

ВЛИЯНИЕ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ЯКУТИИ НА ВЫБОР СПОСОБОВ ПРОХОДКИ ВСКРЫВАЮЩИХ И ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК

В. С. Марков, В. А. Шерстов

Институт горного дела Севера СО РАН, 677018, Якутск, пр. Ленина, 43, Россия

Рассматриваются геокриологические и горно-технические условия подземной разработки россыпных месторождений Арктической зоны Якутии. Выделены основные криолитологические комплексы пород, характерные для проходческих забоев россыпей данного региона. Определены их физико-механические и деформационные свойства.

Обсуждены результаты опыта эксплуатации проходческих комбайнов в условиях россыпных шахт Северо-Востока РФ и определены рациональные области их применения.

Многолетнемерзлые крупнообломочные породы, структура пород, горно-подготовительные выработки, физико-механические свойства, проходческие комбайны

INFLUENCE OF THE GEOCRIOLOGICAL CONDITIONS OF PLACER DEPOSITS OF THE ARCTIC ZONE OF YAKUTIA ON THE CHOICE OF DRIVING METHODS OF THE UNDERGROUND OPENING AND PREPARING WORKINGS

V. S. Markov, V. A. Sherstov

Mining Institute of the North, SB RAS, 677018, Yakutsk, Lenin str., 43, Russia

Geocryological, mining and technical conditions of the placer underground mining in the Arctic zone of Yakutia are considered. The basic cryolithological complexes of the rocks, typical for driving faces of placers of the given region, have been highlighted. Their physical, mechanical, and deformation properties have been determined. The results of the experiment of using driving cutter-loader in placer mines of North-East of Russian Federation have been discussed and the rational spheres of their application have been determined.

Perennial coarse-grained rocks, rock structure, mining and preparing workings, physical-mechanical properties, driving cutter-loaders

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы, используя специфические особенности строения россыпных месторождений Заполярья, ряд горно-добывающих предприятий Арктической зоны России применяет серийно выпускаемые проходческие комбайны типа ГПКС и 4 ПП-2 для проходки вскрывающих выработок. Имеется опыт применения их и на открытых работах.

Однако, как показывает опыт эксплуатации проходческих комбайнов типа ГПКС в условиях россыпей Севера, область их применения ограничивается только участками льдов и однородных по литологическому составу илисто-глинистых отложений с незначительным содержанием твердых включений. При достижении комбайнами участков, представленных гравийно-галечниковым материалом (продуктивный пласт) с включениями обломков кварца, крупностью свыше 80—100 мм и содержанием более 10 % от объема пород забоя, эффективность их применения резко снижается из-за недопустимого увеличения расхода режущего инструмента.

ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Россыпные месторождения Арктической зоны Якутии отличаются некоторыми специфическими особенностями, характерными для озерно-аллювиальных образований Заполярья. Как правило, в верхней части этих отложений (кроме современной поймы) залегает толща многолетнемерзлых мелкодисперсных пород — литологически однородных пылеватых суглинков, мощность которых достигает 25—40 м [Гравис, 1969].

Главной особенностью строения толщи, перекрывающей продуктивный пласт россыпей Заполярья, является наличие в ней ледяных жил. Ширина их в верхней части (на глубине 0,5—1,5 м) составляет 5—6 м. Некоторые жилы пронизывают всю толщу суглинков, внедряясь в продуктивный пласт, другие выклиниваются уже на глубине 8—10 м.

Подземные льды относятся к категории повторно-жильных, представляющих собой продукт многократно повторяющегося льдообразования в

трещинах, периодически возникающих в одном и том же месте [Гравис, 1969].

Продуктивный промышленный пласт (пески) представлен крупнообломочными породами — щебнем, галькой с небольшими включениями кварцевых булыжников и валунов, цементированных песчано-глинистым заполнителем. Выемочная мощность пласта составляет 2—2,2 м. Плотик россыпи сложен темно-серыми углисто-глинистыми сланцами.

Состав, структурные особенности и физико-механические свойства пород, разрабатываемых при проведении подготовительных выработок россыпных шахт криодотозоны, являются основными факторами при выборе оборудования и технологии проходки.

Горно-геокриологические условия проходки вскрывающих и подготовительных выработок при разработке россыпных месторождений Арктической зоны Якутии можно представить несколькими характерными типами забоев в зависимости от структурно-текстурных особенностей и сочетаний различных по составу пород (рисунок).

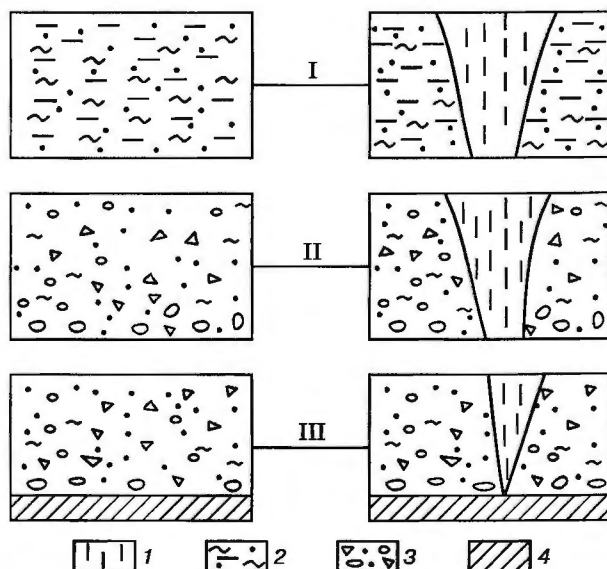
I тип. Вся площадь забоя представлена однородными мелкодисперсными породами с незначительным (до 5—10 %) содержанием мелких твердых включений (см. рисунок, I).

II тип. Вся площадь забоя сложена многолетнемерзлыми крупнообломочными породами со значительным (до 15 %) содержанием гравийно-галечных включений, цементированных песчано-глинистым заполнителем (см. рисунок, II).

III тип. Забой представлен двумя типами пород. В верхней части залегают гравийно-галечниковые отложения, цементированные песчано-глинистым заполнителем, со значительным (свыше 15 %) включением валунов. В нижней части — так называемый плотик (песчано-глинистые сланцы), т. е. пересекаемая при проходке часть коренных пород, подстилающих россыпь, обычно сильно нарушенных трещинами (древняя поверхность выветривания) (см. рисунок, III).

Для всех трех типов забоев (I—III) в районах непосредственного распространения повторно-жильных льдов весьма вероятными являются варианты с частичным или полным пересечением ледяных жил (см. рисунок). В отдельных случаях возможно фронтальное пересечение выработкой ледяной жилы по всей площади забоя.

Представленные на рисунке типичные структуры пород забоев имеют различный удельный вес в общем объеме проводимых вскрывающих и подготовительно-нарезных выработок. Тип I считается характерным при проходке наклонных стволов в верхней части наносов, чаще всего представленных илами и дресвой. Тип II в



Основные типы проходческих забоев.

I—III — типы забоев. 1 — лед, 2 — многолетнемерзлые мелкодисперсные породы, 3 — многолетнемерзлые крупнообломочные породы, 4 — песчано-глинистые сланцы.

большинстве случаев характерен для участков наклонных стволов при частичном и полном пересечении продуктивного пласта, т. е. на заключительной стадии вскрытия россыпи. В дальнейшем все подготовительно-нарезные выработки проводятся в породах, представленных типом III. При глубине залегания россыпи — 40—50 м значения удельного веса каждого типа забоев следующие: I — 1—3; II — 1—2; III — до 95 %.

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОД

Исследования физико-механических свойств многолетнемерзлых крупнообломочных пород, слагающих россыпные месторождения Арктической зоны Якутии, были проведены в различное время Институтом мерзлотведения СО АН СССР [Гречищев, 1963], ИРГИРЕДМЕТом [Костромитинов и др., 1974] и ИГДС СО РАН [Марков, 1986].

Влажность, плотность, гранулометрический состав пород определены в полевых условиях по общепринятой методике [Шевелев, 1979; Альбов, 1975]. Изучение прочностных свойств проводилось натурным методом с применением установки БУ-54, разработанной во ВНИМИ [Розенбаум и др., 1983].

Результаты исследований в обобщенном виде приведены в табл. 1. Наибольшая влажность — 25—32 % — наблюдается в супесчано-суглинистых породах (суглинки, илы); в гра-

Таблица 1. Обобщенные физико-механические и деформационные свойства многолетнемерзлых пород россыпных месторождений Арктической зоны Якутии [Марков, 1986]

Криолито-логические комплексы пород	Температура, °С	Влажность (льдистость), %	Плотность, кг/м ³	Условно-мгновенная прочность на сжатие, МПа	Условно-мгновенная прочность на растяжение, МПа	Деформационные свойства	
						Модуль Юнга, МПа	Коэффициент Пуассона
I	-8 ÷ -10	25—32	1850—1900	5,0—5,2	1,5—2,0	—	—
II	-9 ÷ -9,5	10—22	2000—2400	6—8	1,8—2,3	6 ÷ 8 · 10 ³	0,15—0,24
III	-9	6	2600	50	4,85	4,2 · 10 ⁵	—

Примечание. I — однородные супесчано-суглинистые породы; II — гравийно-галечниковые породы, цементированные песчано-глинистым заполнителем (продуктивный пласт); III — песчано-глинистые сланцы (плотик).

вийно-галечниковых отложениях, цементированных песчано-глинистым заполнителем, влажность колеблется от 10 до 22 %; наименьшей влажностью (6 % и менее) характеризуются коренные породы — песчано-глинистые сланцы.

Значения условно-мгновенной прочности на сжатие для пород верхней части склоновых отложений определены прочностным номером II-1 и составляют 5,0—5,2 МПа. Предел прочности на сжатие пород продуктивного пласта на глубине разработки 40 и 100 м соответственно равен 6 и 8 МПа. Более высокую прочность имеют подстилающие продуктивный пласт песчано-глинистые сланцы. Их пределы прочности на сжатие и растяжение составляют соответственно 50,00 и 4,85 МПа.

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ

Обобщенные показатели работы проходческих комбайнов в условиях Арктической зоны РФ приведены в табл. 2. Анализ этого опыта позволил установить область его применения [Лунышин, 1981; Егоров, Тарасов 1989; Иванов и др., 1985; Лященко и др., 1983; Лященко, Иванов 1985].

Благоприятными для проходки стволов комбайнами ГПК-3 являются участки с повторно-жильными льдами и льдистыми илами (тип I). Коэффициент крепости этих пород равен 1—2, среднесменная скорость проходки — 6—7 м, расход резцов составляет 0,04—0,12 шт./м³.

Менее благоприятными при проходке стволов комбайнами ГПК-3 следует считать участки илисто-глинистых отложений с включениями обломков кварца до 10 % (крупностью до 20 мм). Коэффициент крепости этих пород равен 3, среднесменная скорость проходки не превышала 1,5 м (при работе по илистым породам без включений — 3,8—5,5 м). Расход резцов — 0,36—1,00 шт./м³, выход резцов из строя за счет отрыва твердого сплава составил до 12—15 %.

Неблагоприятные для проходки условия наблюдаются на участках гравийно-галечниковых отложений с включениями обломков кварца

крупностью свыше 20 мм в объеме до 15 %, цементированные песчано-глинистым заполнителем. Коэффициент крепости пород — 4. Среднесменная скорость проходки составляет 1,0—1,2 м, удельный расход резцов — 1,08 шт./м³, при этом процент выхода из строя резцов за счет отрыва твердого сплава увеличился до 25 % (тип II).

Наиболее неблагоприятные условия отмечаются на участках гравийно-галечниковых отложений с включениями гальки, щебня, кварца (до 30 %) с крупностью до 50 мм, цементированные песчано-глинистым заполнителем. Коэффициент крепости — 5, среднесменная скорость проходки стволов — 0,50—0,75 м, удельный расход резцов — 3—4 шт./м³, выход резцов из строя превышает 50 % (тип III).

Условия, препятствующие проходке выработок комбайнами типа ГПК-3, наблюдаются на участках гравийно-галечниковых отложений (продуктивный пласт), с включениями кварца крупностью свыше 80—100 мм до 20 % от объема — крепость пород, по М. М. Протодяконову, 6—8. Среднесменная скорость проходки не превышает 0,5 м, удельный расход резцов — 4—5 шт./м³. Основная причина выхода из строя резцов (более 75 %) — отрыв твердого сплава вследствие ударных нагрузок при встрече резца с кварцем (тип III).

Таким образом, из вышесказанного следует, что проходческие комбайны типа ГПК-3 целесообразно применять на льдистых и илисто-глинистых породах с твердыми включениями размером не более 20 мм (до 10 %) с крепостью пород 3—4 по М. М. Протодяконову (типы I и II).

ОБСУЖДЕНИЕ И ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ

Анализ опыта применения комбайна ГПКС при подземной разработке россыпных месторождений ГОК „Куларзолото“ показал, что забой II—III типов не удается эффективно обрабатывать стандартной режущей коронкой. Исключение составляют участки забоя, содержащие повторно-жильные льды и илы. Это обстоятель-

Таблица 2.

Обобщенные показатели работы комбайнов ГПК-3, ГПКС

Типы проходческих забоев	Наименование породы	Расход резцов, шт./м ³	Производительность, м ³ /смену	Коэффициент крепости по буримости	Коэффициент крепости по Протодьяконову
I	Чистый лед, высокольдистые илы	0,04—0,12	До 40	V—VI	1
I	Илисто-глинистые отложения	0,36	До 30	VI—VII	2—3
I	Илисто-глинистые отложения с мелкими включениями гальки, щебня (крупность до 20 мм) до 10 %	0,36—1,00	До 25	VII—VIII	3
II	Гравийно-галечниковые отложения, сцементированные песчано-глинистым заполнителем, с обломками крупностью свыше 20 мм до 15 % от объема	1 и более	10—20	VIII—IX	4
III	Гравийно-галечниковые отложения, содержащие обломки крупностью до 50 мм свыше 20 % (до 30 %), сцементированные песчано-глинистым заполнителем (продуктивный пласт)	5—6	До 5	IX—XI	5
	Песчано-глинистые сланцы (плотик)				
III	Гравийно-галечниковые отложения, сцементированные песчано-глинистым заполнителем, с обломками крупностью свыше 80—100 мм до 20 % от объема (продуктивный пласт)	6	3—4	XI—XII	6—8

ство имеет принципиальное значение, так как делает малоперспективными пути совершенствования или создания новых типов режущего рабочего инструмента. Радикальным решением является применение в таких забоях комбайнов с исполнительными органами ударно-скалывающего действия.

Учитывая, что подавляющая часть объемов проходки подготовительно-нарезных выработок связана с забоями III типа, целесообразно осуществлять образование горизонтального вруба по плотику, а остающуюся верхнюю часть забоя, представленную мерзлыми крупнообломочными породами разрушать ударно-скалывающим инструментом комбинированного исполнительного органа при наличии двух обнаженных плоскостей. В случае встречи прослоев ила в верхней части пласта или ледяных жил можно отрабатывать их (как и плотик) режущим исполнительным органом. Это, по существу, является обоснованием целесообразности применения комбинированного принципа разрушения в забоях, которые представлены различными типами пород, резко отличающимися по своим свойствам. Следовательно, применительно к рассматриваемым условиям россыпных месторождений предпочтительным конструктивным решением является дополнение исполнительного органа серийно выпускаемых режущих комбайнов узлом, включающим ударно-скалывающий элемент. Этим обеспечивается наиболее эффективная работа обоих компонентов комбинированного исполнительного органа с относительно простой кинематикой.

Институтом горного дела Севера ЯФ СО АН СССР совместно с институтом горного дела СО АН СССР были проведены натурные эксперименты с целью определения принципиальной возможности ударного разрушения многолетне-мерзлых крупнообломочных пород. В качестве рабочего органа использовались пневмомолоты ПН-1300 и ПН-1700 [Федулов и др., 1983].

Испытания экспериментальной установки, созданной на базе проходческого комбайна ГПКС и пневмомолота ПН-1300, были проведены на одной из шахт ГОК „Куларзолото“ при проходке нарезной выработки сечением 7 м² [Марков и др., 1988].

Результаты экспериментальных работ показали, что разрушение мерзлых крупнообломочных пород продуктивного пласта рабочим органом ударного действия в средней части забоя протекало эффективно. При этом порода от массива отбивалась кусками различных размеров — от нескольких сантиметров до глыб размерами 0,5 × 0,3 × 0,2 м. Контурная часть забоя разрушалась режущей коронкой комбайна, работающей с отрывом материала на обнаженную плоскость. Оптимальная толщина стружки в конкретных условиях забоя, по данным опытов, составила 20—25 см. Результаты дальнейших шахтных испытаний экспериментального образца проходческого комбайна ГПКС с комбинированным исполнительным органом подтвердили целесообразность применения предложенной двухстадийной схемы обработки забоя.

Время, затрачиваемое на обработку одной заходки (включая создания врубовой щели), со-

ставило 30—35 мин, что соответствует суточным темпам проведения выработок на уровне 15—20 м. Результаты проведенных промышленных испытаний показали принципиальную возможность применения проходческих комбайнов с комбинированным исполнительным органом для разрушения мерзлых крупнообломочных пород россыпных месторождений с коэффициентом крепости более 5—6. Совместно с институтом „Гипроникель“ было разработано техническое задание на изготовление опытного образца проходческого комбайна новой конструкции.

ВЫВОДЫ

1. Состав, криогенное строение, структурные особенности и физико-механические свойства многолетнемерзлых крупнообломочных пород, разрабатываемых при проведении вскрывающих и подготовительно-нарезных выработок в условиях россыпных шахт Арктической зоны Якутии, весьма разнообразны и требуют дифференцированного подхода к выбору техники и технологии проходки.

2. Наиболее распространенным при проведении подготовительно-нарезных выработок (штреков, рассечек и т. п.) является двухслойный забой III типа, представленный многолетнемерзлыми крупнообломочными наносами (верхний слой) и пересекаемый до 0,6—1,0 м коренными породами — плотиком (нижняя зона).

3. Для разрушения этого типа пород перспективным можно считать применение комбайна с комбинированным исполнительным органом (ударно-режущий), который может разрушать породы любой крепости.

4. Для разработки россыпных месторождений, продуктивный пласт которых представлен гравийно-галечниковым материалом без валунов (40—50 % от общего объема горной массы), цементированным песчано-глинистым заполнителем, с крепостью пород 5—6, по М. М. Протодяконову, целесообразно применение более мощных современных проходческих комбайнов стран СНГ типа КП-20, КП-25 (Копейский машиностроит. завод, Россия), П-120 и П-220 (Ново-

Краматорский машиностроит. завод, Украина) и КСП-42 (Ясиноватский завод, Украина).

Литература

- Альбов М.Н. Опробование месторождений полезных ископаемых. М., Недра, 1975, 231 с.
- Гравис Г.Ф. Склоновые отложения Якутии. М., Наука, 1969, 128 с.
- Гречищев С.Е. Ползучесть мерзлых грунтов при сложном напряженном состоянии // Прочность и ползучесть мерзлых грунтов. М., Изд-во АН СССР, 1963, с. 53—58.
- Егоров И.К., Тарасов Н.И. Опыт применения резцового инструмента при разрушении многолетнемерзлых пород: Сб. науч. тр. // Физико-техн. проблемы освоения месторождений Севера. Якутск, Изд-во Якут. ун-та, 1989, с. 31—34.
- Иванов В.Г., Лященко В.П., Горбунов С.П. и др. Опыт эксплуатации горных комбайнов на подземной разработке россыпей // Колыма, 1985, № 7, с. 7—8.
- Костромитинов К.Н., Николенко Б.Д., Шерстов В.А. и др. Испытание прочностных свойств мерзлых пород на образцах неправильной формы // Повышение эффективности горной промышленности Якутии: Сб. ст. // АН СССР, Сиб. отд. Якут. фил., Ин-т физ.-техн. проблем Севера. Новосибирск, Наука, 1974, с. 31—34.
- Луянин П.Д. Опыт эксплуатации проходческих комбайнов на россыпях Куларского района // Колыма, 1981, № 11, с. 4—6.
- Лященко В.П., Иванов В.Г., Данзанов В.Б. Опыт применения проходческих комбайнов при проведении выработок в шахтах предприятий объединения „Северовостокзолото“ // Колыма, 1983, № 10, с. 8—10.
- Лященко В.П., Иванов В.Г. Оценка надежности проходческих комбайнов // Колыма, 1985, № 9, с. 9—12.
- Марков В.С. Результаты испытаний физико-механических свойств пород многолетнемерзлых россыпей Кулара в природных условиях // Колыма, 1986, № 6, с. 9—11.
- Марков В.С., Сугаренко Г.Г., Елшин В.К. и др. Шахтные испытания проходческого комбайна ГПКС с экспериментальным комбинированным исполнительным органом // Физ.-техн. пробл. разработки полезн. ископаемых. Новосибирск, Наука, 1988, № 5, с. 76—80.
- Розенбаум М.А., Слепцов А.Е., Марков В.С. и др. Методическое пособие по изучению прочностных характеристик многолетнемерзлых пород в природных условиях / Отв. ред. В. Ю. Изаксон. Якутск, ЯФ СО АН СССР, 1983, 34 с.
- Федулов А.И., Лабутин В.Н., Марков В.С. и др. Ударное разрушение многолетнемерзлых горных пород // Научные основы механизации открытых и подземных горных работ. Новосибирск, Изд-во ИГД СО РАН, 1983, с. 125—131.
- Шевелев А.С. Физико-механические свойства мерзлых грунтов. М., Стройиздат, 1979, 127 с.

Поступила в редакцию
15 июля 2002 г.