УДК 550.361

М.Н. Железняк
д-р геол.- мин. наук
СО РАН
Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова[1]
директор

М.М. Шац
канд. геогр. наук
СО РАН
Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова[1]
ведущий научный сотрудник
mmshatz@mail.ru

Геолого-геокриологические условия Верхне-Мунского алмазного рудного поля на этапе завершения разведки

[1]Россия, 677010, Якутск, ул. Мерзлотная, 36

В статье освещены геокриологические условия одного из крупнейших инвестиционных проектов АК «АЛРОСА» – разработки Верхне-Мунского алмазного рудного поля в северо-западной Якутии. Начиная с основного начального этапа – разведочных работ, проведено бурение разведочных и инженерно-гидрогеологических скважин, проходка траншей буровзрывными способом, геофизические исследования, комплекс лабораторных работ по керну скважин и горным выработкам. Буровые работы позволили создать систему вертикальных и наклонно-направленных колонковых скважин. В 2015 г. в составе разведочных работ подготовлена и утверждена программа реализации проекта по строительству объектов Верхне-Мунского рудного поля. Добыча руды началась 31 октября 2018 г. Принципиальное в геотехнологическом плане решение принято правлением АК «АЛРОСА» весной 2018 г. – отказ от строительства обогатительных мощностей непосредственно на Верхне-Мунском рудном поле. Там будет создано добывающее предприятие производственной мощностью 3 млн т руды в год, а переработку руды решено выполнять на действующих мощностях обогатительной фабрики № 12 Удачнинского ГОКа. Геотехническое решение существенно повысит экономическую привлекательность проекта. Показаны сложные геологические, мерзлотные и прочие природные условия, обусловливающие выбор технологических решений реализации проекта, рассмотрены его перспективы

Ключевые слова: геолого–геокриологические условия; разведочные работы; геотехнологические решения; перспективы проекта; геокриологическая специфика

Разработка Верхне-Мунского алмазного рудного поля (ВМАРП) – крупнейший инвестиционный проект АК «АЛРОСА», охватывающий кимберлитовые трубки «Заполярная», «Новинка», «Комсомольская-Магнитная» с совокупными запасами порядка 65 млн т руды по категории $C_1 + C_2$. Основная площадь освоения находится в 160 км от Удачнинского горно-обогатительного комбината (ГОКа), куда будет доставляться рудная масса, т.к. строить на месте новый комбинат очень затратно. Специалисты компании «Геопроектизыскания» завершили комплекс инженерно-геодезических работ для проектирования и последующего строительства всесезонной автодороги протяженностью 160 км.

Кратко охарактеризуем местоположение отдельных основных объектов алмазного поля [17].

Трубка Заполярная находится на правобережье р. Улах-Муна, на водоразделе ручьев Отхой – Перспективный в 800 м к югу от русла р. Муна. С поверхности трубка перекрыта элювиально-делювиальными отложениями современного возраста средней мощностью 3,6 м. **Трубка Комсомольская-Магнитная** находится на правом берегу р. Улах-Муна в 18 км от ее устья и в 0,3 км от русла. С поверхности она полностью перекрыта верхнечетвертичными аллювиальными отложениями I надпойменной террасы р. Муны, залегающих на элювиальных образованиях. Средняя мощность перекрывающих трубку отложений составляет 9,1–11 м на северо-западном и до 5 м на юго-восточном ее флангах. Само тело трубки «Комсомольская» имеет дайкообразную форму. Ее размеры под перекрывающими породами составляют 860 ´ 225 м. В настоящее время ведется подготовка к добыче открытым способом, вскрыша будет вестись послойно от отметки поверхности с абсолютной высотой 660 м ко дну с абсолютными отметками 400 м. Вскрышные и добычные работы предполагается производить буровзрывным рыхлением с последующей погрузкой породы и доставкой ее автотранспортом во внешние отвалы. Руда будет поступать для обогащения на фабрику № 8. Вскрытие карьера планируется производить по двум внешним капитальным траншеям. Одна из них – южная – залегает на глубину 20 м и предназначена для транспортировки руды на фабрику. Северная траншея имеет глубину заложения 10 м. По ней будет осуществляться транспортировка вскрышных пород на внешний отвал.

Трубка Новинка находится на правом склоне р. Улах-Муна в 18 км от ее устья и в 0,6 км от русла реки. С поверхности трубка перекрыта элювиально-делювиальными отложениями мощностью 1,5– 2 м. На сегодняшний день это самый крупный инвестиционный проект АЛРОСА. На этапе подготовки к началу добычи инвестиции в него составили более 15 млрд руб., а общие инвестиции за весь период разработки месторождения оцениваются в сумму более 60 млрд руб.

Один из начальных этапов – разведочные работы – начаты в 2002 г. [1]: бурение разведочных и инженерно-гидрогеологических скважин, проходка траншей буровзрывными способом, геофизические исследования, комплекс лабораторных работ по керну скважин и горным выработкам. Буровые работы позволили создать систему вертикальных и наклонно-направленных колонковых скважин. Проходка траншей проводилась взрывным способом вдоль оси каждой трубки буровзрывным способом с углублением на 2 м с целью отбора крупнообъемных проб. Проведена проходка двух траншеи по каждой трубке с послойной выемкой разрыхленной породы погрузчиком и вывозом автомобильным транспортом.

Факт открытия в 2007 г. коренного месторождения алмазов «Верхне-Мунское» в Оленекском районе Республики Саха (Якутия) был подтвержден Свидетельством, выданным Федеральным агентством по недропользованию МПР России. В 2015 г. в составе разведочных работ подготовлена и утверждена программа реализации проекта по строительству объектов Верхне-Мунского рудного поля. В соответствии с ней начало добычных работ на месторождении было намечено на конец 2018 г., а выход на проектную мощность – на 2019 г. Добыча руды началась 31 октября 2018 г. в объеме 3 млн т в год, что предположительно позволит вести отработку более 20 лет.

Важнейшее значение имел выбор стратегических путей реализации проектов по добыче алмазов на месторождениях «Верхне-Мунское» и «Зарница», разработка которых входит в долгосрочную программу развития «АЛРОСА», предусматривающую увеличение добычи до 41 млн карат.

Правление АК «АЛРОСА» весной 2018 г. признало оптимальным отказ от строительства обогатительных мощностей на Верхне-Мунском рудном поле. Рациональным было признано создать на месторождении добывающее предприятие производственной мощностью 3 млн т руды в год, а собственно переработку руды осуществлять на действующих мощностях обогатительной фабрики № 12 Удачнинского ГОКа с перевозкой руды до фабрики магистральными автопоездами по автодороге круглогодичного действия [1].

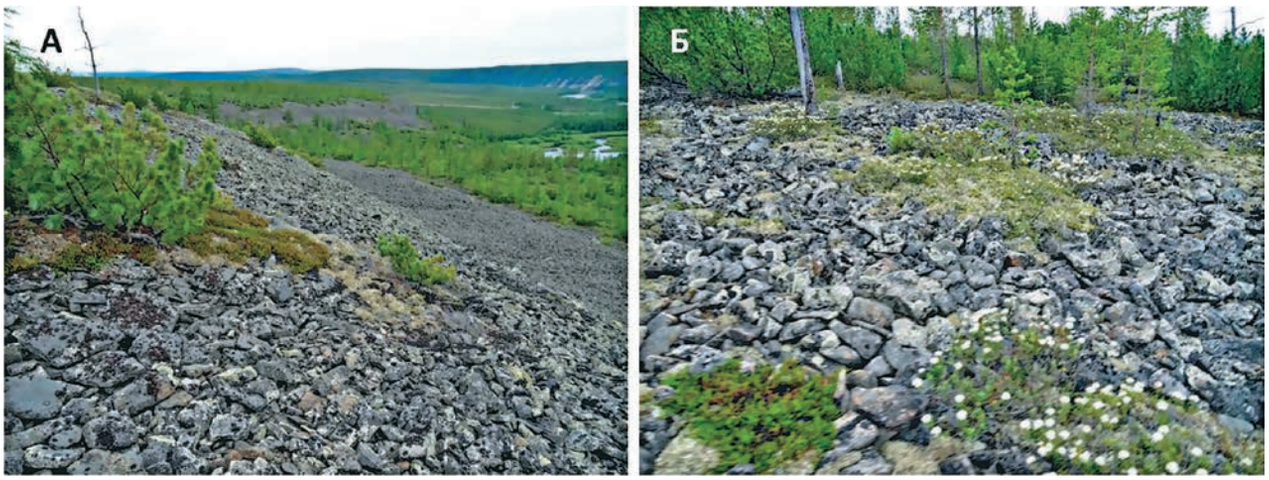

Рис. 1.
Курумы (А) и формы морозной сортировки (Б) в пределах кимберлитового поля (фото С.И. Серикова)

Природные условия осваиваемых месторождений

Территория освоения включает кимберлитовые трубки, объединенные в Верхне-Мунское кимберлитовое поле, входящее в состав Муно-Тюнгского алмазоносного района. Относится к северо-восточной и центральной частям Средне-Сибирского плоскогорья, к верховьям р. Муна, левого притока р. Лены протяженность около 700 км, расположено в 160 км к северо-востоку от г. Удачный. В административном отношении указанная территория относится к Оленекскому и Мирнинскому районам Республики Саха (Якутия). Геолого-тектоническое строение района [8] сложное, весь осадочный чехол сложен двумя типами карбонатных и терригенных пород палео- и мезозойского возраста. Их мощность и состав существенно отличаются, что приводит к значительным изменениям потока внутреннего потока тепла. Особенно велики эти изменения в сильно трещиноватых или закарстованных породах нижнепалеозойского возраста, а также и слаболитифицированных породах мезозоя. Так, по данным В.Т. Балобаева [3], коэффициент теплопроводности в карбонатных породах близкого Мало-Ботуобинского района изменяется для известняков талых от 1,9 до 4,8, а для мерзлых – от 2,1 до 5,9 Вт/м·К, для доломитов, как в талом, так и мерзлом состоянии значения укладываются в интервал 2,4–6,5 Вт/м·К.

Геоморфологическое строение здесь в значительной степени предопределено составом поверхностных отложений. Широкое развитие траппов, довольно часто выходящих на дневную поверхность, определяет сложную конфигурацию форм рельефа. Трапповые плато обычно выражаются в виде своеобразных уступов, перекрытых курумами ***(рис. 1***). Поверхность имеет облик сильно изрезанного холмистого плоскогорья, расчлененного на отдельные блоки со столообразными вершинами горных массивов, между ними – равнинные пространства. Абсолютные отметки достигают 660 м, а относительные превышения обычно составляют 100–250 м.

В северной части трапповые поля ограничены, а преобладающее развитие имеют карбонатные породы. Абсолютные отметки местных полого волнистых водоразделов не превышают 300–400 м.

Таким образом, основными особенностями геоморфологического строения характеризуемого района являются преобладание блоковых форм с выположенными и полого волнистыми поверхностями, развитие пологих протяженных склонов, разнообразностью и хорошей выраженностью форм речных долин [5]. Судя по последним схемам, геоморфологического район входит в пограничную зону между Оленекско-Вилюйским пластовым и Верхневилюйским пластово-трапповым плато [12, 13]. Климат района резко континентальный с продолжительной холодной зимой и умеренно-теплым летом. Абсолютный минимум температур воздуха -65 °С, максимум +35 °С. Среднегодовая температура составляет -11 °С. Климат района обусловлен его положением в Западной Якутии, подверженной в зимнее время периодическому вторжению циклонов западного переноса, приводящих к резким, до 10 °С, повышению температур воздуха. В общем климатические условия достаточно суровы, средняя январская температура воздуха понижается до -44 °С, лето прохладное – средняя июльская температура воздуха составляет около 13 °С. Своеобразным фактором является зимняя вертикальная инверсия температур воздуха, когда в районе пос. Удачный в днище долины р. Далдын обычно на 5–7 °С холоднее, чем на наиболее приподнятых водоразделах. По характеру растительности район относится к северной подзоне редкостой-

Рис. 2.
Марь (фото С.И. Серикова).

ной лиственничной тайги, в основном представленной даурской лиственницей. Растительность в полном соответствии с закономерностью широтной зональностью представлена главным образом редкостойными лиственничными лесами и лесотундрой. Преобладают брусничнобагульниковые лишайниковые, зеленомошнолишайниковые и зеленомошные лиственничные редколесья. В выположенных днищах депрессий широко развиты болота и маревые ландшафты (***рис. 2***). Почвы в районе работ маломощные (до 10–15 см), подзолистые, реже торфяно-болотные. Животный мир территории очень беден. Здесь не обнаружены местообитания редких и особо-охраняемых животных, а также мест гнездования редких птиц. Рассматриваемая территория, значительно трансформированная техногенной нагрузкой, характеризуется в целом обедненным видовым составом и относительно низким уровнем численности животного мира.

Специфика формирования и развития подземных вод обусловлена рядом природных факторов [8]: расчлененность рельефа; разнообразие строения горных пород; их тектоническая нарушенность; широкое развитие траппов на фоне мощной сплошной криолитозоны. В связи с этими факторами гидрогеологические условия здесь весьма сложны.

Более подробно природные условия территории освоения освещены в специальных работах [5, 7, 8, 12, 13, 17].

Геокриологические условия территории рудного поля

Многолетнемерзлые породы (ММП) в пределах рудного поля имеют сплошное распространение. Они играют весьма важную роль в формировании общей геоэкологической и геотехнической обстанок, а при недооценке могут привести к весьма негативным последствиям. Специальное тематическое изучение мерзлых толщ проведено сотрудниками Института мерзлотоведения имени П.И. Мельникова СО РАН, начиная с 60-х годов прошлого века [2–5, 7, 9–12, 16, 17]. В условии сплошных ММП сверху их перекрывает слой сезонного оттаивания грунтов. Его глубина обуславливается рядом факторов, основными из которых являются: положение в рельефе,

состав и строение грунтов, характер почвенных покровов и т.д. [5]. Наиболее приподнятыми участками являются водораздельные пространства, представляющие собой трапповые плато и увалы со сформировавшейся в их пределах песчано-гравийной корой выветривания. Под пологом сухих ольхово-лиственичных редколесных лесов северо-таежного типа развиты лишайники и белые мхи. Здесь сезонное протаивание грунтов составляет от 1,2 до 2 м. На более влажных участках, где развиты влаголюбивые темные мхи, протаивание уменьшается вдвое. В пределах плоских водоразделов, сложенных элювием карбонатов, протаивание не превышает 0,8–1 м, а на склонах северной и южной экспозиций, соответственно, варьирует от 0,5 до 1,8 м и от 0,2 до 0,8 м. В днищах долин мощность сезонно-талого слоя изменяется от 0,3 м в лиственничном редколесье с мохово-лишайниковым покровом до 1,1 м на гривах с песчаными отложениями.

Одной из важнейших характеристик мерзлой толщи горных пород является ее мощность. Сведения по этому параметру конкретно для месторождения редки. В частности [11], И.В. Климовский и С.П. Готовцев приводят данные о мощности криогенной толщи в 820–850 м при температуре 2,5– 2,7 °С и глубине вскрытия подземных вод 340 м. Судя по результатам геотермических наблюдений, проведенных геологами Удачнинского ГОКа в пределах кимберлитовой трубки «Комсомольская», расчетная мощность ММП близка к 860–900 м.

Таликовые зоны, сложенные грунтами песчано-гравийно-галечного состава и коренными породами, водоносны. Ширина таликов соответствует обычно размерам водотока, а мощность – от 5 до 30 м, по данным ВЭЗ и ВП.

Одним их наиболее показательных и важных в практическом плане показателей геокриологической ситуации является температура горных пород. Анализ специфики формирования температурного поля горных пород [11] позволил отметить следующие факторы: климатические, геоботанические и основной – геоморфологический. Именно положение в рельефе следует считать ведущим в формировании температурного поля горных пород. Как было отмечено в разделе, посвященном ландшафтным условиям, температуры горных пород в районе достаточно низкие и обычно варьируют от -3 до -6 °С. Четко прослеживается связь с ориентацией склонов – для северных склонов температуры пород на глубине годовых колебаний на 1,5–2,5 °С ниже по сравнению с южными склонами. Наряду с экспозицией, существенную роль играет и состав грунтов. Так, наиболее «холодными» являются подножия склонов северо-восточной экспозиции, покрытые чехлом крупнообломочных пород.

В то же время в пределах водораздельных пространств определяющую роль в формировании температуры горных пород играет именно литологический фактор. Установлено, что наиболее высокие температуры, не ниже -2,4 °С, свойственны горным породам, представленным сухими выветрелыми доломитами или туфами [11]. При этом на отдельных водораздельных участках, занятых термокарстовыми ландшафтами, зафиксированы минимальные для района температуры грунтов до -8 °С.

В днищах долин наиболее низкие температуры горных пород до -6,8 °С зафиксированы на участках формирования льдистых покровных органогенных отложений. Особый интерес в свете задач настоящей работы представляют геотермические условия районов развития кемберлитовых трубок. Эта проблема была объектом пристального внимания с самого начала освоения алмазных месторождений.

Установлено, что определяющую роль при формировании специфики температурного поля кемберлитовых тел играют литолого-петрографические и теплофизические свойства горных пород.

Еще одним важным аспектом является определенная зависимость температур собственно слагающих трубки пород от положения в рельефе. В частности, установлено, что приуроченные к водоразделам или приводораздельным пространствам трубки гораздо «теплее» по сравнению с долинами рек и днищами местных депрессий. Для Далдыно-Алакитского района эта разница оценена в 2,5–3 °С.

Это позволяет оценить температуру пород на подошве слоя годовых колебаний в районе трубки «Комсомольская» в -2,5 °С, т.е. аналогично данным [11].

Важным геоэкологическим аспектом является специфика развития криогенных процессов и явлений. В целом природные условия при естественном развитии территории месторождения не благоприятствуют высокой активности криогенных процессов. В частности, это лимитируется небольшой мощностью рыхлых отложений, не превышающей 2–2,5 м.

В подобных условиях развиваются следующие криогенные процессы, ранжированные нами по степени пораженности района месторождения [11].

Морозное выветривание преобразовывает 30–40% поверхности района и наиболее активно протекает в глинисто-карбонатных породах кембрия и ордовика. В них формируется достаточно мощная (2–7 м) кора криогенного вы-

Рис. 3.
Термоэрозионные провалы (Фото И.В. Дорофеева)

ветривания, которая по своим свойствам резко отличается от подстилающих коренных пород. Этот факт должен быть учтем при проектировании.

Солифлюкция развита на 20–30% площади, главным образом на глинисто-карбонатных породах кембрия и ордовика. В результате выветривания эти породы перекрыты рыхлыми пылеватыми отложениями. Они в условиях достаточного увлажнения и под действием гравитационных сил перемещаются вниз по склонам. Скорость процесса обычно 8–10 см в год. В отдельных случаях при значительном уменьшении сил сцепления между частицами грунта и крутизне склонов более 10°, скорость солифлюкции, по данным Института мерзлотоведения СО РАН СССР, может достигать 30 см в год. При обычных скоростях солифлюкции на склонах малой (2–5°) и средней (6–10°) крутизны формируются оплывины, языки, натеки и микротеррасы.

Морозное пучение грунтов развито лишь на 10–15% территории месторождения, что связано с относительно низкой влажностью грунтов. В основном пучению подвержены озерно-аллювиальные и озерно-болотные отложения, а также аллювиальные отложения пойм и низких террас. Здесь формируется кочковатый микрорельеф. Диаметр кочек 30–50 см, высота 10–30 см, редки кочки до 1,5 м в поперечнике и 0,3–0,4 м высотой. Все эти формы являются результатом сезонного пучения.

Многолетнее пучение грунтов наблюдается редко. Возможно оно только на участках развития торфяников. Образующиеся при этом отдельные слабовыпуклые многолетние бугры пучения имеют высоту не более 1–1,5 м.

Термокарстовые явления охватывают 5–8% территории. Небольшое развитие термокарста обусловлено отсутствием крупных залежеобразующих масс подземных льдов и ограниченностью сильнольдистых четвертичных отложений, зафиксированных лишь на отдельных участках поймы, I и II надпойменных террас, в долинах временных водотоков и на плоских, или слабовыгнутых водораздельных пространствах.

Значительно более ярко выражены на местности делли на пологих склонах, перекрытых сильнольдистыми отложениями. Подобные

термоэрозионные формы хорошо выработаны, имеют глубину до 2–2,5 м при ширине до 30 м (***рис. 3***).

Морозобойное трещинообразование имеет наименьшее развитие из криогенных процессов, затронувших лишь 1% площади. Это связано с тем, что в данном районе отсутствуют необходимые для широкого развития морозобойного трещинообразования условия – высокая влажность грунтов, их низкие температуры, обуславливающие большие температурные градиенты в деятельном слое. Тем не менее, возможно наличие законсервированных маломощных полигонов морозобойных трещин при обнажении участков высоких пойм и низких террас.

Современное состояние проекта

Осваиваемая площадь рудного поля находится в благоприятных горно-геологических условиях. Запасы руды в пределах Верхне- Мунского кимберлитового поля оцениваются в 65 млн т со средним содержанием около 0,6 карата на тонну, или всего 38 млн карат. Проектной мощности планируется достичь в 2019 г., тогда предприятие будет добывать 3 млн т руды в год (1,8 млн карат алмазов) со сроком отработки до 2041 г.

Предполагается, что при строительстве автодороги для начала освоения Верхне-Мунского месторождения алмазов будет осуществлена господдержка в объеме до 7 млрд руб. [14].

На стадии разведочных работ выполяется подсчет запасов алмазов и технико-экономическое обоснование промышленного значения разведуемых кимберлитовых тел. В соответствии с планом, Удачнинский ГОК завершил вывоз 75 тыс. т алмазоносной руды с Верхней Муны для опытной обработки на обогатительной фабрике № 12 и получил первые алмазы Верхне-Мунского месторождения. Отработка технологии обогащения нужна для промышленного освоения месторождения, стартовавшего осенью 2018 г. Вывоз пробных партий руды с Верхней Муны начался в октябре и завершился 23 декабря 2018 г. Руда поступила на обогатительную фабрику для опробования технологии обогащения и подтверждения содержания алмазов. Пробное обогащение прошло в штатном режиме. Первые алмазы цех окончательной доводки комбината получил 25 декабря 2018 г. [1].

Первый крупный алмаз весом 51,49 карата, добытый на Верхней Муне, имеет ориентировочный возраст свыше 350 млн лет и извлечен из руды трубки «Заполярная». Учитывая недавнее начало добычи, столь быстрая находка свидетельствует о хорошем потенциале месторождения. Несмотря на небольшие включения и трещины, алмаз, несомненно относится к категории ювелирных. После огранки из него может получиться один или несколько бриллиантов высокого качества.

В ходе пробного обогащения специалисты «АЛРОСА» и проектных институтов провели отбор проб руды, определили степень нагрузок на различные звеньях цепи обогащения, режимы работы оборудования. Проверена степень повреждаемости алмазов при обработке данного типа руды. Для этого был проведен технологический эксперимент с использованием специально окрашенных алмазов в схеме работы мельниц и их извлечением в цехе окончательной доводки. Помеченные кристаллы позднее будут направлены в институт «Иргиредмет», где специалисты-минерологи определят их целостность, типы повреждений, и на основании этих данных подготовят рекомендации по повышению сохранности кристаллов [6, 14]. По заключению специалистов, дополнительных затрат реагентов или воды при обработке руды с Муны не требуется. Отмечено, что формирующиеся здесь кристаллы существенно отличаются от алмазов с трубок «Зарница» или «Удачная» по форме и цветности. Так удачнинские кристаллы имеют более острые края, а мунские алмазы более округлы и иногда имеют лимонный или коричневый цвет.

Очередная партия руды с Верхне-Мунского месторождения поступила на обогатительную фабрику № 12 в IV квартале 2018 г. в рамках уже промышленного освоения месторождения и составила 250 тыс. т руды и 50 тыс. т алмазоносных песков.

Особое внимание на всех стадиях реализации проекта уделяется вопросам охраны недр и защиты окружающей природной среды от вредного воздействия освоения [17]. На данной стадии разноплановому воздействию подвергнутся практически все природные среды.

К числу охраняемых компонентов природной среды относятся атмосферный воздух, поверхностные геосистемы (растительный покровы, рельеф), водные объекты. Основным источником загрязнения атмосферного воздуха являются горные работы, сопровождающиеся выбросами пыли, а также отработанных газов от горно-транспортной техники. Кроме того, значительным источником заграждающих веществ является производство взрывных работ. К загрязнителям атмосферного воздуха здесь также относятся заправка автотранспорта и пыление автотракторной техники при движении по грунтовым дорогам и площадкам работ, с отвалов вскрышных пород и другое.

Согласно Санитарным Правилам и Нормам 2.2.1/2.1.1.1200-03, разработка данного

месторождения открытым способом относится к предприятиям I класса с размером минимальной санитарно-защитной зоны 1000 м. В соответствии с расчетами, максимумами приземных концентраций, характеризующих зоны соблюдения ПДК для атмосферного воздуха по разным ингредиентам, предложено установить санитарно-защитную зону размером 2800 м от границы объекта. Вредное воздействие при разработке месторождения на поверхностные и подземные воды может оказать только основная деятельность предприятия. Согласно принятой технологии горно-эксплуатационных работ, применение опасных реагентов не предусматривается. Общая площадь водосбора района карьера трубки «Комсомольская» составляет 476 га. Для защиты карьера от притока поверхностных вод проектируются 2 нагорные канавы. Естественный сток, собираемый на дне карьера, проходит очистку от механических загрязнений и нефтепродуктов на очистных сооружениях. Очищенные воды до нормативных показателей сбрасываются на рельеф для впитывания рыхлыми грунтами. Влияние сброса на ближайший крупный водный объект – водохранилище Ойуур-Юреге, согласно расчетам и данным промышленно-санитарной лаборатории Айхальского ГОКа, не оказывается. Для защиты природных вод от загрязнения осуществляются:

– строительство водоочистных сооружений, обеспечивающих очистку сточных вод и работу обогатительного комплекса по схеме оборотного водоснабжения;

– отвод от обогатительного комплекса поверхностных вод с созданием нагорной канавы.

Для предотвращения загрязнения природных водотоков нефтепродуктами, хранение ГСМ осуществляется в емкостях до 5 м^3, а во избежание утечки и для сбора горюче-смазочных материалов на почву укладываются металлические поддоны. Объекты геологоразведочных работ располагаются за пределами водоохранной зоны, на расстоянии не менее 50 м от русла. В целях уменьшения вредного воздействия на почвенный слой при передвижении транспортных средств используются ранее проложенные дороги и просеки, а основные объемы перевозок выполняются в зимний период.

Серьезную проблему представляет защита карьера от водопритоков. При этом общая площадь водосбора, примыкающего к карьеру значительна и составляет 476 га. Система защиты карьера от водопритоков включает внешние сооружения, регулирующие поверхностный сток на территории, прилегающей к карьеру, внутрикарьерные устройства для сбора естественного притока, собирающего воду со дна карьера и внутри контурной площади внешних сооружений, а также внешние водоотводящие устройства для удаления поступивших карьерных вод. Загрязнение подземных вод, ввиду их глубокого залегания относительно дна карьера, происходить не будет.

Охрана поверхностных геосистем

Общая площадь земель Мирнинского лесхоза, выделяемых для разработки месторождения трубки «Комсомольская», составит 216,6 га. Категория участка – леса III группы. В постоянное пользование изымается 177,52 га, во временное – 39,08 га. Все планировочные работы по проведению горнотехнической рекультивации осуществляются с использованием бульдозерной техники. Биологический этап планируется позднее в соответствии с графиком работ. Согласно практике отработки кимберлитовых месторождений Западно-Якутской алмазоносной провинции, имеющих аналогичные горно-геологические условия, разработка трубки «Комсомольская» проектируется открытым способом. Границы карьера, определенные с применением современных методик на многовариантной основе, позволяют отрабатывать месторождение до максимально возможной глубины в 340 м (абс. отм. +320 м). При строительстве технологического проезда (дороги) от месторождения до г. Удачный также были учтены особенности животного мира Якутии в соответствии с экологической стратегией АЛРОСА, направленной на сохранение природных экосистем и поддержание их целостности. Компания постоянно проводит мониторинг миграции диких северных оленей в зоне деятельности Удачнинского ГОК для поддержания численности популяции дикого северного оленя в районе промышленной добычи алмазов и сохранения традиционного образа жизни коренных малочисленных народов Севера. На основании результатов мониторинга прошлых лет при строительстве дороги к Верхне-Мунскому были предусмотрены 5 переходов через автодорогу для обеспечения беспрепятственной миграции животных. Благодаря *GPS*-наблюдению за оленями, движение техники заблаговременно останавливается к моменту перехода стада. В то же время при оценке современной геоэкологической обстановки и её динамики в ближайшем будущем необходимо учитывать, что большая часть перечисленных систем и мероприятий еще только проектируется, поэтому степень преобразования природной в районе разработки месторождения можно оценить как умеренную с перспективным увеличением на последующих стадиях отработки до высокой.

Перспективы проекта

По мнению ведущего ученого в области поисков и добычи алмазов, академика Н.П. Похиленко [15], являющегося научным руководителем Института геологии и минералогии СО РАН, важным условием дальнейшей эффективности алмазодобывающей отрасли является открытие новых перспективных месторождений. Он отмечает, что в случае, если это не произойдет, эффективность отрасли для Якутии уже к 2037 г. сократится с сегодняшних 350 до 60 млрд руб., и с таким положением дел нельзя мириться. Чтобы избежать этой нежелательной ситуации, специалисты Института геологии и минералогии СО РАН в рамках контракта холдинга «Росгеология» создали карту-схему территории западной Якутии, включая арктические территории, на которой выделили 13 перспективных площадей, где могут быть выявлены крупные месторождения алмазов: с координатами, обоснованиями перспектив, перечнем необходимых работ и примерной оценкой прогнозных ресурсов. Также ученые приблизительно указали вид и объем необходимых работ, чтобы подготовить эти площади к освоению. В «Росгеологии» выводы ученых положительно оценены, даны рекомендации поисковым организациям «АЛРОСы» провести более детальные поиски и дать информацию о прогнозных ресурсах выделенных участков на алмазы.

Особо академик Н.П. Похиленко отметил, что инвестиционные риски по разработке таких проектов достаточно большие, а их реализация требует много времени. В целом, Верхне-Мунское месторождение при выходе на проектную мощность будет приносить порядка 1,8 млн карат алмазов в год, а его запасы достаточны для продолжения добычи в течение более 20 лет – до 2041 г.

По мнению генерального директора «АЛРОСА» С. Иванова, запуск «Верхней Муны» – значительное событие для компании, позволяющее компенсировать снижение объемов добычи на других объектах. Во многом благодаря этому проекту «АЛРОСА» сможет нарастить добычу. Большие запасы месторождения загрузят обогатительную фабрику №12 Удачнинского ГОКа, тем самым обеспечат стабильность его работы, а значит, и стабильность жизни почти 12 тыс. жителей города Удачный.

Литература

1. «АЛРОСА» начала добычу алмазов на Верхне-Мунском месторождении. Доступно на: http://sakhalife.ru/alrosa-nachala-dobyichu-almazov-na-verhne-munskom-mestorozhdenii/ (обращение 20.08.2019).
2. Балобаев В.Т. Особенности геотермических процессов в районах с многолетнемерзлыми породами // Геокриологические исследования. Якутск. 1971. С. 9–18.
3. Балобаев В.Т. Основные закономерности глубокого промерзания земной коры // Проблемы геокриологии. Новосибирск: Наука. 1973. С. 26–36.
4. Балобаев В.Т. Геотермия мерзлой зоны литосферы севера Азии. Новосибирск: Наука. 1991. 193 с.
5. В Якутии открыто крупное алмазное месторождение. Доступно на: https://persona.rin.ru/news/135017/f/v-jakutii-otkryto-krupnoe-almaznoe-mestorozhdenie (обращение 23.08.2019).
6. Васильев И.С. Пространственно-временные закономерности формирования деятельного слоя в ландшафтах Западной Якутии. Новосибирск: Наука. 2005. 228 с.
7. Геокриология СССР. Средняя Сибирь / Под ред. Э.Д. Ершова. М.: Недра. 1989. 414 с.
8. Геология СССР. Т. XVIII. Западная часть Якутской АССР. Часть 1. Геологическое описание. Книга 1. М.: Недра. 1970. 536 с.
9. Девяткин В.Н. Результаты определения глубинного теплового потока на территории Якутии // Региональные и тематические геокриологические исследования. Новосибирск: Наука. 1975. С. 148–150.
10. Девяткин В.Н., Кутасов И.М. Результаты теоретических и экспериментальных исследований процесса восстановления температурного поля глубоких скважин, пройденных в мерзлых породах // Материалы VIII совещания по геокриологии. Якутск. 1966. Вып. 4. С. 245–253.
11. Климовский И.В., Готовцев С.П. Криолитозона Якутской алмазоносной провинции. Новосибирск: Наука. 1994. 168 с.
12. Мерзлотно-Ландшафтная карта Якутской АССР масштаба 1:2500000 / Под ред. П.И. Мельникова. М.: ГУГК. 1991. 2 л.
13. Мерзлые ландшафты Якутии. Пояснительная записка к Мерзлотно-Ландшафтной карте Якутской АССР масштаба 1:2500000. Новосибирск: ГУГК. 1989. 170 с.
14. На Верхне-Мунском месторождении добыт первый крупный алмаз. Доступно на: http://www.probpalata.ru/rgpp/news/?ELEMENT_ID=4059 (обращение 20.08.2019).
15. Похиленко Н.П. Добыча алмазов без новых месторождений может сократиться, заявил ученый. Доступно на: https://ria.ru/economy/20180607/1522271759.html (обращение 20.08.2019).
16. Балобаев В.Т., Павлов А.В., Перльштейн Г.З. и др. Теплофизические исследования криолитозоны Сибири. Новосибирск: Наука. 1983.
17. Шац М.М., Галкин А.Ф. База данных № 0220409730 «Опасные и потенциально опасные геотехнические объекты алмазной провинции РС (Я)». Электронная база данных. Государственный регистр баз данных РФ. Свидетельство № 9045 от 03.06.2004, 94,4 Мв, 6 печ. л.

UDC 550.361

M.N. Zheleznyak, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Director of Institute of Permafrost Studies[1], Siberian Branch of RAS
M.M. Shatz, PhD, Leading Researcher of Institute of Permafrost Studies[1], Siberian Branch of RAS, mmshatz@mail.ru

[1]36 Frozen str., Yakutsk, 677010, Russia

Geological and geocryological settings of Verkhne-Munsky diamond field in the final stage of exploration

Abstract. The paper describes geocryological settings in one of the largest investment projects of the ALROSA diamond mining company —development of Verkhne–Munsky diamond field in the north–western Yakutia. Starting with the basic initial stage — exploration, the following works were carried out: exploratory drilling and soil boring; drill–and–fire trenching; geophysical surveys; package of laboratory works on well cores and mines. Drilling operations allowed creating a system of vertical and controlled directional core holes. Within the framework of exploration efforts, a implementation program for infrastructure construction of Verkhne–Munsky field was prepared and approved in 2015. Mining started on October 31, 2018.The decision taken by ALROSA's Executive Committee in spring 2018, which is fundamental in terms of geotechnological aspect, is the refusal to build processing facilities directly at the Verkhne–Munsky field. A mining enterprise with an annual production capacity of 3 million tons of ore per year will be created there; and ore processing will be carried out at the existing facilities of Processing Plant No. 12 of the Udachninsky Mining Complex. Geotechnical solution will considerably strengthen the economic attractiveness of the project. Complicated geological, permafrost and other natural conditions determining the choice of technological solutions for the project implementation are shown, its prospects are considered.

Keywords: geological and geocryological settings; exploration; geotechnical solutions; project opportunities; geocryological specific character

Referenses

1. *«ALROSA» nachala dobychu almazov na Verkhne-Munskom mestorozhdenii* [ALROSA has begun diamond mining at the Verkhne-Munskoye deposit.]. Avialable at: http://sakhalife.ru/alrosa-nachala-dobyichu-almazov-na-verhne-munskom-mestorozhdenii/ (accessed 20 August 2019).
2. Balobaev V.T. *Osobennosti geotermicheskikh protsessov v raionakh s mnogoletnemerzlymi porodami* [Features of geothermal processes in areas with permafrost]. *Geokriologicheskie issledovaniia* [Geocryological studies]. Iakutsk, 1971, pp. 9–18.
3. Balobaev V.T. *Osnovnye zakonomernosti glubokogo promerzaniia zemnoi kory* [The main laws of deep freezing of the earth's crust]. *Problemy geokriologii* [Problems of geocryology]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1973, pp. 26–36.
4. Balobaev V.T. *Geotermiia merzloi zony litosfery severa Azii* [Geothermy of the frozen zone of the lithosphere of northern Asia]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1991, 193 p.
5. *V Iakutii otkryto krupnoe almaznoe mestorozhdenie* [A large diamond deposit discovered in Yakutia]. Avialable at: https://persona.rin.ru/news/135017/f/v-jakutii-otkryto-krupnoe-almaznoe-mestorozhdenie (accessed 20 August 2019).
6. Vasil'ev I.S. *Prostranstvenno-vremennye zakonomernosti formirovaniia deiatel'nogo sloia v landshaftakh Zapadnoi Iakutii* [Spatio-temporal patterns of formation of the active layer in the landscapes of Western Yakutia]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2005, 228 p.
7. *Geokriologiia SSSR. Sredniaia Sibir'* [Geocryology of the USSR. Middle siberia]. Edited by E.D. Ershov. Moscow, Nedra Publ., 1989, 414 p.
8. *Geologiia SSSR. T. XVIII. Zapadnaia chast' Iakutskoi ASSR. Chast' 1. Geologicheskoe opisanie. Kniga 1* [Geology of the USSR. T. XVIII. Western part of the Yakut ASSR. Part 1. Geological description. Book 1]. Moscow, Nedra Publ., 1970, 536 p.
9. Deviatkin V.N. *Rezul'taty opredeleniia glubinnogo teplovogo potoka na territorii Iakutii* [The results of determining the deep heat flow in the territory of Yakutia]. *Regional'nye i tematicheskie geokriologicheskie issledovaniia* [Regional and thematic geocryological studies]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1975, pp. 148–150.
10. Deviatkin V.N., Kutasov I.M. *Rezul'taty teoreticheskikh i eksperimental'nykh issledovanii protsessa vosstanovleniia temperaturnogo polia glubokikh skvazhin, proidennykh v merzlykh porodakh* [The results of theoretical and experimental studies of the process of restoring the temperature field of deep wells drilled in frozen rocks]. Proc. of the VIII meeting on geocryology. Iakutsk, 1966. Issue 4, pp. 245–253.
11. Klimovskii I.V., Gotovtsev S.P. *Kriolitozona Iakutskoi almazonosnoi provintsii* [Cryolithozone of the Yakut diamondiferous province]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1994, 168 p.
12. *Merzlotno-Landshaftnaia karta Iakutskoi ASSR masshtaba 1:2500000* [Permafrost-landscape map of the Yakut Autonomous Soviet Socialist Republic on a scale of 1: 2500000]. Edited by P.I. Mel'nikova. Moscow, GUGK Publ., 1991, 2 l.
13. *Merzlye landshafty Iakutii. Poiasnitel'naia zapiska k Merzlotno-Landshaftnoi karte Iakutskoi ASSR masshtaba 1:2500000* [Frozen landscapes of Yakutia. Explanatory note to the Permafrost Landscape Map of the Yakut Autonomous Soviet Socialist Republic on a scale of 1: 2500000]. Novosibirsk, GUGK Publ., 1989, 170 p.
14. *Na Verkhne-Munskom mestorozhdenii dobyt pervyi krupnyi almaz* [First large diamond mined at Verkhne-Munskoye deposit]. Avialable at: http://www.probpalata.ru/rgpp/news/?ELEMENT_ID=4059 (accessed 20 August 2019).
15. Pokhilenko N.P. *Dobycha almazov bez novykh mestorozhdenii mozhet sokratit'sia, zaiavil uchenyi* [Diamond production without new deposits may decline, said the scientist]. Avialable at: https://ria.ru/economy/20180607/1522271759.html (accessed 20 August 2019).
16. Balobaev V.T., Pavlov A.V., Perl'shtein G.Z. i dr. *Teplofizicheskie issledovaniia kriolitozony Sibiri* [Thermophysical studies of the permafrost zone of Siberia]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1983.
17. Shats M.M., Galkin A.F. Baza dannykh № 0220409730 «Opasnye i potentsial'no opasnye geotekhnicheskie ob"ekty almaznoi provintsii RS (Ia)». Elektronnaia baza dannykh. Gosudarstvennyi registr baz dannykh RF [Database No. 0220409730 "Dangerous and potentially dangerous geotechnical objects of the diamond province of RS (Y)". Electronic database. State Register of Databases of the Russian Federation.]. Certificate № 9045 ot 03.06.2004, 94,4 Mv, 6 pech. l.