

**ХАБАРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРИАМУРСКОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО**

С.А. Шемякин, Ю.А.Мамаев, С.Н.Иванченко

**НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

**Хабаровск
2003**

УДК 622

ББК33

С.А. Шемякин, Ю.А. Мамаев, С.Н. Иванченко. Новые технологии открытой разработки месторождений.

В книге представлен анализ существующих технологий открытой добычи угля, золота и другого минерального сырья. Предложены и обоснованы новые технологии открытой разработки месторождений с применением усовершенствованной горной техники. Приведены: технология разработки россыпных месторождений с применением бульдозерно-скреперных агрегатов; безвзрывная технология разупрочнения уступов угольных карьеров в зимнее время с применением роторных траншейных экскаваторов, дискофрезерного оборудования или буровых станков; усовершенствованная послойно-полосовая технология с применением комбайнов фрезерного типа с бункерами или в комплекте с большегрузными скреперами; технология выемки и транспортировки предварительно взорванной породы с применением большегрузных скреперов в комплекте с одноковшовыми экскаваторами или бульдозерно-скреперными агрегатами.

Для работников научных учреждений, горных предприятий, студентов вузов.

Рецензент - д-р. техн. наук, проф. Г.В. Секисов (ИГД ДВО РАН)

ISBN 5-88570-140-7

Научная библиотека ТОГУ



0280834

© Шемякин С.А. Ю.А. Мамаев,
С.Н. Иванченко

© Хабаровский государственный
технический университет

ОГЛАВЛЕНИЕ

Лист

Введение.....	5
1. Современные технологии и практика применения горной техники на открытых горных разработках	8
1.1. Технологии и практика применения горной техники на открытых угольных разработках.....	9
1.2. Технологии и практика применения горной техники на открытых россыпных месторождениях	28
2. Новые технологии открытых горных работ и их техническое обоснование.....	49
2.1. Безвзрывная технология вскрышных работ в зимний период	50
2.1.1. Определение необходимого количества буровых станков при работе на мерзлых породах и их комплектация с карьерными экскаваторами	55
2.1.2. Методика определения необходимых усилий для отделения блоков мерзлой породы из разупрочненных откосов уступов.....	57
2.1.3. Параметры дискофрезерного оборудования для разупрочнения промерзшего откоса уступа	61
2.1.4. Определение потребного количества одноковшовых экскаваторов, оборудованных ковшами с рыхлительными зубьями на днище, для разупрочнения промерзшего поверхностного слоя рабочей площадки уступа	63
2.1.5. Определение производительности роторных траншейных экскаваторов (ЭТР) при разупрочнении рабочих площадок уступов.....	64
2.2. Технология добычных работ на россыпных месторождениях с	

применением бульдозерно-скреперно-рыхлительных агрегатов..	72
2.2.1. Оценка эффективности бульдозерно-скреперных и бульдозерно-скреперно-рыхлительных агрегатов при разработке россыпных месторождений.	76
2.2.2. Определение размеров добычных блоков при транспортировании песков к приемным бункерам. гидровашгердов с помощью БСА(БСПА).	82
2.3. Усовершенствование технологии вскрышных и добычных работ с применением выемочных машин непрерывного действия фрезерного типа и скреперов.	86
2.4. Повышение эффективности вскрышных работ на мелкозернистых талых породах с применением скреперов.	91
2.5. Повышение эффективности вскрышных и добычных работ на крепких породах с применением взрыва, одноковшовых гидравлических экскаваторов, скреперов с повышенной емкостью ковша и бульдозерно-скреперных агрегатов.	94
3. Экологическое и экономическое обоснование новых технологий открытой разработки месторождений.	100
3.1. Экологическое обоснование.	101
3.2. Экономическое обоснование технологий открытых горных работ.	102
Заключение.	111
Список использованных источников.	114
Приложение.	126

ВВЕДЕНИЕ

Горнодобывающая промышленность является ведущей отраслью народного хозяйства нашей страны. Объем добычи твердых полезных ископаемых приближается к 20 млрд. т/год [1]. Весомый вклад в общий объем добычи полезных ископаемых вносит Дальневосточный регион. Дальний Восток богат различными полезными ископаемыми (олово, золото, платина, серебро, железо, марганец, медь, титан, вольфрам, свинец, цинк, молибден, уран, флюорит, угли разных марок, разнообразные строительные материалы, химическое сырье) [2]. Однако начиная с 1987 г., в горнорудной промышленности России, включая и Дальний Восток, наметилась тенденция сокращения производства практически всех основных металлов и угля [3, 4, 5, 6, 7]. К середине 80-х годов, когда в СССР была официально признана и провозглашена необходимость радикального изменения ключевых политических и экономических основ, страна подошла с тяжелым грузом проблем, сформировавшихся на протяжении предшествующих десятилетий. Наиболее сильное отрицательное влияние на ход социально-экономических процессов оказала концепция военно-стратегического превосходства или паритета в этой области. Распределение ресурсов на развитие гражданских сфер экономики осуществлялось по так называемому остаточному принципу. Гражданские отрасли народного хозяйства вынуждены были производить низкокачественную ресурсоемкую продукцию, создавая дополнительную нагрузку на сырьевую часть экономики.

Распад СССР и нарушение хозяйственных связей, многочисленные ошибки в переходном периоде к цивилизованным рыночным отношениям сыграли дополнительную деструктивную роль на ход социально-экономических процессов в горнодобывающей промышленности. За характеризуемый период устарело технологическое оборудование, а изношенность морально устаревшей горной техники на отдельных карьерах достигает 70%. Сократились основные фонды в связи с

неадекватными методами приватизации многих горных предприятий. Большинство предприятий не располагает необходимыми оборотными средствами. Из-за ограничения источников финансирования и резкого снижения объемов геолого-разведочных работ наметилась тенденция уменьшения прироста запасов минерального сырья. На внутреннем и внешнем рынках существенно поменялись конъюнктура потребления металлов и угля. Сложившиеся современные рыночные условия в России, в том числе и на Дальнем Востоке, вызывают необходимость существенного снижения себестоимости товарной продукции горных предприятий.

Открытый способ разработки месторождений полезных ископаемых оказывает серьезное негативное влияние на состояние окружающей среды, вызывая ландшафтные и аэрологические изменения загрязнением прилегающих к горному предприятию территорий, воздушного и водного бассейнов.

Применяемые в настоящее время технологии и технические средства открытой добычи полезных ископаемых в большинстве своем не соответствуют комплексу современных требований экономики, экологической и социальной безопасности.

Может быть два направления повышения рентабельности добычных работ. Первое направление связано с отработкой богатых залежей, при этом в недрах останется бедное по содержанию минеральное сырье, которое, вероятнее всего, уже никогда добываться не будет. Этот хищнический путь освоения месторождений имел место в СССР и в достаточно больших масштабах практикуется в настоящее время на месторождениях Дальнего Востока.

Второе направление повышения рентабельности горной промышленности связано с внедрением новых технологий ведения добычных работ и передовой горной техники.

Из большого спектра проблем, стоящих перед горными предприятиями в соответствии со вторым направлением повышения их рентабельности, наиболее

характерных и важных для Дальневосточного региона и особенно Северо-восточной его части, следует выделить три, как наиболее актуальных. Во-первых, это снижение затрат на вскрышные и добычные работы в зимнее время в карьерах, которые имеют вскрышной слой породы крепостью не более 2...3 единиц по шкале Протодяконова М.М. К таким месторождениям можно отнести Нерюнгринское, Райчихинское, Ерковецкое, Лучегорское, Бикинское и ряд других.

Во-вторых, снижение затрат на вскрышные и добычные работы в летний и зимний периоды года путем применения большегрузных колесных скреперов с интенсифицирующими устройствами при загрузке ковшей, гидравлических экскаваторов с раскрывающимся ковшом, машин послойно-полосового фрезерования породы, а так же бульдозерно-скреперных агрегатов.

В-третьих, снижение затрат на вскрышные и добычные работы на открытых разработках россыпных месторождений природного, природно-техногенного и техногенного характера путем применения бульдозерно-скреперно-рыхлительных агрегатов и модернизации промывочного оборудования первичного обогащения.

Решению основных вопросов указанных выше трех проблем посвящена данная работа.

1. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ГОРНОЙ ТЕХНИКИ НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАЗРАБОТКАХ

Проблемами горной науки занимались и внесли большой вклад крупные учёные академики Н.В. Мельников, М.И. Агошков, И.В. Дементьев, Б.А. Картозия, Б.Н. Ласкорин, К.Н. Трубецкой, В.В. Ржевский, В.А. Чантурия, Е.И. Шемякин, Н.А. Шило, чл.корр. РАН Е.И. Богданов, Ю.Н. Малышев, В.Л. Яковлев, А.П. Сорокин, Л.А. Пучков, профессора А.И. Арсентьев, В.П. Дробаденко, В.В. Истомин, М.В. Костромин, В.С. Коваленко, В.И. Емельянов, Ю.А. Мамаев, В.П. Мязин, Б.В. Казевальтер, А.В. Жуков, В.Г. Лешков, П.И. Томаков, Р.Ю. Подэрни, Г.А. Нурок, В.Г. Пятаков, Р.Г. Савенко, Г.В. Секисов, В.Н. Небера, С.В. Потёмкин, В.Ф. Хныкин, А.К. Рашкин, В.А. Шерстов, И.М. Ялтанец, В.С. Хохряков, А.В. Хохряков, С.М. Шорохов, В.В. Хронин, М.Н. Щадов, д.т.н. В.Ф. Бойко, В.С. Литвинцев, Г.А. Курсакин, Е.Б. Шевкун, д.б.н. Л.Т. Крупская.

Научная школа ИПКОН РАН под руководством академика К.Н. Трубецкого проводит эффективные научные исследования в области комплексного освоения недр. Большое внимание уделяется многими исследователями проблемам создания теоретических и технологических основ комплексного освоения природных ресурсов с учётом требований экологии.

В последнее десятилетие появились новые технологии производства открытых горных работ, и совершенствуется горная техника. Появляются новые виды горной техники, которые накладывают на технологию производства работ определённый отпечаток. Анализ состояния технологий и практики применения горной техники на открытых горных разработках в мировом масштабе и в Дальневосточном регионе целесообразно рассмотреть по определённым видам месторождений, а также в соответствии с проблемами указанными ранее.

1.1. Технологии и практика применения горной техники на открытых угольных разработках

По оцениваемой перспективной потребности Дальневосточного региона в угольном топливе на уровне 45-50 млн.т в год обеспечение собственными углями составляет не более 40 млн.т в год. За период до 2010 года в регионе вырабатывается 11-12 млн.т в год мощностей и для покрытия намечаемого объёма угледобычи необходимо ввести не менее 15 млн.т в год новых мощностей. С этой целью Правительством Российской Федерации согласно программе реструктуризации угольной промышленности [7] намечается: завершить строительство разреза "Ерковецкий", участка № 2 разреза "Павловский" № 2 и участка "Поисковый" разреза "Павловский" № 1. Кроме того, начато ускоренное освоение Ургальского месторождения в Хабаровском крае со строительством разрезов "Ургальский" и "Привобережный" с увеличением мощностей на этом месторождении до 4-5 млн.т в год.

Важнейшей задачей развития угледобычи в Приморском крае является создание новых мощностей по добыче угля на Бикинском бурогольном месторождении, являющимся сырьевой базой Приморской ГРЭС, которая обеспечивает около 60% потребности края в электроэнергии. Годовая потребность этой электростанции в бикинских углях уже в настоящее время составляет 10,5 млн.т в год (в перспективе—12,5 млн.т в год), а добыча угля на Лучегорском разрезе—всего 5-5,6 млн.т в год. Несмотря на снижение в последние годы уровня электропотребления, создавшееся положение с добычей угля приводит к частым отключениям основных потребителей городов и посёлков края.

Проработками Гипрошахта выявлена возможность развития добычи угля на Бикинском месторождении в объёме 10-10,5 млн.т в год (к 2003 г.). Помимо этого построен новый разрез "Лучегорский" № 2 мощностью 4-4,5 млн.т в год, так как на действующем разрезе запасы выработаны.

Очень важной задачей, требующей решения до 2005 г., является создание новых мощностей взамен выбывающего к 2015 году Нерюнгринского разреза мощностью 12 млн.т в год. Нерюнгринский разрез является крупнейшим поставщиком коксового концентрата на экспорт, а также углей для нужд Дальневосточного региона. С остановкой работы разреза обострится проблема обеспечения электростанций Дальнего Востока углем и может быть потерян важный для России экспортный рынок.

Решения могут быть найдены с учётом того, что на Востоке страны находится ряд месторождений коксующихся углей, например: Эльгенское в Токинском районе Южной Якутии, Абсацкое в Читинской области, Улучхемское в Республике Тува. Однако освоение этих месторождений связано с громадными затратами, поскольку они удалены от магистральных путей на 450-560 км. Это делает необходимым отыскание более благоприятных месторождений угля в зоне БАМа и Приморского края.

Характерной особенностью большинства угольных месторождений является то, что вскрышной слой практически не содержит каменных включений и состоит из осадочных песчаных, супесчаных, суглинистых, глинистых пород, которые даже при отрицательных температурах имеют по шкале крепости горных пород М.М. Протодьяконова не более двух единиц и называются "довольно мягкими"[8]. Почти аналогичную характеристику вскрышного слоя имеют месторождения флюоритов (Ярославский ГОК Приморский край), бокситов (Кольский полуостров) и ряд других месторождений.

На большинстве угольных разрезов Дальневосточного региона используется транспортная система открытой разработки. Основным технологическим процессом по вскрыше является транспортирование. Перемещение вскрышной породы и угля осуществляется железнодорожным или автомобильным транспортом. Отвалообразование внешнее. Направление развития фронта работ в плане осуществляют вкрест простирацию. Высота рабочей зоны переменная. На Лучегорском

угольном разрезе отработка вскрыши на экскаваторном участке ведётся в пять уступов (средняя глубина залегания угля 60м). На Богучанском угольном разрезе отработка вскрыши также ведётся экскаваторным способом в 3-4 уступа (средняя глубина залегания первого пласта угля составляет 15 м, а второго 40...45 м). На Нерюнгринском угольном разрезе отработка вскрыши ведётся в 10-11 уступов.

Технология вскрышных работ с внешним отвалообразованием является наиболее хищнической, экономически нецелесообразной и экологически вредной. Дальность транспортирования породы во внешние отвалы достигает 8...10 км, при этом транспортные расходы в сумме с расходами на отвалообразование составляют не менее 60...70% от стоимости вскрышных работ. По мере отработки карьера образуется глубокое, многокилометровое по простиранию и вкрест простиранию выработанное пространство, которое вряд ли когда-либо будет подвергнуто рекультивации. Земли выработанного пространства и под отвалами навсегда выводятся из сельскохозяйственного и лесного пользования. Кроме того, выработанное пространство заливает водой, что особенно характерно для юга Хабаровского края и Приморья, где выпадают обильные муссонные дожди. В частности Лучегорский угольный разрез ежегодно по этой причине затапливало, при этом добыча угля прекращалась на несколько недель, и это обстоятельство приводило к колоссальным убыткам.

Из всех объектов предприятий по открытой добыче полезных ископаемых в наибольшей степени вредное воздействие на окружающую среду оказывают внешние отвалы пустых пород, которые занимают до 50-70% [9,10] нарушаемой поверхности. Примерно столько же занимают косвенные нарушения отвалами прилегающих территорий за счёт их интенсивного пыления и других негативных факторов. При внешнем отвалообразовании в значительной степени нарушается гидрологический режим прилегающих территорий, включая малые реки, загрязняются поверхностные и подземные воды.

В Дальневосточном регионе на угольных разрезах имеет место и бульдозерный способ вскрыши. Сюда в первую очередь необходимо отнести **Ерковецкий** разрез, где средняя толщина вскрышного слоя составляет 4...6 м, а также участок с бульдозерной выработкой на Лучегорском угольном разрезе. При бульдозерном способе вскрышная порода транспортируется отвалом бульдозера в выработанное пространство с возможной рекультивацией скреперами почвенного слоя в летний период года. Бульдозерный способ экономичен только при небольшой глубине залегания полезного ископаемого.

На угольных разрезах на вскрышных и добычных работах применяют преимущественно экскаваторы: карьерные марок ЭКГ-5А, ЭКГ-8И, ЭКГ-5У, ЭКГ-12У, ЭК-20А; шагающие драглайны марок ЭШ-20.90; роторные марок ЭР-1250, ЭР-1250Д, ЭР-1250-ОЦ.

Большинство моделей горных машин проработали по 10-15 лет, а отдельные модели 20 лет. Изношенность техники 60-80%. Частые поломки и простои техники отмечаются особенно в зимнее время. Поломки связаны чаще всего с повышенными динамическими нагрузками при работе с мёрзлыми породами и снижением ударной вязкости металлоконструкций рабочего оборудования и привода машин при отрицательных температурах.

Повсеместно на угольных разрезах в зимнее время для разрушения мерзлой породы применяют локальный и массовый взрыв. Недостатком массового взрыва вдоль всего уступа по фронту карьера является вторичное смерзание породы в течение времени, а вместе с тем повышенные нагрузки на экскавационные машины и последующие поломки и простои.

С целью разрушения всего промёрзшего слоя породы со стороны откоса уступа высотой 17...18 м скважины бурят и закладывают взрывчатые вещества на глубину до 9...12 м (Райчихинский, Богучанский угольные разрезы), а также бурят наклонные скважины и закладывают взрывчатые вещества в подошве уступа на глубину промерзания породы. Со стороны рабочих и нерабочих площадок ус-

тупов скважины бурят и закладывают взрывчатые вещества на глубину промерзания породы. Расстояние между скважинами выбирают 4...5 м из условия исключения после взрыва негабарита породы.

Если просуммировать все затраты на буровзрывные работы, включая стоимость взрывчатых веществ, складские помещения и их охрану, транспорт, стоимость взрывного и бурового оборудования, содержание бригады взрывников и буровиков, простой горной техники в ожидании взрыва и на рассеивание взрывного облака, то расчётная себестоимость разрушения слоя породы сезонного промерзания в наиболее неблагоприятный по глубине промерзания породы (февраль-март месяцы) составляет не менее 0,7 усл.ед./м³. Фактическая себестоимость по данным Райчихинского и Лучегорского угольных разрезов ещё выше. В расчётах себестоимости естественно не учтено то известное [11] [12] вредное влияние взрывных работ на окружающую природу и здоровье человека, которое трудно представить в денежном выражении.

Резкое повышение стоимости взрывчатых веществ в последние годы, а в ряде случаев и трудности с их приобретением, привело к попыткам отказа от буровзрывных работ. В данной ситуации может быть два пути, которые используют на угольных разрезах в зимнее время. Например, на Лучегорском угольном разрезе определённое время проводились вскрышные работы в зимнее время карьерными экскаваторами без какого-либо предварительного разрыхления промёрзшего слоя породы, используя лишь огневой подогрев ковшей для предотвращения налипания и наствывания породы на внутренних поверхностях ковшей. Этот первый путь губителен для дорогостоящих экскаваторных машин и без того изношенных продолжительным сроком службы.

Второй путь использования специальных машин, работающих по принципу механического разрушения поверхностного слоя породы сезонного промерзания. Первые же попытки использовать баровые машины для нарезания щелей в мёрзлой породе рабочих площадок уступов не увенчались успехом. Баровые машины

на базе тракторов из-за низкой производительности, быстрого износа цепей и зубьев не комплектуются с используемыми на вскрышных работах карьерными экскаваторами. Кроме того, промёрзшая поверхность откоса уступа не может быть разрушена баровыми машинами из-за большого угла наклона откоса.

Более эффективны при рыхлении мёрзлых пород навесные рыхлители на тракторах промышленного назначения Т-330, Т-500, Т-800 и т.д., а также импортные бульдозерно-рыхлительные агрегаты D-155A-2, D-377A-1, D8L, D9N, D10N и т.д. По данным различных исследователей [13, 14] себестоимость разрушения мёрзлых пород рыхлителями и бульдозерно-рыхлительными агрегатами составляет $0,2...0,3$ усл.ед./м³. Однако это значение себестоимости разрушения относится к условиям, когда глубина промерзания породы не превышает 1 м. При глубине промерзания породы 2...3 м требуется 4-5 проходов рыхлителя по одному месту и транспортировка породы бульдозерным оборудованием в отвал. В этом случае себестоимость разрушения мерзлой породы резко возрастает и преимущества этого способа перед взрывным утрачиваются, за исключением лучшей экологичности. Следует отметить, что с помощью рыхлителей невозможно разрушить промёрзшую породу со стороны откоса уступа.

Определённый интерес представляет экскаватор ЭТР-134, разработанный и испытанный Красноярским филиалом НПО ВНИИСтройдормаш. Эта машина изготавливается серийно Дмитровским экскаваторным заводом. Экскаватор имеет дискофрезерное рабочее оборудование и может нарезать узкие траншеи (щели) в мёрзлых породах, шириной до 0,28 м и глубиной до 1,3 м. Опытные модели экскаватора были испытаны в зимний период в районе города Норильска на породах с числом ударов динамического плотномера ДорНИИ не менее 300. Экскаватор ЭТР-134 можно использовать для разупрочнения рабочих площадок уступов при глубине промерзания породы до 1,3...1,5 м и невозможно для разупрочнения уступов со стороны их откосов.

Анализ мирового парка горных машин показывает, что для разрушения или разупрочнения мёрзлой породы со стороны поверхности откосов уступов отсутствует какая-либо техника и единственным способом на сегодняшний день является взрыв.

И, тем не менее, во всём мире в горной промышленности наметилась тенденция отказа от взрывных технологий разрушения крепких и мёрзлых пород.

В последнее десятилетие в рамках ГНТП "Недра России" под эгидой Миннауки РФ и Комитета по угольной промышленности выполнен ряд научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию способов и технологических средств для безвзрывной экскавации мёрзлых, скальных и полускальных пород [15]. Одной из таких разработок является экскаватор с ковшом активного действия ЭКГ-5В, освоенный в производстве специалистами ОАО "Уралмаш" по техническому заданию ИГД СО РАН [16]. Как показали проведённые исследования, и опыт эксплуатации в разнообразных горно-климатических условиях шести экскаваторов ЭКГ-5В, ковши с активными зубьями могут успешно разрабатывать породу с прочностью на сжатие до 60-80 МПа без предварительного разупрочнения. При работе на лезвии ударного зуба развиваются усилия до 3500-4000 кН. Эти усилия в основном замыкаются в системе "боёк-инструмент-порода" и лишь незначительная их часть может передаваться на металлические конструкции и привод машины. В настоящее время разработан проект более крупной модели экскаватора ЭКГ-12В с ковшом активного действия. Идея создания экскаваторов с ковшами активного действия не нова. Ещё в 60-х годах прошлого столетия в НИИОСП были разработаны [17,18,19] ковши активного действия (с интенсификаторами движения зубьев) применительно к строительным экскаваторам (Э-652, Э-10011 и Э-1252). Ковши с зубьями активного действия, работающими с помощью пневмомолотов, были выпущены малой серией и распространены на производстве. Строительные экскаваторы с ковшами активного действия успешно разбирали вторично смёрзшиеся породы, а также тре-

щиновато-скальные породы. Сведений о том, что эти экскаваторы успешно разрушают породы промёрзшие на глубину до 2...3 м нет. Экскаваторы с ковшами активного действия имеют существенные недостатки: во-первых, они тяжелее обычных ковшей за счёт постановки интенсификаторов со стороны днища; во-вторых, постановка интенсификаторов отнимает значительную часть полезной ёмкости ковша; в-третьих, возрастают энергозатраты на подъём и поворот более тяжёлого ковша и на привод дополнительного компрессора; в-четвёртых, уменьшается зачерпывающая способность ковша из-за большой величины режущей кромки, а сопротивления внедрению зубьев в породу возрастают.

Большим достижением в развитии технологии открытых горных работ является создание высокопроизводительных карьерных комбайнов [20,21]. Процесс экскавации комбайнами осуществляется за счёт вращения рабочего органа роторного или шнекового типа и непрерывного перемещения всей машины. Транспортирование в пределах машины и погрузка в средства транспорта экскавируемой горной массы производится ленточными конвейерами и совмещается во времени с процессами экскавации. Эти машины могут быть отнесены к машинам непрерывного действия. Комбайны обеспечивают послойную отработку уступов по высоте и полосовую в каждом слое.

Машины такого типа различного конструктивного исполнения изготавливаются фирмами «Виртген», «Юнит-Риг», «Мак-Нелли», «Крупп», «Фест Альпине» и др. Наибольшее распространение получили машины фирм «Виртген» (SM) и «Крупп Индустритехник» (K.SM). Есть опыт [20] использования рассматриваемых комбайнов на открытых горных разработках различных стран: США; Австралии; Бразилии; Канады; Боснии и Герцеговины; ЮАР и т.д., а также в России на карьере трубки «Юбилейная» Айхальского ГОКа (Якутия), на угольном разрезе «Таддинский» в Кузбассе и на разрезе «Юбилейный» под Семипалатинском (Казахстан).

Наибольший опыт использования комбайнов непрерывного действия накоплен на угольных разрезах. Прочность на сжатие угольных пластов не превышает 40-50 МПа. Однако такая техника обеспечивает возможность отработки горного массива средней крепости (по Протодяконову М.М. до $f=7\dots 8$) без предварительной буровзрывной подготовки. Имеется информация [20, 21, 22] об отработке такими комбайнами отдельных слоёв пород с пределом прочности при сжатии до 200 МПа.

Возможность разработки массива тонкими слоями (от 5-10 до 80 см в зависимости от типоразмера комбайна) с точностью до ± 1 см, с одновременной погрузкой горной массы крупностью на 85-90% до 8 см через консольный разгрузочный конвейер, позволяет не только обеспечить поточность разработки, но и улучшить качество добываемого полезного ископаемого за счёт сокращения засорения вскрышными породами, а также сократить до минимума потери, как эксплуатационные, так и технологические, вовлекая в отработку такие пласты полезного ископаемого, которые отнесены при традиционной технологии к некондиционным.

В Югославии с переходом на тонкослоевую разработку комбайном Wirtgen 3500 SM за счёт снижения зольности, обусловленной наличием пропластков мергеля в угольных пластах, улучшено качество угля, подаваемого на ТЭЦ, а производство электроэнергии на одну тонну угля возросло на 20%.

На угольных разрезах США, Австралии, Бразилии, Боснии и Герцеговины улучшено качество добываемого угля и повышено извлечение с 1 м² площади месторождения.

Опыт использования комбайнов при отработке вскрышных пород, тем более мёрзлых, незначителен. На одном из угольных разрезов [20] комбайном KSM-2000 разрабатывались песчаники крепостью до 45 МПа, при этом производительность составляла 700-800 м³/ч. При разработке угля на этом же разрезе она составила 1300 м³/ч, а на глинистых вскрышных породах 1050-1150 м³/ч. Опыт исполь-

зования [23] комбайна SM-2600 фирмы «Виртген» на карьере трубки «Юбилейная» с крепкими вскрышными породами даёт основание предположить, что эти машины могут успешно работать на мёрзлых породах (суглинках, глинах), крепость которых не превышает двух-трёх единиц по шкале Протодьяконова М.М.

Значительные преимущества комбайнов заключаются в том, что при малых линейных и весовых параметрах они имеют высокую производительность, при этом возможно увеличение параметров уступа без увеличения размеров машины. При одной и той же расчётной производительности масса машины KSM меньше массы экскаватора ЭКГ в 4-6 раз [24].

Сравнение комбайнов с роторными экскаваторами по весовым, мощностным и линейным параметрам показывает преимущество первых. Например, ЭР-1250 имеет расчётную производительность 1350 м³/ч, массу 700т, габарит по длине 47м, общую установленную мощность привода 860 кВт, а комбайн KSM-2000 при расчётной производительности 1400 м³/ч имеет массу 190 т, габарит по длине 23м, общую установленную мощность 520кВт.

Комбайны фирмы «Wirtgen» (SM) имеют центральное расположение рабочего органа под рамой машины между передними и задними гусеницами. Рабочий орган комбайна состоит из шнекового барабана, оснащенного резцами круглой формы с армированными вставками из карбида вольфрама.

Конструктивное исполнение машин «Крупн Фордертехник», отличающееся консольным расположением рабочего органа спереди и двухгусеничным ходовым оборудованием, более универсально, хорошо приспособляется к различным горнотехническим условиям, и наиболее эффективно может применяться для производства вскрышных работ при относительно больших объёмах горных работ, обладая также возможностью селективной разработки сложноструктурных залежей. Эти машины могут отрабатывать последнюю полосу возле откоса уступа, двигаясь челночным способом перпендикулярно к кромке откоса.

Послойно-полосовая технология обработки уступов может осуществляться при погрузке горной массы в перемещающийся непосредственно за машиной автосамосвал, углевоз, землевоз. С использованием межступных консольных перегружателей возможна выгрузка в железнодорожный транспорт. Комбайны более эффективны в комплексе с конвейерным транспортом, чем с автомобильным. Вопрос комплектования комбайнов с различными видами транспорта и горной техники требует ещё существенных технологических и экономических разработок, однако, ясно, что созданием нового поколения выемочно-погрузочных машин непрерывного действия типа KSM-2000P и др. с номинальной производительностью $1400 \text{ м}^3/\text{ч}$ (в плотном теле) и более в практике открытой угледобычи впервые реально открываются перспективы освоения экологически чистых, ресурсосберегающих безвзрывных технологий поточного горного производства при эксплуатации месторождений практически любой гипсометрии с вмещающими породами повышенной крепости.

В последние годы усилия многих специалистов-горняков направлены на решение чрезвычайно важной проблемы открытых горных работ, связанной с подачей горной массы из глубоких разрезов, карьеров на поверхность или во внутренние отвалы. При глубине карьеров и разрезов 250...300м и более применение железнодорожного транспорта, автотранспорта и тем более колёсных скреперов становится экономически нецелесообразным и экологически опасным. Применение автотранспорта и скреперов на глубоких карьерах имеет ряд существенных недостатков [25, 26, 27]: высокая трудоёмкость управления и вспомогательных работ (строительство и поддержание дорог, ремонт автомашин и скреперов и т.п.), повышенное потребление дефицитных и дорогостоящих материалов и ресурсов (топлива, шин, запасных частей), сильные пылевыведения и загазованность, усугубляющаяся с увеличением глубины, и, как следствие, ухудшение экологической обстановки не только в карьере, но и за его пределами. При разработке карьеров уже более 200м время движения гружёных машин на подъём может

достигать 60...70% и более от времени рейса; из-за перегрева тяговых двигателей и узлов движение машин осуществляется с частыми остановками. Меры, принимаемые на карьерах и разрезах, как организационного, так и технического характера, существенно не меняют экологической ситуации.

С увеличением глубины карьеров объёмы перевозок автотранспортом, как правило, возрастают. В то же время стоимость 1т.км перевозок автотранспортом в 6-10 раз выше, чем железнодорожным. Поэтому на крупных глубоких карьерах, использующих на верхних горизонтах железнодорожный транспорт, стремятся завести его на более глубокие горизонты. Однако это приводит к усложнению трассы капитальных траншей за счёт строительства дополнительных тупиков, что в конечном итоге снижает эффективность использования подвижного состава железнодорожного транспорта и повышает затраты на перевозку карьерных грузов. Железнодорожный транспорт при глубине разрезов и карьеров более 150...200м по указанной причине, как правило, не применяют.[28, 29].

Экономическую и экологическую ситуацию можно значительно улучшить путём использования наклонных подъёмников. Созданию эффективных наклонных подъёмников уделяется в последние годы большое внимание, о чём свидетельствуют многочисленные публикации [30, 31, 32, 33, 34]. Наклонные подъёмники значительно сокращают путь и время транспортирования породы и полезных ископаемых в отвалы, сокращается количество транспортных средств, повышается безопасность и комфортность условий труда. По статистике 48,6% всех аварий в карьерах приходится на аварии, связанные с падением машин и механизмов с бортов и уступов [35].

Карьерные наклонные подъёмники можно классифицировать на две группы. К первой группе следует отнести такие подъёмники, с помощью которых транспортируются на поверхность в специальных ёмкостях только горная масса или полезные ископаемые.

Ко второй группе относятся такие подъёмники, с помощью которых можно в косяковых платформах транспортировать вверх груженные автосамосвалы или скреперы и опускать вниз порожние машины.

Недостатком первого типа наклонных подъёмников является необходимость разгрузки породы на платформу подъёмника на нижних уровнях карьера, а затем на поверхности карьера вторичная погрузка в транспортные средства. Подъёмники второго типа лишены указанного недостатка, но им присущ другой, связанный с дополнительными энергозатратами по подъёму вместе с породой и транспортного средства (автосамосвалы или скреперы).

В настоящее время отсутствует сравнительная экономическая оценка рассматриваемых типов подъёмников, а также сравнительная экономическая оценка технологии вскрышных и добычных работ при наличии в карьере наклонных подъёмников с существующими технологиями горного производства. Опыт использования наклонных подъёмников пока ещё мал. В частности не решен технологический вопрос перестановки подъёмников по мере отработки уступов карьера, наращивания подъёмников по мере увеличения глубины карьера и т.п.

Для решения проблемы требуемой интенсификации производства на действующих угольных разрезах и заметного снижения себестоимости добываемого твёрдого топлива к первоочередным относятся также задачи обновления карьерного фонда за счёт широкого внедрения в практику открытой угледобычи карьерных гидравлических экскаваторов нового поколения [36, 37], обладающих расширенным диапазоном кинематических возможностей и повышенным примерно в 1,8 раза энергопотенциалом. Использование карьерных гидравлических экскаваторов позволяет разрабатывать литотипы в массиве с прочностью до 40 МПа. Раскрывающиеся ковши гидравлических карьерных экскаваторов дают возможность значительно уменьшить время разгрузки и, следовательно, общее время цикла экскаватора. Существующие конструкции раскрывающихся ковшей гидравлических экскаваторов имеют гидромеханизмы подъёма козырька, значитель-

ные по весу и габаритам, что утяжеляет ковш и уменьшает полезный объем ковша. Это связано с достаточно большими сопротивлениями при подъеме козырька, поскольку часть веса породы, находящейся в ковше в начальный момент раскрывания приподнимается вместе с козырьком. Кроме того, имеет место трение породы о внутреннюю стенку днища козырька, а также сопротивление сдвигу части «шапки» породы зубьями и режущей кромкой. Устранение этого недостатка позволило бы уменьшить вес и габариты гидромеханизма раскрывания ковша, увеличить полезную ёмкость ковша и эффективность работы экскаваторов.

В Российской Федерации и в Дальневосточном регионе, в частности на вскрышных и добычных работах в угольных разрезах, колёсные скреперы практически не находят применения. В тоже время в ряде стран, например США, [38] колёсные скреперы широко применяются на вскрышных и добычных работах, и успешно конкурируют с роторными и одноковшовыми экскаваторами и автомобильным транспортом. Мировой парк только самоходных скреперов составляет более 30 тыс. машин, а объём работ по черпанию и перемещению горной массы, выполняемый скреперами, составляет 30-50% от общего объёма.

В России объём земляных работ, выполняемый скреперами в горнорудной промышленности и в строительстве, составляет не более 8% от общего объёма этих работ. При этом скреперы используют на вспомогательных видах работ, например строительстве дорог, рекультивации и т.д.

Прочность вскрышных пород на большинстве угольных разрезов не имеет больших значений и тягового усилия скреперов вполне достаточно для резания и зачерпывания ковша. В транспортном режиме скреперы с двигателями, определяемыми из условия зачерпывания, могут перемещать значительно больший в 2...2,8 раза объём горной массы. Об этом косвенно свидетельствует опыт использования рядом зарубежных фирм в горной промышленности так называемых углевозов или землевозов. При такой же мощности двигателя, как у скреперов, углевозы или землевозы перемещают в 2,5...2,8 раза больше горной массы. Ковши

углевозов и землевозов саморазгружающиеся, а загрузка осуществляется одноковшовыми экскаваторами или погрузчиками. Высота борта ковша углевоза или землевоза ниже, чем высота борта кузова у аналогичного по грузоподъёмности автосамосвала, поэтому энергозатраты на загрузку ковшей, углевозов или землевозов меньше. При разгрузке углевозов или землевозов не происходит подъёма ковша с горной массой, поэтому энергозатраты на разгрузку также меньше чем у автосамосвалов.

При небольших расстояниях транспортирования возможно применение большегрузных, колёсных, самоходных скреперов, совмещающих функции выемочной и транспортирующей машины. При применении скреперов низкие капитальные затраты, однако эксплуатационные расходы могут быть довольно высокими из-за низкого коэффициента их технической готовности, высоких расходов на ремонты, резину и дизельное топливо. Технологии открытых горных с использованием скреперов возможны также после предварительного механического рыхления породы. Такая технология работ, например, использована [39] на меднорудном карьере Твин Бьют (США). Вскрышные породы после их предварительного механического рыхления разрабатывают скреперами с вместимостью ковша $30,6 \text{ м}^3$.

Отечественная промышленность практически не выпускает большегрузных колёсных самоходных скреперов. Более 80% скреперов выпускается в прицепном варианте. Прицепные скреперы в горной промышленности не эффективны из-за малой скорости перемещения. Единственный, пожалуй, самоходный скрепер ДЗ-107 (ДЗ-108) с ёмкостью ковша 25 м^3 выпускается малыми сериями Балаковским машиностроительным заводом.

Малая ёмкость ковшей самоходных колёсных скреперов по отношению к собственному весу не единственный недостаток. Низкая надёжность скреперов отечественного производства и невозможность использовать скреперы на выемочных работах в зимнее время являются существенными недостатками.

Недостатком традиционных самоходных скреперов, ковши которых заполняются за счёт реализации тягового усилия, является необходимость использования трактора-толкача при наборе породы. В связи с этим увеличивается себестоимость выемочных работ, появляется зависимость технологического процесса от толкача, простои в ожидании толкача, невозможность автономного использования скрепера. Задача обеспечения самозагрузки с помощью различных специальных загрузочных устройств, установленных непосредственно в ковше скрепера, является актуальной [40, 41, 42].

Практически единственное реализованное решение этой задачи заключается в применении скребковых цепных элеваторов на скреперах, которые более 20 лет выпускаются всеми основными скреперостроительными зарубежными фирмами. Объём выпуска скреперов с элеваторной загрузкой в США достиг более 50%.

В НПО ВНИИСтройдормаш проведён большой объём исследований элеваторной загрузки ковша, выявлены положительные стороны и область эффективного использования. Однако выпуск таких скреперов не налажен и находится на уровне изготовления отдельных образцов.

В США освоено производство скреперов, оборудованных шнековым загрузочным устройством. Исследования по скреперам такого типа также проверены в НПО ВНИИСтройдормаш и МАДИ [43], в результате которых получены данные об их энергоёмкости, эффективности и ряда других показателей.

Применение механизированной загрузки горной массы в ковш является одним из путей повышения эффективности скреперов, обеспечивающих возможность высокой степени заполнения ковша без использования толкача.

Скреперы со скребковым элеватором получили наибольшее распространение при выполнении выемочных работ и транспортирования породы без больших каменных включений (до 100-150мм). При наличии в породе более крупных включений возможна поломка скребков элеватора.

Скреперы со шнековыми элеваторами обеспечивают высокий коэффициент заполнения ковшей существующих конструкций машин, однако при увеличении длины ковша в 1,5-2,5 раза влияние работы шнеков на заполнение ковшей исчезает. Кроме того шнеки занимают значительный полезный объём ковша и необходимо предусматривать специальные устройства, предотвращающие заклинивание каменистых включений между лопастью шнека и днищем. Существенным недостатком скреперов со шнековым интенсификатором загрузки является большая энергоёмкость процесса разгрузки ковша, поскольку с помощью задней стенки горную массу необходимо продавливать сквозь проёмы между шнеком и боковыми стенками ковша.

Скреперы с активной заслонкой характеризуются тем, что накапливающаяся порода в призме волочения захватывается управляемой заслонкой и перемещается внутрь ковша. Первым недостатком скреперов с активной заслонкой является сложность управления движениями заслонки. Во-вторых, у скреперов между заслонкой и поперечной балкой тяговой рамы существует минимальный зазор 50-100мм, а чтобы захватить активной заслонкой призму волочения впереди ножа необходимо продвигать её вперед на 1000...1500мм. Если увеличить расстояние между поперечной балкой и заслонкой, то увеличиваются габариты машины по длине, снижается манёвренность, повышается металлоёмкость машины.

Скреперы с роторными метателями породы внутрь ковша не находят практического применения из-за высокой степени рассеивания породы лопастным ба-
рабаном, повышенных затрат мощности на привод и запылённости окружающей среды при работе на сухих породах.

Скреперы с активным днищем обеспечивают последовательное заполнение каждой ступени ковша с раздвижением днищ по мере их заполнения, однако, об-
ладают сложной и металлоёмкой конструкцией.

Отдельную группу скреперов, по конструкции резко отличающихся от всех рассмотренных типов, представляют скреперы с гребковым ротором, с секционным барабаном и с загрузочным лотком.

Все эти конструкции интенсификаторов не позволяют заполнять длинные ковши, у которых длина ковша превышает ширину в 2...3 раза. Недостатками этих конструкций являются низкая эффективность при работе на связных породах (глинах, суглинках), а также утяжеление, усложнение, а, следовательно, и удорожание машины.

Наиболее перспективны, с точки зрения заполнения длинных ковшей, скреперы с промежуточной подгребающей стенкой. Промежуточные подгребающие стенки перемещают породу только внутри ковша от подножевой плиты в сторону задней стенки. Траектория движения промежуточных гребных стенок определяется направляющими на боковых стенках ковша и может быть такой, чтобы обеспечить наименьшую энергоёмкость перемещения горной массы, поступившей в переднюю часть ковша под действием силы тяги машины. В исходном и в промежуточных положениях промежуточные подгребающие стенки не препятствуют разгрузке, а наоборот могут способствовать выталкиванию породы из ковша.

Рассмотрение современного состояния технологий и практики применения горной техники на угольных месторождениях Дальнего Востока, а также перспективной техники и технологий при открытой разработке угольных месторождений позволяет сделать ряд выводов:

- в Дальневосточном регионе на открытых разработках угольных месторождений имеют место наиболее отсталые в экономическом и экологическом отношении технологии производства работ с перемещением вскрышной породы во внешние отвалы с использованием железнодорожного транспорта для перевозки пустой породы и угля;

- изношенность парка экскавационных машин составляет не менее 70%

- в зимний период года разупрочнение промёрзшего слоя породы по поверхностям рабочих площадок и откосов уступов осуществляется буровзрывным способом, который ни экономически, ни экологически не обоснован, или же карьерными экскаваторами, что способствует их ускоренному износу, многочисленным поломкам и простоям;

- новая перспективная техника практически не внедряется;
- несмотря на низкую прочность вскрышных пород на угольных месторождениях в талом состоянии скреперы как выемочно-транспортные машины не находят применения из-за их неэффективности, которая в свою очередь определяется малой ёмкостью ковшей и отсутствием интенсификаторов загрузки.

Рассмотрение основных тенденций развития горной техники и технологий для открытых разработок угольных месторождений свидетельствует также о предстоящем в ближайшем будущем коренном переустройстве этой отрасли горной промышленности.

Из рассмотренных тенденций развития технологий открытых горных работ на угольных, а также и рудных карьерах, следует выделить ряд основных:

- усовершенствование открытых горных выработок с большой глубиной нижнего горизонта (на угольных разрезах до 300-350 м, на рудных карьерах 500-700 м);
- внедрение ресурсосберегающих, природосберегающих и малоотходных технологий, которые должны базироваться на комплексном освоении недр;
- внедрение безвзрывных технологий вскрышных и добычных работ, включая разупрочнение промёрзшего поверхностного слоя породы уступов карьеров, селективную послысно-полосовую выработку угля или минерального сырья;
- всемерное внедрение складирования вскрышных пород во внутренние отвалы с последующей рекультивацией земель.

Таким образом, рассмотрение основных тенденций развития технологий и **применения** горной техники для открытых разработок угольных месторождений

свидетельствует о коренном переустройстве в ближайшем будущем этой отрасли горной промышленности.

1.2. Технологии и практика применения горной техники на открытых россыпных месторождениях

На современном этапе перехода к рыночным отношениям в золотодобывающей промышленности России, где организационно-производственная структура в процессе приватизации была полностью разрушена, появился ряд тенденций.

Во-первых, сокращение добычи золота. С 1991 по 1999г.г. добыча снизилась на 28% [44]. По наиболее крупным золотодобывающим регионам снижение добычи золота в 1997г. к уровню 1991г. составило в Магаданской области на 14,2%, в Республике Саха—31,1%, в Чукотском автономном округе—37,1%, в Амурской области—10,4% [45].

Во-вторых, претерпевает существенные изменения структура золотодобычи. Возрастает доля золота, добытого из рудных месторождений. Эта тенденция особенно показательна на примере Магаданской области, где из общего объёма золота, добытого в 1990г., доля рудного золота составляла около 12%, а в 1998г.—55%.

В-третьих, из-за ограничения источников финансирования и резкого снижения объёма работ наметилась тенденция уменьшения прироста россыпного золота.

В-четвёртых, высокий рост числа недропользователей, добывающих в год не более 200 кг золота и обеспечивающих в конечном итоге около 80% его добычи в Российской Федерации. Резкий рост мелких предприятий недропользователей и разрушение крупных производительных структур затру-

няет дальнейшее развитие золотодобывающей промышленности, особенно в северных и арктических районах России.

В-пятых, отмечено резкое снижение рентабельности производства. Большинство золотодобывающих предприятий низкорентабельны или убыточны. В последние годы государственный аппарат всё в большей степени утрачивает финансовый контроль в золотодобывающей промышленности.

Из других тенденций современного переходного периода следует отметить:

- высокую степень изношенности основных фондов;
- неритмичность работы предприятий из-за перебоев с поставками дизельного топлива и отпуском электроэнергии;
- снижение на предприятии необходимого ремонтного фонда запасных частей для горной техники и промышленного оборудования;
- высокий уровень налогообложения;
- диспропорцию между динамикой роста цен на золото и ростом затрат на материально-технические ресурсы и услуги.

В настоящее время основные направления дальнейшего развития россыпной золотодобычи в России заключаются в первую очередь в совершенствовании технологий:

- горных работ при разработке природных, природно-техногенных и техногенных россыпных месторождений;
- промывки при повторной переработке гале-эфельных отвалов;
- обогащения при повторной переработке отходов шлихообогажительных фабрик приисков.

Поскольку в ближайшей перспективе (15-20 лет) добыча золота из россыпных месторождений открытым способом будет доминировать над добычей рудного золота, то совершенствование технологий горных работ при разработке россыпей должна основываться на:

- дальнейшее применение нового мощного оборудования циклического действия (бульдозеры-рыхлители, бульдозерно-скреперные агрегаты, погрузчики, самосвалы и т.д.), которые не требуют устройства дорогостоящих транспортных коммуникаций и обладают достаточно высокой скоростью передвижения и манёвренностью;

- внедрение при разработке талых и многолетнемёрзлых россыпей циклично-поточной и поточной технологий на базе переоборудованных траншейных роторных экскаваторов под выемочно-погрузочные агрегаты;

- внедрение технологии разработки россыпных месторождений открытым способом узкими поперечными полосами с размещением основного объёма вскрышных пород во внутренние отвалы, обеспечивающей снижение общих эксплуатационных затрат до 30% и рост производительности труда в 1,5-2 раза [46] в зависимости от варианта развития фронта горных работ;

- расширение масштабов внедрения известных дешевых способов оттаивания сезонно-многолетнемёрзлых пород;

- улучшение технической оснащённости разведочных и поисковых работ с целью восполнения и наращивания запасов.

Техническая концепция в области разработки золотосодержащих россыпных месторождений в последние десятилетия основывалась на общепринятом мнении, что в золотоносных россыпях количество мелкого золота (0,25 мм) не превышает 2,5-7%. Эта концепция, породившая средства обогащения (гидравлические шлюзы, лотки, вашгерды) практически не способные улавливать золото крупностью менее 0,25мм, появилась потому, что ни при разведке, ни при добыче основная часть мелкого золота не фиксировалась существующими приборами, и эту часть золота не учитывали в общем балансе. Проведённые в последние годы многочисленные экспериментальные исследования с применением более эффективных обогатительных аппаратов улавливания показывают, что на ряде россыпей содержание весьма мелкого золота составляет 30-100% в общем его балансе.

Это заставляет в настоящее время пересмотреть сложившиеся взгляды и на потенциал техногенного комплекса и на техническую политику в области создания технических средств при повторной переработке месторождений.

Огромный достоверный материал [47,48] по уровню потерь показывает, что при современных технологиях добычи теряется золото практически всех классов крупности — от весьма крупного до весьма мелкого. Эти потери можно оценить следующими количественными показателями: весьма крупное — 2-3%, крупное — 3-7%, среднее — 7-12%, мелкое — 12-22%, весьма мелкое — 22-36%.

По экспертным данным ЦНИГРИ прогнозные ресурсы золота в эфельных отвалах составляют 238т (1190 млн.м³ горной массы), в галечных отвалах 1666т(8330 млн.м³ горной массы), в торфах вскрыши 1356т(13556 млн.м³ торфов). Таким образом, общие прогнозные ресурсы в техногенных комплексах россыпей равны 3260т. Кроме того, потери в недрах оцениваются примерно в 20% от общего количества добытого металла из россыпей, что соответствует 1762т. Суммарное количество золота во всех техногенных россыпных образованиях составляет 5022т или 57% от общего количества добытого золота за всю историю эксплуатации россыпей.

На территории Дальневосточного региона до недавнего времени добывали около 80% золота России, из них свыше 90% из россыпных месторождений. Однако, в последние годы уровень добычи золота в регионе, также как и в целом по Российской Федерации, стал резко снижаться из-за крайне слабой государственной поддержки отрасли и ухудшения состояния минерально-сырьевой базы, особенно россыпной золотодобычи [49]. В этих условиях возрастает роль техногенных россыпных образований, объём которых на территории Дальнего Востока составляет десятки миллиардов кубических метров с содержанием золота от 100мг/м³ и выше. При повторной разработке россыпей выемка горной массы осуществляется валовым способом, что требует применения более эффективного и мощного землеройного оборудования и промывочных комплексов. Пониженное

содержание ценного компонента в горной массе требует всемерного снижения затрат на выемку и перемещение 1 м³ горной массы. Поэтому технология повторной разработки россыпей открытым способом должна обеспечивать высокую интенсивность выемки пород при минимальных затратах на их подготовку. При разработке техногенных россыпей обогатительные комплексы должны обеспечивать промывку с одной стоянки больших объёмов горной массы, превышающих объёмы промывки при разработке природных песков в 4-5 раз и более. Это положение касается не только техногенных россыпей, но и природных и природно-техногенных, поскольку большинство богатых ценным компонентом россыпей выработано [50].

Как известно [51, 52, 53, 54], в горнодобывающей промышленности при разработке россыпных месторождений различают три способа. Наибольшее распространение, как и в других областях горного дела, имеет открытый способ, которым добывают до 75-80% золота. На втором месте в настоящее время находится подводный (дражный) способ, которым добывают 15-20% полезного ископаемого. Наименьший вес пока имеет подземный способ, но в перспективе значение подземного способа будет возрастать.

При открытом способе разработки различают способы производства работ: бульдозерно-скреперный; экскаваторный; гидравлический; комбинированный.

В Российской Федерации наиболее распространён бульдозерный способ производства на вскрышных и добычных работах.

В Дальневосточном регионе на значительной части россыпных месторождений Аяно-Майского района Хабаровского края, частично Магаданской области, Якутии и др., разрабатываемых открытым способом, распространены крупнообломочные (размером до 1м) горные породы. Последние залегают практически на всю глубину вскрышного слоя и песков. В связи с большим сопротивлением при черпании и быстрым износом шин скреперы и фронтальные ковшовые погрузчики на пневмоходу мало используют на вскрышных и добычных работах. Одно-

ковшовые экскаваторы в комплекте с автомобильным транспортом также не нашли должного применения. В большинстве случаев применяется бульдозерный способ производства работ.

Парк машин состоит преимущественно из отечественных бульдозерных и бульдозерно-рыхлительных агрегатов на базе трактора Т-130Г и его модификаций. По производительности и технологии производства работ эти машины увязаны с работой промывочного оборудования. Как правило, при промывке песков на полигонах и формировании новых полигонов используют по два бульдозера. На промывке песков один из бульдозеров черпает породу и перемещает её на расстоянии 25-30м в сторону приёмного бункера гидровашгерда, а второй осуществляет перемещение горной массы, поданной первым бульдозером, вверх по наклонной поверхности под углом 10-12° на расстояние 20-30м и сталкивает её в приёмный бункер гидровашгерда. Такая последовательность работ облегчает труд машинистов бульдозеров, сокращает число поворотов машины и потери породы с отвала. Вскрышные породы перемещают с помощью бульдозеров чаще всего во внешние отвалы. Бульдозерный способ прост, достаточно дешев из-за относительно небольших капитальных затрат. В общем случае бульдозеры целесообразно применять на вскрышных работах при достаточно устойчивых наносных отложениях и размещении отвалов на бортах разреза или на отработанных площадях, когда дальность транспортирования пород не превышает 50...100м, а их мощность равна 3-4м. При применении бульдозеров 200-400кВт и выше целесообразная глубина [55,56,57,58,59,60] разработки достигает 6-10м, а дальность транспортирования горной массы 100-150м. Недостатками бульдозерного способа вскрышных и добычных работ является:

- ограниченные размеры добычного блока, в связи, с чем необходима частая **перестановка оборудования;**
- **ограниченная глубина разработки;**

повышенные энергозатраты на перемещение горной массы, поскольку транспортировка осуществляется волоком;

значительные затраты на дизельное топливо.

При больших дальностях транспортирования горной массы, тяжёлых рельефах и дорожных условиях может с успехом [61] применяться гусеничный самоходный бульдозерно-скреперный агрегат, ковш которого расположен между гусеницами. Опускание ковша для работы производится одновременно с подъёмом заслонки при поднятом бульдозерном отвале.

Бульдозирование может выполняться как с наполненным ковшом, так и с порожним. Разгрузка производится поворотом задней стенки ковша с поднятой заслонкой на переднем или заднем ходу. Регулирование толщины высыпаемого слоя породы при переднем или заднем ходе машины осуществляется подъёмом-опусканием бульдозерного отвала. Подобную машину выпускает фирма «Менк» (ФРГ). Машина может быть снабжена механическим рыхлителем и реализовать тяговое усилие до 200кН. Масса машины 18т при ёмкости ковша $6,4 \text{ м}^3$ и мощности двигателя 110кВт. Скорость переднего хода 2,5-9км/ч, заднего 3,5-11 км/ч. Поскольку порода перемещается не волоком, а в ковше, то сопротивление перемещению значительно меньше. В связи с этим появляется возможность повысить скорость перемещения. Благодаря высоким скоростям заднего хода и разгрузке как на переднем, так и на заднем ходу машина удобна для челночной работы без разворотов. По весовым показателям машина ближе к прицепным скреперам, но реализует, однако, более значительные усилия, чем обычные скреперы той же ёмкости ковша, работающие на прицепе тракторов мощностью 70-80кВт с силой тяги до 120-130кН.

Учитывая более выгодную универсальность и маневренность этой машины, возможность работы в таких тяжелых дорожных условиях, где использовать колёсные машины нельзя, следует считать применение гусеничных бульдозерно-скреперных агрегатов на открытых россыпных месторождениях Дальневосточно-

го региона перспективным, тем более что они могут агрегатироваться в основном из узлов гусеничных тракторов.

В НПО ВНИИСтройдормаш создана специальная землеройно-транспортная машина ЗТМ-25 - скрепер-дозер с ёмкостью ковша 25 м^3 [62,63], которая небольшой серией была изготовлена Балаковским машиностроительным заводом и в течение длительного времени проходит всесторонние испытания на Северо-востоке Российской Федерации. Применительно к вскрышным работам на россыпных месторождениях Дальневосточного региона рассматриваемая машина может быть перспективна, хотя на добычных работах из-за большой ёмкости ковша она не комплектуется по производительности с гидромониторным и прочим промывочным оборудованием.

При выполнении добычных работ требуются бульдозерно-скреперные агрегаты, которые по производительности комплектовались бы с промывочным оборудованием. Укомплектовать по производительности бульдозерно-скреперные агрегаты возможно за счёт определённой, не дорогостоящей модернизации промывочного оборудования, которое по своей конструкции не имеет особой сложности.

Очень важной особенностью разработки россыпных месторождений является систематическое ухудшение условий работы, увеличение её трудоёмкости и объёма, необходимых для сохранения добычи на достигнутом уровне. Это происходит в силу того, что геологоразведка выявляет, а эксплуатация отрабатывает в первую очередь те месторождения, которые залегают в наиболее простых условиях, имеют повышенные средние содержания полезного ископаемого, расположены поблизости от строящегося предприятия. Затем наступает очередь месторождений более глубоких, менее богатых, расположенных не так удобно, как первые. Этот процесс продолжается непрерывно. Установлено [64,65,66], что при разработке большого количества отдельных многолетнемерзлых месторождений среднее содержание полезного ископаемого в песках после 10-12-летней работы сни-

жается в 2-3 раза против первоначального. Это означает, что для добычи одного и того же количества полезного ископаемого необходимо добыть и промыть вдвое-втрое больший объём песков. Кроме того, за это время возрастает, и глубина залегания разрабатываемых россыпей, что ещё более увеличивает объём работ.

Следовательно, предприятие постоянно должно компенсировать усложнение условий и рост объёмов работ, применяя более мощную и совершенную технику и, естественно более совершенную технологию. Один из путей совершенствования технологий и снижения затрат на производстве добычных работ это уменьшение числа перестановок промывочного оборудования за сезон.

Стремление уменьшить количество перестановок промывочного оборудования за сезон и тем самым улучшить технико-экономические показатели добычных работ приводит к увеличению размеров добычных блоков, если этому позволяют геологоразведочные данные о месторождении. В связи с этим появились технологии производства добычных работ с двукрыльми, трёхкрыльми и даже четырёхкрыльми добычными блоками с движением бульдозеров по веерно-кольцевой схеме (рис. 1.1),

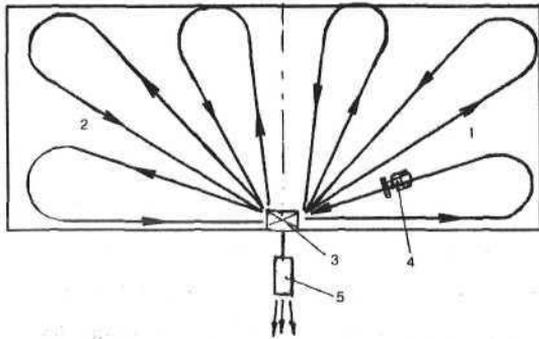


Рис. 1.1. Схема разработки двукрылого добычного блока с веерно-кольцевым движением бульдозеров: 1 - правое крыло; 2 - левое крыло; 3 - приёмный бункер; 4 - бульдозер; 5 - промывочное оборудование

При прямоугольных в плане крыльях добычных блоков заезды бульдозеров по диагональному направлению крыла занимают больше времени, чем по сторонам крыла, что вызывает неравномерность подачи песков в приёмный бункер. Кроме того, схема разработки двукрылого, трёхкрылого и четырёхкрылого добычных блоков требует в свою очередь, по крайней мере, двухсторонней подачи песков на гидровашгерд. Двухсторонняя подача в приёмный бункер обуславливает существенную перекомпоновку и модернизацию гидроустановки.

В данном случае целесообразно рассмотреть опыт промывки песков на присках «Удачный» и «Водораздельные галечники» Якутии [67] с предложенной лабораторией разработки россыпных месторождений «Якутнипроалмаз» гидроустановкой (рис. 1.2). Во избежание попадания просыпей неразмытой породы в зумпф к горизонтальной решетке со стороны гидромонитора добавили звено наклонной решетки, а выбросной лоток гидровашгерда выполнили с решеткой на всю длину поддона в виде корыта-полутрубы. Прежде решетка с поддоном была только на начальном участке лотка. Угол наклона выбросного лотка увеличили до 28-32°, что повысило эффективность удаления глины и грохочения. Гидровашгерд смонтирован на ползьях из труб и оснащен поддоном для стока пульпы в зумпф. В качестве зумпфа использовали кузова автосамосвалов БелАЗ вместимостью 21 м³. На гидровашгердах площадь размывочных решеток увеличена до 36-45 м² по сравнению с прежней 12-15 м². Размер ячеек гидровашгердов уменьшен до 25-30 мм в верхней части и 120-150 мм в нижней, что улучшило функциональные качества гидровашгерда как аппарата для дезинтеграции песков и защиты землесоса от негабаритных обломков. Решетка с прямоугольной (взамен квадратной) ячейкой меньше забивалась обломками камней и кусками глины. Насадка гидромонитора вплотную приближена к краю решеток гидровашгерда. Гидромонитор устанавливается по оси выбросного лотка гидровашгерда по вертикали, что обеспечивает размыв песков по всей площади решетки и промывку поддона гидровашгерда при опускании отвала в нижнее предельное положение.

Подачу песков на гидровашгерд при такой схеме размыва производят сбоку с разгрузкой их бульдозерами непосредственно на решетки или, как было при первых модификациях схемы, на приёмный лоток гидровашгерда. Ширина приёмного лотка позволяет вести разгрузку песков тяжёлыми бульдозерами всех применяемых типов.

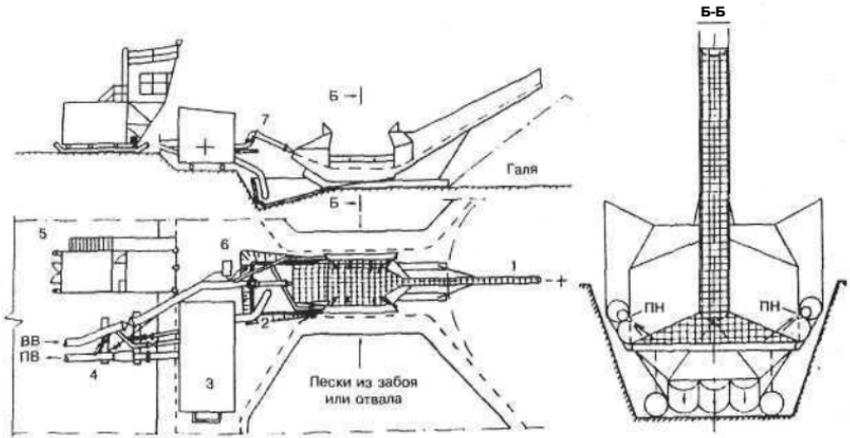


Рис. 1.2. Компоновка гидроустановки при двухсторонней подаче песков на гидровашгерд: 1-гидровашгерд с пассивными насадками, расположенными с двух сторон размывочной решетки; 2-зумпф-кузов; 3-землесосная станция; 4-блок разводки; 5-пульт управления и ЗРУ; 6-дренажный насос; 7- гидромонитор ГМД-250; ВВ - водовод; ПВ - пульповод

Пассивные (неуправляемые) насадки, предназначенные для подачи воды, располагают под погрузочным порогом приёмного лотка. Их струи направлены параллельно днищу приёмного лотка под углом 25-30° к решеткам, т.е. пески разгружаются бульдозером сверху непосредственно на напорные струи пассивных насадок диаметром 45-50мм.

Главным результатом явилось повышение эффективности дезинтеграции высокоглинистых песков, благодаря чему существенно снизились потери алмазов с неразмытыми окатышами глины в хвостах гидровашгердов. Производительность гидровашгердов возросла на 14%. Внедрение данной компоновки повлекло и изменение схемы вскрытия добычных полигонов: гидроустановка теперь размещается в центре полигона, в специальном котловане (рис. 1.3), по продольной оси которого к ней подводят трубопроводы (водовод от насосной станции и пульповод).

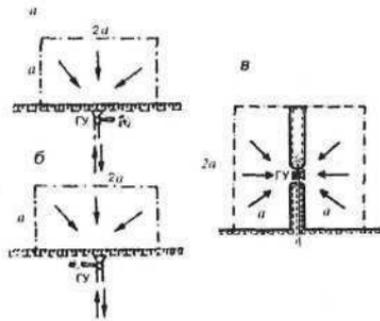


Рис. 1.3. Схемы вскрытия полигонов: а, б - до внедрения новой компоновки гидроустановок, в - после внедрения

Благодаря внедрённой компоновке гидроустановок и новой схеме вскрытия полигона вдвое увеличилась площадь выемочного блока, обрабатываемого в одной стоянке промывочной установки, соответственно снизились удельные затраты на монтаж, демонтаж и передвижки гидрооборудования и коммуникаций. При увеличении вдвое площади полигона запаса оттаявших песков стало достаточно даже при весьма высокой производительности гидроустановок (до $200 \text{ м}^3/\text{ч}$), т.е. скорость естественной оттайки песков перестала ограничивать производительность добычных работ и интенсивность отработки полигонов.

Рассмотренный опыт приисков "Удачный" и "Водораздельные галечники" свидетельствует о возможности значительного усовершенствования производства добычных работ за счёт модернизации техники и технологии, как разработки полигонов, так и технологии промывки песков. Несмотря на то, что утверждение с возможности перемещения песков на приёмный лоток или решетку гидровашгердов любыми тяжёлыми бульдозерами не бесспорно, факт улучшения экономических показателей по рассматриваемой технологии добычи очевиден.

На приисках Дальневосточного региона встречаются также горнотехнические условия, в которых использование отдельных типов горных машин [68,69] не обеспечивает эффективной работы. Эти условия, в частности, возникают при разработке месторождений каньонообразного типа и широких россыпей, а также на полигонах с глубокой вскрышей и при неудобном для отвалообразования рельефе местности по бортам разреза. В этих случаях целесообразно комбинированное применение горных машин в сочетании, позволяющем наиболее полно использовать особенности каждой из них.

Бульдозеры на вскрыше торфов, а экскаваторы с бульдозерами на отвалообразовании (рис. 1.4) применяют в основном на широких полигонах (более 70м). Здесь при вскрыше всего полигона одними бульдозерами резко увеличивается расстояние транспортировки породы в отвал и усложняется выемка полосы торфов в прибортовой части.

Вскрыша торфов только экскаваторами вызывает значительные перевалки и снижение производительности машин.

Экономическим критерием рационального сочетания работы комплекта горных машин может быть минимальная себестоимость 1м^3 вскрышных работ.

В последней схеме комбинированного использования машин применение бульдозерно-скреперных агрегатов вместо бульдозеров может значительно снизить себестоимость вскрышных работ.

При рассмотрении техники и технологий вскрышных и добычных работ нельзя не остановиться на анализе ряда новейших технологий, которые в той или иной мере могут быть внедрены в производство.

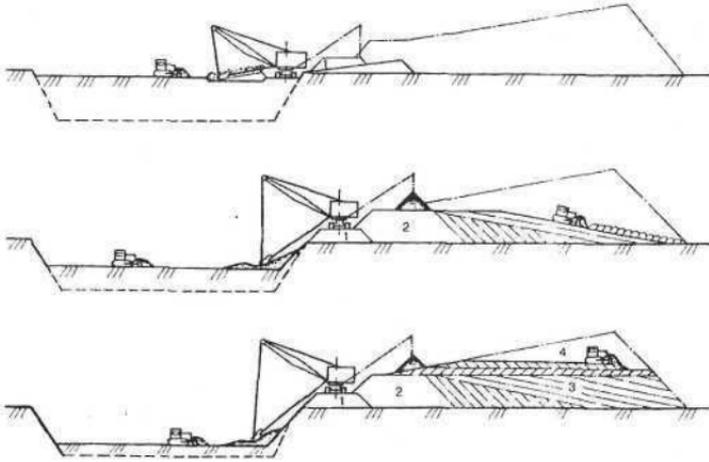


Рис. 1.4. Схемы комбинированного использования бульдозеров с экскаватором на вскрыше торфов: 1-4—порядок отвалообразования

Во ВНИИ-1 разработана конструкция выемочно-погрузочного агрегата на базе существующих роторных траншейных экскаваторов на гусеничном ходу [70,71]. Конструктивное исполнение выемочно-погрузочного агрегата (рис. 1.5) позволяет срезать оттаявший слой породы толщиной не более 0,2м и обеспечивает погрузку породы в автосамосвалы, магистральные конвейеры и т.д. Относительно небольшая стоимость базовой машины и высокая производительность выемочно-погрузочного агрегата обуславливают существенное повышение технико-экономических показателей добычи золота. Производительность агрегата дости-

гает 10-11 тыс. м³ в сутки, что позволяет проводить выемку вскрышных оттаявших пород за летний период на глубину до 15 м.

Применение выемочно-погрузочного агрегата непрерывного действия целесообразно не только на многолетнемёрзлых россыпях, но и на оттаявших породах сезонного промерзания без крупных каменных включений. При наличии в породе, особенно в мёрзлой, каменных включений размером 150...200 мм вызывает в роторных траншейных экскаваторах значительные динамические нагрузки. При наличии в породе каменных включений размером более высоты ковша работа агрегата становится невозможной.

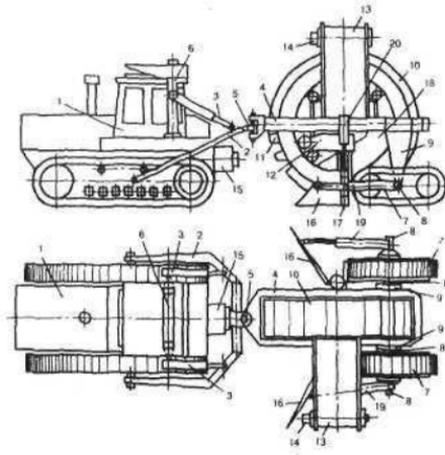


Рис. 1.5. Конструктивная схема выемочно-погрузочного агрегата: 1- базовая машина; 2- рама базовой машины; 3- гидроцилиндры; 4- рама рабочего органа; 5- двойной шарнир; 6- защитный каркас; 7- шасси; 8- ось шасси; 9- кронштейны; 10- ротор; 11- ковш ротора; 12- привод; 13- ленточный конвейер; 14- привод ленточного конвейера; 15- гидравлический насос; 16- лемехи; 17- шарнир; 18- плита рамы рабочего органа; 19, 20- гидроцилиндры

Поскольку во вскрышном слое и в песках большинства приисков Дальнего Востока имеются достаточно крупные (800... 1000мм) каменные включения, то выемочно-погрузочные агрегаты не нашли должного применения.

В ИГД ДВО РАН [49] предложена гидромеханизированная технология выемки горной массы техногенных россыпей с размывом пород напорной и безнапорной водой (рис. 1.6). Эта технология может быть использована при разработке техногенной россыпи, представленной отвальными комплексами, включающими отвалы торфов, хвостов промывки без четко выраженного пласта песков, при ограниченном объёме галечных включений. Рассматриваемая технология может быть применена, когда техногенные россыпи в криогенном отношении представлены как талыми, так и мёрзлыми типами.

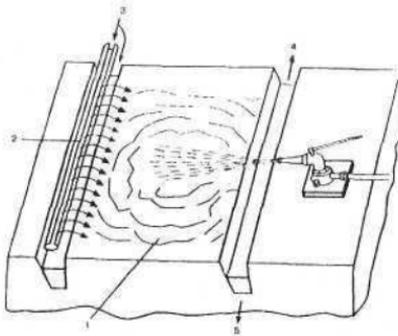


Рис. 1.6. Технология разработки техногенных россыпей с использованием напорного и безнапорного гидроразмыва: 1-разрабатываемый блок; 2-водовод с продольной щелью; 3- подача воды в водовод и траншею; 4-направление выемки по роды из траншеи; 5-подача пульпы к промывочному прибору

Несмотря на очевидную простоту технологии, она имеет ряд существенных недостатков препятствующих массовому внедрению её в практику. Во-первых, во многих случаях при первоначальной добыче гале и эфельные хвосты перемешаны, а технология не допускает попадания галечника в траншею пульповода более 5%. Во-вторых, необходимо планировать добычный блок с определённым укло-

ном, чтобы пульпа стекала в траншею. В-третьих, требуется частая перестановка гидромонитора, поскольку размеры добычного блока не могут быть большими по величине и ограничиваются энергией струи воды, необходимой для размыва породы. В-четвёртых, возможно быстрое заиливание траншеи для прохода пульпы, потери золота в иле и дополнительная техника для прочистки траншеи.

Особое место в технологиях добычи минерального сырья занимает скважинная гидродобыча.

Несомненные преимущества способов скважинной гидродобычи заключаются в следующем:

- относительно низкие удельные капитальные вложения в строительство рудника;
- небольшой срок строительства предприятия (1-3 года);
- сравнительно быстрая окупаемость капитальных вложений (2-3 года);
- высокое качество выпускаемой продукции, что в ряде случаев не требует строительства традиционных обогатительных фабрик;
- высокая производительность труда;
- гибкость производства, объёмы которого при прочих равных условиях можно изменять в широких пределах;
- возможность отрабатывать небольшие месторождения и месторождения, характеризующиеся чрезвычайно сложными (для традиционных способов добычи) горно-геологическими условиями;
- отсутствие вскрышных работ;
- относительно низкое негативное воздействие на окружающую среду;
- высокая безопасность добычных работ, так как люди не работают под землей.

Требуется дальнейшее развитие и внедрение способов скважинной гидродобычи в комплексе с подземным выщелачиванием. При скважинной системе выщелачивания возможно разрабатывать месторождения до глубины 500м. Сква

жины бурят на расстоянии 15-50м. Система скважин имеет чередующиеся ряды закачных и откачных скважин или ячеистую структуру. Процесс выщелачивания осуществляют напорным фильтрационным потоком, движущимся по рудоносному водопроницаемому пласту от закачных скважин к откачным. При выщелачивании соблюдается баланс закачиваемых и откачиваемых растворов, что обеспечивает локализацию зон циркуляции растворов и уменьшает потери реагентов. Для активизации процесса выщелачивания применяют поверхностно-активные вещества, повышение напора и температуры растворов, реверсирования потоков, вакуумирование. Повышение водонепроницаемости пласта достигается за счёт гидроразмыва пород.

Экономически целесообразно [72,73] применять комплекс скважинной гидродобычи и подземного выщелачивания при добыче золота, серебра, редких и редкоземельных металлов, меди, никеля, марганца, ванадия, алмазоносных кимберлитов, железа и др.

Применение скважинной гидродобычи целесообразно на малосвязных рудах (породах), размыв которых возможен гидродобычным снарядом. Применение скважинной гидродобычи возможно на рудах, породах, песках без крупных каменистых включений поскольку диаметр пульподъёмного става составляет 100...120мм. Кроме того, требуется герметичная изоляция вышележащих водоносных слоёв, чтобы предотвратить потери пульпы и реагентов. Потеря в водоносные слои реагентов, применяемых для подземного выщелачивания, грозит экологической катастрофой для больших территорий, прилегающих к выработке. Следует ожидать, что на мёрзлых породах этот метод добычи будет резко снижать свою эффективность или вообще будет невозможен из-за замерзания воды в пульповоде и камерах размыва.

Рассмотрение современного состояния технологий и практики применения горной техники на открытых россыпных месторождениях позволяет сделать ряд выводов:

- в Дальневосточном регионе при разработке природных, природно-техногенных и техногенных россыпных месторождений доминируют бульдозерный и бульдозерно-скреперный способы, которые преимущественно и подлежат усовершенствованию;

- новейшие способы добычи россыпных месторождений, такие как скважинная добыча с подземным выщелачиванием, или без него, гидроразрыв с использованием напорного и без напорного воздействия воды, вскрыша и добыча с применением выемочно-погрузочных агрегатов непрерывного действия не перспективны в широких масштабах для условий Дальневосточного региона из-за наличия в песках и вскрышном слое множества каменистых включений размером до 1м;

- перспективны конструкции гидровашгердов, обеспечивающие повышение производительности первичного обогащения и позволяющие увеличить размеры добычного блока;

- целесообразно внедрение вместо бульдозеров бульдозерно-скреперных агрегатов (целого параметрического ряда), комплектуемых по производительности с гидровашгердами и гидромониторами;

- важное значение имеет вопрос разупрочнения путём рыхления сезонно-мёрзлых и многолетнемёрзлых однородных пород и пород с каменистыми включениями с целью рационального выбора эффективного рыхлительного оборудования и увеличения длительности промывочного сезона;

- целесообразно внедрение бульдозерно-скреперных агрегатов вместо бульдозеров на вскрыше торфов в комбинациях с экскаваторами-драглайнами.

Проведенный анализ современного состояния технологий и практики применения горной техники на открытых горных разработках Дальневосточного региона позволяет сформулировать главную цель, которая заключается в повышении эффективности открытых горных работ на основе совершенствования горной техники и технологий.

Эта цель для Дальневосточного региона в значительной степени может быть реализована путем решения трех задач, которые заключаются в следующем:

-создание безвзрывной технологии и усовершенствованной горной техники для разупрочнения промерзшего поверхностного слоя породы в зимнее время преимущественно на угольных разрезах;

-создание безвзрывной технологии вскрышных и добычных работ при открытой разработке угольных и рудных месторождений в летний и зимний период на базе новейшей горной техники, а именно машин послыбно-полосового фрезерования породы, большегрузных колесных скреперов с принудительной загрузкой ковшей, а также гидравлических экскаваторов с эксцентрически раскрывающимися ковшами;

-создание технологии вскрышных и добычных работ на открытых разработках россыпных месторождений природного, природно-техногенного и техногенного характера путем применения бульдозерно-скреперно-рыхлительных агрегатов и модернизации промывочного оборудования первичного обогащения песков.

Для решения этих задач необходима горная техника способная эффективно разрабатывать путем резания (рыхления) мерзлых, многолетнемерзлых пород мелкозернистого состава или с наличием каменистых включений, а также крепких углей и других полезных ископаемых.

2.1. Безвзрывная технология вскрышных работ в зимний период

Вскрышные породы многих карьеров (разрезов), например Райчихинского, Богучанского, Лучегорского, Ерковецкого и ряда других представлены мелкозернистыми наносными породами (глинами, суглинками, супесями), которые при промерзании имеют коэффициент крепости не выше 2-х единиц по шкале Протодьяконова М.М. Буровзрывные работы здесь выполняются только в зимний период с целью разрушения промерзшего слоя породы со стороны рабочих площадок и откосов уступов. В случае полного разрушения породы со стороны откоса по всей высоте уступа равной 17-18 м и при глубине сезонного промерзания до 2-2,5 м, расчетная себестоимость буровзрывных работ составляет не менее 0,7 долл/м³.

В данной работе предложена новая безвзрывная технология разрушения сезонномерзлых пород [83, 84, 85, 97, 86, 87, 89, 89], которая была передана для внедрения на Лучегорском угольном разрезе. По этой технологии, при глубине промерзания породы не более 0,7 м, разрушение поверхностного слоя со стороны рабочей площадки уступа может успешно осуществляться одноковшовыми строительными гидравлическими экскаваторами типа «обратная лопата», оборудованными ковшами с рыхлящими зубьями на днище, которые расставлены по ступенчато-шахматной схеме [90] (см. приложение 1, рис.1). В случае связных липких пород возможно применение аналогичных ковшей, но с упругим днищем [80] (см. приложение 1, рис.2). Эффективны также ковши с дополнительными выдвижными зубьями [81] (см. приложение 1, рис. 3). Оборудование с дополнительными рыхлящими зубьями на днище было изготовлено и испытано в зимний период в городах Магадане и Хабаровске, при этом эксплуатационная производительность экскаваторов ЭО-3322 и ЭО-4121 составляла 8-10 м³/ч [91]. Два экскаватора ЭО-4121 с дополнительным рыхлительным оборудованием могут «взламывать» промерзший слой рабочей площадки уступа в таком объеме, при котором обеспечивается непрерывная работа карьерного экскаватора ЭКГ-8И или ЭКГ-8У.

Промерзший откос в этом случае «взламывается» непосредственно рабочим оборудованием карьерного экскаватора. При глубине промерзания породы 0,5-0,7 м напорного и подъемного усилий на ковше карьерного экскаватора вполне достаточно чтобы разбирать корку мерзлоты, однако из-за больших размеров ковша отрываются негабаритные куски мерзлой породы. Разрушение негабаритных кусков вызывает значительное снижение производительности карьерных экскаваторов. В этом случае применение строительных экскаваторов значительно снижает выход негабаритных кусков породы и повышает эффективность работы карьерных экскаваторов.

Период использования строительных экскаваторов невелик и ограничивается ноябрем месяцем. С наступлением декабря месяца глубина промерзания породы начинает превышать 0,7 м и с целью предотвращения поломок карьерных экскаваторов можно использовать буровое оборудование для разупрочнения откоса и подошвы уступа (рис. 2.1). При максимальной глубине промерзания породы 2-2,5 м (февраль-март) один буровой станок марки Д-90КС обеспечивает за смену: во-первых, бурение параллельно откосу уступа (на блоке длиной 44 м) на глубину 17 м под углом 70° 3-х-4-х скважин в ряд и на расстоянии между ними 2м; во-вторых, бурение скважин в подошве уступа на глубину 2,5 м под углом 45° в один ряд на расстоянии 0,5 м друг от друга. Возможно выполнить такой объем буровых работ за смену и станками СБР-200-32 или СБШ-320-36 и тем самым обеспечить непрерывную работу карьерных экскаваторов ЭКГ-8И или ЭКГ-8У.

После прохода бурового станка роторный траншейный экскаватор ЭТР-254-01 осуществляет на рабочей площадке уступа отрывку продольных траншей длиной 44-45 м, глубиной до 2,5 м и шириной 1,2 м с перемычками в 1-1,01 м и сразу же их засыпает с помощью разгрузочного ленточного конвейера с целью предохранения от дальнейшего промерзания. Глубину траншей можно регулировать в зависимости от глубины промерзания породы путем подъема или опускания ротора.

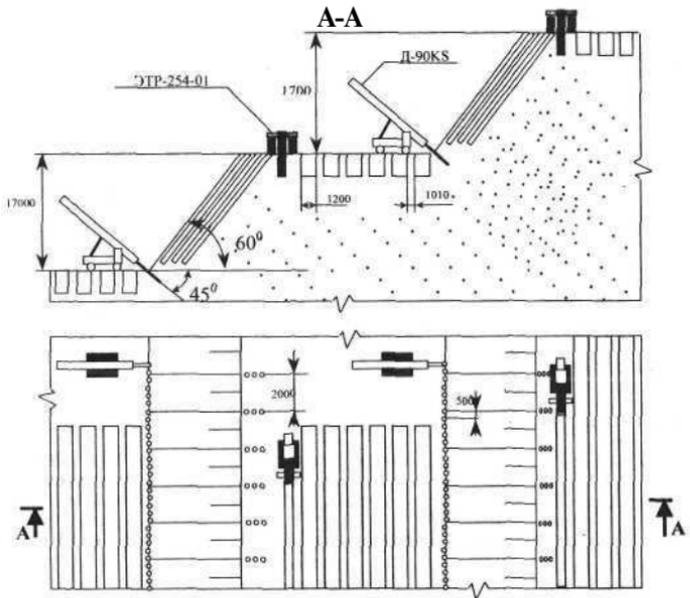


Рис. 2.1. Технологическая схема разупрочнения промерзших пород рабочих уступов в зимний период с помощью буровых станков и роторных траншейных экскаваторов

На ковшах ротора ЭТР-254-01 должна быть применена ступенчато-шахматная схема расстановки зубьев с дополнительными укороченными зубьями, расставленными также по ступенчато-шахматной схеме (см. приложение 1, рис.4). Экскаваторы марки ЭР-7АМ с такой расстановкой зубьев были испытаны [92] на объектах Дальстроя в г. Хабаровске, г. Комсомольске-на-Амуре, г. Благовещенске. Производительность экскаваторов ЭР-7АМ на суглинках, промерзших к концу февраля месяца на глубину 2,2 м, составляла 120...130 м³/ч. Позднее эта расстановка с незначительными изменениями была перенесена на экскаваторы ЭТР-254-01, которые успешно работали в Тюменской области в 1982-1983 годы на вечномерзлых породах [93].

Экскаваторы ЭТР-254-01 при такой же как у ЭР-7АМ и ЭТР-204А ширине отрываемой траншеи имеют мощность в два с лишним раза больше, и поэтому могут работать на более крепких породах и с большей производительностью. Один экскаватор ЭТР-254-01 за смену при производительности на мерзлых породах 150-160 м³/ч может отрыть семь траншей шириной 1,2 м и глубиной 2,5 м на рабочей площадке вдоль уступа длиной 44 м с перемычками между траншеями в 1,01 м. В регионах с более мягким климатом, например Приморский край, для этих целей можно использовать экскаватор ЭТР-204А с аналогичной расстановкой зубьев на ковшах. Один экскаватор может разупрочнить рабочую площадку уступа для последующей непрерывной работы карьерного экскаватора ЭКГ-8У.

Использование буровых станков для разупрочнения промерзших откосов уступов возможно в том случае, если поверхность откоса достаточно ровная. Ровность поверхности откосов достигается при формировании их в летний период года на некрепких породах (песок, супесь, суглинок, глина) при наличии атмосферных осадков. Ровная поверхность откоса может быть достигнута после работы цепного экскаватора и менее ровная после работы роторного экскаватора.

В том случае, если поверхность откоса неровная, полученная в результате взрыва, то необходимо использовать другое оборудование для разупрочнения промерзшей породы откосов, например дискофрезерное сменное оборудование, располагающееся на прямолинейном участке специальной стрелы одноковшового строительного экскаватора [82] (см. приложение 1, рис.5). Создание подобного оборудования является задачей актуальной и в связи с этим были выполнены конструкторские проработки с определением основных параметров оборудования и переданы для детальной проработки в ЗАО Лучегорский топливно-энергетический комплекс и изготовления в заводских условиях.

Нарезание шелей в промерзшем слое откоса предполагается осуществлять при движении дисковой фрезы в направляющих стрелы сверху вниз. Щели долж-

ны прорезаться (рис. 2.2) на всю глубину промерзания или на 20-30% меньше глубины промерзания. Расстояние между щелями должно быть не более ширины зева ковша карьерного экскаватора.

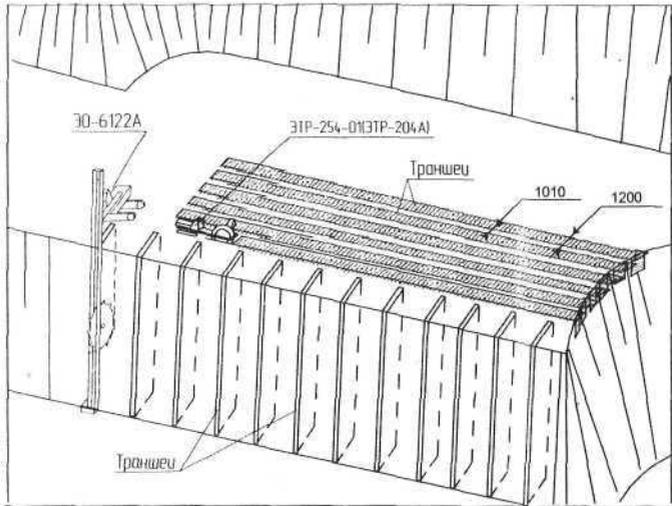


Рис. 2.2. Технологическая схема разупрочнения промерзших пород уступов в зимний период с помощью дискофрезерного оборудования на строительном экскаваторе и роторных траншейных экскаваторах

Выбор определенного комплекта машин для безвзрывной технологии вскрышных пород в зимний период требует определения производительности отдельных типов машин в зависимости от сопротивлений по разрушению мерзлой породы рабочими органами, а также определения необходимых усилий при разборке разупрочненного поверхностного слоя карьерным экскаватором. Методики определения производительности роторных траншейных экскаваторов при работе в зимнее время, необходимых усилий для разрушения разупрочненных откосов карьерными экскаваторами, а также обоснование по выбору комплекта машин для безвзрывной технологии разупрочнения рабочих уступов приводятся ниже.

2.1.1. Определение необходимого количества буровых станков при работе на мерзлых породах и их комплектация с карьерными экскаваторами

Производительность буровых станков при работе на мерзлых мелкозернистых породах (песок, супесь, суглинков, глина) высока. Это объясняется относительной слабостью породы ($f \leq 2$ по шкале Протождяконова М.М.). Кроме того, при разупрочнении отколов не требуется очистка (продувка) скважин, поскольку взрывчатые вещества не закладываются. В настоящее время выпускаются буровые станки, которые обеспечивают непрерывное бурение скважин глубиной до 20м без наращивания штанги.

Определение производительности буровых станков возможно провести по известной зависимости [8, 94, 95, 96]

$$P_{см}^6 = K_{н.см} \cdot T_{см} \cdot V_T, \quad (2.1)$$

где $K_{н.см}$ - коэффициент использования нормативного времени смены ($K_{н.см} = 0,6 \dots 0,8$); $T_{см}$ - нормативное время смены, с; V_T - техническая скорость бурения ($V_T = 0,75 \dots 0,8 V$).

Техническая скорость бурения на 20...25% меньше, чем теоретическая скорость бурения V .

Для станков вращательного бурения резанием теоретическая скорость может быть определена по зависимости:

$$V = 4,2 \cdot 10^{-4} \cdot P_{ос} \cdot n_{вр} \cdot (P_6 \cdot D^2)^{-1}, \quad (2.2)$$

где $P_{ос}$ - осевое усилие подачи, кН; $n_{вр}$ - частота вращения долота, 1/с; D - диаметр долота, м; P_6 - относительный показатель трудности бурения породы ($P_6 = 1$ для легкобуримых пород).

Для бурового станка Д-90КС: $P_{oc} = 408 \text{ кН}$; $n_{ap} = 0,83 \text{ 1/с}$; $D = 0,311 \text{ м}$.

Тогда

$$V = \frac{4,2 \cdot 408 \cdot 0,83}{10^4 \cdot 1 \cdot 0,311} = 0,14 \text{ м/с},$$

$$\text{а } P_{см}^o = 0,6 \cdot 3600 \cdot 8 \cdot 0,75 \cdot 0,14 = 1800 \text{ м}.$$

Размеры блока уступа, обрабатываемого за смену можно определить из производительности карьерного экскаватора (например ЭКГ-8У), которая равна

$$P_{см} = 3600 \cdot T_{см} \frac{q \cdot K_H \cdot K_{и.с.}}{t_u \cdot K_p} \cdot \frac{t_p}{t_p + t_n}, \text{ м}^3/\text{см}, \quad (2.3)$$

где q -геометрическая емкость основного ковша ($q = 8 \text{ м}^3$); t_u -время цикла ($t_u = 24 \text{ с}$); K_H -коэффициент, учитывающий степень наполнения ковша ($K_H = 1,2$); K_p -степень разрыхления породы ($K_p = 1,1$); $K_{и.с.}$ -коэффициент использования сменного времени экскаватора ($K_{и.с.} = 0,55 \dots 0,8$); t_p -время непрерывной работы на одном месте ($t_p = 0,5 \text{ ч}$); t_n -время передвижения экскаватора на другое место работы ($t_n = 0,05 \text{ ч}$).

Тогда

$$P_{см} = 3600 \cdot 8 \cdot \frac{1,2 \cdot 0,8}{24 \cdot 1,1} \cdot \frac{0,5}{0,5 + 0,05} = 8300 \text{ м}^3/\text{см}.$$

При высоте уступа $H = 17 \text{ м}$ и ширине рабочей площадки $L_{ра} = 20 \text{ м}$ длина блока $L_{ст}$ будет равна :

$$L_{ст} = \frac{P_{см}}{L_{ра} H} = \frac{8300}{20 \cdot 17} = 24 \text{ м}.$$

Общая длина скважин параллельных откосу (длиной 19 м, по четыре в ряд при 12 рядах) равна $19 \cdot 4 \cdot 12 = 912 \text{ м}$. Общая длина скважины в подошве уступа

(длиной 2,5 м, через 0,5 м в один ряд вдоль блока уступа) равна $2,5 \cdot 48 = 120$ м. Общая длина скважин $912 + 120 = 1032$ м.

Таким образом один буровой станок типа Д-90КС вполне комплектуется по производительности с карьерным экскаватором типа ЭКГ-8И или ЭКГ-8Ус, а также с ЭКГ-15. Наиболее точно этот станок комплектуется с экскаватором ЭКГ-17.

2.1.2. Методика определения необходимых усилий для отделения блоков мерзлой породы из разупрочненных откосов уступов

Подобная методика необходима для определения расстояния между осями соседних скважин, пробуриваемых параллельно поверхности откоса, а также общего количества скважин, с тем чтобы данный карьерный экскаватор смог бы напорным усилием или подъемным усилием ковша, наконец, совместным усилием напора и подъема ковша оторвать блок из разупрочненного откоса уступа.

Определение расчетным путем необходимого усилия для разрушения разупрочненных бортов уступов представляет достаточно трудоемкую и специфическую задачу, поскольку сечение по местам отделения каждого блока, с учетом ослабления пробуренными скважинами, имеет сложную форму в двух плоскостях, причем прочность породы по глубине промерзания различна.

Анализ изменения температуры, влажности, крепости породы, оцениваемой числом ударов динамического плотномера ДорНИИ, по глубине сезонного промерзания, показывает [98], что в наиболее неблагоприятный зимний период, когда достигается максимальная глубина промерзания борта уступа (конец февраля-начало марта), можно принять распределение предельных напряжений разрушения породы по глубине массива линейным. В другие зимние месяцы года оцени-

вать распределение прочностных характеристик породы по глубине промерзания борта возможно путем использования данных метеостанций о распределении температуры в массиве породы, а также известных соотношений между предельными разрушающими напряжениями и температурой породы.

Задачу по определению необходимого усилия P (рис. 2.3) для отделения одного блока мерзлой породы с размерами $(l_1 \cdot l_2 \cdot h)$ можно решить путем приближенного интегрирования предельных разрушающих (в данном случае изгибающих) напряжений в перемычках между скважинами и применения принципа независимости действия сил по расчетным сечениям в вертикальной (BCEF) и нижней наклонной (ABCD) плоскостях [97, 88]. Расчетное сечение (ABCD) в нижней плоскости, ослабленное также скважинами, можно разбить на ряд участков $(1, 2, 3, \dots, n)$ и в каждом из них определить среднее разрушающее напряжение.

Необходимое усилие P для отделения блока мерзлой породы, направленное в плоскости параллельной рабочей площадке уступа равно:

$$P = S \sin \alpha, \quad (2.4)$$

где α -угол наклона борта уступа.

В свою очередь усилие S , направленное перпендикулярно к поверхности борта (откоса), может быть определено из выражения:

$$S = S_1 + S_2 - G \cos \alpha, \quad (2.5)$$

где S_1 - усилие, необходимое для отделения блока по вертикальному сечению BCEF; S_2 - усилие, необходимое для отделения блока по нижнему наклонному сечению ABCD; G -вес блока.

Усилие S_1 создает момент для отделения блока по вертикальному сечению BCEF, а S_2 - по нижнему наклонному сечению ABCD.

$$\text{Тогда } M_1 = S_1 l_1, \text{ а } M_2 = S_2 l_2.$$

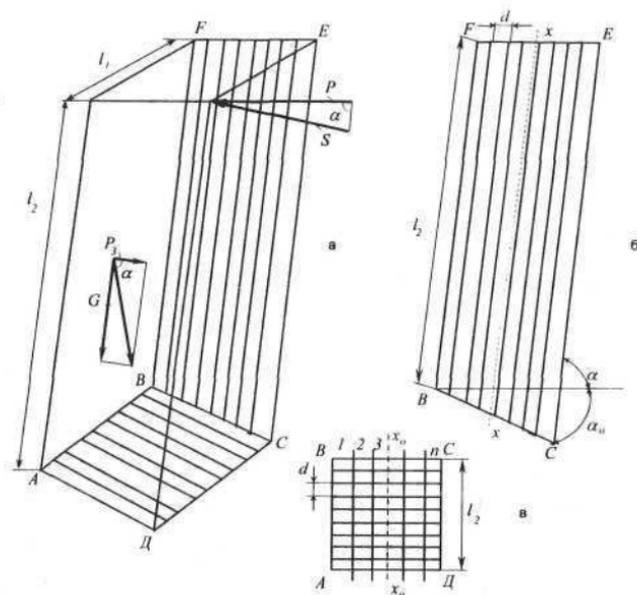


Рис. 2.3. Расчетная схема для определения необходимого усилия для отделения одного блока мерзлой породы из борта уступа: а-общая схема; б-сечение в вертикальной плоскости; в-сечение в нижней наклонной плоскости

Момент M_1 с достаточной степенью точности можно определить по зависимости:

$$M_1 = \sigma_{1cp} W_1 + \sigma_{2cp} W_2 + \dots + \sigma_{n,cp} W_n, \quad (2.6)$$

где $\sigma_{1cp} \dots \sigma_{n,cp}$ – средние значения предельных разрушающих напряжений в соответствующих перемычках между скважинами; $W_1 \dots W_n$ – моменты сопротивлений сечений соответствующих перемычек между скважинами относительно оси X-X.

Аналогично можно определить и момент M_2 , используя зависимость:

$$M_2 = \sigma'_{1cp} W'_1 + \sigma'_{2cp} W'_2 + \dots + \sigma'_{n,cp} W'_n, \quad (2.7)$$

где $\sigma'_{1cp} \dots \sigma'_{n,cp}$ – средние значения предельных разрушающих напряжений соответственно на участках перемычек (1,2...n) нижнего наклонного сечения ABCD.

Следует учитывать, что момент M_1 и усилие S_1 , необходимые для отделения блока по вертикальному сечению BCEF значительно больше момента M_2 и усилия S_2 , которые необходимы для отделения блока по сечению ABCD. В связи с этим уменьшение расстояния между скважинами в вертикальной плоскости имеет особое значение, особенно с внешней стороны борта, где крепость породы имеет наибольшее значение.

Как показали производственные испытания данной технологии [97], в ряде случаев выемка блока мерзлоты из борта уступа происходит частями (четырьмя-пятью). Это характерно при глубине промерзания борта уступа менее 2 м. В данном случае трещины в боковой поверхности BCEF по перемычкам между скважинами не развиваются донизу (до плоскости ABCD), а горизонтальная плоскость отрыва находится значительно выше плоскости ABCD. Определение усилия отрыва части блока возможно также по приведенной выше методике, но при этом горизонтальную плоскость отрыва необходимо разбить на ряд участков и на каждом участке найти среднее значение предельного разрушающего напряжения.

Наибольшее расчетное усилие, необходимое для отделения из борта уступа всего блока породы возникает при глубине промерзания борта равной 2,5...2,6 м, которая достигается в условиях Дальневосточного региона в конце февраля- в начале марта месяца.

При предельном разрывном напряжении на поверхности откоса $\sigma_p = 800$ Н/см² (суглинок, $t^o = -20^oC$) и 4-х скважин $d=311$ мм в вертикальной плоскости, а также 4-х скважин $d=311$ мм в подошве уступа, необходимое расчетное усилие

для извлечения блока мерзлой породы из борта уступа равно 1720 кН. Карьерный экскаватор ЭКГ-17 имеет усилие на блоке ковша 1670 кН и усилие напора 680 кН. Результирующее усилие P равно 1750 кН, что вполне достаточно для выемки блока. Однако для выемки блоков из бортов уступов можно использовать тяговое усилие гусениц, которое для экскаватора ЭКГ-17 составляет 3820 кН.

2.1.3. Параметры дискофрезерного оборудования для разупрочнения промерзшего откоса уступа

Исходным параметром для определения основных параметров дискофрезерного оборудования на базе одноковшового строительного экскаватора (см. приложение 1, рис.5) является длина блока $l_{\text{бл}}$ уступа, отрабатываемого карьерным экскаватором за смену. Используя формулу (2.3), можно определить $P_{\text{э.см}}$ для карьерного экскаватора ЭКГ-17, которая составляет 14000 м³/смену. При высоте уступа $H=17$ м и ширине рабочей площадки $l_{\text{пл}}=20$ м длина блока $l_{\text{бл}}$ будет равна:

$$l_{\text{бл}} = \frac{P_{\text{э.см}}}{l_{\text{пл}} \cdot H} = \frac{1400}{20 \cdot 17} = 41 \text{ м.}$$

При ширине режущей кромки ковша экскаватора ЭКГ-17 равной 2,6 м, расстояние между соседними прорезями (щелями) по высоте откоса должно быть не более 2,5 м. Тогда количество прорезей на блоке будет равно 17. При угле наклона откоса 60° длина откоса равна 19 м. Общая длина прорезей в откосе уступов, нарезаемых за смену, равна $17 \times 19 = 323$ м. Общая длина прорезей является производительностью $P_{\text{э.см}}$ данной машины, которая может быть определена по зависимости

$$P_{\text{э.см}} = l_{\text{р.см}} \frac{T_{\text{см}} 3600}{T_{\text{ч}}} K_{\text{в}}, \quad (2.8)$$

где $l_{отк}$ - длина откоса; $T_{см}$ - число часов в смене; $T_{ц}$ - время цикла; K_6 - коэффициент использования машины по времени в течении смены ($K_6 = 0,7$).

Отсюда

$$T_{ц} = \frac{l_{отк} T_{см} 3600 K_6}{P_{i,см}} = \frac{19 \cdot 8 \cdot 3600 \cdot 0,7}{823} = 1185 \text{ с.}$$

Время цикла равно:

$$T_{ц} = t_p + t_{под} + t_{в.з.} + t_{пер} + t_{оп}, \quad (2.9)$$

где t_p - время на прорезание одной щели (прорези); $t_{под}$ - время на подъем рабочего оборудования после прорезания; $t_{в.з.}$ - время возврата фрезы в исходное положение; $t_{пер}$ - время на перемещение экскаватора до следующей прорези; $t_{оп}$ - время на опускание рабочего оборудования.

Если принять: $t_{под} = 10$ с; $t_{в.з.} = 38$ с; $t_{пер} = 10$ с; $t_{оп} = 10$ с, то t_p будет равно

1117 с.

Минимальная скорость прорезания щели (или скорость движения фрезы вниз при резании) из условия необходимой производительности равна:

$$V_{\phi} = \frac{l_{отк}}{t_p} = \frac{19}{1117} = 0,0162 \text{ м/с.}$$

При глубине щели 2 м диаметр фрезы должен составлять порядка 3,5 м. Если расставить 24 зуба фрезы по схеме сотового резания с повторением расстановки через каждые 8 зубьев, то в контакте с забоем шириной 0,3 м оказывается постоянно 7 зубьев. Используя зависимости для определения касательной и нормальной составляющих сопротивлений резанию [97, 99] на зубьях фрезы при сотовом резании, при условии, что на поверхности откоса крепость породы составляет 200 ударов плотномера ДорНИИ, можно определить момент на фрезе. Этот момент равен 177825 Нм, а необходимая мощность для вращения фрезы при скоро-

сти резания 1,2 м/с составляет 122 кВт. Необходимая мощность для перемещения фрезы вниз равна 2,1 кВт. Таким образом, дискофрезерное оборудование может быть размещено на одноковшовом строительном экскаваторе марки ЭО-6122 А с мощностью двигателя 150 кВт.

2.1.4. Определение потребного количества одноковшовых экскаваторов, оборудованных ковшами с рыхлительными зубьями на днище, для разупрочнения промерзшего поверхностного слоя рабочей площадки уступа

Разупрочнять промерзший на глубину до 0,7 м поверхностный слой породы рабочей площадки уступа возможно роторными траншейными экскаваторами, однако, при малом заглублении ротора равнодействующая сила на ковши направлена вверх к дневной поверхности, что ведет к выталкиванию ротора из забоя и к неустойчивой работе экскаватора. При малом заглублении ротора мощность двигателя используется не полностью, что ведет к попыткам увеличить подачу экскаватора на оборот ротора. Увеличение подачи машины приводит в свою очередь к образованию значительных по размеру кусков породы, которые не пропускает поперечный ленточный конвейер, а также больших динамических нагрузок на всю конструкцию машины.

Заглубление ротора на большую глубину в зону талой породы стабилизирует работу экскаватора, но при этом возрастают энергозатраты на черпание, а, кроме того, вынутая на поверхность талая порода склонна к быстрому смерзанию. В связи с этим использование одноковшовых гидравлических строительных экскаваторов с оборудованием обратная лопата и ковшами с дополнительными рыхлительными зубьями на днище (см. приложение 1, рис.1, рис.2), или с выдвижным рыхлительным зубом (см. приложение 1, рис.3) вполне оправдано.

Как показали производственные испытания строительных экскаваторов с рыхлительными зубьями [91] на мерзлых мелкозернистых породах производительность их составляет 10... 12 м³/ч. Необходимый объем рыхления мерзлой породы на рабочей площадке за смену при глубине промерзания 0,7 м равен производству длины блока на ширину площадки и на глубину промерзания, т.е. $41 \cdot 20 \cdot 0,7 = 574 \text{ м}^3$ - для последующей экскавации ЭКГ-17, $24 \cdot 20 \cdot 0,7 = 333 \text{ м}^3$ - для последующей экскавации ЭКГ-8И, $15,7 \cdot 20 \cdot 0,7 = 220 \text{ м}^3$ - для последующей экскавации ЭКГ-5У. Таким образом в комплекте с ЭКГ-5У должно работать 3 строительных экскаватора марки ЭО-4121 А, соответственно с ЭКГ-8И – четыре и с ЭКГ-17 - шесть. Количество экскаваторов ЭО-4121 А можно уменьшить в три раза, если разрушать промерзший слой продольными вдоль уступа траншеями, оставляя промежутки шириной несколько меньше ширины ковша карьерного экскаватора. Оставшиеся промежутки мерзлой породы легко взламываются ковшом карьерного экскаватора без образования негабарита.

2.1.5. Определение производительности роторных траншейных экскаваторов (ЭТР) при разупрочнении рабочих площадок уступов

От характера распределения температуры породы, а следовательно и удельных сопротивлений черпанию по глубине забоя, постоянно меняющихся в течение зимнего периода, существенно будет меняться и производительность ЭТР. Производительность ЭТР целесообразно определять из баланса расходуемой мощности двигателя [100]. Известно [102], что необходимая мощность двигателя $N_{дв}$ складывается из мощности, затрачиваемой на черпание N_q , на разгон породы N_p , на подъем породы N_n , на привод транспортера $N_{тр}$ и на перемещение экскаватора $N_{пр}$.

Баланс мощности будет равен:

$$N_{\text{об}} = N_{\text{ч}} + N_{\text{р}} + N_{\text{н}} + N_{\text{мп}} + N_{\text{нр}} \quad (2.10)$$

Если выразить все слагаемые мощности через техническую производительность Π , то мощность, затрачиваемая на преодоление сил инерции породы поступающей в ковш, равна:

$$N_{\text{р}} = \frac{\Pi \gamma_{\text{с}} V_{\text{р}}^2}{g \cdot 340 \cdot \eta} \text{ кВт}, \quad (2.11)$$

где Π -техническая производительность в м³/ч; $\gamma_{\text{с}}$ -объемная масса породы в плотном теле в т/м³; $V_{\text{р}}$ - скорость резания в м/с; g -ускорение свободного падения в м/с²; η -к.п.д. привода ротора.

Мощность на подъем породы ковшами, равна:

$$N_{\text{н}} = \frac{\Pi \gamma_{\text{с}}}{367 \eta} \left(\frac{H_{\text{мп}}}{2} + H_{\text{о}} \right) \text{ кВт}, \quad (2.12)$$

где $H_{\text{мп}}$ - глубина траншеи в м ; $H_{\text{о}}$ -расстояние от поверхности земли до точки выгрузки породы в м.

Мощность на привод транспортера равна:

$$N_{\text{мп}} = \frac{\kappa_{\text{л}} \omega q_{\text{л}} L V_{\text{л}}}{102 \eta_{\text{л}}} + \frac{\Pi \gamma_{\text{с}}}{367 \eta_{\text{л}}} (\omega + tg \alpha) L_{\text{р}} \cos \alpha \text{ кВт}, \quad (2.13)$$

где $\kappa_{\text{л}}$ -коэффициент, учитывающий влияние дополнительных сопротивлений; ω - приведенный коэффициент сопротивления движению ленты; $q_{\text{л}}$ -масса подвижных частей транспортера в кг/м; α -угол наклона транспортера в град; $V_{\text{л}}$ - скорость движения ленты в м/с; $L_{\text{л}}, L_{\text{р}}$ -соответственно полная и расчетная длины транспортера в м.

Необходимым условием для определения мощности на черпание мерзлой породы является знание закона распределения их крепости по глубине забоя.

Переход от закона распределения крепости породы по глубине забоя к закону распределения усилий черпания возможен с помощью зависимостей [102, 103, 99] между толщиной стружки, крепостью породы и усилием черпания.

Определение мощности на черпание может быть выполнено через работу, затрачиваемую одним ковшом при прохождении забоя. Эта работа будет равна:

$$A_p = \int_{\varphi_0}^{\varphi_1} P_{01}(\varphi) R d\varphi \text{ Нм}, \quad (2.14)$$

где $P_{01}(\varphi)$ - касательная составляющая усилия черпания, зависящая от угла поворота ковша в забое φ ; R -радиус ротора по режущим кромкам зубьев в м; φ_0, φ_1 углы поворота ковша от вертикали соответственно при входе и выходе из забоя в рад.

Допустимо принять, что $\varphi_0=0$.

При z ковшах на роторе и частоте вращения ротора n (об/с) мощность на черпание будет равна:

$$N_q = \frac{z \cdot n \cdot A_p}{102\eta} = \frac{zn \int_0^{\varphi_1} P_{01}(\varphi) R d\varphi}{102\eta} \text{ кВт}. \quad (2.15)$$

Если касательную составляющую P_{01} выразить через удельное сопротивление черпанию K , то

$$P_{01}(\varphi) = K(\varphi)F(\varphi) = K(\varphi) \frac{\delta \sin \varphi}{z} B_{mp}. \quad (2.16)$$

Мощность на черпание можно записать в виде:

$$N_q = \frac{H_{mp} B_{mp} n R \delta \int_0^{\varphi_1} K(\varphi) \sin \varphi d\varphi}{102\eta H_{mp}} = \frac{\Pi R \int_0^{\varphi_1} K(\varphi) \sin \varphi d\varphi}{367 \cdot 10^3 \eta H_{mp} \mu} \text{ кВт}, \quad (2.17)$$

где μ - коэффициент, учитывающий отношение расчетной производительности к технической; δ - подача на оборот ротора в м; H_{mp}, B_{mp} - соответственно глубина и ширина траншеи в м.

Учитывая трудоемкость подбора функциональных зависимостей для распределения удельных сопротивлений черпанию $K(\varphi)$ по глубине забоя, целесообразно применять приближенное интегрирование. В итоге формула для определения мощности на черпание будет иметь вид:

$$N_{\varphi} = \frac{PR \sum_{j=1}^m K(\varphi) \sin \varphi_j \Delta \varphi}{367 \cdot 10^3 \eta H_{mp} \mu} = \frac{PR \varphi_1 [K(\varphi) \sin \varphi]_{cp}}{367 \cdot 10^3 \eta H_{mp} \mu} \text{ кВт.} \quad (2.18)$$

Мощность на преодоление сопротивлений движению экскаватора, можно выразить также через техническую производительность:

$$N_{np} = \frac{PW_{(K)}}{367 \cdot 10^4 \eta_{\Gamma} \eta_M H_{mp} B_{mp}} \text{ кВт,} \quad (2.19)$$

где $W_{(K)}$ -сопротивление движению при работе экскаватора, частично зависящее от удельных сопротивлений черпанию, в Н; η_{Γ} - к.п.д. гусеничного движителя экскаватора; η_M - механический к.п.д. привода гусеничного движителя.

В общем виде сопротивление передвижению экскаватора можно записать:

$$W_{(K)} = W_k + P_c + P_y + P_v. \quad (2.20)$$

Слагаемое W_k есть алгебраическая сумма проекций на направление движения экскаватора касательных P_{01} и нормальных P_{02} составляющих сопротивлений черпанию на всех ковшах, одновременно находящихся в забое.

Поскольку P_{01} и P_{02} определяются посредством удельных сопротивлений черпанию, то, следовательно, и W_k есть функция от удельных сопротивлений черпанию. Что касается таких слагаемых общего сопротивления движению, как со-

противление, возникающее при взаимодействии ходовой тележки экскаватора с породой P_c , сопротивление перемещению задней опоры P_3 и сопротивление от подъема экскаватора на уклон P_y , то в литературе [101, 104] существуют вполне четкие рекомендации по их определению.

Таким образом, производительность, исходя из условия баланса мощности для ЭТР, можно выразить следующей зависимостью:

$$\Pi = \frac{N_{дв} - C_i}{A[K(\varphi)\sin\alpha]_{\varphi} + B_{(K)}} \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (2.21)$$

В этой формуле:

$$A = \frac{R\varphi_1}{367 \cdot 10^3 \eta H_{mp} \mu} + \frac{\gamma V_p^2}{g 340 \eta} + \frac{\gamma_i}{367 \eta} \left(\frac{H_{mp}}{2} + H_0 \right) + \frac{\gamma_i}{367 \eta_1} (\omega + \operatorname{tg} \alpha) L_p \cos \alpha;$$

$$B_{(K)} = \frac{W_{(K)}}{367 \cdot 10^3 \eta_1 \eta_M H_{mp} B_{mp}}; C_i = \frac{K_i \omega q L V_{л}}{102 \eta_1}.$$

Однако в выведенной формуле (2.21) производительность выражена неявно, так как в правой части уравнения удельные сопротивления $K(\varphi)$ зависят, как и производительность, от подачи. В результате этого невозможно сразу определить производительность при полном использовании мощности двигателя.

Наиболее простой метод решения заключается в последовательном приближении и сравнении. В этом случае при последовательном задании возрастающих значений подачи экскаватора, каждый раз целесообразно определять как бы условную производительность по формуле:

$$\Pi_i = \frac{3,6 \cdot 10^3 n \delta B_{mp} H_{mp}}{\mu}. \quad (2.22)$$

Затем при тех же заданных подачах определяется распределение удельных сопротивлений черпанию по забою и находится производительность Π из условия баланса мощности по формуле (2.21).

Если $\Pi_1 < \Pi$, то имеется запас мощности для реализации большей подачи, следовательно, и производительности. Если $\Pi < \Pi_1$, то мощность двигателя не обеспечивает работу с выбранной подачей. Равенство Π и Π_1 свидетельствует о том, что заданная подача и производительность являются оптимальными при данных грунтовых и климатических условиях.

С целью проверки данной методики определения производительности в течение зимнего периода был проведен расчет на примере экскаваторов марок ЭР-7Ам и ЭТР-254-01. Распределение числа ударов плотномера ДорНИИ по глубине массива принималось согласно рис. 2.4 [98].

Результаты расчета для экскаватора марки ЭР-7Ам представлены на рис. 2.5, где явно прослеживается возможность работы на модернизированном экскаваторе с большими скоростями передвижения и производительностями, чем на немодернизированном ЭР-7Ам.

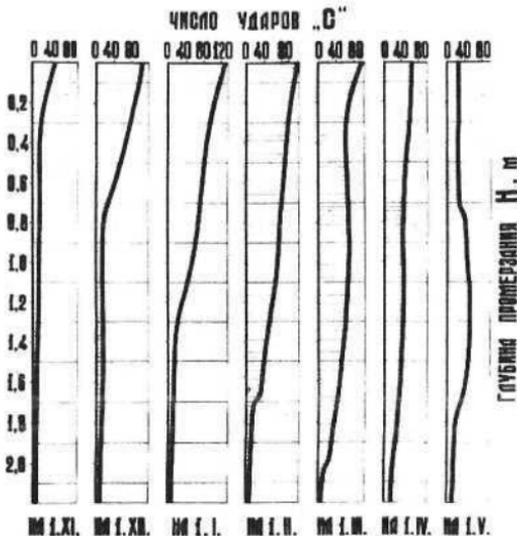


Рис. 2.4. Усредненные за 1942-98 годы графики изменения числа ударов «С» плотномера ДорНИИ по глубине промерзания по южной части Хабаровского края

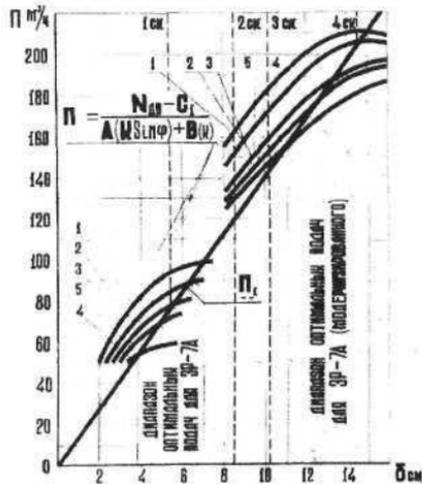


Рис. 2.5. Зависимость производительности от подачи (на примере ЭР-7Ам и немодернизированного ЭР-7А): 1- на декабрь; 2- на январь; 3- на февраль; 4- на март; 5- на апрель

Тот же результат расчета изменения оптимальной производительности для экскаваторов ЭР-7Ам и ЭТР-254-01, но в зависимости от времени зимнего периода приведен на рис. 2.6. Пунктиром на кривой 1 рис. 2.6 изображена та возможная производительность машины, которая была бы при расширении диапазона рабочих скоростей передвижения экскаватора в сторону уменьшения их значений.

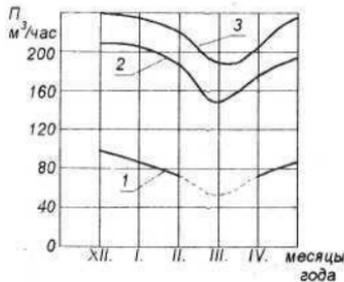


Рис. 2.6. Изменение производительности ЭТР в течении зимнего периода (г. Хабаровск): 1-ЭР-7Ам с расстановкой зубьев типа А; 2- ЭР-7Ам с расстановкой зубьев типа Б; 3- ЭТР-254-01 с расстановкой зубьев типа Б

Проведенные испытания экскаватора ЭР-7Ам в модернизированном и немодernизированном варианте подтвердили высокую надежность результатов расчета, выполняемой по предложенной методике. Так при испытании экскаватора в конце месяца марта с модернизированной расстановкой зубьев была зафиксирована возможность работы на 4-ой рабочей скорости передвижения (84 м/ч), а техническая производительность при этом достигала 180 м³/ч. Согласно расчетов (см. рис. 2.6) производительность равна 176 м³/ч. На тот же период времени была достигнута производительность экскаватора с немодernизированной расстановкой зубьев 67,7 м³/ч, а по расчетам (см. рис. 2.6) производительность равна 65 м³/ч. Наконец, экскаватор ЭТР-254-01 работал на вечномерзлых породах с С=300-400 при строительстве газопровода Уренгой-Помары-Ужгород с модернизированной расстановкой зубьев, испытанной на ЭР-7Ам, [100] с производительностью 121 м³/ч, а согласно расчетов по формуле (2.21) производительность равна 124 м³/ч.

Экскаватор ЭТР-254-01 вполне комплектуется с экскаватором ЭКГ-17. Для обеспечения работы ЭКГ-17 требуется разупрочнить рабочую площадку шириной 20 м и длиной 41 м. При площади поперечного сечения траншей 1,2×2,5=3 м² объем вынудой породы за смену в наиболее неблагоприятный период зимы (конец февраля-начало марта) должен составить 984 м³. При часовой производительности 180 м³/ч (рис. 2.6) эксплуатационная сменная производительность ЭТР-254-01 будет равна:

$$P_{\text{э.см}} = nP K_{\text{в}}, \quad (2.23)$$

где n - число часов в смене; $K_{\text{в}}$ - коэффициент использования машины по времени в смену ($K_{\text{в}} > 0,7$).

Тогда $P_{\text{э.см}} = 8 \cdot 180 \cdot 0,7 = 1008 \text{ м}^3/\text{смену}$, т.е. $P_{\text{э.см}} > 984 \text{ м}^3/\text{смену}$.

Знание изменения производительности траншейного экскаватора в зимнее время позволяет, помимо планирования сроков открытых горных работ и подбора

оптимальных комплектов машин, определять эффективность применения той или иной расстановки зубьев на рабочем органе, устанавливать более обоснованно диапазоны рабочих скоростей передвижения экскаваторов и т.д.

2.2. Технология добычных работ на россыпных месторождениях с применением бульдозерно-скреперно-рыхлительных агрегатов

Применение бульдозерно-скреперных агрегатов (БСА) и бульдозерно-скреперно-рыхлительных агрегатов (БСРА) эффективно на породах различного состояния: многолетнемерзлых с постепенным оттаиванием в течении промывочного сезона, сезонного промерзания или талых на всю глубину залегания песков. БСА и БСРА приспособлены для эксплуатации в сложных горных условиях на вскрышных и добычных работах. Эффективная дальность транспортирования горной массы с помощью БСА или БСРА достигает 300-350 м, что в несколько раз превосходит эффективную дальность транспортирования горной массы бульдозерами. При использовании БСА и БСРА возможны различные технологические схемы разработки добычных блоков, конфигурации добычного блока и расстановки промывочного оборудования в зависимости от конкретного месторождения, но наиболее рациональной для большинства случаев является схема работ с двухкрылым добычным блоком [105, 106, 107, 108] (рис. 2.7).

Отличительной особенностью предлагаемого двухкрылого блока является то [106, 107, 127], что крылья его представляют собой параллелограммы ДСВК и ВКЕЛ с равными расстояниями угловых точек от приемных бункеров с выдвиганием вперед (вверх по уклону долины) угловой точки по смежной стороне крыльев (точка В). Промывочное оборудование, состоящее из нескольких объединенных гидровашгердов 2 с приемными бункерами, гидромонитором 3 и промывочным прибором 4, расположено со стороны угловой точки по смежной стороне

снизу по уклону долины (точка К). Объединенные гидровашгерды имеют единую горловину для пульпопровода, а над приемными бункерами располагается металлическая решетка для прохода по ней БСА или БСРА. Металлическая решетка располагается на таком уровне, чтобы не препятствовать движению струи гидромонитора при выбросе гали с верхней точки лотка гидровашгерда.

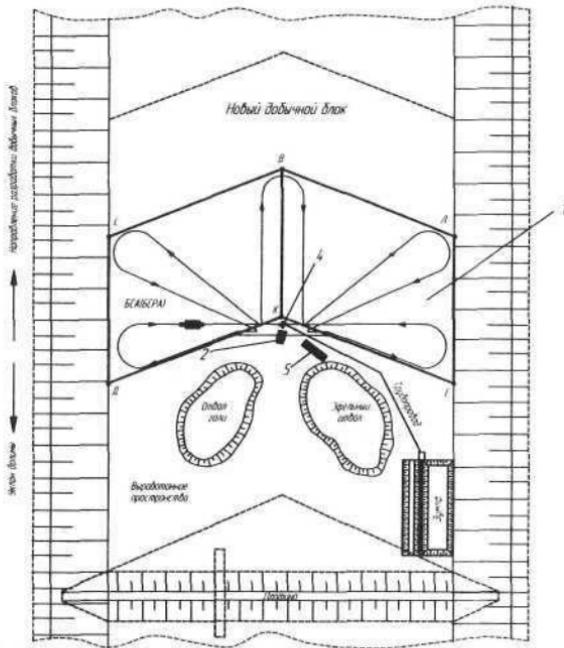


Рис. 2.7. Конфигурация добычного блока, схема разработки породы и расположения промывочного оборудования с применением БСА и БСРА

Гидромонитор установлен на специальных салазках с направляющими и имеет возможность перемещаться по направляющим, в поперечном направлении относительно оси гидровашгердов.

Разработку породы в добычном блоке осуществляют с помощью БСА или БСРА послонно по веерно-кольцевой схеме. БСА или БСРА при попеременном переходе из одного крыла добычного блока в другое каждый раз проходит по металлической решетке, высыпая породу из ковша равномерно по приемным бункерам (рис. 2.8). Число объединенных приемных бункеров выбирают из условия размыва породы гидромонитором.

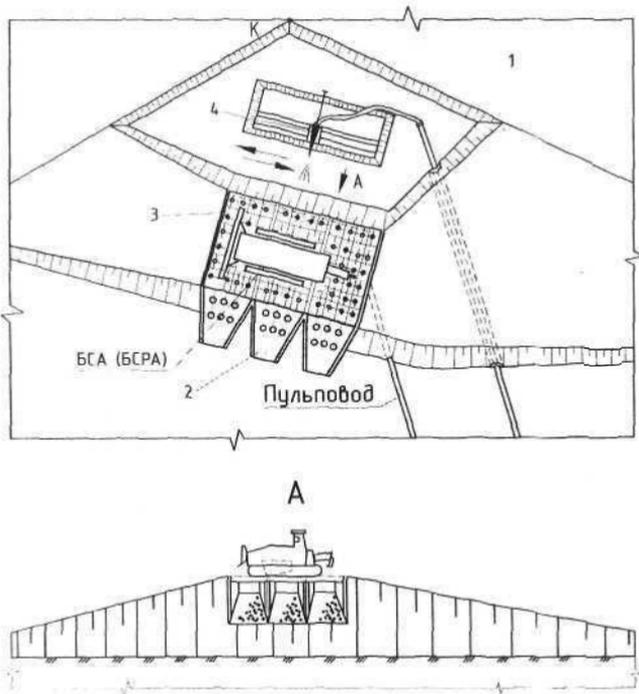


Рис. 2.8. Узел установки гидравшгердов и гидромонитора: 1- добычный блок; 2-гидравшгерд; 3- приемный бункер; 4- гидромонитор

Нижние участки добычного блока по уклону долины должны разрабатываться с некоторым опережением, чтобы избежать залива водой пространства

добычного блока. Для этой цели при оттаивании породы используют рыхление во время движения БСРА от объединенных приемных бункеров к периферийным участкам добычного блока.

Поскольку БСА или БСРА перемещают породу в скреперном ковше, а не волоком перед бульдозерным отвалом, то в этом случае сопротивление перемещению оказывается меньшим, а следовательно при одной и той же скорости движения и мощности двигателя по сравнению с бульдозером БСА или БСРА может перемещать в 2-2,2 раза больший объем породы. В связи с этим можно увеличить время цикла подачи породы в объединенные приемные бункеры, а также размеры добычного блока. Негабаритные валуны остаются на металлической решетке. С целью предотвращения потерь ценного продукта негабаритные валуны обмывают на металлической решетке струей гидромонитора, а затем удаляют с помощью отвала БСА или БСРА в выработанное пространство. После полной выработки породы в песках добычного блока осуществляется переход на разработку нового добычного блока.

Таким образом, данный способ добычных работ позволяет получить следующий технический результат:

- возможность проводить добычу на валунистых породах с большими размерами добычного блока и тем самым уменьшить число перестановок промывочного оборудования в течении сезона;
- уменьшить число горной техники, предназначенной для разработки и перемещения породы и тем самым уменьшить капитальные и эксплуатационные затраты.

Данная технология добычных работ принята к внедрению в ассоциации «Хабаровскзолото».

2.2.1. Оценка эффективности бульдозерно-скреперных и бульдозерно-скреперно-рыхлительных агрегатов при разработке россыпных месторождений

Как уже указывалось в разделе 1, большинство старательных артелей Дальневосточного региона на открытых россыпных месторождениях используют отечественные бульдозеры и бульдозерно-рыхлительные агрегаты на базе трактора Т-130Г и его модификаций [108, 109], например, ДЗ-110В, ДЗ-27С, ДЗ-117А. Теоретический объем призмы волочения этих машин составляет $2,45 \text{ м}^3$, а расчетная эксплуатационная производительность двух бульдозеров при дальности транспортирования породы 25 м каждым достигает $61 \text{ м}^3/\text{ч}$. В связи с этим бульдозеры комплектуются [110, 111] с промывочными приборами типа ПГШ-11-50, гидровашгердами ВГ-11-1200 и гидромонитором ГМН-250У. Для работы с указанным промывочным оборудованием требуется бульдозерно-скреперный агрегат (БСА) с вместимостью скреперного ковша порядка $S \dots 6 \text{ м}^3$, с тем чтобы за один цикл работы заполнять приемный бункер без излишка и не вызывать простоя машины. Незначительное изменение бортов приемного бункера вполне допустимо и не вызывает сколь-нибудь заметных затрат на модернизацию. В этом случае, с целью облегчения размыва породы гидромонитором, один из бортов приемного бункера со стороны загрузки целесообразно выполнить наклонным под углом $45\text{--}50^\circ$ к горизонту и проводить выгрузку из ковша БСА частично в бункер и частично в наклонную часть борта. Над наклонной частью борта приемного бункера необходимы направляющие для прохода гусениц БСА. По мере размыва породы в приемном бункере горную массу можно сбрасывать струей воды гидромонитора с наклонной поверхности борта. Однако, наилучшим вариантом модернизации является объединение двух гидровашгердов с металлической решеткой над прием-

ными бункерами для прохода БСА. Базой такого БСА может служить трактор Т-130Г.

Как показала опытно-конструкторская проработка машины, расширение колеи и постановка скреперного оборудования вызывает утяжеление БСА на базе трактора Т-130Г по сравнению с бульдозерами марок ДЗ-110В или ДЗ-27С ориентировочно на 50 кН.

Если БСА движется с теми же скоростями, что и бульдозер ДЗ-110В, но работает один вместо двух бульдозеров, то время цикла БСА по известной зависимости будет равно:

$$T_{ц} = \frac{l_p}{V_1} + \frac{l_n}{V_2} + \frac{l_p + l_n}{V_3} + t_c + t_{пов} + t_p, \quad (2.24)$$

где l_p - путь черпания ($l_p=26$ м); l_n - путь перемещения породы ($l_n=50$ м); V_1 - скорость машины при черпании ($V_1=0,4$ м/с); V_2 - скорость перемещения породы ($V_2=0,9$ м/с); V_3 - скорость холостого хода ($V_3=1,5$ м/с); t_c - время переключения передач ($t_c=20$ с); $t_{пов}$ - время на повороты ($t_{пов}=20$ с); t_p - время на разгрузку в приемные бункеры ($t_p=60$ с). При этих значениях время цикла равно 260 с.

Вместимость скреперного ковша БСА равна:

$$q = \frac{P_{ч.з} T_{ц}}{3600 K_n}, \quad (2.25)$$

где $P_{ч.з}$ - эксплуатационная часовая производительность двух бульдозеров ДЗ-110В ($P_{ч.з}=61$ м³/ч); K_n - коэффициент, учитывающий использование машины по времени ($K_n=0,8$).

При этих значениях вместимость скреперного ковша БСА равна 5,5 м³.

Скорость перемещения БСА вверх по уклону при полной загрузке скреперного ковша породой равна:

$$V = \frac{N1000\eta}{G(f \cos \alpha + \sin \alpha)}, \quad (2.26)$$

где f -коэффициент сопротивления движения гусеничного ходового оборудования ($f=0,1$); η - к.п.д. гусеничного движителя ($\eta=0,7$); G -полный вес БСА-5,5 с грузным ковшем ($G=320$ кН). Тогда скорость передвижения БСА вверх по уклону 10° составляет 3,38 км/ч (0,93 м/с), что вполне сопоставимо с принятой при определении времени цикла. При уклоне в 20° скорость БСА-5,5 равна 2,15 км/ч.

Полное сопротивление передвижению БСА-5,5 с грузным скреперным ковшем и с одновременным перемещением призмы волочения перед бульдозерным отвалом равно:

$$W = G_{пр}(\mu_2 \cos \alpha + \sin \alpha) + G(f \cos \alpha + \sin \alpha), \quad (2.27)$$

где $G_{пр}$ - вес призмы волочения ($G_{пр}=44,5$ кН); μ_2 - коэффициент внутреннего трения породы о породу ($\mu_2=0,53$).

Тогда W при движении БСА-5,5 вверх по уклону в 15° с грузным ковшем и призмой волочения перед отвалом составляет 146 кН, а скорость движения 2 км/ч. Окружное усилие на звездочках трактора Т-130Г составляет 162 кН, что свидетельствует о возможности преодоления БСА-5,5 уклонов 15° с заполненным скреперным ковшем и призмой волочения перед отвалом из условия потребляемой мощности и тягово-сцепных качеств машины.

При вскрытии торфов с уклоном отвалов 12° расчетная эксплуатационная часовая производительность двух бульдозеров ДЗ-110В составляет 96 м³/ч, а одного БСА-5,5 при тех же условиях-137 м³/ч. Таким образом, как на добычных так и на вскрышных работах одна машина БСА-5,5 может заменять более двух бульдозеров ДЗ-110В. Это приводит к значительной экономии по топливу, по зарплате и капитальным затратам. Уменьшение количества работающих машин ведет к улучшению экологической обстановки в районах добычи. Возможно также при-

менение упрощенной конструкции скрепер-дозерного агрегата, совмещающего отвал с ковшом [78] (см. приложение 1, рис.6). Подобные конструкции скрепер-дозерных агрегатов неоднократно и успешно эксплуатировались на различных строительных объектах.

Существующие технологии, при которых с одним промывочным прибором используется один гидровашгерд, не позволяют в большинстве случаев использовать эффективно более мощную и производительную технику.

С целью выявления преимущества БСА и БСРА перед прочими видами машин при перемещении горной массы были проведены расчеты производительности ряда машин с приблизительно равными мощностями двигателей в зависимости от дальности перемещения породы. Расчеты проводились по известным в литературе зависимостям и с применением ЭВМ. Результаты расчета представлены на рис. 2.9.

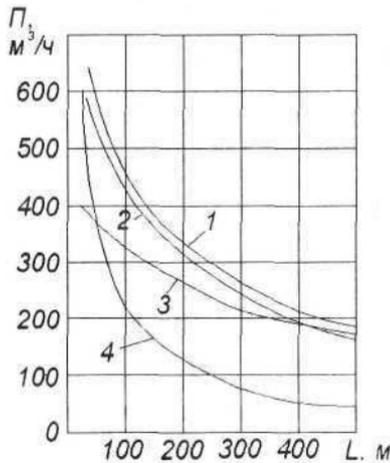


Рис. 2.9. Зависимость производительности P от дальности транспортирования породы L ; 1-БСА-25(ЗТМ-25)-скрепер-дозер ($q=25 \text{ м}^3$); 2-БСРА-15-бульдозерно-скреперно-рыхлительный агрегат ($q=15 \text{ м}^3$, $V^{\text{max}}=15 \text{ км/ч}$); 3-скрепер ДЗ-115 ($q=16 \text{ м}^3$); 4-бульдозер ДЗ-141ХЛ на тракторе Т-500

БСА и БСРА превосходят по производительности скреперы при дальности транспортировки породы до 400 метров. Бульдозеры имеют равную производительность с БСА и БСРА только при дальности транспортировки породы 20...25 м. При большей дальности транспортировки породы производительность бульдозеров по сравнению с БСА и БСРА резко падает в 2...4 раза.

БСРА из-за наличия достаточно тяжелого рыхлительного оборудования на 8...10 % уступают по производительности БСА. Однако если увеличить удельную мощность, отнесённую к ёмкости скреперного ковша, и за счёт этого повысить транспортные скорости БСРА, то экономическая эффективность использования БСРА может оказаться равной или даже несколько выше, чем у БСА. Например, если при одной и той же мощности двигателя как у БСА-25 (ЗТМ-25) 550 кВт уменьшить ёмкость ковша до 15 м^3 , то и с рыхлительным оборудованием БСРА-15 будет развивать максимальную скорость до 15 км/ч. Это позволяет, наряду с уменьшением капитальных затрат, добиться несколько большей экономической эффективности, чем у БСА-25 (рис. 2.10в).

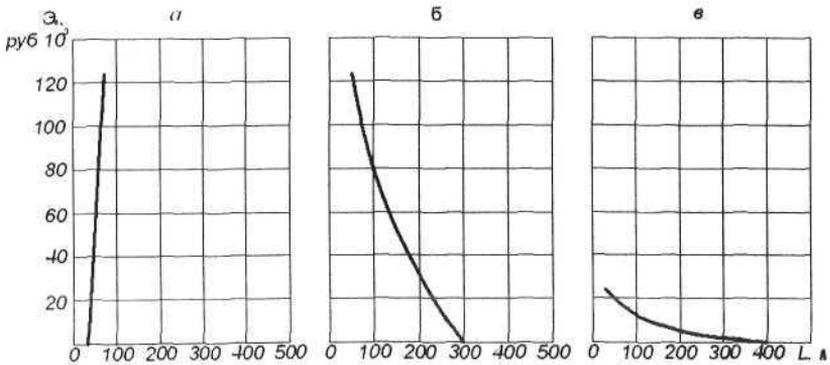


Рис. 2.10. Зависимость экономической эффективности Э_g от применения БСРА-15 вместо машин: а-бульдозер ДЗ-141ХЛ на базе трактора Т-506; б-скрепер ДЗ-115 вместимостью ковша 15 м^3 ; в-БСА-25 (ЗТМ-25)

остановка на бульдозерно-скреперные агрегаты дополнительного рыхлительного оборудования утяжеляет машину на 6,5... 10%, что приводит к увеличению энергозатрат на перемещение агрегата. Однако из-за наличия в породе многих россыпных месторождений Дальнего Востока крупных валунов, мерзлотных прослоек или мерзлого верхнего слоя постановка рыхлительного оборудования необходима. В связи с этим возникает потребность в оценке работоспособности БСРА при рыхлении породы, бульдозировании и скреперовании.

Как уже доказывалось ранее расчётным путём скрепер-дозерные агрегаты могут одновременно перемещать породу перед бульдозерным отвалом и в скреперном ковше вверх по уклону до 15° . Для БСРА характерны следующие расчётные соотношения между отдельными сопротивлениями: сопротивление перемещению призмы волочения в 2,8...2,9 раза больше, чем сопротивление, связанное с перемещением породы в ковше и в 14...19 раз больше, чем сопротивление, связанное с перемещением массы рыхлительного оборудования. Объём породы в призме волочения в 1,7... 1,8 раза меньше, чем объём породы в ковше. Если уменьшить в процессе черпания и перемещения породы объём призмы волочения перед бульдозерным отвалом всего на 1/18...1/19 часть, то это уменьшение компенсирует затраты мощности на перемещение рыхлительного оборудования.

Рыхление породы целесообразно проводить при движении БСРА от гидровашгердов к периферийным участкам добычного блока, когда породы нет перед бульдозерным отвалом и в скреперном ковше. Аналогично на вскрышных работах рыхлительную операцию целесообразно проводить при движении машины от отвала к формируемому добычному блоку.

Постановка рыхлительного оборудования на БСА имеет наряду с утяжелением машины и некоторые положительные стороны, в частности, на более тяжёлой машине можно реализовать большие усилия заглупления и выглупления рыхлительных зубьев, что имеет существенное значение при разработке крепких пород.

При известном тяговом усилии БСРА, было получено, что БСРА-25 (ЗТМ-25) обеспечивает глубину рыхления 90...180 см, если крепость породы, оцениваемая по числу ударов С плотномера ДорНИИ, изменяется от 100 до 200. Для БСРА-15 (ДЗ-194) соответственно глубина рыхления изменяется от 66 до 112 см, а для БСРА-5,5 от 35 до 71 см. Эти глубины рыхления вполне приемлемы, так как превышают максимальную толщину стружки при черпании как отвалом бульдозера, так и ковшом скрепера.

2.2.2. Определение размеров добычных блоков при транспортировании песков к приемным бункерам гидровашгердов с помощью БСА (БСРА)

Рассчитать площади, а следовательно и размеры двухкрылых добычных блоков при использовании БСА на базе тракторов Т-130Г, Т-330 и Т-500 несложно, если промывочное оборудование задано и неизменно, например, прибор ПГШ-11-50, гидровашгерд ВГ-11-1200 и гидромонитор ГМН-250У. Используя формулу (2.26) и принимая скорость движения 0,93 м/с вверх по уклону 10°, можно определить полный вес БСА: на базе Т-130 Г он будет равен 320 кН; на базе Т-330 равен 700 кН и соответственно на базе Т-500 равен 1020 кН. Зная собственный вес базовых тракторов и бульдозерного оборудования и принимая соотношение между весом породы в ковше и весом дополнительного скреперного оборудования 1,6...1,7 можно высчитать вместимость скреперных ковшей соответственно:

$$q = 5,5 м^3 (Т-130 Г); q = 10 м^3 (Т-330); q = 15 м^3 (Т-500).$$

Если принять производительность гидровашгердов 61 м³/ч (см. 2.2.1), то по формуле (2.25) можно определить и время цикла БСА, которое для БСА-5,5 равно 260 с, соответственно для БСА-10 $T_{ц}=410$ с, а для БСА-15 $T_{ц}=700$ с.

По формуле (2.23) можно определить путь перемещения песков l_n , если принять время на разгрузку породы в приемные бункеры 60 с, время переключения передач 20...30 с и время на поворот 20...30 с.

Тогда путь перемещения l_n для БСА-5,5 равен 50 м, для БСА-10 равен 146 м и для БСА-15 равен 310 м. Как известно площадь параллелограмма с равными сторонами равна площади квадрата с равновеликой стороной. Тогда площадь двухкрылого добычного блока с конфигурацией описанной в параграфе 2.2 будет равна $2l_n^2$.

Площадь двухкрылых добычных блоков для БСА-5,5, БСА-10 и БСА-15 будут соответственно равны 5000 м^2 , 42500 м^2 , 192000 м^2 .

Изменение пути перемещения песков l_n , равное расстоянию от угловых точек крыла блока до приемных бункеров, а также изменение площади двухкрылого добычного блока F , в зависимости от мощности двигателя бульдозера или БСА представлена на рис. 2.11 и рис. 2.12.

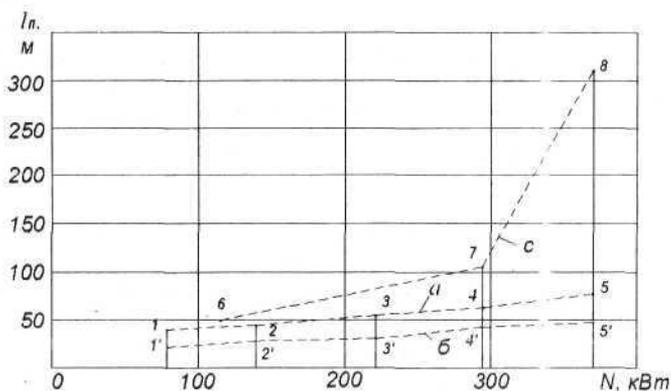


Рис. 2.11. Условные зависимости пути перемещения песков l_n к приемным бункерам от мощности двигателя бульдозера или БСА: *а* — по Емельянову В.И. при $l_n \approx 2l_{sp}$ точки 1,2,3,4,5 соответственно для бульдозеров на базе тракторов Т-100М, Т-180, ДЭТ-250, Д9Ж, Т-500); *б* — тоже по Емельянову В.И. но при $l_n \approx l_{sp}$; *с* — БСА (точки 6,7,8 соответственно для БСА-5,5, БСА-10, БСА-15)

Строгой функциональной зависимости между l_n и N нет, однако, с увеличением N явно прослеживается возрастание l_n . Для БСА l_n возрастает более ускоренно, чем для бульдозеров. Емельянов В.И. [52, 112] определяет размеры добычного блока исходя из среднего пути перемещения песков к приемным бункерам $l_{ср}$. Эта методика может быть пригодна в том случае, если несколько бульдозеров работает на добычном блоке. Если на добычном блоке работает одна машина, то размеры блока необходимо рассчитывать по максимальному расстоянию от угловых точек блока до приемных бункеров, а не по среднему пути перемещения. Время цикла работы бульдозера или БСА при зачерпывании породы в наиболее удаленных угловых точках блока должно быть равно времени цикла работы гидровашгердов. Если это условие не соблюдать, то промывочное оборудование будет периодически простаивать.

Рекомендуемые комплекты БСА и промывочного оборудования приведены в таблице 1.

Таблица 1

Комплекты БСА (БСРА) и промывочного оборудования

БСА (БСРА)	Число БСА (БСРА)	Базовый трактор	Гидроваш- герд	Число гидроваш- гердов	Промывоч- ный прибор	Гидромони- тор
БСА-5,5	1	Т-130Г	ВГ-11-1200	2	ПГШ-11-50	ГМН-250У
БСА-10	1	Т-330	ВГ-11-1200	4	ПГШ-11-50	ГМН-250У
БСА-10	1	Т-330	ВГ-1700	3	ПГШ-11-50	ГМН-350
БСА-15	1	Т-500	ВГ-1700	4	ПГШ-11-50	ГМН-350

Зависимости F от N (рис. 2.12) идентичны зависимостям l_n от N , поскольку площадь двухкрылого добычного блока определялась по формуле $F = 2l_n^2$.

Эти зависимости показывают преимущество БСА перед бульдозерами на добычных работах. При равной мощности двигателей бульдозеров и БСА площадь добычного блока при использовании БСА вместо бульдозеров может быть увеличена от 6-ти до 60-ти раз.

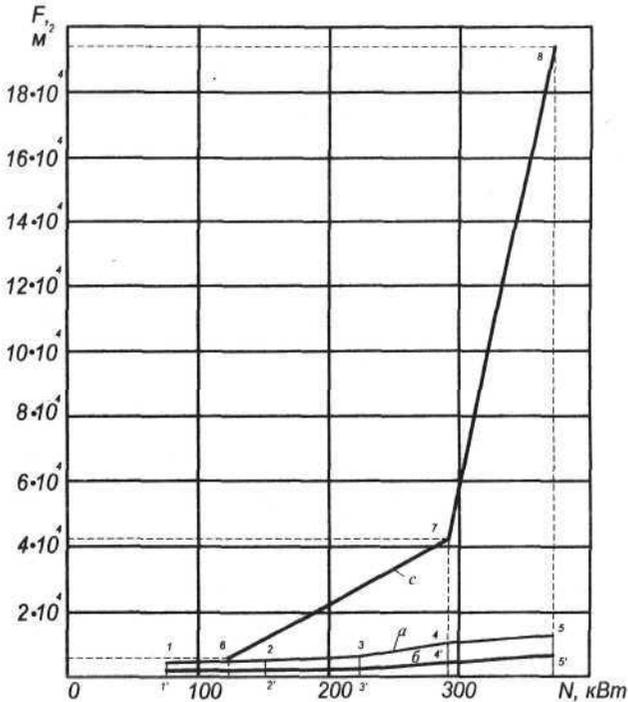


Рис. 2.12. Зависимость площади двухкрылого добычного блока от мощности двигателя бульдозера или БСА: *а*- по Емельянову В.И. при $l_n \approx 2l_{cp}$ (точка 1,2,3,4,5 соответственно для бульдозеров на базе тракторов Т-100М, Т-180, ДЭТ-250, Д9Ж, Т-500); *б*- тоже по Емельянову В.И. но при $l_n \approx l_{cp}$; *с*- БСА (точки 6,7,8 соответственно БСА-5,5, БСА-10, БСА-15)

2.3. Усовершенствование технологии вскрышных и добычных работ с применением выемочных машин непрерывного действия фрезерного типа и скреперов

Прогрессивность безвзрывных, поточных технологий с применением выемочных машин непрерывного действия фрезерного типа подтверждена мировой практикой [20, 21, 22, 24].

По основным техническим характеристикам выемочные машины непрерывного действия фрезерного типа значительно превосходят все существующие горные машины (рис. 2.13), предназначенные для выемки и погрузки горной массы. При одной и той же производительности по выемке и погрузке горной массы выемочные машины фрезерного типа имеют вес в несколько раз меньше, чем роторные и карьерные экскаваторы. Установленная мощность на карьерных экскаваторах значительно больше, чем у выемочных машин фрезерного типа SM и КСМ при равной производительности.

На открытых горных работах выемочные машины фрезерного типа работают в большинстве случаев в комплекте с автосамосвалами [113, 22]. Однако, поточные технологии эффективны при сочетании выемочных машин фрезерного типа с межступными перегружателями, с помощью которых погрузка горной массы происходит практически непрерывно в железнодорожный транспорт.

Несмотря на значительные преимущества поточных технологий с применением выемочных машин фрезерного типа по сравнению с традиционными, возможно дальнейшее повышение их эффективности за счет устранения ряда недостатков, к которым следует отнести:

- простой автотранспорта под загрузкой около выемочной машины;

- простой выемочной машины во время отхода загруженного автосамосвала и подхода очередного автосамосвала под загрузку;

- непригодность фрезерного оборудования выемочных машин для работы на слабых связных вскрышных породах (суглинках, глинах), находящихся как в талом так и в мерзлом состояниях.

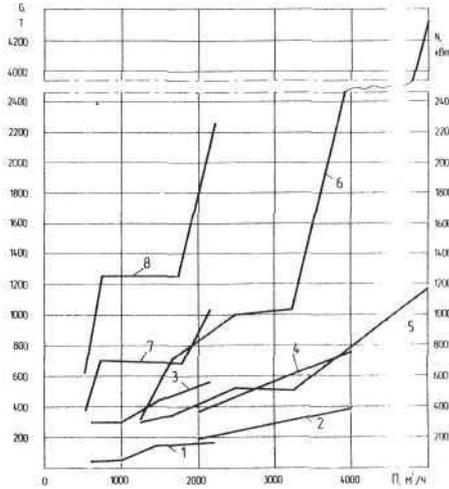


Рис. 2.13. Зависимость массы G и мощности N горных машин от производительности P :
 1,2,6,7-изменение G от P соответственно для выемочных машин SM , KCM , $ЭР$, $ЭКГ$; 3,4,5,8- изменение N от P соответственно для выемочных машин SM , KCM , $ЭР$, $ЭКГ$

В значительной мере уменьшить простой автотранспорта под загрузкой около выемочной машины и простой самой выемочной машины можно за счет применения прицепного бункера к выемочной машине. В этом случае бункер загружается ленточным конвейером выемочной машины, а автотранспорт загружается из бункера без остановки выемочной машины. Известно [22, 113], например, что загрузка автосамосвала БелАЗ-540 (емкость кузова 11 м^3) комбайном 3000

SM (при производительности на добыче угля 470-560 т/ч) составляет от 1,5 до 2,2 мин, составляя в среднем 1,8 мин. Время обмена автосамосвалами составляло 20-40 сек. Еще пример. Комбайн 2100 SM (при производительности 320-370 т/ч) загружает автосамосвал БелАЗ-548 (40 т) при добыче доломитов 5,3-6,5 мин, а время на замену автосамосвалов составляет 0,5-1,2 мин. Во время замены автосамосвалов комбайны простаивают и производительность их снижается на 12-28%, составляя в среднем 20%. Как правило комбайны работают в комплекте с 3-5 автосамосвалами, количество которых зависит от их грузоподъемности и дальности транспортировки породы. Однако, независимо от грузоподъемности и дальности транспортировки породы, один из автосамосвалов практически постоянно простаивает под загрузкой. Наличие бункера у комбайна позволяет уменьшить количество транспортных средств на одну единицу, что также повышает эффективность выполнения работ.

На рис. 2.14 представлена технологическая схема работы выемочной машины с бункером и загрузка автосамосвала породой из бункера.

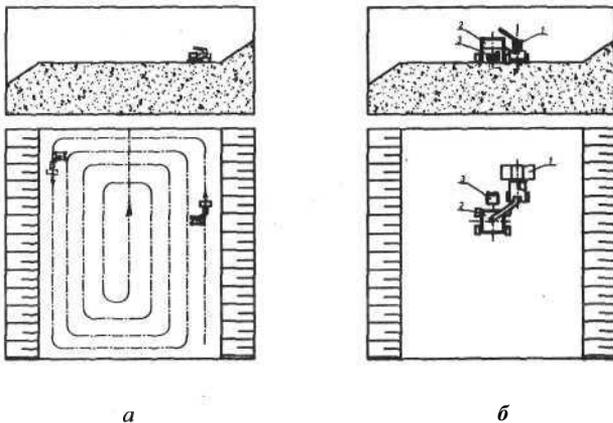


Рис. 2.14. Технологическая схема работы выемочной машины с бункером (а) и загрузка автосамосвала породой из бункера (б): 1- выемочная машина; 2- бункер с приводными колесами; 3- автосамосвал

Другой вариант повышения эффективности послойно-полосовых технологий с применением выемочных машин непрерывного действия фрезерного типа это замена автосамосвалов или землевозов (углевозов) на скреперы с удлиненными ковшами и наличием интенсификаторов загрузки ковша при черпании породы [76, 114, 77, 128], конструкция которых представлена на рис. 7,8 и 9 (см. приложение 1).

На рис. 2.15 приведена технологическая схема открытых горных работ с применением выемочных машин фрезерного типа и скреперов. Такая технология [115] вполне оправдана на вскрышных работах, а также добычных при незначительном угле падения залежи полезных ископаемых и достаточной мощности пластов. По этой технологии на рабочих площадках уступов работают выемочные машины фрезерного типа, которые разрыхляют породу фрезой и укладывают ее с помощью горизонтального ленточного конвейера или с помощью горизонтального и наклонного поворотного конвейеров определенным слоем и полосой. Скреперы с удлиненными ковшами и интенсификаторами загрузки зачерпывают разрыхленную породу и транспортируют ее во внутренние или внешние отвалы. Эта технология работ позволяет исключить простои выемочной машины при замене транспортного средства и простои транспортного средства под загрузкой.

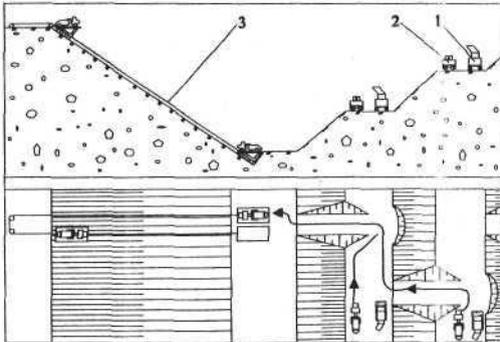


Рис. 2.15. Технологическая схема открытых горных работ с применением машин фрезерного типа 1, скреперов 2 и наклонных подъемников 3

Работа скреперов с длинными ковшами и интенсификаторами загрузки в комплекте с выемочными машинами фрезерного типа позволяет повысить эффективность открытых горных работ в течении летнего и зимнего периода года в 1,5...2 раза по сравнению с технологией связанной с буровзрывным рыхлением и комплектом экскаватор-автосамосвал, которая чаще всего применяется в Дальневосточном регионе. Скреперы при этом становятся всесезонными машинами, поскольку зачерпывают разрыхленную талую или мерзлую породу. При перепаде верхнего и нижнего горизонтов в карьере более 250-270 м возможна постановка наклонных подъемников для транспортных средств, которые в значительной мере снижают дальность транспортирования породы.

Фрезы выемочных машин непрерывного действия оборудованы зубьями с узкой по ширине и овальной по форме режущей кромкой. Такие зубья обеспечивают высокое удельное давление на забой, что позволяет разрушать очень крепкие породы. Однако, такие зубья мало приспособлены для фрезерования слабых связных (суглинков, глин) пород, как в талом, так и мерзлом состоянии. Эти зубья нарезают узкие канавки в забое, оставляя целики породы между канавками. Это связано с тем, что на связных однородных мелкозернистых породах развал прорези незначителен или совсем отсутствует. Соприкосновение корпуса фрезы с целиками породы в забое приводит к стопорению выемочной машины. При работе на связных породах необходимы зубья фрезы с широкой режущей кромкой, при этом режущие кромки всех зубьев, вынесенные условно на одну образующую, должны перекрывать ее без промежутков между собой. Используя теоретические зависимости для определения сопротивления резанию мерзлых пород [99], можно определить потребную мощность на рабочем органе при ступенчато-шахматной расстановке зубьев и трехкратном повторении ее по ободу рабочего органа. Значение потребной мощности приведены в таблице 2.

Результаты расчетов свидетельствуют (таблица 2) о принципиальной возможности работы машин послонного фрезерования на вскрышных мерзлых мел-

козернистых породах, а также на мерзлых породах с 20% содержанием каменистых включений размером 10-15 см.

Таблица 2

Значение установленной и потребных мощностей на рабочем органе машин фрезерного типа при работе на мерзлых мелкозернистых породах

Марка машины	Установленная мощность на рабочем органе, кВт	Потребная мощность на рабочем органе при работе на однородных мелкозернистых мерзлых породах, кВт	Потребная мощность на рабочем органе на мерзлых породах с 20% содержанием каменистых включений, кВт
КСМ-2000	370	238	365
КСМ-4000	740	475	734
КСМ-2000К	1100	510	890
3500SM	450	290	443
4200SM	550	352	544

2.4. Повышение эффективности вскрышных работ на мелкозернистых талых породах с применением скреперов

Существенного повышения эффективности вскрышных работ на мелкозернистых талых породах (песок, супесь, суглинок, глина) без крупных каменистых включений, например угольные разрезы, может быть достигнуто путем применения скреперов увеличенной грузоподъемности. Если грузоподъемность возрастает за счет удлинения ковша и применения интенсификаторов загрузки в виде промежуточных подгребающих стенок, то соотношение веса скрепера к емкости ковша G/V_k уменьшается (таблица 3).

Данные, приведенные в таблице 3, получены путем увеличения длины ковша L_k базового для расчета скрепера ДЗ-107 до значений L'_k , которые соответственно принимались равными: L_k ; $1,5L_k$; $2,0L_k$; $2,5L_k$, а также тяговых расчетов в транспортном режиме и прочностных расчетов рабочего оборудования скрепера.

Таблица 3

Характеристики удлиненных ковшей с интенсификатором загрузки в виде промежуточной подгребающей стенки (базовый скрепер ДЗ-107)

L'_k / L_k	Вес скрепера G, кН	Геометрическая емкость ковша V_k , m^3	G / V_k , кН/ m^3
1,0	750	25,0	30
1,5	863	34,8	25
2,0	971	44,6	22
2,5	1080	54,0	20

Для автосамосвалов соотношение G / V_k между массой (в тоннах) машины и геометрическим объемом кузова (m^3) меньше, чем у скреперов, и составляет 1,1-2,0. Меньшие значения G / V_k соответствуют большим моделям автосамосвалов. В связи с этим автосамосвалы развивают при транспортировке породы и холостых пробегах большую скорость чем скреперы. Однако, время простоя автосамосвалов под загрузкой с помощью карьерного одноковшового экскаватора больше, чем время черпания породы скреперами. Кроме того, при оценке себестоимости производства работ и экономической эффективности необходимо учитывать затраты, связанные с работой одноковшового экскаватора при загрузке автосамосвала, и бульдозера на планировочных работах в отвалах, которые при работе скреперов отсутствуют. В конечном итоге удельные приведенные затраты на выполнение вскрышных работ скреперами меньше, чем с помощью автосамосва-

лов, одноковшовых экскаваторов и бульдозеров, если дальность транспортировки породы не превышает 3,5 км. Для примера на рис. 2.16 приведены результаты расчёта удельных приведённых затрат на выполнение вскрышных работ с помощью двух комплектов машин. Первый комплект состоит из скреперов с длинными ковшами ёмкостью 54 м^3 , оснащёнными интенсификаторами загрузки в виде подгребающих стенок. Второй комплект состоит из одноковшового экскаватора ЭКГ-8И, автосамосвалов Бела3-7519 грузоподъёмностью 110т, а в качестве планировщика отсыпаемой породы был принят бульдозер ДЗ-126А (базовый трактор ДЭТ-250М). Транспортировка породы осуществляется вверх по уклону в 4° , при этом коэффициент сопротивления качению колёс принят 0,05. Производительность по экскавации и перемещению породы обоими комплектами машин была принята одинаковой. Количество скреперов и автосамосвалов изменялось в зависимости от дальности перемещения.

Из графиков, представленных на рис. 2.16, следует, что комплект, состоящий из скреперов, экономичнее комплекта с автосамосвалами при дальности транспортировки породы до 3,5 км.

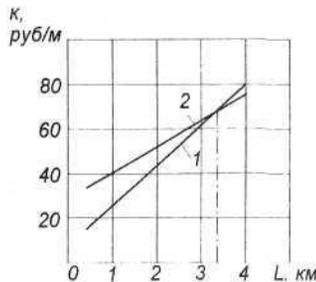


Рис. 2.16. Зависимости удельных приведенных затрат K на выполнение вскрышных работ от дальности перемещения породы L : 1- комплект скреперов; 2- комплект экскаватор-автосамосвал-бульдозер

Следует отметить, что среднее расстояние транспортирования породы редко превышает 3,5 км. Из большого количества ГОК, МК, автобаз, ВМК можно ука-

зять лишь Сорский МК (3,58 км), Михайловский ГОК (3,63 км), Магнитогорский МК (4,73 км), Жайремский ГОК (3,63 км), где среднее расстояние транспортирования породы несколько превышает 3,5 км [8].

- 2.5. Повышение эффективности вскрышных и добычных работ на крепких породах с применением взрыва, одноковшовых гидравлических экскаваторов, скреперов с повышенной вместимостью ковша и бульдозерно-скреперных агрегатов

Выемочные машины непрерывного действия фрезерного типа могут быть успешно использованы на породах до коэффициента крепости $f=8$, что соответствует IIIа категории по шкале М.М. Протодяконова. При большей крепости возникает необходимость применять взрывной способ для подготовки горной породы к выемке и первичной переработке. В настоящее время появились прогрессивные технологии ведения взрывных работ, из которых наибольший интерес с экономической и экологической точки зрения представляет взрывание в искусственно созданном мобильным устройством двухстороннем демпфирующем зажиме [116]. При взрыве в глубокозажатой среде увеличивается содержание в горной массе фракций размером 500 мм с 70 до 90%, что повышает производительность экскаватора в 2-2,5 раза [117]. Измельчение породы при взрыве до фракций, основная масса которых имеет размер не более 500...600 мм, позволяет применить для выемки и транспортировки скреперы с повышенной емкостью ковша и наличием интенсификаторов загрузки в виде промежуточных подгребающих стенок. Такие скреперы [77, 76, 114] (см. приложение 1 рис.7, рис.8, рис.9) могут работать самостоятельно, т.е. без комплектации с другими машинами, если взрыв производится на нижнем горизонте карьера или со стороны рабочих площадок. При взрыве уступов скреперы могут работать в комплексе с карьерным экскаватором.

Гидравлические карьерные экскаваторы с поворотными раскрывающимися ковшами [75, 74, 118] (см. приложении 1, рис.10) предпочтительнее по сравнению с экскаваторами с гибкой подвеской рабочего оборудования. Это преимущество заключается в реализации больших удельных усилий на породу и расширении технологических возможностей при черпании. Кроме того, раскрывающиеся поворотные ковши позволяют в 3-4 раза сократить время разгрузки по сравнению с нераскрывающимися ковшами. Раскрывающиеся ковши с эксцентрическим закреплением козырька позволяют дополнительно уменьшить вес и габариты механизма раскрывания и тем самым увеличить вместимость ковшей и производительность экскаватора.

На рис. 2.17 представлена технологическая схема отработки взорванного уступа скреперами с удлинёнными ковшами и интенсификаторами загрузки в комплекте с гидравлическим карьерным экскаватором, имеющим раскрывающийся ковш.

Работа скреперов удлинёнными ковшами в комплекте с одноковшовым экскаватором после взрыва породы в уступе возможна по различным вариантам:

- с загрузкой ковша скрепера одноковшовым экскаватором;
- с зачерпыванием скрепером породы уложенной полосой одноковшовым экскаватором;
- с частичным зачерпыванием породы ковшом скрепера и с последующей дозагрузкой ковша с "шапкой" одноковшовым экскаватором.

Работа машин по первому варианту связана с длительной по времени загрузкой ковша скрепера. Например, расчетное время загрузки скрепера с удлинённым ковшом с емкостью 54м^3 гидравлическим карьерным экскаватором ЭГО-6 составляет 210 секунд, в то время как расчетное время зачерпывания породы самим скрепером, оборудованным интенсификатором в виде промежуточной гребной стенки, составляет 61 секунду. Кроме того следует учесть простои экскаватора при замене очередного скрепера, которое составляет 20...40 секунд. Работа

комплекта экскаватор-скрепер по второму варианту не связана с простоями скреперов и экскаватора. В данном случае нет жесткой технологической связи между работой скрепера и экскаватора. Необходимо только одно, чтобы до подхода очередного скрепера была отсыпана полоса породы достаточной длины и более или менее ровным слоем. Формирование этой полосы может быть начато сразу же вслед за скрепером, зачерпывающим породу. Отсутствие простоев скреперов и экскаватора позволяет уменьшить количество скреперов на единицу, даже в том случае, если повысить производительность экскаватора за счет применения ковшей с эксцентрическим закреплением козырька (рис. 2.18).

Третий вариант работы комплекта экскаватор-скрепер является комбинированным между первым и вторым вариантами и может быть применен в том случае, если по каким-либо причинам заполнение ковша скрепера путем зачерпывания с высоким коэффициентом заполнения затруднено, например из-за наличия в породе крупных каменистых включений (более 600 мм).

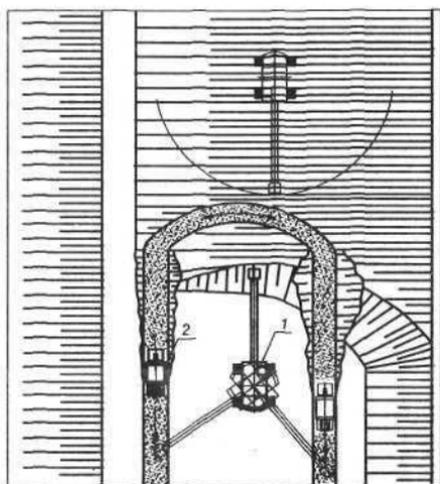


Рис. 2.17. Технологическая схема отработки взорванного уступа скреперами с удлиненными ковшами и интенсификаторами загрузки в комплекте с гидравлическим карьерным экскаватором: 1- карьерный гидравлический экскаватор; 2- скрепер

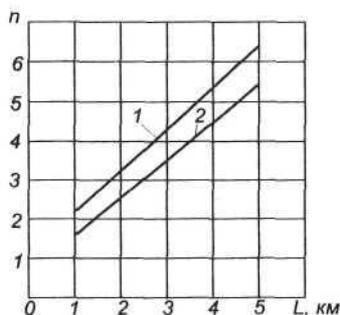


Рис. 2.18. Зависимость числа скреперов n с емкостью ковша 54 м^3 в комплекте с экскаватором ЭГО-6 от дальности транспортировки L : 1- загрузка скреперов экскаватором; 2- самозагрузка породы скреперами

Другой вариант работы большегрузных скреперов с ППС на зачерпывании и транспортировке взорванной горной массы может быть в комплекте с бульдозерно-скреперными агрегатами (БСА). В этом случае БСА (рис. 2.19) производят развловку взорванной горной массы по рабочей площадке уступа и выравнивают (планируют) взорванную горную массу с целью прохода по ней скреперов.

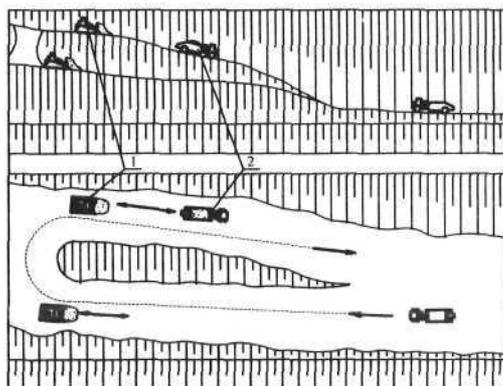


Рис. 2.19. Технологическая схема выемки и транспортировки взорванной породы на уступе карьера с помощью бульдозерно-скреперных агрегатов (1) и большегрузных скреперов с ППС (2)

Одно из существенных преимуществ работы БСА и скреперов в данной технологической схеме является то, что оба типа машины осуществляют зачерпывание породы под уклон. Это обстоятельство значительно снижает энергозатраты и необходимую силу тяги на выемку и зачерпывание породы.

Производительность БСА (ЗТМ-25) можно определить исходя из времени зачерпывания ковша и набора призмы волочения, а также времени разгрузки ковша и отсыпки ровным слоем призмы волочения.

Путь набора скреперного ковша БСА составляет (при ширине захвата 3 м и глубине зачерпывания 0,4 м) 21 метр. Скорость движения машины в процессе черпания не превышает 2-х км/ч. Тогда время черпания составляет 38 секунд. Объем призмы волочения при ширине отвала 6,27 м и высоте 1,9 м будет равен:

$$V_{\text{пр}} = \frac{H^2 \cdot L}{2 \cdot K_{\text{пр}}} = \frac{1,9^2 \cdot 6,27}{2 \cdot 1,2} = 9,4 \text{ м}^3.$$

Путь набора призмы волочения перед бульдозерным отвалом при толщине стружки 0,2 м составляет 8 м. Время формирования призмы волочения при скорости движения 2 км/ч составляет 15 секунд. Общее время набора породы 53 секунды. Если угол падения отсыпаемой породы по рабочей площадке составляет 10°, то путь перемещения вместе с загрузкой и разгрузкой равен 98 м (при высоте уступа 17 м). Перемещение породы в ковше и в призме волочения возможно при скорости 4 км/ч. Тогда оставшийся путь перемещения и разгрузки 69 м БСА пройдет за 62 секунды.

Время холостого хода при скорости 9 км/ч БСА пройдет за 40 секунд. Общее время цикла БСА составляет 160 секунд.

Если емкость скреперного ковша $q(25 \text{ м}^3)$, число часов в смене 8, а коэффициент использования машины по времени $\kappa_n=0,85$, то производительность БСА (ЗТМ-25) равна

$$P_{\text{с.м}}^{\text{БСА}} = \frac{\kappa_n (q + V_{\text{пр}}) \cdot 3600 \cdot 8}{T_{\text{ц}}} = \frac{(25 + 9,4) \cdot 3600 \cdot 8}{160} = 5300 \text{ м}^3/\text{смену}.$$

Сменная эксплуатационная производительность 10-ти скреперов ДЗ-107 М с ППС и ёмкостью ковша 47 м^3 составляет $10200\text{ м}^3/\text{смену}$.

Таким образом два БСА (ЗТМ-25) по производительности комплектуются с 10-ю скреперами ДЗ-107 М.

Некоторое превышение производительности БСА (ЗТМ-25) над скреперами может быть компенсировано выполнением объездной дороги на уклоне для скреперов, а также удаления возможных негабаритных кусков породы с уступа.

3. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ И ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРЕДЛАГАЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

3.1. Экологическое обоснование

Экологическое обоснование целесообразно провести по отдельным технологиям.

Безвзрывная технология вскрышных работ в зимний период на угольных разрезах, а также и на других горных выработках, где вскрышной слой состоит из слабых по прочности пород, имеет целый ряд с экологической точки зрения положительных сторон. Прежде всего отсутствует загрязнение территории самого карьера, прилегающих к карьере территорий, воздушного и водного бассейнов вредными пылегазовыми выбросами, образующимися при взрыве. В практике производства взрывных работ на карьерах до настоящего времени отсутствуют эффективные способы и средства борьбы с пылегазовым облаком, которое распространяется [11] до 15 километров от места взрыва.

Во-вторых, отсутствует вредное воздействие взрыва на окружающую среду, инженерные сооружения и человека, проявляющееся в сейсмическом воздействии, воздействии ударной волны и поражении разлетающимися кусками взорванной горной массы. Необходимость защиты от сейсмического воздействия возникла в последние годы в связи с практикой ведения массовых взрывов, при которых массы одновременно взрываемых зарядов взрывчатых веществ повышаются с 20-30 до 500-1000 тонн.

В-третьих, отсутствуют огромные опасные зоны, требующие их охраны. В частности, на Лучегорском и Богучанском угольных разрезах практикуют массо-

вые взрывы всего уступа, длина которого может достигать более одного километра.

На россыпных месторождениях, разработка которых ведётся бульдозерным способом, можно улучшить экологическую ситуацию путём замены каждой пары бульдозеров одним бульдозерно-скреперным или бульдозерно-скреперно-рыхлительным агрегатом. При равной мощности двигателей бульдозера и БСА (БСПА) выброс в атмосферу вредных выхлопных газов сокращается вдвое. Если учесть, что все ядовитые вещества в выхлопных газах в конечном итоге оседают на почву и водные бассейны, то в результате указанной замены машин можно снизить степень загрязнения окружающей среды вдвое. Кроме того, отработанные в трансмиссиях машин масла или сжигаются или сливаются в приямки. И в том и в другом случае происходит загрязнение окружающей среды. С уменьшением количества машин вдвое на разработках россыпных месторождений сокращается пропорционально и степень загрязнения от этого фактора.

При послыбно-полосовой технологии разработки месторождений с применением выемочных машин фрезерного типа основным фактором загрязнения окружающей среды является пыль, которая образуется при фрезеровании породы рабочим органом и выгрузке породы с ленточного конвейера в транспортные средства. Отчасти уменьшить пылеобразование можно за счёт агрегатирования выемочной машины с бункером. Бункер достаточно просто оснастить защитными кожухами в зоне выгрузки породы с ленточного конвейера в бункер и в зоне выгрузки породы из бункера в кузов транспортных средств. Защитные кожухи от пыли, можно поставить и на фрезерный рабочий орган.

Предохранить кабины машинистов, а также воздухозаборные устройства двигателей машин можно за счет применения устройств для непрерывной очистки воздуха [119, 120, 121] (см. приложение 1, рис.11, 12, 13), конструкции которых были разработаны и реализованы, а внедрение в производство осуществлялось Ленинградским научно-исследовательским институтом химических волокон и композиционных материалов.

Рекультивация земель после горных выработок заканчивается укладкой ровным слоем почвенного слоя, который перед выработкой предварительно снимается и складывается. Обычно укладка почвенного слоя осуществляется скреперами. Однако большинство скреперных ковшей оборудованы средним выступающим ножом, который резко снижает планирующую способность скрепера. В этом случае при планировке следует дополнительно использовать автогрейдеры. Альтернативным решением может быть использование скреперов с регулируемым выступающим средним ножом [122] (см. приложение 1, рис.14). В процессе черпания выступающий средний нож выдвинут вперед, способствуя заполнению ковша породой, а при отсыпке выступающий нож отводится назад за режущую кромку жестко закрепленных ножей, общая длина которых равна ширине ковша.

3.2. Экономическое обоснование предлагаемых технологий открытых горных работ

Эффективность добычных и вскрышных работ на открытых россыпных месторождениях может быть достигнута за счет применения бульдозерно-скреперных агрегатов (БСА) с соответствующей емкостью скреперного ковша. Если применить БСА-5.5 с емкостью скреперного ковша $5,5 \text{ м}^3$ на базе трактора Т-130 Г, то такой агрегат может по производительности заменить два бульдозера ДЗ-110 В на базе трактора Т-130 Г. Доходы в данном случае достигаются за счет экономии на топливе, на техобслуживании, на всех видах ремонтов и диагностировании, на зарплате машинистам, на смазочных материалах, на уменьшении амортизационных отчислений.

Затраты, преимущественно капитальные, осуществляются перед первым промысловым сезоном и складываются из стоимости дополнительного гидровашгерда, стоимости изготовления решетки над приемными бункерами и портала

поддерживающего ее, а также стоимости изготовления станины под гидромонитор с механизмом передвижения гидромонитора вдоль станины.

Расчет технико-экономических показателей проведен согласно современных методик [123, 124, 125, 126] и сведен в таблицу 4.

Таблица 4

Показатели экономической эффективности внедрения технологии добычных работ на россыпных месторождениях с применением бульдозерно-скреперных агрегатов (по артели «Восток»)

Наименование показателей и измеритель	Обозначение	Значение показателя
1. Чистый дисконтированный доход, у.е.	ЧДД	161250
2. Индекс доходности	ИД	55
3. Внутренняя норма доходности	$E_{\text{вн}}$	-
4. Срок окупаемости, месяцы	$T_{\text{ок}}$	1

Эффективность безвзрывной технологии разупрочнения уступов в зимнее время с помощью экскаваторов ЭТР-254-01 и дискофрезерным оборудованием на базе ЭО-6121 достигается за счет экономии средств на взрывчатые вещества, экономии на зарплате бригады взрывников, экономии в капитальных и эксплуатационных расходах на буровые станки, на автомобиль для перевозки взрывчатых веществ, охраны и содержания складских помещений, отсутствия взрывного оборудования и отвода техники из зоны взрыва.

Затраты, осуществляемые перед первым зимним периодом складываются из стоимости экскаваторов ЭТР-254-01 и ЭО-6121 с дискофрезерным оборудованием. В первый и последующие зимние периоды затраты связаны с эксплуатацией этих машин.

Экономические показатели от внедрения данной технологии применительно к Лучегорскому угольному месторождению сведены в таблицу 5.

Таблица 5

Показатели экономической эффективности безвзрывной технологии разупрочнения уступов на Лучегорском угольном разрезе с помощью ЭТР-254-01 и ЭО-6121 с дискофрезерным оборудованием.

Наименование показателей и измеритель	Обозначение	Значение показателя
1. Чистый дисконтированный доход, у.е.	ЧДД	1375000
2. Индекс доходности	ИД	1,6
3. Внутренняя норма доходности	$E_{вн}$	0,82
4. Срок окупаемости, месяцы	$T_{ок}$	3

Эффективность безвзрывной технологии разупрочнения уступов карьеров в зимнее время с помощью экскаваторов ЭТР-254-01 и буровых станков D-90KS достигается за счет тех же факторов, что и в предыдущем случае.

Затраты, осуществляемые перед первым зимним периодом складываются из стоимости экскаваторов ЭТР-254-01 и буровых станков D-90KS. Текущие затраты в первый и последующие зимние периоды связаны с эксплуатацией этих машин. Результаты расчета экономической эффективности применительно к Лучегорскому угольному месторождению приведены в таблице 6.

Таблица 6

Показатели экономической эффективности безвзрывной технологии разупрочнения уступов на Лучегорском угольном разрезе с помощью экскаваторов ЭТР-254-01 и буровых станков D-90KS.

Наименование показателей и измеритель	Обозначение	Значение показателя
1. Чистый дисконтированный доход, у.е.	ЧДД	1669000
2. Индекс доходности	ИД	2,18
3. Внутренняя норма доходности	$E_{вн}$	-
4. Срок окупаемости, месяцы	$T_{ок}$	3

При работе выемочной машины, например КСМ-4000 с бункером, в комплекте с автосамосвалами чистый дисконтированный доход может быть достигнут за счет уменьшения простоя автосамосвалов под загрузкой, а также за счет уменьшения простоя выемочной машины во время замены транспорта. Экономия достигается за счет повышения производительности выемочной машины в среднем на 20%, при этом себестоимость выемки 1м^3 породы снижается. Кроме того, можно уменьшить количество автосамосвалов практически на единицу на каждом блоке выработки карьера.

Затраты связаны с модернизацией КСМ-4000.

Результаты расчета основных экономических показателей от внедрения технологии работы модернизированной КСМ-4000 с бункером по кольцевой схеме применительно к Ургальскому угольному месторождению приведены в таблице 7.

Таблица 7

Показатели экономической эффективности от внедрения послойно-полосовой технологии вскрышных работ Ургальском угольном месторождении с применением выемочной машины КСМ-4000 с бункером по сравнению с работой КСМ-4000 без бункера.

Наименование показателей и измеритель	Обозначение	Значение показателя
1. Чистый дисконтированный доход, у.е.	ЧДД	1200000
2. Индекс доходности	ИД	2,56
3. Внутренняя норма доходности	$E_{\text{вн}}$	-
4. Срок окупаемости, месяцы	$T_{\text{ок}}$	5

Представляет интерес определение экономической эффективности послойно-полосовой технологии с применением выемочной машины КСМ-4000М, агрегированной с самоходным бункером, по сравнению с существующей техноло-

гией, связанной с применением буро-взрывных работ. В данном случае для сравнения выбраны комплекты машин равной производительности.

В первый комплект входит КСМ-4000М с бункером и автосамосвалы марки БелАЗ-7512 грузоподъемностью 120 тонн. Второй комплект включает четыре буровых станка D-90KS, автомобиль для перевозки взрывчатых веществ, два карьерных гидравлических экскаватора ЭГ-10 и автосамосвалы БелАЗ-7512.

При определении экономических показателей в экономии средств засчитывались, во-первых, отказ от четырех буровых станков и двух экскаваторов ЭГ-10 и расходов связанных с их эксплуатацией. Во-вторых, в экономии засчитывались расходы связанные с проведением взрывных работ, а также экономия на стоимости и эксплуатации двух БелАЗ-7512, которые простаивают под загрузкой у экскаваторов ЭГ-10.

Затраты связаны с приобретением КСМ-4000 и ее модернизацией и эксплуатацией.

Результаты расчета основных экономических показателей приведен в приложении 10, а результаты расчета сведены в таблицу 8.

Таблица 8

Показатели экономической эффективности от внедрения послойно-полосовой технологии вскрышных работ на Ургальском угольном месторождении с применением выемочной машины КСМ-4000 с бункером по сравнению с технологией, связанной с буро-взрывными работами.

Наименование показателей и измеритель	Обозначение	Значение показателя
1. Чистый дисконтированный доход, у.е.	ЧДД	4689000
2. Индекс доходности	ИД	6,25
3. Внутренняя норма доходности	$E_{вн}$	-
4. Срок окупаемости, месяцы	$T_{ок}$	3,8

Экономическое обоснование применения выемочных машин фрезерного типа в комплекте с большегрузными скреперами, например, с удлиненными ковшами оборудованными интенсификаторами загрузки в виде промежуточных подгребающих стенок, представляет определенный интерес в связи с тем, что скреперы на открытых горных выработках Дальнего Востока практически не используются из-за сезонности их работы и невозможности работы на крепких и мерзлых породах. Экономическое сравнение в данном случае целесообразно провести с существующими технологиями, связанными с буро-взрывными работами.

В данном случае для сравнения взяты два варианта ведения вскрышных или добычных работ применительно к Ургальскому угольному разрезу. В первый вариант входит: два одноковшовых гидравлических экскаватора ЭГ-10, четыре буровых станка D-90KS, взрывное оборудование, автосамосвалы БелАЗ-7512, бульдозер-рыхлитель ДЗ-141ХЛ (на тракторе Т-500). Второй вариант: выемочная машина фрезерного типа КСМ-4000, скреперы ДЗ-107-01 с увеличенной емкостью ковша до 47 м^3 и наличием интенсификаторов загрузки в виде промежуточной подгребающей стенки.

Результаты (экономия) могут быть достигнуты за счет отказа от 4^х буровых станков D-90KS и, следовательно, эксплуатационных затрат, связанных с их работой. Кроме того, экономия достигается за счет прекращения взрывных работ, в результате отказа от 2^х экскаваторов ЭГ-10 и эксплуатационных затрат, связанных с их работой.

Затраты связаны с приобретением и модернизацией 20^{тм} скреперов и их эксплуатации, а также с приобретением и эксплуатацией КСМ-4000.

Результаты расчета основных экономических показателей, а именно ЧДД, ИД, $E_{\text{вн}}$, $T_{\text{ок}}$, представлены в таблице 9.

Таблица 9

Экономические показатели внедрения КСМ-4000 и большегрузных скреперов с ППС на Ургальском угольном месторождении вместо технологии, связанной с буро-взрывными работами.

Наименование показателей и измеритель	Обозначение	Значение показателя
1. Чистый дисконтированный доход, у.е.	ЧДД	15200000
2. Индекс доходности	ИД	1,16
3. Внутренняя норма доходности	$E_{вн}$	0,51
4. Срок окупаемости, месяцы	$T_{ок}$	19

Экономическое обоснование использования в технологическом процессе вскрышных и добычных работ модернизированных скреперов с ППС и модернизированных карьерных одноковшовых гидравлических экскаваторов на погрузке и транспортировке взорванной породы проведено путем сравнения работы двух комплектов машин.

Для сравнения выбраны комплекты машин, обеспечивающие погрузку и транспортировку взорванной породы на расстояние 3км. В первый комплект входят: одноковшовый гидравлический экскаватор ЭГ-10 с раскрывающимся ковшом, у которого движение козырька осуществляется по радиусу, и автосамосвалы БелАЗ-7112. Во-второй комплект входят: одноковшовый гидравлический экскаватор ЭГ-10М с раскрывающимся ковшом по сложной траектории при помощи эксцентрического закрепления козырька, а также скреперов с емкостью ковша 47м^3 с интенсификатором в виде ППС. Раскрывающийся ковш с эксцентрическим закреплением козырька имеет вместимость на 5% процентов больше, чем аналогичный ковш с простым качанием козырька из-за уменьшения массы исполнительных гидроцилиндров.

Экономия достигается преимущественно за счет уменьшения времени цикла скреперов по сравнению с автосамосвалами, которые простаивают под **загрузкой**

на 38 секунд больше, чем происходит самозагрузка скреперов. Экономия достигается также от отсутствия бульдозера на отвале породы.

Результаты расчета основных экономических показателей сведены в таблицу 10.

Таблица 10

Экономические показатели внедрения большегрузных скреперов с ППС и гидравлических экскаваторов ЭГ-10М с эксцентрическим закреплением козырька на ковше на погрузке и транспортировке взорванной породы применительно к Ургальскому месторождению угля.

Наименование показателей и измеритель	Обозначение	Значение показателя
1. Чистый дисконтированный доход, у.е.	ЧДД	1238000
2. Индекс доходности	ИД	78
3. Внутренняя норма доходности	$E_{\text{вн}}$	-
4. Срок окупаемости, месяцы	$T_{\text{ок}}$	1

Экономическое обоснование использования в технологическом процессе вскрышных и добычных работ бульдозерно-скреперных агрегатов (БСА) и модернизированных скреперов с ППС на зачерпывании и транспортировке взорванной породы проведено также путем сравнения работы двух комплектов машин.

В первый входят: экскаватор ЭГ-10 и десять автосамосвалов БелАЗ-7512. Дальность транспортировки породы 3км. Во второй комплект входят: два бульдозерно-скреперных агрегата БСА (ЗТМ-25) и десять скреперов с емкостью ковша 47м^3 , заполняющегося с помощью ППС. Производительность составляет $1935000\text{м}^3/\text{год}$ или $7750\text{ м}^3/\text{смену}$. Производительность обоих комплектов выравнена.

Доходы складываются из-за отказа от экскаватора ЭГ-10, стоимость которого составляет 500000 у.е., а применительно к Ургальскому месторождению, где

работа ведется на 8,2 блоках, 4100000 у.е. Кроме того, экономия возникает из-за отказа от бульдозеров на отвалах, стоимость которых 440000 у.е. Из-за отсутствия простоя скреперов у экскаватора можно уменьшить количество скреперов на 3 единицы, что составляет экономию 500000 у.е. Экономия возникает из-за разности стоимости машиномен экскаватора и двух бульдозерно-скреперных агрегатов, т.е. 67500 у.е.

Затраты связаны с приобретением двух БСА для работы на одном блоке, стоимость которых составляет 292000 у.е., а по всему месторождению 2400000 у.е.

Результаты расчета основных экономических показателей приведены в таблице 11.

Таблица 11

Экономические показатели внедрения большегрузных скреперов с ППС и бульдозерно-скреперных агрегатов на черпании и транспортировке взорванной породы применительно к Ургальскому месторождению угля.

Наименование показателей и измеритель	Обозначение	Значение показателя
1. Чистый дисконтированный доход, у.е.	ЧДД	2038700
2. Индекс доходности	ИД	1,57
3. Внутренняя норма доходности	$E_{\text{вн}}$	0,42
4. Срок окупаемости, месяцы	$T_{\text{ок}}$	5,6

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные теоретические положения, научные и практические результаты заключаются в следующем:

1. Выполненный анализ применяемых технологий и практики использования техники в горнодобывающей промышленности Дальневосточного региона свидетельствует о том, что на большинстве объектов используются отсталые технологии, связанные с буро-взрывными работами, транспортировкой вскрышной породы во внешние отвалы, а применяемая техника во многих случаях физически и морально устарела.

2. В результате анализа выявлен ряд нерешенных проблем в области открытых горных работ связанных, во-первых, с безвзрывной технологией разупрочнения уступов карьеров с мелкозернистыми породами (с каменистыми включениями или без них) в зимнее время с применением одноковшовых гидравлических экскаваторов с рыхлительными зубьями или роторных траншейных экскаваторов в комплекте с буровыми станками или одноковшовыми гидравлическими строительными экскаваторами с дискофрезерным оборудованием; во-вторых, с применением технологии для выполнения добычных работ па открытых россыпных месторождениях, связанной с отработкой двухкрылых блоков по веерно-кольцевой схеме бульдозерно-скреперно-рыхлительными агрегатами, в-третьих, с применением технологий вскрышных и добычных работ на крепких породах с использованием выемочных машин фрезерного типа в комплекте с приводными бункерами или большегрузными скреперами и в-четвертых, с применением на предварительно-взорванных очень крепких породах (при коэффициенте крепости выше 8 единиц по шкале М. М. Протодяпонова) большегрузных скреперов с интенсификаторами загрузки в комплекте с бульдозерно-скреперными агрегатами или одноковшовыми карьерными гидравлическими экскаваторами с раскрывающимися ковшами.

3. Разработана методика расчета производительности траншейных экскаваторов, исходя из баланса затрат мощности двигателя, которая позволяет, при известном изменении температуры породы по глубине промерзания, по данным метеостанций, обоснованно подходить к прогнозированию сроков выполнения работ и выбору оптимальных комплектов машин при разупрочнении промерзших уступов карьеров.

4. Разработана и частично апробирована на производстве технология разупрочнения поверхностного слоя породы со стороны рабочей площадки с помощью роторных траншейных экскаваторов, а стороны откосов уступов с помощью буровых станков или дискофрезерного оборудования на базе одноковшового экскаватора, а так же выбран необходимый комплект машин для обеспечения данной технологии с определением основных параметров этих машин, и предложена методика определения необходимых усилий для отделения блоков мерзлой породы из разупрочненных откосов уступов.

5. Усовершенствована послыбно-полосовая технология (применительно к Ургальскому угольному месторождению) вскрышных и добычных работ с применением выемочных машин фрезерного типа SM и KSM с большегрузными скреперами, оснащенными интенсификаторами загрузки ковша. Выявлена принципиальная возможность работы выемочных машин фрезерного типа на мерзлых породах.

6. Установлено, что эффективность вскрышных работ на мелкозернистых талых породах можно повысить по сравнению с комплектом экскаватор-автосамосвал за счет применения скреперов с удлиненными ковшами и интенсификаторами загрузки в виде подгребающих промежуточных стенок, если дальность транспортировки породы не превышает 3,5 км.

7. Разработаны технологические схемы работы гидравлических экскаваторов с раскрывающимися ковшами в комплекте с большегрузными скреперами, а так же бульдозерно-скреперных агрегатов в комплекте с большегрузными скрепе-

рами на крепких предварительно взорванных породах и доказана значительная эффективность обеих технологических схем по сравнению с традиционной схемой, в которой применяется экскаватор-автосамосвал-бульдозер.

8. Доход (чистый дисконтированный) определен по отдельным месторождениям. По Ургальскому угольному разрезу расчетный чистый дисконтированный доход от внедрения в технологию вскрышных работ выемочных машин фрезерного типа с бункерами составляет 4689000 у.е. (за 6 лет эксплуатации), а в комплекте с большегрузными скреперами 15200000 у.е. Расчетный доход от применения технологии с использованием бульдозерно-скреперных агрегатов по артели старателей «Восток» составляет 1612500 у.е. Расчетный доход от применения безвзрывной технологии разупрочнения уступов в зимнее время с использованием роторных траншейных экскаваторов и дискофрезерного оборудования на ЭО-6121 на Лучегорском угольном разрезе составляет 1669000 у.е.

Все предлагаемые технологии и техника значительно улучшают экологическую обстановку в районах их применения.

Предлагаемые технологии и техника могут быть использованы и в других районах Российской Федерации с аналогичными горно-климатическими условиями.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Безвзрывная технология разработки угольных месторождений: реалии и перспективы / В.Н. Кузнецов, А.Р. Маттис, А.С. Ташкинов, Е.В. Курехин // Горный информационно-аналитический бюллетень. 1995. вып.6. с. 107-110.
2. Мамаев Ю.А., Ван-Ван-Е. А.П. Горная промышленность Дальнего Востока - настоящее и будущее. Горный журнал № 6. 2000. с. 62-64.
3. Малышев Ю.Н., Трубецкой К.Н. Угольная промышленность России на пороге и в начале XXI века. Открытые горные работы № 4. 2000. с. 8-13.
4. Емельянов В.И., Гудович В.В. Основные направления развития россыпной золотодобычи в Российской Федерации. Открытые горные работы. № 2. 2000. с. 28-31.
5. Пучков М.М., Удачина Т.Е., Васильев В.А., Хаспеков П.Р. К вопросу технико-технологического переоснащения открытых горных разработок. Открытые горные работы № 3. 2000. с.25-28.
6. Федотова Н.В. Экономические аспекты добычи и обогащения золота в современных условиях. Горный журнал № 5. 1998. с.44-46.
7. Малышев Ю.Н., Зайденварг В.Е., Зыков В.М., Краснянский Г.Л., Саламатин А.Г., Шафраник Ю.К., Янковский А.Б. Реструктуризация угольной промышленности. (Теория. Опыт. Программы. Прогноз). М.: компания «Росуголь», 1996-536 с.,ил.
8. Справочник . Открытые горные работы / К.Н. Трубецкой, М.Г. Потапов, К.Е. Виницкий, Н.Н. Мельников и др. - М.: Горное бюро, 1994. 590 с: ил.
9. Томаков П.И., Коваленко В.С. Рациональное землепользование при открытых горных работах. М., Недра, 1984.
10. Томаков П.И., Коваленко В.С., Михайлов А.М., Калашников А.Т. Экология и охрана природы при открытых горных работах. М., МГУ, 1994.
11. Адушкин В.В. Основные факторы воздействия открытых горных работ на окружающую среду. Горный журнал № 4. 1996. с. 49-55.

12. Мартинсон Н.М., Стифеев А. И. Воздействие промышленных предприятий КМА на экологическое состояние региона. Горный журнал № 9. 1998. с. 55-56.
13. Основы разрушения грунтов механическими способами. Зеленин А.Н. Изд. 2-е перераб. и доп. М., изд-во «Машиностроение» 1968, с. 376.
14. Сулин Г.А. Техника и технология разработки россыпей открытым способом. М., «Недра», 1974. с. 232.
15. Маттис А.Р., Зайцев Г.Д., Толмачев А.В. О целесообразности освоения производства экскаватора ЭКГ-12В для безвзрывной добычи полезных ископаемых. Открытые горные работы № 3. 2000. с. 34-37.
16. Курленя М.В., Маттис А.Р. , Бойко Г.Х. и др. Новый экскаватор Уралмашзавода. Горный журнал № 5. 1991, с. 31-35.
17. Шкуренко Н.С. и др. Виброметод разработки мерзлых грунтов. М., Стройиздат. 1965.
18. Ветров Ю.А., Баладинский В.Л., Баранников В.Ф., Кукса В.Г. Разрушение прочных грунтов. Киев, «Будівельник», 1972. с. 351.
19. Черкашин В.А. Разработка мерзлых грунтов. Л., Стройиздат, 1977. с. 215.
20. Маттис А.Р. , Васильев Е.И., Зайцев Г.Д. Перспективная техника для безвзрывной выемки пород из массива. Горный журнал № 1. 1998. с. 35-37.
21. Штейцайг Р.М., Мельников А.С., Этингф Е.А. Об эффективности безвзрывных послонно-полосовых технологий обработки массивов крепких горных пород. Открытые горные работы № 4. 2000. с. 34-39.
22. Панкевич Ю.Б., Шимм Б., Денге П. Опыт применения горных комбайнов Wirtgen Surface Miner на угольных разрезах мира. Горная промышленность № 9. 1999. с. 46-52.
23. Анистратов К.Ю., Луцышин С.В. Исследование эксплуатационных характеристик комбайна послонного фрезерования СМ-2600 фирмы "Wirtgen" на карьере трубки «Юбилейная».Сб. Докл. Междунар. конф. по открытым горным, земляным и дорожным работам.-М., 1994.

24. Домбровский А.Н., Сидоренко И.А. Эффективность применения компактного и мобильного оборудования для открытых горных работ. Горный журнал № 1, 1998. с. 45-48.
25. Шешко Е.Е., Картавый Н.Г. Эффективный транспорт для глубоких карьеров. Горный журнал № 1. 1998. с. 53-56.
26. Шешко Е.Е., Картавый А.Н. Эффективный крутонаклонный конвейерный подъем из глубоких карьеров. Открытые горные работы № 3. 2000. с. 46-49.
27. Шешко Е.Е., Морозов В.И., Картавый Н.Г. Перспективы крутонаклонного конвейерного подъема на горных предприятиях. Горный журнал № 6. 1996. с. 56-59.
28. Щадов М.И., Виницкий К.Е., Шаль Р.Р. Опыт совершенствования технологии управления качеством угля в ПО «Экибастузуголь» М., ЦНИЭИуголь, 1985.
29. Щадов М.И., Виницкий К.Е., Балашевич В.И. Добыча угля открытым способом за рубежом. М., ЦНИЭИуголь, 1987.
30. Эффективность автомобильно-клетевых подъемников АНК-120 на глубоких карьерах / А.Г. Сисин, В.И. Белобров, М.А. Файнблат, А.Н. Акишев // Черная металлургия. Горный журнал №6. – 1996.
31. Васильев М.В. Транспорт глубоких карьеров.-М.: Недра, 1983.
32. Демидов Ю.В., Трубецкой Н.К., Наумов С.С., Головастая О.С. Использование наклонных подъемников для транспортирования крупнокусковой горной массы на глубоких карьерах заполярья. Горный журнал №3. 1998. с. 42-45.
33. Кулешов А.А., Тарасов Ю.Д. Автомобильный карьерный подъемник с автономным приводом. Горный журнал №1. 2001. с. 53-56.
34. Фурсов Е.Г., Дружков В.Г. Подъемно- транспортная система для выдачи руды с рабочих горизонтов. Горный журнал № 2. 1999.
35. Ильин А.М. Проблемы безопасности горных работ в глубоких карьерах. Горный вестник №1. 1997.

36. Веницкий К.Е. и др. Освоение гидравлических экскаваторов нового поколения в практике открытых горных разработок. Горная промышленность №1. 1998.
37. Климов С.Л. и др. О программе кооперированного производства экскаваторов нового поколения. Горная промышленность № 2. -1999.
38. Баловнев В.И., Хмара Л.А. Интенсификация разработки грунтов в дорожном строительстве.-М.: Транспорт, 1993. с. 383.
39. Томаков П.И., Манкевич В.В. Открытая разработка угольных и рудных месторождений: Учебное пособие.-2-е изд.-М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2000.-611с.
40. Залко А.И., Ронинсон Э.Г. Современные скреперы. М.: ЦНИИТЭСтроймаш, 1983. с. 51.
41. Сафонов В.И. Повышение эффективности загрузочного устройства элеваторного скрепера // Тр. ВНИИСтройдормаш.- 1986. Вып. 106. с. 57.
42. Современные скреперы с механизированной загрузкой // Обзор информ. / В.И. Баловнев, Э.Г. Ронинсон, А.Н. Толмачев и др. М.: ЦНИИТЭСтроймаш , 1990. с. 41.
43. Баловнев В.И., Яркин А.А. Сравнительные испытания различных механизмов загрузки ковша скрепера грунтом // Строительные и дорожные машины № 9.- 1992. с. 7-10.
44. Емельянов В.И., Гудовичев В.В. Основные направления развития россыпной золотодобычи в Российской Федерации // Открытые горные работы № 2. 2000. с. 28-31.
45. Горная промышленность . - М.: Изд-во НПК «Гемос», № 3. - 1998.
46. Емельянов В.И. Открытая разработка россыпных месторождений.-М.: Недра, 1985.
47. Экономическая эффективность освоения техногенных россыпей / Мамаев Ю.А., Литвинцев В.С., Камынин В.С., Шишмаков В.Т. //Ресурсосберегающие

- технологии в горном деле. Сб. научн. тр. ИГД ДВО РАН, г. Владивосток. 1991. с. 20-25.
48. Мамаев Ю.А., Литвинцев В.С., Корнеева С.И. Особенности техногенных россыпей и принципы их освоения / Известия ВУЗов, Горный журнал , г. Екатеринбург « 8, 1994, с. 36-39.
 49. Мамаев Ю.А. Рациональное освоение техногенных россыпей золота в Дальневосточном регионе // Открытые горные работы № 2. 2000. с. 38-49,
 50. Бакулин Ю.И., Мирзеханов Г.С., Селезнев П.Н., Троян В.Б. Оценка рентабельности отработки малопродуктивных золотоносных россыпей Хабаровского края. Горный журнал № 11-12. 2000. с. 35-36.
 51. Потемкин С.В. Разработка россыпных месторождений.: М. Недра.-1995. с. 476.
 52. Емельянов В.И. Технология бульдозерной разработки вечномерзлых россыпей.-М.: Недра. - 1976. с. 284.
 53. Шорохов СМ. Разработка россыпных месторождений и основы проектирования.М.: Госгортехиздат, 1963. с. 764.
 54. Шорохов С.М.Технология и комплексная механизация разработки россыпных месторождений. М. : Недра, 1973. с. 765.
 55. Драгомирецкий Б.Б. Техничко-экономическая оценка способов разработки россыпных месторождений. –«Колыма», 1969, №7. с. 9-13.
 56. Емельянов В.И. Технология бульдозерной разработки вечномерзлых россыпей. М, Недра, 1976. с. 287.
 57. Гутин И.М. Предложения по определению дальности транспортировки горной массы бульдозерами. –«Колыма», 1969, №7, с. 14-17.
 58. Максимова Н.В. Определение параметров выемочного блока на вскрыше торфа бульдозерами в комплексе со стакером. - «Колыма», 1970.№7, с. 6-8.
 59. Методическое пособие по выбору оптимальных вариантов бульдозерной разработки россыпей. 1968. с. 40. (ОТИ объединения «Северовостокзолото»).

60. Емельянов В.И. Исследование эффективности размещения торфов в выработанном пространстве. -«Труды ВНИИ-1», 1975, т. 35, с. 36-49.
61. Домбровский Н.Г., Картвелишвили Ю.Л., Гальперин М.И., Строительные машины учебник для вузов. ч. 1-я. М.: Машиностроение, 1976.
62. Кузин Э.Н., Регирер Л.Е., Уткин В.И., Харкун Б.И. Землеройно- транспортная машина-скрепер-дозер // Строительные и дорожные машины.-1991.-№9.
63. Рубайлов А.В., Грузинов А.И., Мишин В.А., Бриммер А.А. Оценка эффективности работы скрепер-дозерных агрегатов // Строительные и дорожные машины.-1990.-№7.
64. Лешков В.Г. Разработка россыпных месторождений.-М.:«Недра», 1985.
65. Кудряшев В.А., Потемкин С.В. Основы проектирования разработки россыпей. М.: Недра, 1988.
66. Потемкин С.В. Оттайка мерзлых пород. - М.: Недра, 1991.
67. Яфаров Н.Н. Опыт совершенствования техники и технологии промывки высокоглинистых песков алмазоносных россыпей // Горный журнал № 7, 2000. с. 52-55.
68. Гончаров С.А. Перемещение и складирование горной массы. М.: Недра, 1988.
69. Ржевский В.В. Процессы открытых горных работ. М.: Недра, 1978.
70. Емельянов В.И., Степанов О.Е., Коротченко А.К. Обоснование принципиальной возможности создания новой технологии с послонной поточной выемкой оттаявших пород. -В кн.: Совершенствование технологии разработки россыпных месторождений. Магадан. ВНИИ-1, 1981, с. 30-33.
71. Емельянов В.И. О целесообразности применения на разработках многолетне-мерзлых россыпей мобильной выемочно-погрузочной техники. - «Колыма», 1981, №4, с. 4-6.
72. Тигунов Л.П., Панков А.В., Бабичев Н.И. Сквжинная технология добычи в условиях рыночной экономики. Горный журнал №4, 1996. с. 10-12.

73. Либер Ю.В., Кройтор Р.В. Разработка циркон-титановых песков Тарского месторождения. Горный журнал № 4, 1996, с. 12-13.
- + 74. Авторское свидетельство № 1456512 (СССР). Ковш экскаватора/ С.А. Шемякин, А.В. Лещинский, С.В. Зорькин и др.. Оpubл. в Бюл., 1989.№5.
- + 75. Шемякин С.А. Раскрывающийся ковш с эксцентрическим закреплением козырька // Строительные и дорожные машины .2001, №6. с. 32-33.
- + 76. Авторское свидетельство № 1208143 (СССР). Ковш скрепера/ С.А. Шемякин, С.Е. Никитин и др.. Оpubл. в Б.И., 1986.№4.
- + 77. Патент № 2188279 (Россия). Скрепер /С.А. Шемякин. Оpubл. 27.08.2002. Бюл. №24.
- + 78. Авторское свидетельство № 1201422 (СССР). Бульдозерное оборудование / С.А. Шемякин, Ю.А. Шафрыгин и др.. Оpubл.30.12.85 Бюл., №48.
- + 79. Авторское свидетельство № 1553615 (СССР). Ковш скрепера/ С.А. Шемякин, С.В. Бондаренко и др.. Оpubл. 30.03.90. Бюл. №12.
- + 80. Авторское свидетельство № 1373765 (СССР). Ковш экскаватора/ С.А. Шемякин, О.А. Колесников и др.. Оpubл. 15.02.88 Бюл., №6.
- + 81. Патент № 2122073. Рабочее оборудование гидравлического экскаватора / С.А. Шемякин, А.В. Пассар. Оpubл. 20.11.98. Бюл.№32.
- + 82. Патент № 2187600. Рабочее оборудование гидравлического экскаватора / С.А. Шемякин. Оpubл. 20.08.2002. Бюл.№23.
- + 83. Мамаев Ю.А., Шемякин С.А. Безвзрывная технология вскрышных работ в зимний период. Горный журнал №8.2001. с. 24-26.
- + 84. Патент № 2187647. Способ разупрочнения поверхностного слоя уступов карьера при сезонном промерзании породы / С.А. Шемякин. Оpubл. 20.08.2002. Бюл.№23.
- + 85. Шемякин С.А. Горные машины для разупрочнения промерзшего поверхностного слоя породы в угольных разрезах // Горные машины и автоматика. 2001. №10. с. 14-17.

- + 86. Шемякин С.А. Землеройная техника для разупрочнения промерзшего вскрышного слоя породы в угольных разрезах // Строительные и дорожные машины . 2002. №8. с. 10-12.
- + 87. Шемякин С.А., Мамаев Ю.А. Безвзрывные технологии для угольных разрезов, месторождений руды и минерального сырья Дальнего Востока. Итоги и проблемы производства, науки и образования в сфере добычи полезных ископаемых открытым способом. Материалы международной научно-технической конференции. 10-11 октября 2002г. - Екатеринбург: УГГА, 2002. - 375 с, 39 ил.
- + 88. Шемякин С.А. Определение необходимых усилий для разрушения бортов уступов на открытых горных работах в зимний период времени при безвзрывной технологии вскрыши // Строительные и дорожные машины: Сб. научн. тр. /Под ред. А.В. Лещинского. Хабаровск: Изд-во Хабар. гос. техн. ун-та, 2002. Вып.2. с.59-64.
- + 89. Мамаев Ю.А., Шемякин С.А. Теоретические и инженерные аспекты повышения эффективности открытых горных работ по транспортной и специальной транспортной системам // Строительные и дорожные машины: Сб. научн. тр. /Под ред. А.В. Лещинского. Хабаровск: Изд-во Хабар. гос. техн. ун-та, 2002. Вып. 2. с. 49-59.
- + 90. Авторское свидетельство № 787564 (СССР). Ковш экскаватора/ С.А. Шемякин, Н.В. Домнин, И.С. Крадинов и В.В. Назаров. Оpubл. 15.12.80. Бюл.№46.
- 4 91. Шемякин С.А., Домнин Ю.В., Крадинов И.С. Ковши одноковшовых гидравлических экскаваторов для разработки мерзлого грунта //Строительные и дорожные машины .-1982.-№8.
- + 92. Домбровский Н.Г. , Шемякин С.А. Повышение производительности траншейных экскаваторов при разработке мерзлых грунтов. Межвузовский сборник научных трудов. ХГТУ. 1974.

93. Альшиц М.З., Ковалев Е.П., Соколов Г.И. Траншейный роторный экскаватор ЭТР -254-01 // Строительные и дорожные машины -1983.№9. с.9-10.
94. Справочник механика открытых работ. Экскавационно-транспортные машины циклического действия / Под ред. М.И. Шадова, Р.Ю. Подэрни.-М.: "Недра" ,1989.
95. Симкин Б.А., Кутузов Б.Н., Буткин В.А. Справочник по бурению на карьерах.-М.: "Недра" , 1990.
96. Подэрни Р.Ю. Горные машины и комплексы для открытых горных работ. Учебник для вузов.-М.: "Недра" ,1985.
- + 97. Шемякин С.А. Технологические и инженерные решения разупрочнения уступов карьеров в зимнее время// Известия вузов. Горный журнал. 2003. №1. с 25-31.
- V 98. Шемякин С.А. Методика учета трудоемкости разработки мерзлых грунтов при расчете землеройных машин, работающих по паринципу резания. Сборник научных трудов аспирантов. ХПИ. Хабаровск, 1972.
- + 99. Шемякин С.А. Определение сопротивлений резанию мерзлых грунтов сотовым способом // Строительные и дорожные машины . 2002, №4. с. 27-31.
- + 100. Шемякин С.А. Определение оптимальной производительности траншейных экскаваторов с учетом изменения крепости грунта по глубине массива в районах сезонного промерзания. Межвузовский сборник научных трудов «Оптимальное использование машин в строительстве». Вып.2. Хабаровск, 1973.
101. Гарбузов З.Е., Подборский Л.Е. и др. Землеройные машины непрерывного действия. М.-Л., Машиностроение ,1965.
- + 102. Шемякин С.А. Выбор расстановки зубьев на рабочих органах роторных и цепных траншейных экскаваторов, используемых при разработке мерзлых грунтов. Сборник научных трудов. ХГТУ. 1998.

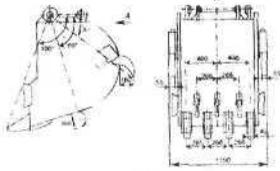
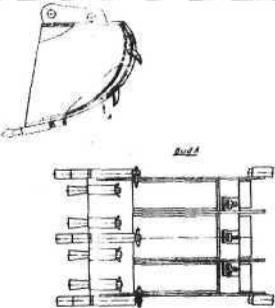
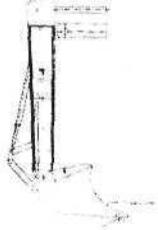
- +103. Шемякин С.А. Исследование удельных сопротивлений резания (копания) мерзлого грунта методом крупного скола «Оптимальное использование машин в строительстве». Межвузовский сборник научных трудов. ХПИ 1972.
104. Волков Д.П., Николаев С.Н., Марченко И.А. Надежность роторных траншейных экскаваторов. *Машиностроение*, 1972.
- +105. Патент № 2194860. Способ добычных работ на открытых россыпных месторождениях / С.А. Шемякин, Ю.А. Мамаев. Опубл. 20,12,2002 Бюл. №35,
- +106. Шемякин С.А. О технологии добычных работ на россыпных месторождениях с применением бульдозерно-скреперно-рыхлительных агрегатов. *Горный журнал*. 2002. №2. с. 42-43.
- +107. Мамаев Ю.А., Шемякин С.А. Техничко-технологическое переоснащение открытой добычи золота в Дальневосточном регионе. Итоги и проблемы производства, науки и образования в сфере добычи полезных ископаемых открытым способом. Материалы международной научно-технической конференции. 10-11 октября 2002г. - Екатеринбург: УГГА, 2002. - 375 с, 39 ил.
- +108. Шемякин С.А. Оценка эффективности бульдозерно-скреперных агрегатов при разработке россыпных месторождений. *Горный журнал*. 2001. №5. с.31-32.
- +109. Шемякин С.А. О перспективах создания и применения бульдозерно-скреперных агрегатов на открытой разработке россыпных месторождений // *Строительные и дорожные машины: Сб. научн. тр. /Под ред. А.В. Лещинского*. Хабаровск: Изд-во Хабар. гос. техн. ун-та, 2002. Вып. 2. с.65-71.
110. Ялтанец И.М., Кулигин В.Н. Гидромеханизация открытых горных работ. М. МГГУ, 1996.-739 с.
111. Ялтанец И.М., Егоров В.К. Гидромеханизация. Справочный материал. М. МГГУ, 1999 - 338 с.
112. Механическое разрушение мерзлых пород землеройно-рыхлительными агрегатами /В.И.Емельянов, Ю.А. Мамаев, В.В. Гриневич и др. Магадан. : Магадан. кн. изд-во, 1978.-96с.

113. Карлыханов Ф.В., Левочкин В.Ф., Панкевич Ю.Б., Хартманн Г., Долгушин В.Д. Применение карьерного комбайна Wirtgen 2100 SM на добыче флюсового сырья. Горная промышленность № 1, 1998. с. 38-39.
- + 114. Авторское свидетельство № 1559056 (СССР). Ковш скрепера/ С.А. Шемякин, Е.С. Глухови др.. Оpubл. в Б.И., 1990. №15.
- + 115. Шемякин С.А., Чебан А.Ю., Лобанова Е.А. Комплексная механизация открытых горных работ с применением скреперов. Интерстроймех 2002: Материалы Международной научн.-техн. конф.-Могилев: МГТУ, 2002, -458 с.
- + 116. Шевкун Е.Б., Мирошников В.И. Прогрессивная технология открытой разработки месторождений скального типа. Владивосток, Хабаровск: ДВО РАН, 1997. 88 с.
117. Витковский А.В. О перспективах применения на открытых горных работах зарубежных мобильных буровых установок с гидравлическими перфораторами // «Колыма», 1996. №3, с. 33-37.
- + 118. Шемякин С.А. Снижение энергоемкости выгрузки грунта из ковша экскаватора. Материалы Международной научно-технической конференции. Интерстроймех-98. Воронеж-98. с. 147-148.
- + 119. Авторское свидетельство № 1457972 (СССР). Устройство для непрерывной очистки воздуха / С.А. Шемякин, Т.С. Титов, В.М. Задвернюк. Оpubл. 15.02.89. Бюл. №6.
- + 120. Авторское свидетельство № 1369773 (СССР). Устройство для непрерывной очистки воздуха / Т.С. Титов, С.А. Шемякин, Л.И. Фридман, В.М. Задвернюк. Оpubл. 30.01.88. Бюл. №4.
- + 121. Авторское свидетельство № 1353479 (СССР). Устройство для непрерывной очистки воздуха / С.А. Шемякин, Т.С. Титов, А.С. Шемякин, В.М. Задвернюк. Оpubл. 23.11.87. Бюл. №43.
- + 122. Авторское свидетельство № 1553615 (СССР). Ковш скрепера/ С.А. Шемякин, С.В. Бондаренко, А.С. Шемякин, А.В. Лещинский. Оpubл. 30.03.90 Бюл. №12.

123. Методические указания по разработке сметных норм и расценок на эксплуатацию строительных машин и автотранспортных средств. МДС 81-3.99. Утв. постановлением Госстроя России от 17.12.99. №81.
124. Экономика предприятия/ Под ред. О.И. Волкова. М., 1997.
125. Ильин Н.Н., Лукманова Н.Г., Немчин А.М. и др. Управление проектами. Спб., 1996.-610с.
126. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. М. /Экономика. 2000.
127. Мамаев Ю.А., Шемякин С.А. Повышение эффективности добычных работ при открытом способе разработки россыпных месторождений // Колыма. 2001. №3. с 23-25.
128. Шемякин С. А., Мамаев Ю. А., Иванченко С. Н. Повышение эффективности послыно-полосовой технологии открытых горных работ с применением выемочных машин фрезерного типа и скреперов. Проблемы ускорения научно-технического прогресса в отраслях горного производства: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию ННЦ ГП-ИГД им. А. А. Скочинского и 50-летию Института обогащения твердых горючих ископаемых (27-29 ноября 2002., г. Люберцы).- М.: ННЦ ГП-ИГД им. А. А. Скочинского, 2003.-461с, ил.

Приложение 1

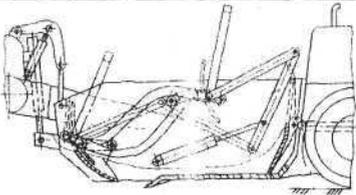
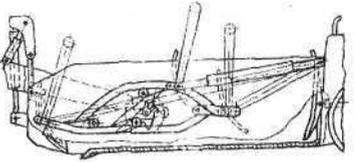
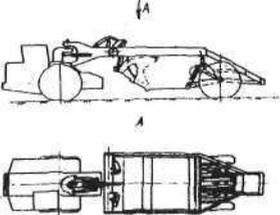
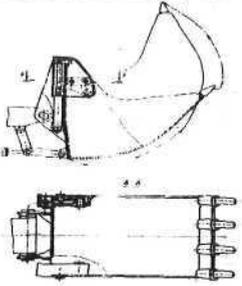
Горные машины, рабочие органы горных машин и оборудование для открытой добычи месторождений полезных ископаемых

№/№ рис.	Название, № патента или авторского свидетельства	Авторы	Конструкция машин, рабочих органов и оборудования
1	2	3	4
1	Ковш экскаватора А.С.№787564 СССР	Шемякин С.А., Домнин Ю.В., Крадинов И.С.	
2	Ковш экскаватора А.с.№1373765 СССР	Шемякин С.А., Колесников О.А., Титов Т.С., Задвернюк В.М.	
3	Рабочее оборудование гидравлического экскаватора Патент №2122073 Р.Ф.	Шемякин С.А., Пассар А.В.	

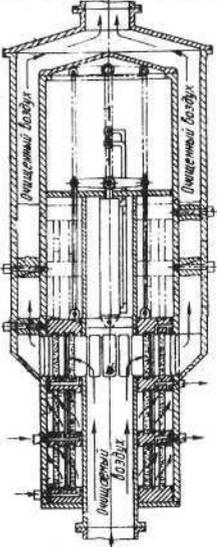
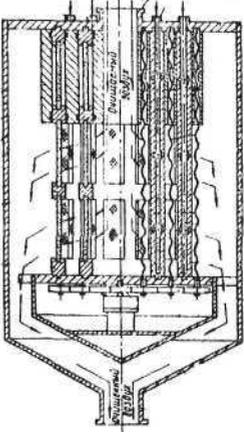
Приложение 1 (Продолжение)

1	2	3	4
4	Расстановка зубьев на ковшах роторного экскаватора для разработки мерзлых пород	Шемякин С.А.	
5	Рабочее оборудование гидравлического экскаватора Патент №2187600 Р.Ф.	Шемякин С.А.	
6	Бульдозерное оборудование А.с. №1201422 СССР	Шемякин С.А., Шафрыгин Ю.А., Шемякин А.С.	

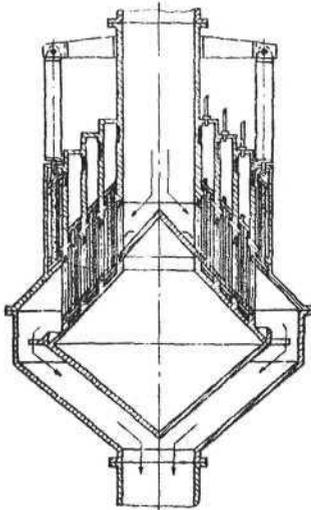
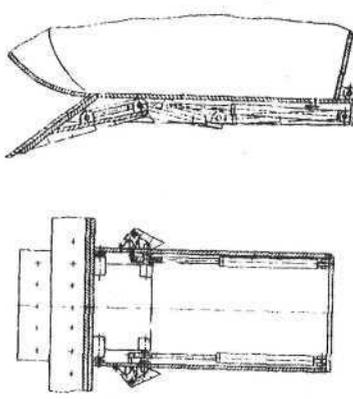
Приложение 1 (Продолжение)

1	2	3	4
7	Ковш скрепера А.с. №1208143. СССР	Шемякин С.А., Никитин С.Е., Петров А.Н., Шемякин А.С.	
8	Ковш скрепера А.с. №1559056. СССР	Шемякин С.А., Глухов Е.С., Шемякин А.С., Лещинский А.В.	
9	Скрепер Патент №2188279 Россия	Шемякин С.А.	
10	Ковш экскава- тора А.с. №1456512	Шемякин С.А., Лещинский А.В., Шемякин А.С., Зорькин С.В.	

Приложение 1 (Продолжение)

1	2	3	4
11	Устройство для непрерывной очистки воздуха А.с. №1457972 СССР	Шемякин С.А., Титов Т.С., Шемякин А.С., Задвернюк В.М.	
12	Устройство для непрерывной очистки воздуха А.с. №1369773 СССР	Т.С. Титов, С.А. Шемякин, Л.И. Фридман, В.М. Задвер- нюк.	

Приложение 1 (Продолжение)

1	2	3	4
13	Устройство для непрерывной очистки воздуха А.с. №1353473 СССР	С.А. Шемякин, Т.С. Титов, В.М. Задвер- нюк, А.С. Шемякин	
14	Ковш скрепера А.с. №1553615 СССР	С.А. Шемякин, С.В. Бондарен- ко, А.С. Шемякин, А.В. Лещинский	

Шемякин С. А., Мамаев Ю. А., Иванченко С. Н.

Новые технологии открытой разработки месторождений

ответственный за выпуск:

Ученый секретарь Приамурского
географического общества
Симаков В. И.

Лицензия № 030315 от 25.06.1997 г.

Сдано в печать 21.05.2003 г. Подписано к печати
Формат 60x481/16. Авторских листов 6. Тираж 1000 экз.
Заказ № 404

Издательство Приамурское географическое общество
680000, г. Хабаровск, ул. Шевченко, 9

Отпечатано в ОПП Хабаровского краевого комитета
государственной статистики
680000, г. Хабаровск, ул. Фрунзе, 69