

На правах рукописи



ТИМОФЕЕВ Николай Гаврильевич

**ИССЛЕДОВАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ
БУРЕНИЯ ШУРФО-СКВАЖИН В УСЛОВИЯХ КРИОЛИТОЗОНЫ**

Специальность 25.00.14 – Технология и техника геологоразведочных работ

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Москва 2015г.

Работа выполнена на кафедре горного дела института современных технологий геологической разведки, горного и нефтегазового дела, федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (ФГБОУ ВПО «МГРИ-РГГРУ») и на кафедре технологии и техники разведки месторождений полезных ископаемых геологоразведочного факультета Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова» (ФГАОУ ВПО «СВФУ»)

Научный руководитель: кандидат технических наук, профессор
Скрябин Рево Миронович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
кафедры технологии подземной разработки
рудных и нерудных месторождений (ТПР)
Горного института (МГИ) НИТУ МИСиС
Ломоносов Геральд Георгиевич

кандидат технических наук,
генеральный директор ООО «Геологоразведка»
Изюмов Сергей Викторович

Ведущая организация: **ОАО «Тульское НИГП»**

Защита диссертации состоится «24» ноября 2015г. в 13:00 ч. в аудитории 4-73 на заседании диссертационного совета Д212.121.05 при Российском государственном геологоразведочном университете имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ).

Адрес: 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.23, МГРИ-РГГРУ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГРИ-РГГРУ.
Автореферат разослан

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат технических наук



Назаров А.П.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Разведка и освоение новых месторождений всех видов полезных ископаемых, является приоритетным направлением стратегического развития нашей страны.

Одним из основных способов поисков и разведки россыпных месторождений (алмазов, золота, олова и др.) в арктической зоне Северо-Востока страны с мощной толщей многолетней мерзлоты является проходка разведочных шурфов разной глубины и сечения.

Россыпные месторождения зоны многолетней мерзлоты имеют существенные отличия от аналогов, расположенных в районах с умеренным климатом и положительной температурой пород, которые определяют особые требования к выбору техники и технологии геологоразведочных работ. Специфика их обусловлена комплексным взаимодействием и влиянием горно-геологических, горнотехнических, мерзлотных и климатических факторов. Горно-геологические особенности характеризуются сложным рельефом местности, относительно небольшой глубиной и высокой изменчивостью залегания полезного ископаемого, малой мощностью продуктивного пласта, низким уровнем геологической изученности района и т.д. Весьма жесткими являются климатические условия региона, в котором мощность распространения многолетней мерзлоты составляет порядка 250-400 м., а сезонное колебание температуры воздуха достигает до 90 °С (-60 °С до +30 °С).

В Республике Саха (Якутия) значительные объемы разведки и разработки россыпных месторождений алмазов выполняет ОАО «Алмазы Анабара». Разведочные работы основаны на технологии шурфопродолческих работ и осуществляются в основном дорогостоящими, малопродуктивными и небезопасными буровзрывными работами, которые ведутся только в зимнее время года в выработках глубиной до 15-20 м., с большой долей ручного труда, что обуславливает трудоемкость и определенную опасность всего процесса.

Отмеченные обстоятельства выдвигают актуальную научно-техническую задачу по поиску принципиально новых методов, технических средств и технологий разведки россыпных месторождений полезных ископаемых в суровых арктических условиях Северо-Востока России, которые позволят повысить технико-экономические показатели геологоразведочных работ.

Целью данной работы является повышение эффективности разведки россыпных месторождений полезных ископаемых в условиях криолитозоны путем совершенствования шнекового бурового инструмента и технологии бурения шурфо-скважин с поинтервальным отбором разрушенной породы.

Объект исследования – буровой инструмент и технологии бурения шурфов, шурфо-скважин и скважин большого диаметра.

Предмет исследования – техника и технология бурения шурфо-скважин при разведке россыпных месторождений в условиях криолитозоны.

Основная идея работы заключается в совершенствовании техники и технологии бурения шурфо-скважин при разведке россыпных месторождений полезных ископаемых в районах многолетней мерзлоты Северо-Востока и арктической зоны страны взамен малопродуктивной и дорогостоящей проходки шурфов с использованием буро-взрывных работ.

Задачи исследования:

1. Анализ современных способов разведки россыпных месторождений полезных ископаемых.
2. Анализ технологии и техники бурения горных выработок в условиях многолетнемерзлых пород (криолитозоны).
3. Совершенствование породоразрушающего инструмента для бурения горных выработок в мерзлых породах.
4. Разработка и обоснование новой конструкции бурового снаряда большого диаметра с поинтервальным отбором пробы.
5. Экспериментальное подтверждение работоспособности разработанной конструкции бурового снаряда в условиях криолитозоны.

Методика исследования. В теоретической части работы использованы методы системного анализа, исследований механики мерзлых грунтов и других фундаментальных наук. Экспериментальные исследования основаны на использовании буровой установки, контрольно-измерительных приборов и статистической обработки результатов экспериментов.

Научная новизна:

- Выявлены зависимости механической скорости бурения $V_{мех}$ от режимных параметров (частоты вращения n и осевой нагрузки C_{oc}) $V_{мех}=f(n, C_{oc})$ разработанным шнеко-аккумулятивным буровым снарядом;
- Получены зависимости расхода мощности N буровой установки на бурение шнеко-аккумулятивным снарядом от режимных параметров $N=f(n, C_{oc})$, глубины и диаметра скважины $N=f(L_{скв}, \varnothing)$;
- Выявлена зависимость выделяемой теплоты T на забое от радиуса расположения резцов $T=f(r)$ породоразрушающего инструмента (долота) при резании мерзлой породы.
- Разработана новая конструкция шнеко-аккумулятивного бурового снаряда диаметром 750мм. с поинтервальным отбором разрушенной породы при разведке россыпных месторождений в условиях криолитозоны;

Достоверность научных положений, изложенных в работе, подтверждается высокой сходимостью теоретических зависимостей и результатов экспериментальных исследований при натурных испытаниях опытного образца бурового снаряда диаметром 170 мм в полевых условиях с использованием современного оборудования и необходимым объемом данных.

Практическая значимость работы заключается в ускорении и удешевлении разведки россыпных месторождений в условиях криолитозоны с одновременным повышением качества опробования разведываемого объекта путем частичной замены объемов шурфопроходческих работ бурением шурфо-скважин.

Личный вклад автора заключается в выполнении теоретических и экспериментальных исследований, анализе и обработке результатов, а также в разработке конструкции и изготовлении шнеко-аккумулятивного бурового снаряда большого диаметра для внедрения в производство.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Разработана функционально-кинематическая схема шнеко-аккумулирующего бурового снаряда, обеспечивающего поинтервальный отбор пробы при бурении шурфо-скважин в условиях криолитозоны и установлена зависимость объема пробоприемной камеры бурового снаряда от величины рейсовой проходки $V_{np}=f(l_{np})$.

2. Установлены зависимости механической скорости бурения от режимных параметров (частоты вращения и осевой нагрузки) $V_{mex}=f(n, C_{oc})$ и затрат мощности буровой установки от глубины, диаметра $N=f(L_{скв}, \varnothing)$ и от режимов бурения $N=f(C_{oc}, n)$ при бурении шурфо-скважин экспериментальным буровым снарядом.

3. Научно обосновано совершенствование конструкции породоразрушающего инструмента (долота) обеспечивающего эффективное разрушение и снижающего процесс теплообразования на забое скважины в процессе бурения мерзлых пород (заявка на изобретение №2014130654 «Породоразрушающий инструмент», от 24.07.2014г.).

4. Разработана новая конструкция шнеко-аккумулирующего бурового снаряда большого диаметра (750мм) с поинтервальным отбором разрушенной породы (патент РФ на полезную модель «Буровой снаряд», № 123820 от 10.01.2013 RU) позволяющего заменить устаревшую технологию шурфопроходческих работ в условиях криолитозоны.

Апробация работы. Основные разделы и результаты диссертационного исследования были представлены на:

- Всероссийской научно-практической конференции «Ползуновский грант» (Барнаул, *диплом лауреата* 2011, 2013);

- Всероссийской научно-практической конференции «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России» (Якутск, 2012, 2013, 2014).

- научно-практической конференции ФГАОУ ВПО «Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова» «Аспирантские чтения – 2013» (Якутск, *диплом 1 степени*);

- Гранте президента Республики Саха (Якутия) для молодых ученых, специалистов и студентов по научному направлению «Технические науки» (Якутск, 2013, *грант имени Академика В.П. Ларионова*);

- Московской международной выставке изобретателей и инновационных технологий «Архимед-2014» (Москва, *бронзовая медаль*);

- Республиканском конкурсе «Я – инженер» на призы Члена Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации В.А. Штырова в номинации «Профессиональный инженер» (Якутск, 2014, *диплом 2 степени*);

Реализация результатов работы. Разработанный шнеко-аккумулирующий буровой снаряд диаметром 750мм. для бурения шурфо-скважин вращательным способом с поинтервальным отбором разрушенной породы принят для внедрения в производство ОАО «Алмазы Анабара» Республики Саха (Якутия) на разведочных участках россыпных месторождений алмазов. Новизна конструкции бурового снаряда подтверждена патентом РФ на полезную модель. Результаты исследований также используются в учебном процессе в учебно-научной лаборатории «Разведочное бурение» кафедры технологии и техники разведки месторождений

полезных ископаемых ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова».

Публикации. Основное содержание диссертационной работы отражено в 18 статьях (из них 6 публикаций в журналах, рекомендованных перечнем ВАК и РИНЦ РФ, 1 в журнале SCOPUS). По разработанной конструкции шнеко-аккумулирующего бурового снаряда получен патент РФ на полезную модель №123820 «Буровой снаряд».

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, общих выводов и результатов исследований, списка литературы и приложений. Объем диссертационной работы составляет 140 страниц основного текста, в том числе 5 таблиц, 75 рисунков, список литературы и приложения на 10 страницах.

Во *введении* обоснованы актуальность работы, цели, задачи и защищаемые положения диссертационной работы.

В *первой главе* проведен анализ современного состояния техники и технологии разведки россыпных месторождений (алмазов, золота, олова и других) в условиях распространения многолетнемерзлых пород (криолитозоны). Отмечено что в настоящее время в этих условиях при разведке россыпных месторождений широко применяется малопроизводительный и дорогостоящий способ проходки разведочных шурфов с большой долей ручного труда.

Во *второй главе* проведены исследования по совершенствованию бурового способа, обоснованы наиболее перспективные способы повышения производительности, снижения себестоимости и обеспечения безопасности рабочего персонала при разведке россыпных месторождений в условиях криолитозоны.

В *третьей главе* диссертационной работы приведены результаты экспериментальных исследований по определению работоспособности и рациональных параметров разработанной конструкции шнеко-аккумулирующего бурового снаряда с поинтервальным отбором пробы в условиях криолитозоны.

Четвертая глава посвящена разработке и изготовлению нового вида шнеко-аккумулирующего бурового снаряда диаметром 750мм. Составлена прогнозная оценка технико-экономической эффективности от внедрения в производство и даны рекомендации по применению разработанного бура.

В *заключении* диссертационной работы изложены основные выводы и результаты исследования, а также поставлены дальнейшие цели по усовершенствованию разработанной конструкции бурового снаряда и технологии бурения шурфо-скважин в условиях криолитозоны.

Автор выражает особую благодарность научному руководителю к.т.н., профессору Р.М. Скрыбину за помощь в выполнении программы исследований и при написании работы, к.т.н., доценту кафедры горного дела МГРИ-РГГРУ А.П. Карпикову за научное сопровождение и консультации в процессе выполнения работы, а также главному инженеру А.В. Карху и сотрудникам отдела буровзрывных работ ОАО «Алмазы Анабара» за предоставленную возможность изготовления производственного варианта бурового снаряда и поддержку в подготовке диссертации.

Краткое содержание работы

Диссертационная работа основана на научно-исследовательской и опытно-конструкторской работе по созданию новой конструкции шнеко-аккумулирующего бурового снаряда и совершенствованию бурового способа разведки россыпных месторождений взамен проходки шурфов с использованием буровзрывных работ в условиях многолетнемерзлых пород (криолитозоны).

Изучению техники и технологии проходки шурфов и шурфоскважин при разведке россыпных месторождений посвящено достаточно много работ исследователей: Л.Г. Грабчак, Д.Н. Башкатов, С.А. Брылов, Б.М. Ребрик, В.Т. Борисович, В.И. Несмотряев, А.В. Чистяков, А.П. Карпиков, В.П. Яшин и другие, а также научных центров МГРИ, ВНИИБТ, ИГД им. Скочинского и др., но исследований в условиях криолитозоны крайне мало, известны работы далеких 80-х годов 20 века В.П. Кренделева, В.В. Махотина, В.М. Минакова, В.А. Орьева и других.

Основным механизированным способом разведки россыпных месторождений в условиях криолитозоны является ударно-канатное бурение (УКБ) скважин большого диаметра. Но этот способ бурения исчерпал свои возможности повышения технико-экономических показателей, характерен малой производительностью и низким качеством отбора пробы.

На основании вышеизложенного и полученных результатов в ходе проведенных исследований сформулированы следующие защищаемые положения:

ПЕРВОЕ ЗАЩИЩАЕМОЕ ПОЛОЖЕНИЕ

Разработана функционально-кинематическая схема шнеко-аккумулирующего бурового снаряда, обеспечивающего поинтервальный отбор пробы при бурении шурфо-скважины в условиях криолитозоны и установлена зависимость объема пробоприемной камеры бурового снаряда от величины рейсовой проходки, $V_{np}=f(l_{np})$.

Для замены устаревшей и малопродуктивной технологии шурфопроходческих работ при разведке россыпных месторождений в условиях криолитозоны перспективным является совершенствование шнекового способа бурения, которое позволит повысить технико-экономические показатели производства и исключить небезопасный ручной труд рабочих в горной выработке.

При этом, получение достоверных геологических данных из скважины в значительной степени зависит от количества и состояния извлекаемых проб (валовое или технологическое опробование), а также от точности определения границ пластов пород и залежей полезных ископаемых и их мощности. Исходя из этого, методика разведки россыпных месторождений предопределяет следующие основные требования к технике и технологии бурения скважин:

1. Минимальный диаметр скважины, при котором систематическая ошибка в подсчете средних содержаний по скважинам не превышает 5-10%, составляет в пределах 540-600 мм.

2. Проба должна иметь минимальные нарушения структуры и измельчение. В процессе бурения скважин необходимо исключить «миграцию» полезного компонента, обеспечить полноту его извлечения по интервалам опробования.

3. Создаваемая техника должна иметь широкие возможности бурения скважин в зависимости от физико-механических свойств пород.

4. Техника и технология бурения должны обеспечивать поинтервальное опробование продуктивного пласта с величиной интервала от 0,2 до 1,0 м, а при бурении пустых пород (торфов) величина интервала опробования не ограничивается и может быть любой, рациональной для данных геологических условий по критерию скорости бурения.

В соответствии с главным требованием методики опробования **«способы отбора и извлечения пробы из определенного интервала скважины должны исключить возможность ее обогащения или разубоживания породой других интервалов»**. Этому требованию не отвечает в полной мере бурение традиционным шнеком в открытом стволе скважины, когда транспортируемая с забоя порода частично затирается в стенки скважины и смешивается с породой попадающей со стенок скважины, снижая представительность пробы данного интервала (рис.1 а)). Для решения этой проблемы нами предложено совершенствование традиционной конструкции шнека и сконструирован буровой снаряд, в котором укороченный шнек располагается внутри не вращающейся трубы, что полностью исключает разубоживание разрушенной породы (рис.1 б)). В процессе бурения шурфоскважины этим буровым снарядом разрушенная порода не будет транспортироваться шнеком на поверхность по всему стволу скважины, а извлекается после накопления пробы определенного интервала внутри трубы снаряда (рейсовый метод), обеспечивая наилучшую представительность пробы.

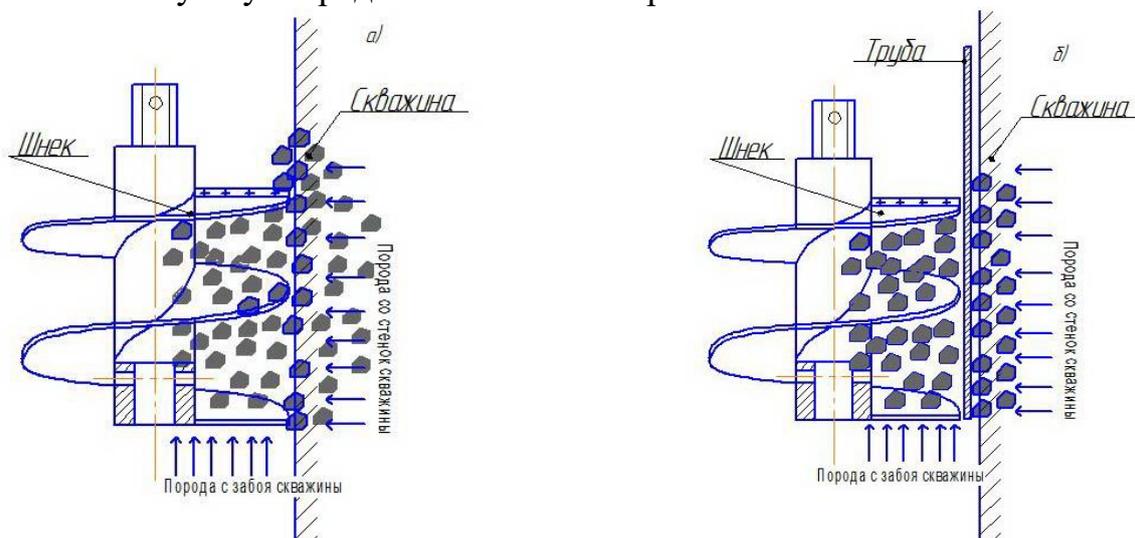


Рис.1. Работа шнекового транспортера в скважине: при расположении шнека в открытом стволе скважины (а); внутри трубы (б).

В соответствии с требованиями методики разведки россыпных месторождений и проведенными теоретическими исследованиями, разработана структурно-функциональная кинематическая схема и конструкция нового вида шнеко-аккумулирующего бурового снаряда (рис.2), обеспечивающего поинтервальный отбор разрушенной породы.

Конструктивно буровой снаряд состоит из опережающего долота 1, шнекового транспортера 2 расположенного внутри трубы 3 на подшипниковой опоре 4, благодаря которой труба при внедрении бурового снаряда в горный массив не

вращается, и пробоприемной камеры 5. В трубе предусмотрены вспомогательные окна.

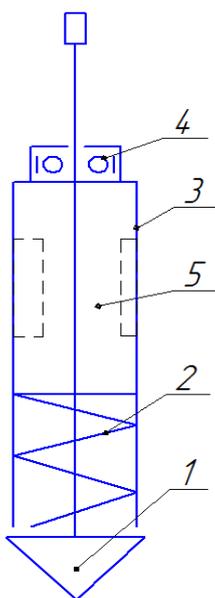


Рис. 2. Структурно- функциональная кинематическая схема бурового снаряда: 1 – долото; 2 – шнек; 3 – камера бурового снаряда (цилиндрический корпус); 4 – подшипниковая опора; 5 – пробоприемная камера (пробоприемник)

При этом диаметр долота бурового снаряда больше на 15-20 мм. наружного диаметра пробоприемной трубы, что исключает затирание стенок скважины трубой и позволяет свободному перемещению снаряда в скважине при спуско-подъемных операциях и при возможном уменьшении диаметра скважины в результате износа долота.

С целью подтверждения работоспособности разработанной конструкции шнеко-аккумулирующего снаряда изготовлен опытный образец с диаметром 170мм. и проведены соответствующие экспериментальные исследования в виде натуральных испытаний в полевых условиях.

Во время натуральных испытаний проведены исследования по извлечению качественной пробы из буровых снарядов (результаты подробно приведены на рис.3. и в таблице 1) и установлена зависимость объема пробоприемной камеры бурового снаряда от величины рейсовой проходки $V_{np}=f(l_{np})$.

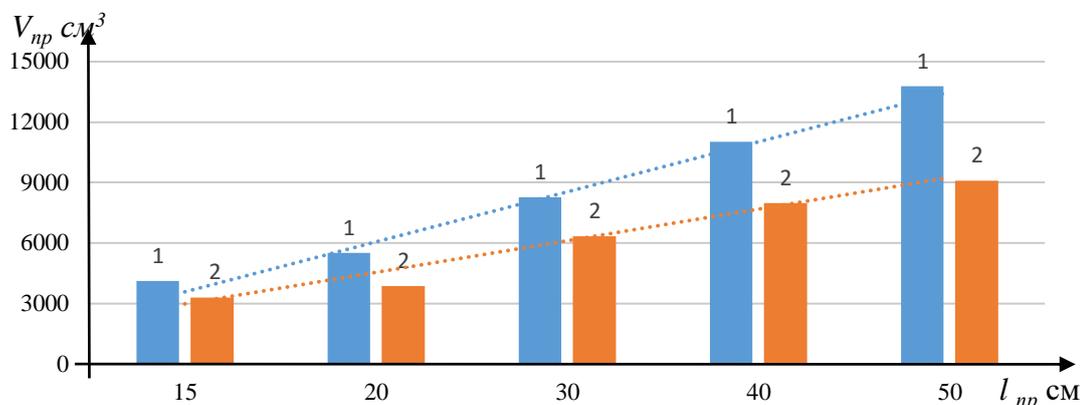


Рис.3. Зависимость объема извлеченной пробы (V_{np}) от величины рейсовой проходки (l_{np}). 1 – опытный образец; 2 – стандартный шнек.

Таблица 1.

		Объем извлеченной пробы, см ³				
		15	20	30	40	50
Бур. снаряд	Величина рейсовой проходки (см)					
		Опытный образец	4134	5512	8268	11024
	Стандартный шнек	3307	3858	6338	7992	9094

Полученные результаты зависимости объема пробоприемной камеры снаряда от величины рейса (рис.3, и таблица 1) свидетельствуют о том, что объем пробоприемной камеры зависит в первую очередь от конструктивных особенностей бурового снаряда (диаметра долота, трубы, количества витка шнека и др. параметров), максимального интервала проходки скважины по методике разведки полезных ископаемых, а также от коэффициента разрыхления горной породы ($K_p=1,1\div 1,6$). Нами предлагается при подсчете объема пробоприемной камеры V_k трубы бурового снаряда учесть коэффициент наполнения K_n для предупреждения чрезмерного наполнения камеры и обеспечения необходимого свободного пространства в трубе при максимальном интервале проходки (K_n – степень заполнения объема трубы разрыхленной горной породой, определяется отношением объема, занятого горной массой V_{np} к геометрической емкости трубы V_k).

Объем извлекаемой пробы определяется по следующему выражению:

$$V_{np} = \pi \cdot r_{скв}^2 \cdot l_{пр} \cdot K_p \quad (1)$$

где: $r_{скв}$ – радиус скважины, м; $l_{пр}$ – рейсовая проходка, м; K_p – коэффициент разрыхления горной породы (1,1÷1,6).

Для подсчета объема пробоприемной камеры разработанного шнеко-аккумуляторного бурового снаряда нами предлагается следующая расчетная формула:

$$V_k = (V_1 + V_2) \cdot K_n \quad (2)$$

где: V_k – общий объем камеры бурового снаряда, м³; V_1 – объем пробоприемника, м³; V_2 – объем шнека, м³; K_n – коэффициент наполнения (зависит от длины рейсовой проходки, $K_n=0,5\div 1,0$). При этом, $V_{np} \leq V_k$.

Объем пробоприемника V_1 определяем по следующему выражению:

$$V_1 = (\pi \cdot r_{вт}^2 \cdot h) - (\pi \cdot r_{шт}^2 \cdot h) = \pi \cdot h \cdot (r_{вт}^2 - r_{шт}^2) \quad (3)$$

где: $r_{вт}$ – внутренний радиус трубы, м; $r_{шт}$ – радиус буровой штанги, м; h – высота трубы и штанги, м.

Объем шнека бурового снаряда V_2 вычисляем по следующей формуле:

$$\begin{aligned} V_2 &= (\pi \cdot (r_{шт}^2 - r_{шт}^2) \cdot n_p \cdot l_p) - (\pi \cdot (r_{шт}^2 - r_{шт}^2) \cdot n \cdot h_p) = \\ &= \pi \cdot (r_{шт}^2 - r_{шт}^2) \cdot n_p \cdot (l_p - h_p) \end{aligned} \quad (4)$$

где: $r_{шт}$ – радиус шнека, м; $r_{шт}$ – радиус буровой штанги, м; n_p – количество реборды; l_p – шаг между ребордами, м; h_p – толщина реборды, м;

Подставляя выражения (3) и (4) в формулу (2) определяем объем пробоприемной камеры бурового снаряда:

$$V_k = \left((\pi \cdot h \cdot (r_{вт}^2 - r_{шт}^2)) + (\pi \cdot (r_{шт}^2 - r_{шт}^2) \cdot n_p \cdot (l_p - h_p)) \right) \cdot K_n$$

По предложенной формуле (2) рекомендуется определить необходимый объем пробоприемной камеры в зависимости от диаметра и максимального интервала проходки скважины, для определения оптимальных параметров конструкции разработанного бурового снаряда.

Исследования по объему извлеченной пробы показывают преимущество разработанного бурового снаряда перед стандартным шнеком. Это объясняется тем, что при бурении и подъеме стандартный шнек ребордами затирает часть разрушенной породы в стенки скважины допуская разубоживание отбираемой пробы, а после подъема шнека на дневную поверхность некоторая часть пробы высыпается обратно в скважину или на прискважинную площадку, что приводит к снижению объема и качества отбираемой пробы. В случае нашего снаряда, благодаря расположению укороченного шнека внутри трубы и наличию пробоприемной камеры, извлекаются только породы с пробуренного интервала без разубоживания, а после подъема на поверхность породы не высыпаются самопроизвольно из снаряда, полностью сохраняя извлекаемый объем пробы, что обеспечивает качество и представительность пробы с исследуемого интервала скважины.

ВТОРОЕ ЗАЩИЩАЕМОЕ ПОЛОЖЕНИЕ

Установлены зависимости механической скорости бурения $V_{мех}$ от режимных параметров (частоты вращения n и осевой нагрузки C_o) $V_{мех}=f(n, C_{oc})$ и затрат мощности N буровой установки от глубины, диаметра $N=f(L_{скв}, \varnothing)$ и от режимов бурения $N=f(C_{oc}, n)$ при бурении шурфо-скважины экспериментальным буровым снарядом.

По результатам экспериментальных испытаний опытного образца бурового снаряда и стандартного шнека с одинаковым диаметром 170 мм, построены соответствующие графические зависимости механической скорости бурения $V_{мех}$ от технологических параметров: осевой нагрузки $V_{мех}=f(C_{oc})$ (рис.4) и частоты вращения $V_{мех}=f(n)$ (рис.5). Сравнительные испытания опытного образца шнеко-аккумулирующего снаряда и стандартного шнека с 2-х и 3-х лопастными долотами \varnothing 170 мм. проводились в мерзлых песчано-глинистых, галечниковых породах III-VI категорий по буримости.

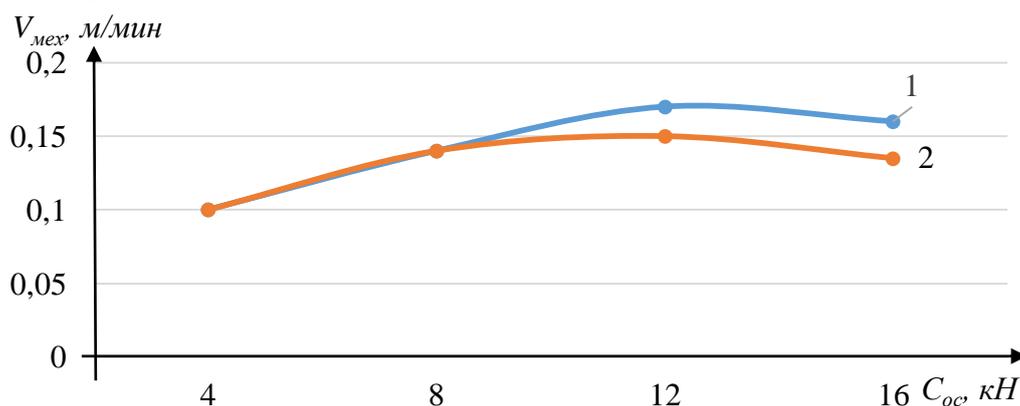


Рис.4. Зависимость механической скорости бурения от осевой нагрузки $V_{мех}=f(C_{oc})$, на графике: 1 – опытный образец; 2 – стандартный шнек.

Из графика, приведенного на рис.4 видно, что при постоянной частоте вращения снаряда при увеличении осевой нагрузки механическая скорость при бурении обеими буровыми снарядами возрастает линейно до $C_{oc}=8$ кН. При дальнейшем увеличении осевой нагрузки установлено превосходство опытного образца над стандартным шнеком по интенсивности роста механической скорости

бурения и по ее максимуму: $V_{\text{мех.макс}}$ для опытного образца - 0,173 м/мин., $V_{\text{мех.макс}}$ для стандартного шнека - 0,15 м/мин. Это объясняется меньшими потерями при бурении опытным образцом осевой нагрузки и передаче ее на забой скважины чем при использовании стандартного шнека.

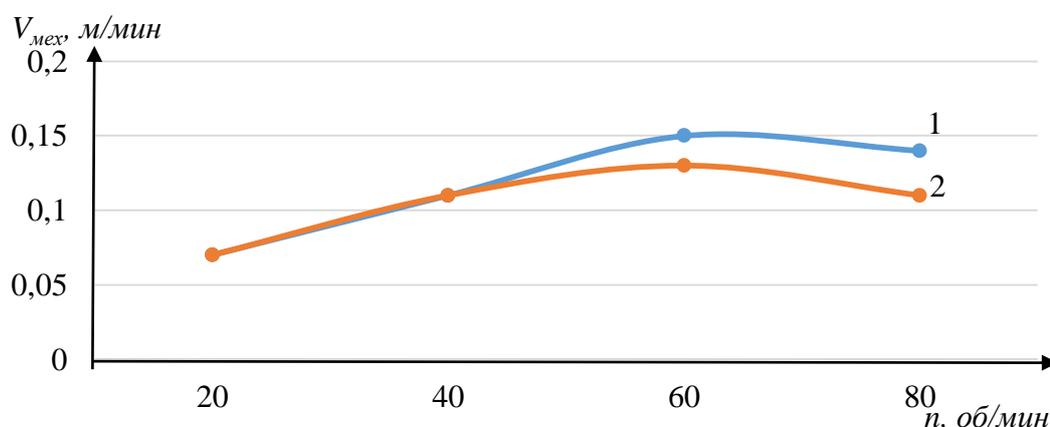


Рис.5. Зависимость механической скорости бурения от частоты вращения $V_{\text{мех}}=f(n)$, на графике: 1 – опытный образец; 2 – стандартный шнек.

Из графика (рис.5) следует, что при постоянной осевой нагрузке на буровой инструмент с увеличением частоты вращения механическая скорость также линейно возрастает и максимальные значения достигли у опытного образца 0,15 м/мин., при частоте вращения 60-70 об/мин.; у стандартного шнека 0,13 м/мин. при частоте вращения 50-60 об/мин., дальнейшее повышение частоты вращения n у обоих снарядов приводит к плавному снижению механической скорости.

Графики (рис.4 и 5) показывают, что увеличение механической скорости $V_{\text{мех}}$ бурения опытного образца по сравнению со стандартным шнеком при одинаковых режимах бурения ($C_{oc}=11-15$ кН, $n=60-70$ об/мин) обусловлено меньшим сопротивлением транспортированию разрушенной породы и лучшей передачей нагрузки на долото укороченным шнеком (3-4 витка) в трубе, чем шнеком в открытом стволе скважины.

Исследование механической скорости $V_{\text{мех}}$ показывает, что технология бурения стандартным шнековым буром характерна низкой частотой вращения n и большей осевой нагрузкой C_{oc} . При увеличении глубины и диаметра скважины нагрузки на буровую установку становятся запредельными, а возможности регулирования рационального режима бурения – минимальными. Разработанная новая конструкция шнеко-аккумулирующего бурового снаряда в отличие от стандартного шнека, позволяет применение более форсированных режимов бурения и обеспечивает более высокую механическую скорость $V_{\text{мех}}$.

При совершенствовании технологии шнекового бурения, одним из важных требований является оценка затрат мощности буровой установки в зависимости от глубины и диаметра скважин, режимов бурения и конструкции бурового снаряда.

Вопросы затрат мощности при бурении скважин большого диаметра шнековым способом в различных горно-геологических условиях рассматривались в трудах многих исследователей, основные из них, это работы: Б.А. Ариффулина, Д.Н. Башкатова, Л.Г. Грабчака, Н.А. Лапина, Ю.А. Олоновского, Б.М. Ребрика и другие.

Из анализа расчетных формул видно, что мощность буровой установки зависит от многих факторов, в частности: от физико-механических свойств горных пород, коэффициента трения шнека с разрушенной породой о стенки скважины, параметров режима бурения, конструкции применяемого инструмента, степени износа породоразрушающих элементов и других.

Ввиду многофакторности процесса бурения, получение аналитического выражения и расчет затрат потребляемой мощности возможны только экспериментальным путем.

В ходе стендовых испытаний, контрольно-измерительными приборами измеряли следующие основные параметры: частоту вращения бурового инструмента n ; осевое усилие C_o и расход мощности привода буровой установки N .

Наблюдение за динамикой изменения затрат мощности двигателя буровой установки проводилось прибором ИМДЦ (индикатор мощности двигателя цифровой).

Подробно полученные зависимости показателей расхода мощности буровой установки представлены на *рис.6, 7 и 8*.

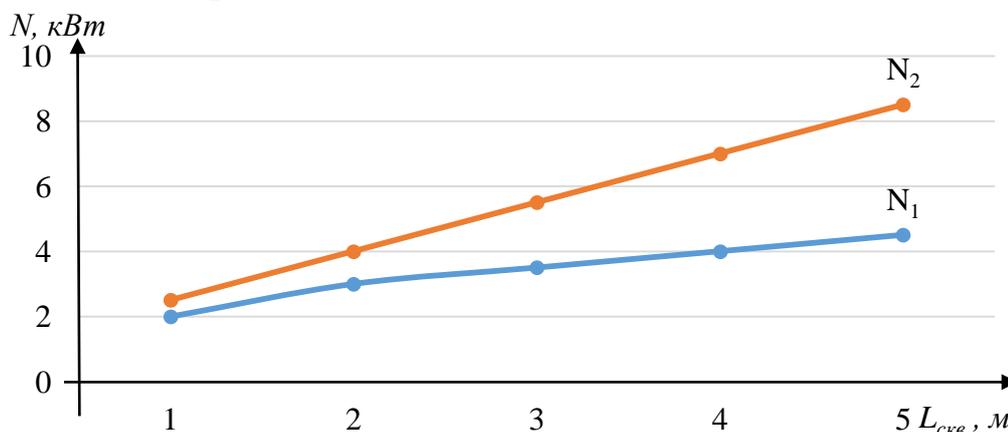


Рис.6. Зависимость расхода мощности привода буровой установки от глубины скважины $N=f(L_{скв})$ На графике: N_1 – опытный образец; N_2 – стандартный шнек.

Результаты экспериментальных исследований расхода мощности привода буровой установки (*рис.7*) опытным образцом бурового снаряда и стандартным шнеком от глубины скважины свидетельствуют о том, что с увеличением глубины бурения скважины в мерзлых породах потребляемая мощность существенно возрастает. При этом, более интенсивный прирост потребляемой мощности с увеличением глубины скважины происходит при бурении стандартным шнеком. Это связано с тем, что в процессе бурения мерзлые породы подвергаются растеплению (оттайке), с последующим их прилипанием и смерзанием на буровом инструменте, а при бурении стандартным шнеком в открытом стволе еще и к стенкам скважины. Такое явление снижает транспортирующую способность стандартного шнека, из-за переуплотнения межвиткового пространства поступающими породами увеличивая потребляемую мощность.

Результаты измерения расхода мощности буровой установки при бурении скважин в зависимости от режимов бурения (осевой нагрузки C_{oc} и частоты вращения n), приведены на *рис.7 и 8*.

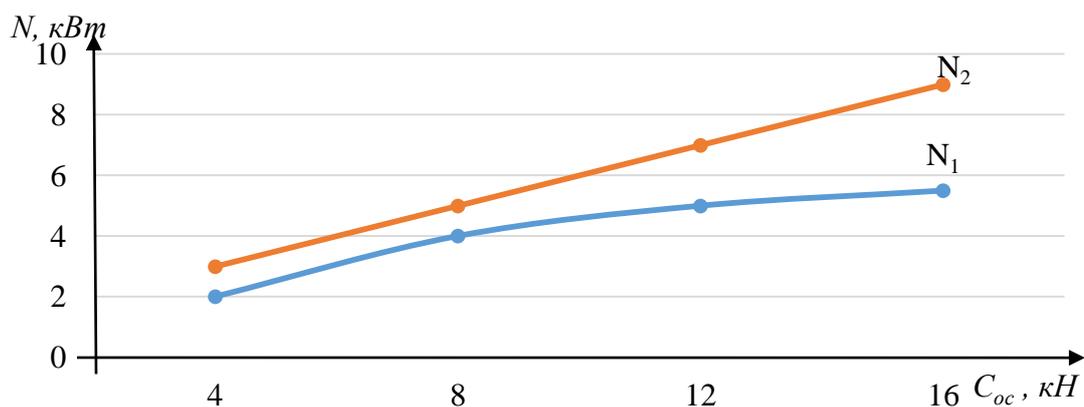


Рис.7. Зависимость расхода мощности от осевого усилия $N=f(C_{oc})$ при $\varnothing 170$ мм. и одинаковой глубине L и частоте вращения n , на графике: N_1 – опытный образец; N_2 – стандартный шнек.

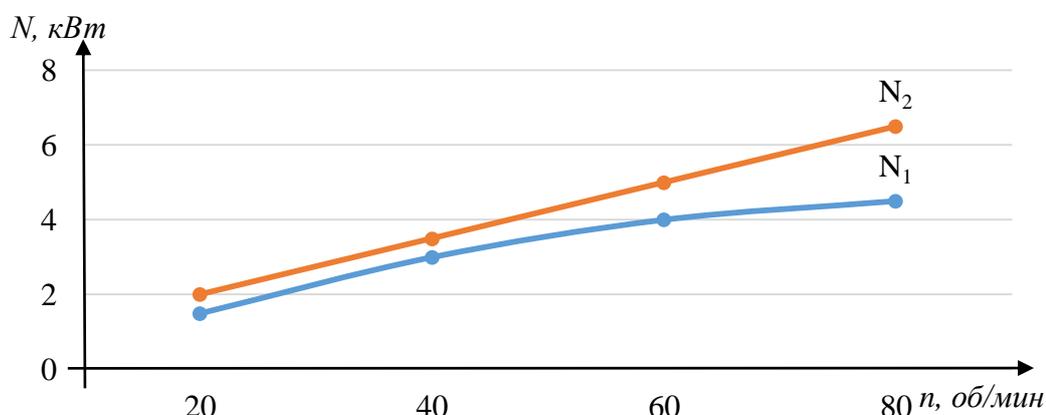


Рис.8. Зависимость расхода мощности от частоты вращения $N=f(n)$ при $\varnothing 170$ мм. и одинаковой глубине L и осевой нагрузке C_o , на графике: N_1 – опытный образец; N_2 – стандартный шнек.

Установлена закономерность уменьшения затрат мощности на процесс бурения при бурении шнеко-аккумуляторным снарядом по сравнению с бурением стандартным шнеком на 15-20% с увеличением осевой нагрузки C_{oc} и частоты вращения n (рис. 7 и 8). Это объясняется тем, что расход мощности в процессе бурения в первую очередь зависит от разности длины шнекового транспортера и от различия условий транспортирования пробы в открытом стволе скважины и в трубе. Рост потребляемой мощности с увеличением глубины бурения стандартным шнеком главным образом происходит за счет увеличения ее затрат на очистку забоя скважины и транспортирование разрушенной породы шнеком по всему стволу скважины.

При подсчете затрат мощности, наиболее простой в применении является формула, разработанная Р.А. Ганджумяном и А.Г. Калининым. По этой формуле определена мощность, расходуемая при шнековом вращательном бурении скважин в зависимости от диаметра бурового снаряда $N=f(D)$ рис. 9:

$$N_{вр} = \frac{1}{30 \cdot \eta} \cdot \pi \cdot n \cdot (M_p + M_T) \quad (2)$$

$$M_p = \frac{1}{2} \cdot \rho_c \cdot D_d \quad (3)$$

$$M_T = 250 \cdot D_{\partial}^3 \cdot H_{ш} \cdot \frac{\rho^1 \cdot g}{K_p} \quad (4)$$

$$\rho_c = 5000 \cdot \frac{1}{n} \cdot V_{\text{мех}} \cdot D_{\partial} \cdot \sigma_{\text{мб}} \cdot K_k \quad (5)$$

Где: n – частота вращения шнековой колонны, мин^{-1} ; ρ_c – полное сопротивление, преодолеваемое механизмом вращения, Н; D_{∂} – диаметр долота, м; M_p – момент сопротивления при разрушении породы долотом, Нм; M_T – момент сопротивления при вращении заполненного разрушенной породой шнека и транспортировании породы, Нм; K_k – коэффициент учитывающий полноту контакта площади передней грани долота ($0,5 \div 0,7$); K_p – коэффициент разрыхления породы ($1,1 \div 1,2$); $H_{ш}$ – длина шнековой колонны, м; ρ^1 – относительная плотность горной породы; $\sigma_{\text{мб}}$ – предел прочности породы при механическом бурении;

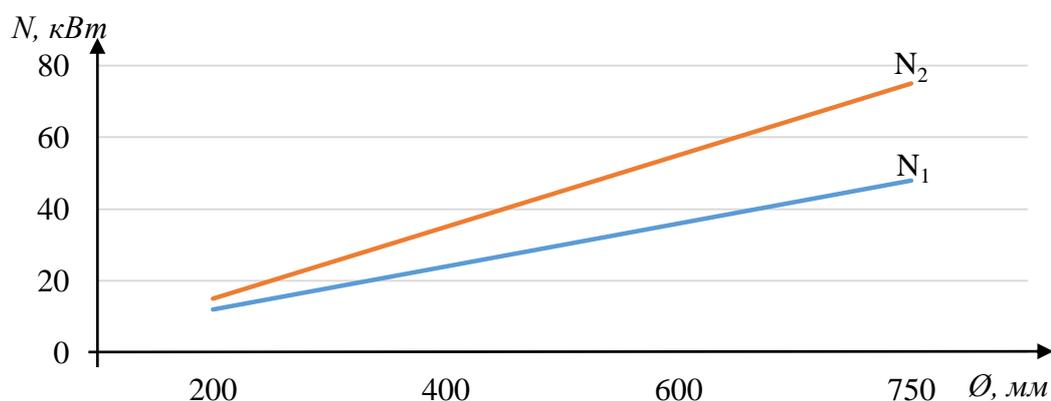


Рис.9. Зависимость расхода мощности от диаметра бурения $N=f(\partial)$, рассчитанная по формуле (2) на графике: N_1 – шнеко-аккумуляторный снаряд; N_2 – стандартный шнек.

Из графика (рис. 9) видно, что увеличение диаметра шнекового бурения ведет к существенному росту затрат мощности привода буровой установки, притом наиболее интенсивно при бурении стандартным шнеком из-за возрастающей длины шнека – $H_{ш}$. При увеличении диаметра бурового снаряда в процессе бурения скважины увеличиваются моменты сопротивления при разрушении забоя скважины и при вращении заполненного шнека и транспортировании разрушенной породы по всему открытому стволу скважины, которые приводят к уменьшению КПД двигателя, чрезмерно увеличивая расход мощности буровой установки. В случае с нашим шнеко-аккумуляторным буровым снарядом, момент сопротивления при вращении заполненного разрушенной породой укороченного шнека и транспортирование по внутренней поверхности трубы снаряда, значительно меньше, что позволяет сохранить КПД двигателя буровой установки и снизить расход мощности.

Полученные в ходе проведенных исследований зависимости (рис. 6, 7, 8) расхода мощности привода буровой установки от глубины $N=f(L)$ и режимов бурения $N=f(C_{oc}, n)$ объясняются тем, что в процессе бурения стандартный шнек находится в постоянном контакте со стенкой скважины. С увеличением объема поступающих пород усиливается коэффициент трения о стенки скважины, что требует соответствующего увеличения осевой нагрузки, которая в свою очередь приводит к чрезмерному повышению расхода мощности буровой установки. В разработанном

буровом снаряде, когда укороченный шнек (3-4 витка) работает внутри не вращающейся трубы, повышается производительность шнекового транспортера при малом расходе мощности буровой установки. Это все свидетельствует о целесообразности применения бурового снаряда в котором шнек ограниченной длины располагается внутри трубы и обеспечивает цикличный способ (рейсовый) бурения скважин в условиях многолетнемерзлых пород (криолитозоны).

ТРЕТЬЕ ЗАЩИЩАЕМОЕ ПОЛОЖЕНИЕ

Научно обосновано совершенствование конструкции породоразрушающего инструмента (долота) обеспечивающего эффективное разрушение и снижающего процесс теплообразования на забое скважины в процессе бурения мерзлых пород.

Успешное шнековое бурение скважин становится возможным только при достижении соответствия между интенсивностью разрушения горных пород на забое и транспортирования выбуренной породы на поверхность. Эффективность разрушения мерзлых пород на забое скважины и режим очистки призабойной зоны от буровой мелочи прямо зависят от типа и конструкции бурового породоразрушающего инструмента.

Исходя из вышесказанного, одним из важных задач в ходе проведенных экспериментальных исследований являлся выбор оптимального типа породоразрушающего инструмента применительно к бурению скважин шнековым способом в условиях криолитозоны. С этой целью были испытаны два типа долот (трехлопастное и двухлопастное) со схожими технологическими параметрами.

Проведенные исследования по выбору долота свидетельствуют о существенном влиянии на процесс бурения температурного фактора мерзлых пород, а именно, процесса оттайки и замерзания разрушенной породы в буровом инструменте, происходящего от работы породоразрушающего инструмента на забое.

На основании проведенных исследований сделаны следующие обоснования по совершенствованию конструкции породоразрушающего инструмента для бурения шурфскважин шнековым способом в условиях криолитозоны:

При резании горной породы породоразрушающим инструментом с некоторой угловой скоростью на его режущей поверхности происходит нагревание. При этом часть работы трения идет на нагревание поверхности бура Q , а некоторая часть идет на резание породы A_a . Если бы работа сил трения полностью преобразовывалась только в тепло, тогда была бы линейная зависимость распределения температуры на поверхности бура. То есть температура рабочей поверхности, начиная с некоторого значения в центральной области бура, монотонно увеличивалась бы с расстоянием при перемещении к периферийной области. Учет той части работы силы трения, которая идет на резание породы, приводит к немонотонной зависимости распределения температуры вдоль радиуса рабочей поверхности, а именно, распределение температуры имеет максимум в области между центром и периферией бура. Это связано с тем, что на периферийной части бура работа на резание породы увеличивается пропорционально площади.

При резании работа прямо пропорциональна объему разрушаемой породы. Коэффициент разрушаемости определяется как отношение объема разрушаемой породы на затраченную работу $a = \Delta V / \Delta A$.

Таким образом, для элементарной работы силы трения имеем выражения:

$$dA = F_{tr} dl = dQ + A_a = dQ + \frac{1}{a} dV, \quad (2.1)$$

где dl – перемещение резца за время dt , dQ – теплота, выделяемая при трении, $\frac{dV}{a}$ – работа, затрачиваемая на дробление породы пропорциональна объему разрушаемой породы, a – коэффициент пропорциональности.

Для решения задачи делаем следующие приближения: так как основной рабочей поверхностью является поверхность резца, будем учитывать только ту теплоту, которая выделяется в объеме резца, и пренебрегаем количеством теплоты, уходящим вместе с разрушенной породой. Уравнение (2.1) делим на dt и получаем

$$mc \frac{dT}{dt} = \mu N \frac{dl}{dt} - \frac{h_e r^2}{a} \frac{d\varphi}{dt}, \quad (2.2)$$

где μ – коэффициент трения, N – сила нормального давления, она приблизительно равна F_0 , h_e – эффективная глубина резания, r – расстояние от центра рабочей поверхности бура до резца, m – масса резца, c – его удельная теплоемкость.

$v = \frac{dl}{dt}$ – линейная скорость резца, которая равна $v = \omega r$, где $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$ – угловая скорость бура.

Подставляя значение линейной скорости и угловой скорости в (2.2) получаем:

$$mc \frac{dT}{dr} \omega r = \mu N \omega r - \frac{h_e}{a} r^2 \omega, \quad (2.3)$$

То есть обыкновенное линейное дифференциальное уравнение первого порядка относительно $T(r)$.

Интегрируя уравнение (2.3),

$$\int dT = \int \frac{\mu N}{mC} dr - \int \frac{h_e}{mCa} r dr,$$

получаем распределение температуры на рабочей поверхности

$$T(r) = \frac{\mu N}{mC} r - \frac{h_e}{2mCa} r^2 + const. \quad (2.4)$$

Константу интегрирования определяем из граничного условия. Например, в средней части бура температура имеет некоторую отрицательную величину и т.д.

На *рис. 11* представлено распределение температуры согласно (2.4) вдоль рабочей поверхности в зависимости от радиуса расположения резцов $T=f(r)$ (сплошная линия) при заданных значениях параметров (коэффициент трения $\mu = 0,2$, сила нормального давления 2500 Н, удельная теплоемкость резца 900 Дж/кг, эффективная глубина резания 0,01 м, коэффициент резания 0,00005, температура в центре бура -20°C). Пунктирной линией изображено линейное распределение, при котором не учитывается работа, затрачиваемая на разрушение породы.

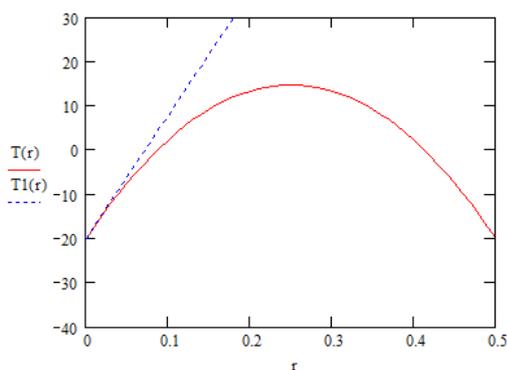


Рис.10. Зависимость выделяемой теплоты от радиуса расположения резцов $T=f(r)$

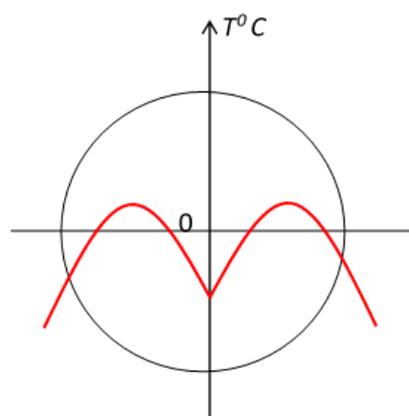


Рис.11. Образование максимальной температуры в буре

Как видно из *рис. 10* максимальная температура приходится в области между центром и периферией породоразрушающего инструмента (*рис.11*).

В этой области образовавшаяся положительная температура при резании интенсифицирует растепление мерзлых пород, которые с последующим примерзанием к поверхности бура и стенкам скважины приводят к снижению эффективности работы породоразрушающего инструмента и шнекового транспортера. В области рабочей поверхности породоразрушающего инструмента с максимальной положительной температурой, уменьшение выделяемой температуры можно достичь благодаря переходу к менее энергоемким способам разрушения породы путем конструирования специального двухлопастного породоразрушающего инструмента, в котором резцы на лопастях расположены по одному ряду с разными высотами, при этом резцы одного ряда по концентрическим кругам при вращении проходят между резцами второго ряда, в этом случае обеспечивается объемное разрушение мерзлой породы на забое, с минимизацией выделяемого тепла.

Ступенчатое расположение и разные рабочие углы резцов усовершенствованной конструкции двухлопастного опережающего долота (*рис.12*)

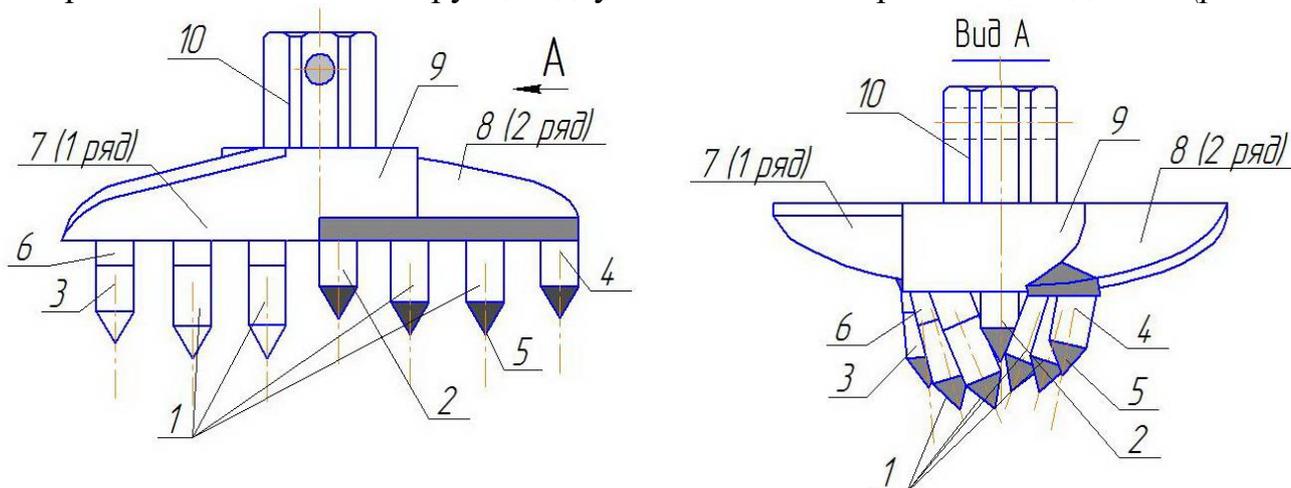


Рис.12. Усовершенствованный вид породоразрушающего инструмента. Заявка на изобретение №2014130654 от 24.07.2014г. 1,3 и 4 – рабочие резцы; 2 – центральный резец; 5 – твердосплавные режущие пластины; 6 – дополнительная вставка; 7 – первый ряд; 8 – второй ряд; 9 – корпус долота; 10 – хвостовик.

при бурении скважин обеспечат эффективное объемное разрушение мерзлых пород с наименьшим процессом теплообразования. Устранение центрального опережающего резца позволяет повысить механическую скорость $V_{мех}$ за счет ликвидации эффекта центральной опорной точки по оси долота с нулевой окружной скоростью $v=0$.

ЧЕТВЕРТОЕ ЗАЩИЩАЕМОЕ ПОЛОЖЕНИЕ

Разработана новая конструкция шнеко-аккумулирующего бурового снаряда диаметром 750мм. с поинтервальным отбором разрушенной породы, позволяющего заменить устаревшую технологию шурфопроходческих работ в условиях криолитозоны.

Разработанная методика конструирования, а также полученные результаты экспериментальных исследований опытного образца и предложенная расчетная формула (1) для подсчета оптимальных параметров конструкции бурового снаряда позволили разработать новую конструкцию шнеко-аккумулирующего бурового снаряда большого диаметра (рис.13). Новизна разработанной конструкции подтверждена патентом РФ на полезную модель №123820 «Буровой снаряд».

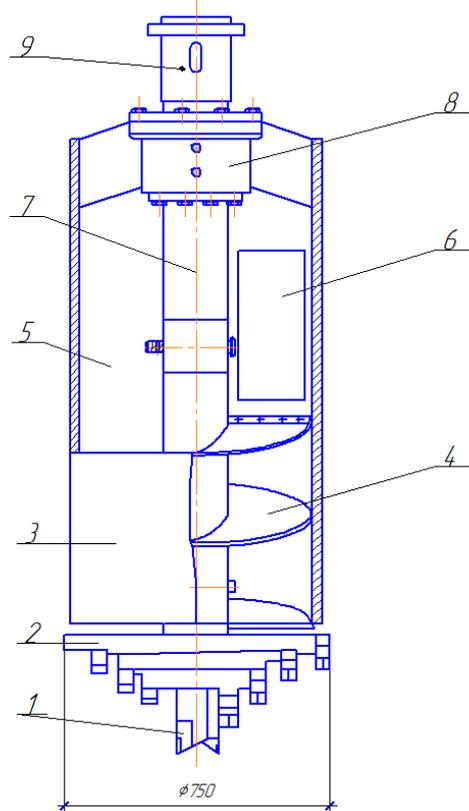


Рис.13. Конструкция шнеко-аккумулирующего бурового снаряда.
1 – резцы опережающего долота; 2 – долото; 3 – труба; 4 – шнековый транспортер; 5 – пробоприемная камера; 6 – вспомогательное окно; 7 – буровая штанга; 8 – подшипниковый узел; 9 – переходник.

По разработанным чертежам изготовлен производственный вариант шнеко-аккумулирующего бурового снаряда большого диаметра (750мм) с поинтервальным отбором разрушенной породы (рис.14.) для бурения шурфо-скважин на производственном участке ОАО «Алмазы Анабара» при разведке россыпных месторождений алмазов в условиях криолитозоны.

Разработанный шнеко-аккумулирующий буровой снаряд с поинтервальным отбором проб имеет следующие преимущества:

- используется относительно упрощенная конструкция бурового снаряда (стандартные буровые инструменты);
- шнековый транспортер расположен внутри не вращающейся трубы, при этом разрушенная порода не затирается в стенки скважины, что обеспечивает качественный отбор пробы в полном объеме;
- ограниченная длина шнекового транспортера (2-3 витка) находящегося внутри трубы снижает расход мощности привода буровой установки на вращательное бурение;
- поинтервальный (рейсовый) отбор разрушенной породы, исключая потери и разубоживание, обеспечивает высокое

качество и представительность пробы в данном интервале;

- снижаются осложнения транспортировки мерзлой разрушенной породы, которые характерны при работе стандартного шнека в открытом стволе скважины, связанные с процессом прилипания, смерзания ледистой разрушенной породы на ребрах шнека и стенке скважины при температурных колебаниях на забое и в стволе скважины;

- расширяются возможности оптимизации рационального режима бурения (C_{oc} , n): увеличение частоты вращения n при ограничении и стабилизации осевой нагрузки C_{oc} ;

- возможны как технологические, так и валовые опробования месторождения с содержанием валунов размерами не более 200 мм;



Рис.14. Шнеко-аккумулирующий буровой снаряд Ø750 мм.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В диссертационной работе изложены научно обоснованные технические и технологические решения по определению конструктивных и режимных параметров шнеко-аккумулирующего бурового снаряда для бурения шурфо-скважин при разведке россыпных месторождений на Северо-Востоке России в условиях распространения многолетнемерзлых пород (криолитозоны).

Основные выводы и результаты исследования работы заключаются в следующем:

1. На разведке россыпных месторождений полезных ископаемых в районах распространения многолетнемерзлых пород совершенствование существующих методов, технических средств и технологий разведки россыпных месторождений является актуальной задачей геологоразведочной отрасли.

2. В основе осложненных условий бурения скважин в многолетнемерзлых породах лежит температурный фактор, определяющий эффективность процесса разрушения и транспортировки мерзлых горных пород и устойчивость стенки скважины.

3. Поставлена и решена задача разработки нового способа и технологических средств бурения скважин большого диаметра для замены малопродуктивных и дорогостоящих шурфопроходческих способов разведки россыпных месторождений полезных ископаемых в условиях криолитозоны.

4. Проведены научные экспериментальные исследования на опытном образце бурового снаряда, подтвердившие работоспособность разработанной нами новой конструкции шнеко-аккумуляторного бурового снаряда.

5. В ходе проведения натурных испытаний выявлены зависимости механической скорости $V_{мех}$ от режимных параметров процесса бурения $V_{мех}=f(n, C_{ос})$ и расхода мощности N буровой установки от глубины скважины и диаметра бурового снаряда $N=f(L_{скв}, \theta)$.

6. Установлена зависимость объема пробоприемной камеры разработанного шнеко-колонкового бурового снаряда от интервала опробования (рейсовой проходки) $V_{пр}=f(l_{пр})$, для определения оптимальных параметров конструкции бурового снаряда.

7. Научно обоснованы рекомендации по совершенствованию конструкции породоразрушающего инструмента (долота) при бурении скважин в условиях многолетнемерзлых пород, обеспечивающее эффективное объемное разрушение мерзлых пород с наименьшим процессом теплообразования в скважине.

8. Выявлена зависимость выделяемой теплоты на забое скважины от радиуса расположения резцов $T=f(r)$ породоразрушающего инструмента (долота) при резании мерзлой породы.

9. Предложена расчетная формула для подсчета необходимого объема пробоприемной камеры в зависимости от максимального интервала проходки скважины $l_{пр}$ и диаметра скважины, для определения оптимальной конструкции (высоты трубы, длины шнека и др. параметров) бурового снаряда.

10. Разработанная и изготовленная конструкция шнеко-аккумуляторного бурового снаряда диаметром 750мм. с поинтервальным отбором разрушенной породы, принята для внедрения в производство на разведке россыпных месторождений алмазов ОАО «Алмазы Анабара» Республики Саха (Якутия).

11. Замена шурфопроходческих работ бурением шурфоскважин разработанным нами буровым снарядом позволит значительно повысить производительность, получить большой экономический эффект, обеспечить безопасность и более комфортные условия рабочих. При этом, средний экономический эффект от замены проходки шурфов и ударно-канатного бурения бурением шурфоскважин шнеко-аккумуляторным буровым снарядом с диаметра 750мм. при разведке россыпных месторождений в ОАО «Алмазы Анабара» составит около 5 млн. руб. на 1000 п.м.

12. Определены дальнейшие цели и задачи по совершенствованию конструкции разработанного бурового снаряда и технологии бурения шурфоскважин при разведке россыпных месторождений полезных ископаемых в условиях криолитозоны, связанные с исследованиями температурного режима процесса бурения, транспортирования и отбора пробы из снаряда, а также разработки технологических приемов борьбы с процессом оттайки и смерзания разрушенной породы в буровом снаряде.

По теме диссертации опубликованы следующие основные работы:

1. Проведение шурфов буровым способом в условиях многолетней мерзлоты. Сборник международной научно-практической конференции «Форум горняков – 2010». - Днепропетровск, 2010. -С. 148-153.
2. Буровой способ проходки разведочных шурфов. Научный журнал «Новый университет», секция технические науки, г. Йошкар-Ола: Изд. ООО «Коллоквиум» 2011. - С. 40-45.
3. Технология и техника вращательного бурения скважин большого диаметра в многолетнемерзлых породах. Научный журнал «Отечественная геология», -М., 2011, №6. - С. 77-82.
4. Разрушение горных пород резанием в мерзлых грунтах. Научный журнал «Научное обозрение», -М.: ИД «Наука образования®», 2011. №5. - С. 56-64.
5. Разработка бурового снаряда для бурения скважин большого диаметра (Ø 500мм. и более) на разведке россыпных месторождений Севера. Научный журнал «Вестник СВФУ», г. Якутск: Изд. СВФУ , 2012. том 9, №1. – С. 85-90.
6. Совершенствование техники и технологии бурения скважин большого диаметра в условиях многолетнемерзлых пород. Научно-технический журнал «Горная промышленность», -М., 2013, №2 (108). – С. 142-146.
7. О методике расчета затрат мощности при бурении шурфоскважин на разведке россыпных месторождений в условиях криолитозоны. Научно-технический журнал «Разведка и охрана недр», №12, 2013г. С.56-59.
8. Бурение шурфоскважин при разведке россыпных месторождений в условиях криолитозоны. Материалы ВНИК «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России», г. Якутск, изд. СВФУ, 2014. –С. 478-482.
9. О применении бурового способа при разведке россыпных месторождений. Сборник научных трудов «Проблемы геологии и освоения недр», секция 13 «Современные технологии и техника разведки МПИ», Томск: Изд. ТПУ, 2013. -С. 286-287.
10. О методике конструирования бурового снаряда для бурения шурфоскважин в условиях криолитозоны. Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Аммосовские чтения -2014», СВФУ, г. Якутск. –С. 1004-1006.
11. Техничко-технологическое совершенствование буровой разведки россыпных месторождений в арктической зоне Северо-Востока России. Научно-технический и производственный журнал «Горный журнал», -М., ИД «Руда и металлы», №3 2015, С.14-17;
12. Совершенствование технологии буровых работ при разведке россыпных месторождений в условиях криолитозоны. Материалы XII международной научно-практической конференции «Новые идеи в науках о земле» 2 т., Москва, 2015, С.94-95

Свидетельства на охранный документ:

13. Скрыбин Р.М., Тимофеев Н.Г., Карпов К.К. «Буровой снаряд». Патент на полезную модель №123820, 10.01.2013г.;
14. Скрыбин Р.М., Тимофеев Н.Г. «Породоразрушающий инструмент». Заявка на изобретение №2014130654 от 24.07.2014г.