом выбрали бухту Стенсбю, расположенную в 149 км к юго-востоку. Удлинение железной дороги оправданно вследствие того, что доступ судов в бухту Стенсбю возможен практически круглый год, в то время как бухта Милн замерзает на длительный зимний период.

Во многих аспектах проект корпорации **Baffinland** не представляет собой чего-либо необычного или технически сложного. Добычу руды можно вести открытым способом из карьера. Благодаря высокому качеству руды нет необходимости в ее предварительной подготовке к погрузке в вагоны и на суда. Для перевозки руды есть суда с усиленным корпусом, рассчитанные на плавание во льдах.

Однопутная железнодорожная линия проектируется в расчете на перевозку 18 млн. т грузов в год, что также не является предельным показателем для линий аналогичного назначения. Что делает проект исключительным — это географическое положение, суровый арктический климат и наличие вечной мерзлоты. Именно эти факторы яв-



Географическое положение района Мэри-Ривер

ляются осложняющими — взять хотя бы необходимость доставки извне строительных материалов. Например, доставка строительных материалов на обычных (не усиленных) судах возможна только в течение шести — восьми недель летом каждого года, так что для решения логистических проблем предоставляется весьма ограниченное время.

Важно, чтобы железная дорога была построена своевременно, так как она вначале будет использоваться для обустройства рудника как такового. Ее строительство предполагают начать в 2010 г. и завершить в 2014 г. Отгрузка первой партии железной руды запланирована на лето 2014 г.

Природные условия

Баффинова Земля полностью расположена выше линии распространения лесов и по большей части — за Северным полярным кругом. Среднегодовая температура здесь составляет -15°C , для февраля типичны температуры порядка -34°C , а минимальная зарегистрированная температура равна -54°C .

Мэри-Ривер находится на 71-м градусе северной широты. Летом три месяца продолжается полярный день, когда солнце не заходит за горизонт, а зимой с 18 ноября по 23 января стоит полярная ночь, когда солнце не появляется из-за горизонта. Из 66 бессолнечных дней только в течение 20 дней относительно светлое время, когда естественного освещения достаточно для безопасного производства работ на открытом воздухе, длится 8 ч и более, а в пик зимы без искусственного освещения можно обойтись только 5 ч в день. Поэтому предусмотрено, что наружные работы будут полностью прекращаться на 1 мес в рождественские каникулы.

Вся Баффинова Земля покрыта вечной мерзлотой. В районе Мэри-Ривер толщина слоя мерзлого грунта, температура внутри кото-

рого никогда не поднимается выше -10°C , достигает 400 м. Активный верхний слой грунта толщиной 2 м и более подвержен сезонному оттаиванию и замерзанию, но талые воды не могут проникать под него, так что должное качество дренажа обеспечить невозможно.

Трасса линии

Наличие льда и перспективы глобального потепления затрудняют какое-либо строительство в зоне вечной мерзлоты. За исключением мест со скалистым, гравелистым или чисто песчаным грунтом, здесь везде залегают грунты, неустойчивые при изменениях температуры. Глины и илистые отложения весьма чувствительны к оттаиванию и, будучи пропитаны водой, не выдерживают нагрузки даже от идущего человека. Поэтому эти грунты должны быть или сняты, или заморожены. Особую проблему представляет обеспечение устойчивости насыпей, возводимых на основании с большим содержанием льда.

В таких условиях возводить нижнее строение пути, рассчитанное на пропуск поездов с высокими осевыми нагрузками, весьма сложно, особенно с точки зрения водоотвода. Важно по возможности сохранить естественное состояние слоя вечной мерзлоты в целях стабильности железнодорожной инфраструктуры. Даже незначительные нарушения мерзлоты могут вызвать существенные изменения в поведении грунта и потребовать большого объема работ по ремонту пути и искусственных сооружений.

Трасса линии прокладывалась так, чтобы обойти места с наиболее слабыми грунтами и избежать прохождения песчаных грунтов с большим содержанием льда и воды, а также гравелистых террас, под которыми могут скрываться ледяные линзы. Эти ограничения, дополненные стремлением свести к минимуму число пересечений водных пото-

ков и отдалиться от озерных берегов, привели к тому, что трасса не всегда следует кратчайшему пути.

Начинаясь вблизи рудника, где будет сооружен рудопогрузочный комплекс, линия пойдет на восток через серию песчаных и гравелистых террас, глубоко прорезаемых дренажными каналами. Затем она повернет на юг и в зоне, отличающейся большим содержанием льда в грунте, пересечет реку по мосту длиной 245 м. Далее на протяжении около 30 км линия пройдет по относительно ровному плато, постепенно снижающемуся в юго-восточном направлении. Здесь преобладают залегающие на поверхности или вблизи нее скалистые грунты, но иногда встречаются льдонасыщенные пески. Для дренажа в этих местах достаточно водозащитных щитов и связей с естественными водотоками.

Миновав плато, линия войдет в долину реки Кокберн и по ней достигнет озера. В устье реки должен быть построен мост длиной 432 м, но его сооружение облегчается благоприятными топографическими условиями. Далее на протяжении примерно 14 км трасса идет поблизости от побережья озера, и здесь требуется возведение ряда искусственных сооружений (в том числе двух тоннелей небольшой длины), связанное с доставкой значительного объема скального щебня для обустройства прочного основания пути.

Следующие 13 км линии, также по берегу озера, пройдут по относительно устойчивым песчаным и гравелистым грунтам. Далее, идя на юго-восток, придется обойти несколько скалистых холмов и мест с водонасыщенными грунтами вокруг множества небольших озер, прежде чем достичь бухты Стенсбю.

Основание пути

Для повышения несущей способности основания пути, возводимого на чувствительных к замерзанию и оттаиванию грунтах, предпринима-

ются меры, включающие уплотнение грунта в периоды относительно высокой (для здешних мест) температуры, отсыпку насыпей для сохранения вечной мерзлоты и снятие слоя наиболее слабого грунта.

Основываясь на опыте, накопленном при строительстве железных дорог на полуострове Аляска (США), в северной части Канады и в Тибете (Китай), в настоящее время считают, что наиболее эффективной является именно отсыпка защитных насыпей, сохраняющих нижележащие слои вечной мерзлоты в неизменном состоянии. Для того чтобы насыпи лучше выполняли свои функции, их выполняют с обеспечением сквозного проветривания холодным воздухом. В этих целях в теле насыпей устраивают каналы или заполняют их крупноразмерными скальными обломками с естественными полостями между ними.

В местностях со слабыми или вечномерзлыми грунтами следует избегать проходки выемок, особенно если грунты чувствительны к замерзанию и оттаиванию. Там, где это невозможно, необходимо обкладывать все поверхности выемок слоями дробленого камня. Тщательно рассчитанные кюветы должны отводить воду от подножья основания пути, чтобы ограничить смещение грунта при замерзании и оттаивании.

Искусственные сооружения

Исходя из числа, ширины и объема пропускаемой воды по естественным водотокам, на линии предстоит построить пять мостов общей длиной 1400 м. Малые мосты будут однопролетными, длина пролетов определяется местными условиями, в первую очередь касающимися наличия материалов и качества основания для возведения опор, а также требованиями законодательства по охране арктической природы.

Поскольку рудник рассчитан на срок службы, равный примерно

20 годам, рекомендованный расчетный срок службы мостов с учетом необходимого резервирования установлен равным 50 годам. При детальном проектировании мостов будут приняты во внимание факторы, влияющие на долговечность конструкции, в основном с точки зрения сохранения требуемых характеристик основных конструктивных материалов — бетона и стали, а также вспомогательных — уплотнительных, водозащитных, лакокрасочных и т. п. при низких температурах и вечной мерзлоте.

При выборе вариантов опорных конструкций в первую очередь рассматриваются типовые для арктических условий технологии, такие, как погружение свай в толщу скального грунта или намораживание оснований в расчете на их сохранность в течение всего срока службы. При этом учитываются тенденции к глобальному потеплению, которые могут обусловить увеличение глубины залегания активных грунтов, подверженных циклическому замерзанию и оттаиванию.

Почти все строительные материалы придется завозить на Баффинову Землю извне на судах, а затем развозить на места по временным автомобильным дорогам. Этот фактор одновременно с необходимостью по возможности сократить применение ручного труда также влияет на выбор массогабаритных параметров таких нераздельных конструкций, как готовые пролетные строения мостов. Суровый северный климат накладывает требования по предварительной сборке подобных конструкций «на юге» перед отправкой на строительные площадки.

Минимизация объемов ручного труда на местах работ поможет снизить общую стоимость строительства (с учетом того, что рабочим следует создать условия для проживания, обеспечить их питанием, транспортом и т. п.). К тому же работа в тяжелой «северной» одежде не столь производительна, как в

одежде, соответствующей более теплой местности. Так, толстые рукавицы не дают возможности выполнять с должной быстротой и точностью такие, казалось бы, элементарные в обычных условиях операции, как скрепление отдельных элементов металлоконструкций на болтах.

Подлежащие проходке тоннели на трассе линии имеют длину 800 и 250 м. Поскольку вечная мерзлота распространяется в глубину существенно дальше, чем должны залегать тоннели, последние необходимо тщательно теплоизолировать во избежание излучения тепла в мерзлые грунты; в противном случае возможны повторяющиеся замерзание и оттаивание грунтов и даже повреждения скалистой обделки.

Предстоит также обустроить более 200 таких объектов, как водопропускные трубы и водоотводные кюветы. Здесь также должны быть предусмотрены меры по предотвращению эрозионных явлений и возникновения ледяных пробок на входах и выходах водотоков. Из природоохранных соображений в этих водотоках следует осуществить наброску чистого камня в целях создания искусственных мест обитания и нереста рыбы.

Путевая структура

Использование в верхнем строении пути рельсов из стали повышенного качества не планируется, поскольку для такой стали характерна тенденция к интенсивному трещинообразованию в диапазоне экстремально низких температур. Здесь предпочтительнее рельсы из обычной углеродистой стали, но с соблюдением более строгих требований к ее химическому составу и чистоте. Полагают, что для данной железной дороги лучше всего подходят рельсы из низколегированной стали с твердостью порядка 300 ед. по Бринеллю.

На линии будут уложены обычные деревянные шпалы, использование которых признано оптималь-

ным исходя из доступности и стоимости. К тому же вследствие своеобразных условий эксплуатации шпалы можно не пропитывать какими-либо защитными (например, против гниения) составами; их достаточно просто хорошо высушить. Вместе с тем еще не отказались окончательно от железобетонных или металлических шпал — решающими будут результаты технико-экономического анализа.

Подвижной состав

Несколько типов локомотивов хорошо зарекомендовали себя при работе в условиях, близких к имеющим место на Баффиновой Земле, хотя абсолютно таких же условий нет нигде в мире. К числу этих локомотивов можно отнести тепловозы типов SD70 компании Electro Motive Diesel и Dash-9 компании General Electric. Полагают, однако, что в данном случае лучше подходят тепловозы с тяговым приводом переменного тока.

Основную проблему при эксплуатации локомотивов в Заполярье представляет не низкая температура как таковая, а сочетание засасывания снега в дизельные двигатели и высокой влажности морозного воздуха. Вместе с тем для Баффиновой Земли характерны относительно малое количество осадков и низкая влажность воздуха в зимнее время, так что указанное сочетание имеет место далеко не всегда. Главным требованием к оборудованию локомотивов является наличие на борту специальной компьютеризированной системы контроля и диагностики устройств охлаждения, а пути удовлетворения этого требования хорошо известны.

Нет особых затруднений и в приобретении грузовых вагонов для перевозки железной руды. Единственным неременным требованием является оснащение вагонов автосцепками, способными надежно работать при экстремально низких

температурах; такие устройства еще предстоит разработать и испытать.

Нет также необходимости в том, чтобы вагоны были крытыми для защиты груза от увлажнения и загрязнения, поскольку здесь такой угрозы нет. Поэтому вагонный парк, по всей видимости, составят полувагоны, которые на руднике будут загружаться рудой сверху при движении с малой скоростью, а в портовом терминале — разгружаться с помощью вагоноопрокидывателя. Опасность накопления в полувагонах грязи, влаги или льда практически отсутствует.

Эксплуатация

С учетом экстремальных арктических условий к организации перевозочной деятельности в том, что касается времени работы, длины и скорости движения поездов и осевых нагрузок, подошли весьма острожно. Так, движение поездов будет прекращаться, если температура воздуха опустится ниже -49°C ; кроме того, как отмечено выше, в разгар зимы предусмотрены своеобразные каникулы длительностью от четырех до пяти недель, когда и на руднике, и на железной дороге работы будут приостановлены. Таким образом, линия будет эксплуатироваться примерно 300 дней в году.

Максимальная скорость движения поездов составит 75 км/ч (в начальный период эксплуатации — 60 км/ч). В дальнейшем могут понизиться временные ограничения скорости на некоторых участках линии в самое жаркое (применительно к местным условиям) время года с середины июня до конца августа.

Инфраструктура линии рассчитана на осевые нагрузки до 32,4 т, в начальный период эксплуатации этот показатель ограничат 30 т. По мере накопления опыта вождения поездов нагрузку предусмотрено постепенно повышать.

Для перевозки 18 млн. т железной руды в год потребуются в сред-

нем шесть пар поездов в каждый из 300 рабочих дней. Кроме того, будут перевозиться иные грузы, необходимые для обеспечения нормального функционирования рудника, такие, как контейнеры с нитратом аммония для буровзрывных работ (примерно 1000 контейнеров в год в пересчете на условные TEU), дизельное топливо (около 43 млн. л в год) и т.п. Запланированы также три пары поездов в неделю для перевозки персонала порта, рудника и расположенного поблизости аэропорта.

Перспективы

Компания Canarail завершила предварительное изучение поставленной задачи в феврале 2008 г. и в настоящее время работает над детализацией основных положений проекта. Эту работу планируют завершить к концу 2009 г.

По получении одобрения проекта в соответствующих регулирующих органах компания Baffinland Iron Mines приступит непосредственно к строительству рудника, порта, железной дороги и других объектов; полагают, что это будет в середине 2010 г. Опытная добыча железной руды начнется в 2013 г., а первая коммерческая отгрузка руды потребителям намечена на лето 2014 г.

Объем капитальных вложений в проект, включая строительство и оснащение техническими средствами рудника, порта, железной дороги, аэропорта и обустройство жилого городка для 500 работников, но исключая затраты на приобретение судов для перевозки руды, оценивается примерно в 4,1 млрд. дол. США. Есть также амбициозное предложение по увеличению мощности рудника (и, соответственно, провозной способности железной дороги) до 30 млн. т железной руды в год, что почти равно общей добыче руды в Канаде в 2007 г.

C. Fitzpatrick. Railway Gazette International, 2008, № 7, p. 433–436.