



М. М. Шац
канд. геогр. наук,
вед. научный сотрудник,
Институт мерзлотоведения
им. П. И. Мельникова
СО РАН, shatz@mpi.ysn.ru

Геоэкологические проблемы освоения алмазного месторождения «Мир»

Освещены природные и геоэкологические условия алмазного месторождения «Мир». Предложены основные составляющие обязательного на всех стадиях освоения месторождения геоэкологического мониторинга. Natural and geocriological conditions of diamond-field «Mir» are shown. Basic components of necessary in all stages of exploration of geo-ecological monitoring are suggested.

Ключевые слова: алмазное месторождение, многолетнемерзлые породы, нарушение природной среды, химическое воздействие.
Keywords: diamonds field, permafrost rocks, natural environment problems, chemical flucence.

Первое в СССР коренное месторождение алмазов «Мир» было открыто в Западной Якутии, в 1955 г. (ныне г. Мирный), а добыча открытым способом начата в 1957 г. Карьер трубки «Мир» за время отработки достиг глубины в 525 м, его диаметр составил около 1,2 км. Для отработки более глубоких горизонтов перешли на подземный способ и месторождение, таким образом, продолжает осваиваться в условиях «сухой» консервации карьера. Месторождение не имеет аналогов в отечественной и мировой практике по сложности горно-геологических условий при строительстве и последующей эксплуатации подземного рудника.

Природные условия района

Район месторождения «Мир» входит в Тунгусско-Ботуобинскую ступенчато-грядовую провинцию группы среднетаежных провинций сплошного распространения многолетнемерзлых пород (ММП) гор Средней Сибири [8], представленные следующими типами местности (*рис. 1*):

- *мелко долинный* – приуроченный к днищам долин малых рек, сложенных аллювиальными сильнольдистыми суглинками, разнозернистыми песками мощностью до 12 м (льдистость – 35-65%), местами перекрытыми торфяниками, мощностью до 2 м (льдистость – 65-85%);
- *приводораздельный* – слабо дренированный тип местности характерен для плоскоравнинных плато, с мощностью торфов 3-4 м при лдистости 65-85%, а для песков – 35-45%.

Естественная структура района деятельности рудника «Мир» однообразна. В настоящее время практически все геосистемы значительно преобразованы, а часть из них полностью уничтожена.

Поверхность представляет, в основном, серьезно нарушенную хаотично отсыпанную вскрышными породами, изрытую территорию, покрытую многочисленными временными дорогами (*рис. 2*).

Как известно, алмазодобывающая отрасль, особенно при открытой добыче, является очень экологоемкой [5, 8]. Весьма активному воздействию подвергаются не только поверхностные геосистемы, но и находящиеся в глубине ММП.

Суммарная лдистость грунтов верхнего горизонта обычно свыше 80%. ММП в районе месторождения имеют сплошной характер распространения и температуру от -1° до -4°C при мощности порядка 550 м.

Периодические геокриологические исследования были начаты в 30-40-х гг., затем резко активизировались в связи с открытием

месторождений ценнейших полезных ископаемых (алмазов, газа, нефти и т.д.). Большая часть территории входит в северную геокриологическую зону [4], сплошность многолетнемерзлой толщ здесь прерывается лишь сквозными таликами под крупными водоемами, водотоками и в зонах разгрузки подземных вод.

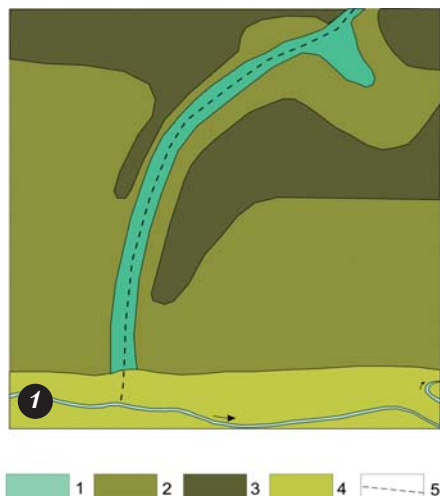
Сезонное протаивание грунтов колеблется от 0,8 до 2,5 м. В целом одним из важнейших факторов, определяющим глубину протаивания является местоположение и ориентация участка.

Наиболее низкие температуры до $-4,5^{\circ}\text{C}$ на глубине 15-20 м свойственны горным породам, слагающим крутые склоны северных экспозиций, на поверхности которых залегают курумы-каменные моря (*рис. 3*). Полученные материалы свидетельствуют о существенных колебаниях температур пород даже на небольшом участке – от $-0,9$ до $-4,7^{\circ}\text{C}$.

Строение и мощность криолитозоны района определяются особенностями промерзания высокоминерализованных водоносных горизонтов [7]. В результате за период промерзания в плейстоцене и голоцене криолитозона превратилась в сложную термодинамическую систему, включающую мерзлые породы со льдом, морозные и отрицательно-температурные соленые воды и рассолы (криопэги). Так, в районе месторождения «Мир» под мерзлой толщей пород на глубине 312 м выявлен горизонт криопэгов с минерализацией около 52 г/л. Мощность криолитозоны в районе впервые оценена [2, 3] в 550 м. По результатам детальных геотермических измерений, проведенных Институтом мерзлотоведения СО АН СССР непосредственно на месторождении [1], мощность ММП здесь составляет 180 м, при температурах на подошве слоя от $-1,4$ до -3°C . В целом криолитозоне свойственны весьма растянутые ($0,2-0,5^{\circ}/100$ м) значения геотермического градиента. На формирование температурного поля и мощности криолитозоны, помимо общих климатических изменений в плейстоцене и голоцене, большое влияние оказывало проникновение более тяжелых и холодных растворов из верхних горизонтов в нижележащие [1].

Криогенное строение мерзлых пород обусловлено развитием промерзавших эпигенетически палеозойских и мезозойских пород с характерными массивными и унаследованными криогенными текстурами. В песчаных толщах юрского возраста зафиксирована массивная криотекстура.

Направленность и интенсивность криогенных процессов определяется характером теплообмена верхних горизонтов грунтов с атмосферой и геолого-геоморфологическими условиями



территории. Их сочетание определяет в районе наиболее широкое развитие следующих криогенных явлений.

Морозное выветривание является наиболее широко развитым криогенным процессом, охватывающим около 30-40% района, присущее для глинисто-карбонатных пород кембрия и ордовика, сформировавшее кору выветривания мощностью от 2 до 7 м.

Широко развита солифлюкция, охватывающая 20-30% района на глинисто-карбонатных породах кембрия и ордовика, что часто встречается на пологих (2-5°) и средней крутизны (6-15°) склонах и у подножий крутых уступов в виде оплывин, языков и натеков.

Морозное пучение охватывает порядка 10-15% района, в открытых системах оно проявляется в озерно-аллювиальных и озерно-болотных отложениях.

Термокарст ограничен (2-5% площади), в связи с незначительным развитием повторно-жильных льдов и приурочен, главным образом, к участкам развития сильнольдистых четвертичных отложений.

В меньшей степени развиты морозное трещинообразование и термоэрозия, охватывающие около 3% площади района.

Все стадии создания и эксплуатации объектов алмазодобывающего комплекса сопровождаются нарушением, а порой и уничтожением естественных покровов – снежного, почвенно-растительного, поверхностных и грунтовых вод и изменением рельефа при планировке поверхности, удалением и заменой верхнего слоя грунтов, созданием выемок, котлованов, карьеров, насыпей и т.д.

В последовательности техногенных воздействий на мерзлые породы района месторождения «Мир» и в их неизбежных последствиях можно выделить первичные и вторичные.

Первичные воздействия преобразуют природную среду непосредственно, внося существенные изменения в состояние поверхности, реже – захватывают самые верхние горизонты пород.

Последующая реакция природной среды, приводящая к серьезным изменениям мерзлых пород, относится к вторичным последствиям освоения. Происходящее при этом изменение характера теплообмена на поверхности мерзлых пород наступает очень быстро. В первую очередь меняются амплитуды температур на поверхности. На них реагируют глубины сезонного оттаивания грунтов. Подобные изменения фиксируются уже на второй, реже третий годы после воздействия. Повышение или понижение температур пород в последующем (3-5 лет) приводят уже к более серьезным изменениям мерзлотных характеристик.

Приводораздельные плакоры с покрывающей их растительностью подвергаются рубке, раскорчевке и пожарам. Создание буровых площадок и просек для ЛЭП, топографических ходов, трасс трубопроводов приводит к существенным преобразованиям естественных ландшафтов. В результате происходит активизация экзогенных, в т.ч. криогенных процессов: морозобойного растрескивания, термокарста, пучения.

За 50 лет освоения данного района произошли заметные преобразования в ландшафтной структуре, а значит, и мерзлотных условиях. Вслед за И. В. Климовским и С. П. Готовцевым (1994) разделим все объекты воздействия и преобразованные ими территории на два типа – линейные и площадные.

К категории линейных относятся трассы дорог, газопроводов, ЛЭП и т.д. Для них характерна значительная протяженность при незначительной ширине полосы акцентированного воздействия. Степень нарушенности

Рис. 1. Природно-мерзлотная схема района трубки «Мир» (по Белопуховой, 1961) Условные обозначения: 1-участки склонов первого типа; 2- участки склонов второго типа; 3-участки склонов третьего типа; участки развития аллювиальных отложений; 5- ось тальвега

Рис. 2. Общий вид месторождения из космоса

Рис. 3. Каменные моря – курумы

Значение глубины сезонного протаивания в естественных условиях и на просеке ЛЭП [6]

Таблица 1

Район	Тип местности (геоморфологическая привязка)	Состав грунтов, СТС	Протаивание, м	
			Естественные условия	Просека ЛЭП
Лено-Вилуйское междуречье	Широкие плоские водоразделы	Супеси, пески пылеватые	2,0-2,5 5,0-5,5 До 2,0 4,5-5,0 (торфяники) 0,5-0,8 1,0-1,5 (мари) 1,0-1,3 до 2,5 0,3-0,4 2,5-3,0	
	Полгие склоны	Суглинки, пески глинистые		
	Выположенные нижние части склонов и днища водотоков	Суглинки оторфованные, супеси, пески глинистые с редкой галькой		
	Надпойменные террасы	Пески заиленные, подстилаемые галечниками, содержат повторно-жильные льды		

напочвенных покровов зависит от типа линейного объекта. При этом термические и влажностные условия грунтов существенно меняются. Так по данным В. И. Спесивцева и А. М. Снегирева (1980), глубины сезонного протаивания грунтов при нарушении напочвенных покровов возросли в 3-4 раза (табл. 1).

Максимальный ущерб наносится при подземной прокладке, когда не только уничтожается почвенно-растительный покров, но нарушается и значительный слой рыхлых отложений.

Из площадных наиболее развиты объекты, относящиеся к системе горнопромышленного освоения. Их строительство и эксплуатация неизбежно связаны с нарушением поверхностных условий. В результате широкий комплекс криогенных процессов заметно активизируется, особенно это относится к процессам деструктивного плана – термокарсту и термоэрозии по повторно-жильным льдам, приводящим к просадкам и провалам глубиной несколько метров. Морозобойное трещинообразование приводит к формированию полигонального рельефа.

Заключение

Приведенные данные свидетельствуют, о том что основными источниками техногенного

воздействия на природную среду в районе карьера и подземного рудника «Мир» являются объекты алмазодобывающей отрасли. По территории месторождения они распределены весьма неравномерно, в связи с этим последствия их деятельности в виде разной степени преобразованных поверхностных геосистем существенно отличаются.

Очевидно, что все эти негативные последствия серьезно осложняют отработку месторождения, а уменьшить их возможно лишь при условии соблюдения современных природосберегающих технологий. В частности, значительно уменьшить механическое воздействие на поверхность возможно при условии проведения работ в зимнее время, что, как показывает опыт, значительно сокращает интенсивность негативной тенденции преобразования природных сред.

Приведенные данные свидетельствуют о высокой степени последствий, связанных с отработкой месторождения, и позволяет отнести к категории опасных в геотехническом плане.

Для контроля за обусловленными строительством и эксплуатацией рудника «Мир» последствиями необходима организация комплексного геоэкологического и геотехнического мониторинга района. ❁

Литература

1. Балобаев В. Т., Девяткин В. Н. Теплофизические исследования криолитозоны Сибири, Н-ск, Наука, СО, 1983, 22-34.
2. Ефимов А. И. Гидрогеологические особенности района месторождения алмазов трубки «Мир» в Ю-З Якутии. В кн: Труды совещания по подземным водам и инженерной геологии Восточной Сибири. – Иркутск, 1959, Вып. 2, 79-87.
3. Ефимов А. И. Температура многолетнемерзлых горных пород в окрестностях г. Мирного. В кн.: Современные вопросы региональной и инженерной геокриологии (мерзлотоведение). – М., Наука, 1964, 63-83.
4. Климовский И. В., Готовцев С. П. Криолитозона Якутской алмазонасной провинции. Н-ск, Наука, 1994,- 168 с.
5. Макаров В. Н., Шац М. М. Масштабные изменения среды Якутии, связанные с промышленной деятельностью. Наука и образование, Якутск, 2001, №1. 109-114.
6. Спесивцев В. И., Снегирев А. М. Некоторые оценки глубины сезонного протаивания в связи с эксплуатацией ЛЭП. Геокриологические исследования в Западной Якутии. – Новосибирск: Наука, СО, 1980. 3-10.
7. Фотиев С. М., Данилова Н. С., Шевелева Н. С. Геокриологические условия Средней Сибири. – М., Наука, 1974, 147.
8. Шац М. М. Основные принципы систематизации эколого-геокриологической информации. Якутск, Изд-во ИМЗ, 2007, 78.