

На правах рукописи



ПТАШНИК ЮЛИЯ ПАВЛОВНА

**ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДЛЯ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫРАБОТАННЫХ ПРОСТРАНСТВ
ИЗВЕСТНЯКОВЫХ КАРЬЕРОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Специальность 25.00.22 – Геотехнология (подземная, открытая и строительная)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Красноярск, 2016

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет»

Научный руководитель доктор технических наук, профессор,
Косолапов Александр Иннокентьевич

Официальные оппоненты: Гавришев Сергей Евгеньевич
доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»,
г. Магнитогорск, кафедра «Разработки
месторождений полезных ископаемых»,
заведующий кафедрой

Славиковская Юлия Олеговна
кандидат экономических наук,
ФГБУН «Институт горного дела Уральского
отделения РАН», г. Екатеринбург,
лаборатория экологии горного производства,
старший научный сотрудник

Ведущая организация ФГАОУ ВПО «Дальневосточный федеральный
университет», г. Владивосток

Защита состоится «25» марта 2016 г. в 10.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.099.23 в ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», 660025, г. Красноярск, проспект им. газ. Красноярский рабочий, 95, ауд. 200.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГАОУ ВПО «Сибирского федерального университета», и на сайте университета: www.sfu-kras.ru.

Автореферат разослан «___» января 2016 г.

Ученый секретарь диссертационного
совета

Игорь Иванович
Демченко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В настоящее время, крупные города, увеличивая темпы строительства с каждым последующим годом, все острее нуждаются в территориях для размещения новых объектов инфраструктуры. При этом, стоимость земли вблизи центров агломерации, имеет тенденцию положительного роста во времени. Вместе с тем, периферийные территории, как правило, имеют достаточно большое количество техногенных горных выработок как открытого, так и подземного типа. Данные выработки с учетом рационального использования недр в условиях разработки генерального плана города и окрестных территорий могут быть потенциально использованы под различные объекты. Мировой опыт использования данного вида георесурса это доказывает. Использование выработанного пространства горных предприятий расположенных вблизи центров агломераций, в значительной степени улучшит среду обитания человека, позволит сохранить природный ландшафт и архитектурно-исторический облик городов, сгладит экологически обостренную обстановку в регионах.

Однако, оценка существующих техногенных горных выработок, свидетельствует о низкой степени их пригодности. Именно поэтому, а также ввиду наличия абсолютно конкретных требований, предъявляемых к объектам капитального строительства, целесообразен стратегический подход к освоению недр земли вблизи центров агломераций. Этот подход должен заключаться в раскросе месторождений полезных ископаемых с учётом, как условий залегания и морфологии рудных тел, так и последующего использования выработанного пространства под объект конкретного назначения, с заданными размерами. Поэтому обоснование технологии открытой разработки месторождений, обеспечивающей эффективное использование выработанного пространства горнодобывающих предприятий, является актуальной научно-практической задачей.

Степень разработанности темы. Значительный вклад в научное обоснование технологических решений в области освоения недр отражен в работах отечественных ученых.

Несмотря на то, что комплексное освоение недр уже долгое время является важным вопросом горной науки, поиск новых технических решений и обоснование их параметров при освоении недр на этапе проектирования и формирования горнотехнических сооружений до сих пор весьма актуален.

Цель работы. Обоснование технологии горных работ, обеспечивающей использование выработанных пространств известняковых карьеров для строительства.

Идея работы. Рациональная технология открытых горных работ должна обеспечить минимум затрат на разработку месторождения известняка и последующее использование выработанного пространства карьера в строительстве.

Задачи исследования:

1. Проанализировать имеющийся мировой опыт по использованию выработанных пространств горнодобывающих предприятий.

2. Исследовать параметры и состояние существующих техногенных выработок, оценить возможность их использования для строительства.

3. Обосновать технологию горных работ и условия применения способов подготовки пород к выемке для создания выработанного пространства требуемого качества и заданной формы.

Научная новизна работы:

1. Обоснованы условия рационального применения вариантов технологических схем, основанных на комбинации различных способов подготовки известняков к выемке.

2. Установлена зависимость глубины заложения концентрационного горизонта при комбинированном вскрытии от относительной трудности разработки месторождения известняка.

3. Выявлены закономерности, для оценки, влияния технологии разработки месторождений известняка на показатели землепользования карьеров.

Практическое значение работы состоит в том, что её результаты позволяют разрабатывать обоснованные технологические решения для разработки месторождений известняка при последующем использовании выработанных пространств карьеров в строительстве. Предложены способы разработки месторождений, защищенные патентами РФ № 2515649 и № 2499139.

Реализация выводов и рекомендаций. Разработанный комплекс технологических решений принят при проектировании карьеров по разработке Малокамалинского и Мазульского месторождений известняков. Реализация проектных решений позволяет сократить затраты на рекультивацию и последующее использование выработанных пространств. Расчетный экономический эффект от внедрения составил 26,9 млн.руб./год. Результаты исследований можно использовать в учебном процессе при подготовке горных инженеров по специальности «Открытые горные работы».

Методология и методы исследования.

В работе выполнено аналитическое обобщение сведений, содержащихся в научно-технической и специальной литературе, численное моделирование и обработка его результатов с применением программных пакетов Microsoft Office Excel, а также промышленное внедрение.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Выработанное пространство известняковых карьеров следует формировать с учётом необходимых параметров сооружения, размещаемого в нем после завершения разработки месторождения или его части, применяя технологию горных работ, позволяющую минимизировать землепользование и затраты на рекультивацию нарушенных земель.

2. Сокращение объема вскрышных работ в карьере и затрат на использование выработанного пространства после разработки месторождения обеспечивает комбинированное вскрытие месторождения известняка при рациональном расположении концентрационного горизонта, глубина заложения которого predeterminedлена особенностями строения месторождения, обуславливающими относительную трудность его разработки, с увеличением последней она возрастает.

3. Применение технологических схем, основанных на комбинации различных способов подготовки пород к выемке, создающих поверхность требуемого качества для строительства, повышает эффективность использования выработанных пространств известняковых карьеров, при этом область применения безвзрывной технологии ограничена прочностью пород на одноосное сжатие и расширяется при увеличении средней площади карьера.

Степень достоверности работы.

Подтверждается большим объемом проанализированной и обобщенной информации в области комплексного освоения недр отечественных и зарубежных горнодобывающих предприятий; патентной защитой новых технологических решений.

Апробация работы. Основные положения работы докладывались и обсуждались на научных семинарах кафедры «Открытые горные работы» СФУ ИГДГиГ; на VI и IX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодёжь и наука» (г. Красноярск, 2010, 2013).

Личный вклад автора. Заключается в выполнении основного объема теоретических исследований изложенных в диссертационной работе, включая постановку целей и задач исследования; в установлении зависимостей по оценке производственных параметров и параметров заложения концентрационного горизонта в условиях формирования предельного контура карьера требуемых параметров; в обосновании технологии горных работ, обеспечивающей повышение рационального освоения ресурсов недр, за счёт использования техногенных выработок в пост эксплуатационный период по иному функциональному назначению; формулировании обоснованных выводов при составлении материалов публикаций и докладов.

Публикации.

По результатам выполненных исследований опубликовано 8 печатных работ, в том числе 3 в изданиях, аннотированных ВАК. Получено 2 патента Российской Федерации на изобретения.

Объём и структура работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения, изложена на 145 страницах машинописного текста, включает 13 таблиц, 84 рисунков и список литературы из 90 наименований.

Автор выражает благодарность научному руководителю доктору технических наук, профессору А.И. Косолапову, за неоценимую помощь, которая способствовала успешному выполнению диссертационной работы, а также всем сотрудникам кафедры «Открытые горные работы» СФУ ИГДГиГ за ценные советы при написании и обсуждении квалификационной работы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цель и задачи, изложены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе диссертации описано современное состояние изучаемого вопроса, представлен обзор и анализ эффективного освоения техногенных выработок горнодобывающих предприятий с учетом последующего их использования в пост эксплуатационный период разработки месторождений. Сформулированы основные задачи исследований.

Во второй главе выполнен анализ условий разработки и особенностей оценки с учетом потребительских свойств выработанных пространств известняковых карьеров, используемых для строительства, установлены показатели строения месторождений известняка, а также дана оценка месторождений по трудности разработки.

В третьей главе обоснован методический подход к оценке рациональных параметров разработки месторождения известняка с позиции последующего использования техногенных ресурсов недр, который структурирован в алгоритм действия недропользователя и позволяет выполнить технико-экономическую оценку освоения месторождения.

В четвертой главе исследовано влияние параметров вскрывающих выработок на показатели землепользования, обеспечивающих эффективность производства и последующее освоение техногенных горных выработок в строительстве, выполнено обоснование технологии разработки месторождений известняка, а также глубины заложения концентрационного горизонта в зависимости от относительной трудности разработки месторождения известняка.

В пятой главе установлены условия эффективного использования технологических схем для создания выработанного пространства требуемых форм и размеров при его использовании в строительстве с учетом прочности известняка и средней площади карьера, а также исследовано влияние технологии разработки месторождений известняка на показатели землеемкости, объемы вскрышных работ и затраты на рекультивацию нарушенных земель.

Диссертационная работа базируется на трудах отечественных и зарубежных учёных в области разработки твёрдых полезных ископаемых открытым способом, с заимствованием мирового опыта производственной практики.

Исследования по вопросам комплексного освоения недр и рационального использования природных ресурсов, а также современных технологий горного производства, посвящены многочисленным работам ведущих ученых России.

Основные результаты проведенных исследований отражены в следующих ниже приведенных защищаемых положениях.

Препятствием на пути к высокоэффективному освоению месторождений, включая пост эксплуатационную стадию, является достаточно слабая увязка интересов бизнеса, стимулов и полномочий государства, а также роли общества в решении данного вопроса.

Действующими нормативными документами не определена градация, учитывающая ценность нарушенных земель и предписываемое техническими условиями направление рекультивации нарушенных земель. Стоит также отметить, что приведение морфометрических параметров техногенного рельефа к требуемым, обеспечивающим последующую безопасную эксплуатацию горнотехнических сооружений, требует огромных инвестиций, достигающих 10% и более от полных затрат на разработку месторождения.

В указанных обстоятельствах очевидно, что технические решения по разработке месторождений расположенных на землях с высокой удельной кадастровой стоимостью (а это, как правило, земли в черте и на окраинах центров агломерации) должны обеспечивать использование техногенных горных выработок в общественно полезных целях, что в значительной степени улучшит среду обитания человека, позволит сохранить природный ландшафт и архитектурно-исторический облик городов, сгладит экологическую обстановку в регионах.

Как правило, для размещения объектов инфраструктуры, выработанное пространство должно иметь правильные, близкие к линейным формы. Возможно, что в ряде случаев, задание требуемых форм выработкам при их постановке в предельное положение, может привести к росту коэффициента вскрыши. Однако, даже при этом подобный проект разработки месторождения будет эффективным. Количественная оценка объемов буровых работ, производительности выемочно-погрузочного оборудования, устойчивости горных выработок и маркшейдерского обеспечения горных работ, свидетельствуют о том, что увеличение объемов горных работ на горизонте при постановке уступов в конечное положение при прямолинейном фронте, компенсируется ростом производительности оборудования и возможностью увеличения угла наклона нерабочего борта карьера.

Объём выработанного пространства карьера имеет значительные размеры и формируется на протяжении десятков лет. При этом происходит выветривание породы на поверхности откоса и их выколачивание. Причем, интенсивность и масштабы выветривания связаны с формой откосов и рельефом их поверхности.

В процессе использования выработанных пространств, образованных при использовании традиционной технологии с буровзрывными работами необходимо откосам придать форму, пригодную для использования в строительстве. Следовательно, с целью устранения данной ситуации необходимы технологии, обеспечивающие сохранность природной монолитности камня, при которой не происходит осыпания откосов и как следствие необходимость их оборки и планировки перед использованием в строительстве.

Анализ опыта разработки месторождений облицовочного камня свидетельствует о том, что 90° уступы сохраняют устойчивость на протяжении многих лет при условии их формирования камнерезными машинами. Это позволяет увеличивать углы откосов нерабочих бортов карьера и объёмы выработанных пространств при уменьшении площади карьеров по верху. При этом откосам можно придать линейную форму.

Особенности свойств месторождений известняка позволяют применять камнерезные машины, используемые для добычи блоков облицовочного камня. Заимствование данного опыта, а именно использование камнерезных машин

только при нарезки вертикальных уступов и площадок на конечном контуре карьера, позволяют формировать выработанное пространство заданной формы, наиболее полно удовлетворяющее требованиям строителей.

Проведенные численные исследования показали, что применение безвзрывных технологий на месторождениях известняка позволяет увеличить угол откоса нерабочего борта на 15-25°, при этом площадь карьера уменьшается на 15-30%. В качестве показателя землепользования приняли величину относительного сокращения площади карьера по верху (ΔS) (рисунок1).

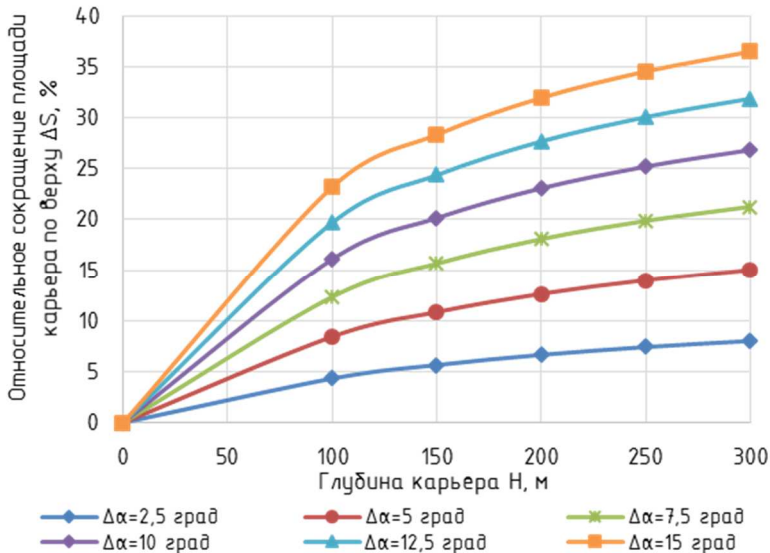


Рисунок 1 – Влияние глубины карьера и приращения угла откоса его борта на относительное сокращение площади

Несмотря на кажущуюся высокую стоимость этих работ, показанные преимущества определяют целесообразность данных вариантов технологических схем.

В случае высокой прочности известняков альтернативой данной технологии может служить буровзрывные технологии методом контурного взрывания. В сочетании с камнерезными машинами и контурным взрыванием можно использовать стреловые комбайны.

Подобные технологии наряду с упрощением подготовки выработанного пространства к строительству снижают, а в ряде случаев исключают затраты на рекультивацию. Исследования показали, что удельные эксплуатационные затраты на рекультивацию при использовании выработанного пространства в строительстве ($Z_{пр}$) зависят от прочности породы (σ) и средней площади горизонта карьера (S)

Для исследования вида данной зависимости в программной среде Excel составлена специальная программа. Результаты расчетов по ней представлены в виде графиков на рисунках 2, 3.

Вышеизложенное является доказательством первого научного положения, выносимого на защиту, а именно: выработанное пространство известняковых карьеров следует формировать с учётом необходимых параметров сооружения, размещаемого в нем после завершения разработки месторождения или его части, применяя технологию горных работ, позволяющую минимизировать землепользование и затраты на рекультивацию нарушенных земель.

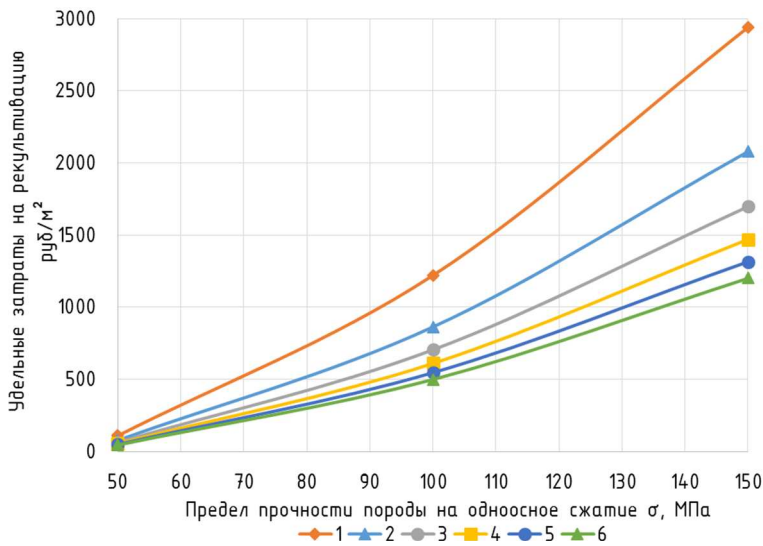


Рисунок 2 – Зависимости удельных затрат на подготовку выработанного пространства к строительству безвзрывным способом от предела прочности породы на одноосное сжатие при площади карьера (га): 1–1,5; 2–3,5; 3–4,5; 4–6,0; 5–7,5; 6–9,0

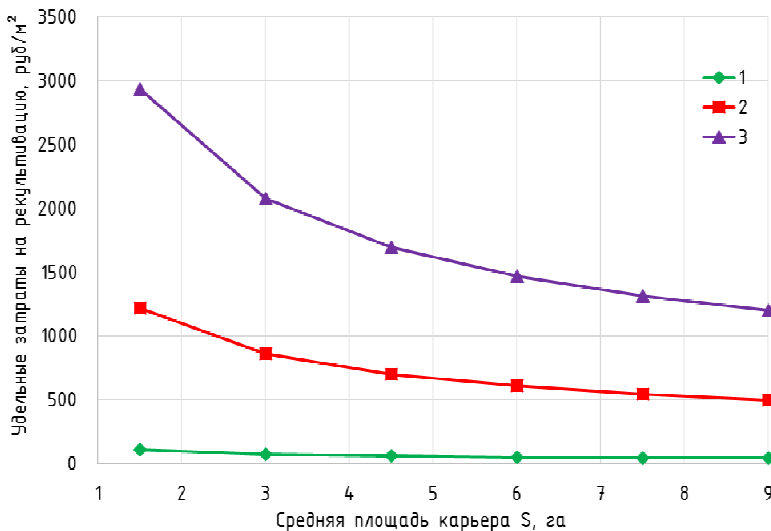


Рисунок 3 – Зависимости удельных затрат на подготовку выработанного пространства к строительству безвзрывным способом от площади карьера при пределе прочности известняка на одноосное сжатие (МПа): 1–50; 2–100; 3–150

Учитывая вышесказанное, в основе эффективной ресурсосберегающей технологии разработки месторождений известняка, должен лежать принцип, позволяющий максимально снизить объемы горных работ и площади нарушаемых земель, обеспечивающий складирование отходов производства и создающий принципиальную возможность использования техногенных горнотехнических сооружений для строительства.

В этой связи, предложена технология открытой разработки (рисунок 4), включающая формирование единого комплекса горнотехнического сооружения, параметры которого обеспечивают его использование, как во время разработки месторождения, так и после. Это достигается тем, что вскрытие месторождения до отметки концентрационного горизонта выполняют открытыми выработками, а затем совокупностью временных открытых и подземных вскрывающих выработок. При этом, отметку концентрационного горизонта и временных вскрывающих выработок устанавливают в увязке с текущими объемами вскрышных работ и затратами на транспортирование горной массы. Причем, вскрышные породы глубинной части месторождения можно отсыпать в выработанном пространстве карьера. При этом месторождение обрабатывают в несколько стадий. На первой стадии (см. рисунок 4 а, б) горные работы ведут открытым способом с формированием карьера первой очереди и трассы капитальных вскрывающих выработок до отметки концентрационного горизонта. Вскрышные породы вывозят во внешний отвал, попутно добытый известняк - потребителю.

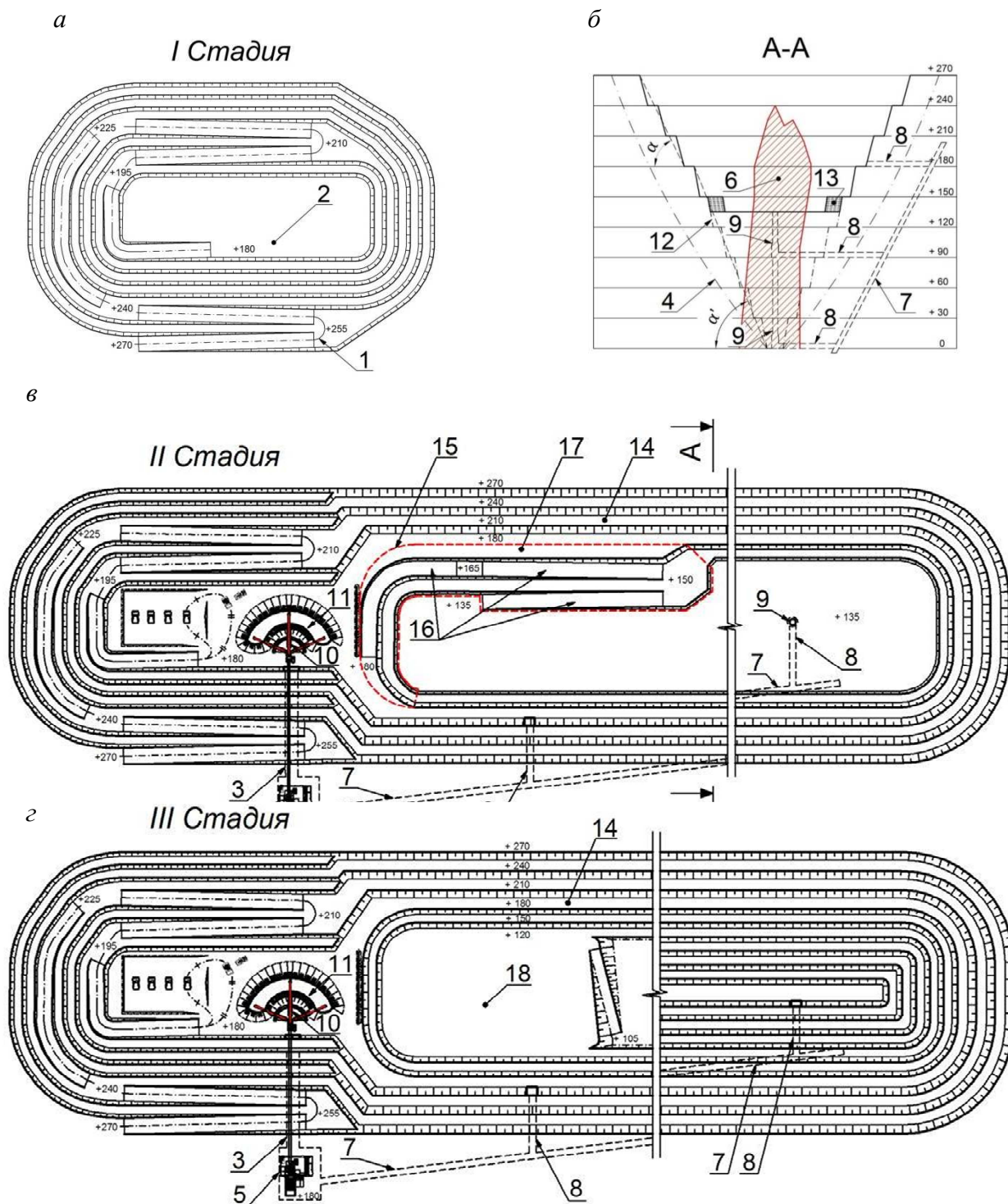


Рисунок 4 – Принципиальная технологическая схема разработки месторождения известняка: 1 – трасса капитальных вскрывающих выработок; 2 – концентрационный горизонт; 3 – штольня; 4 – зона сдвижения приконтурного массива пород; 5 – камера; 6 – полезное ископаемое; 7 – конвейерный уклон; 8 – квершлаг; 9 – рудоспуск; 10 – стакер; 11 – штабель дроблённой руды; 12 – борт карьера в предельном положении; 13 – предохранительная призма; 14 – предохранительная берма; 15 – зона консервации вскрышных пород; 16 – временные вскрывающие выработки; 17 – берма безопасности; 18 – внутренний отвал.

Карьер первой очереди располагают в торцевой части залежи. На второй стадии (см. рисунок 4 б) в борту карьера на концентрационном горизонте вкрест простирания залежи проходят штольню за зону сдвижения, а в её конце – камеру.

Из камеры по простиранию залежи на предельную глубину карьера второй очереди проходят конвейерный уклон, а из него к центру карьерного поля -

квершлаги и создают перегрузочные узлы, которые соединяют рудоспусками с рабочей зоной карьера. Перегрузочные узлы оборудуют дробилками. Квершлаги и уклон оснащают конвейерными линиями, а места их пересечения оборудуют перегрузочными станциями.

В камере устраивают перегрузочный пункт с конвейерной линией уклона на конвейерную линию штольни. Перегрузочный пункт оборудуют дробилками среднего и мелкого дробления. Штольневая конвейерная линия выходит на стакер, который осуществляет разгрузку в штабель на концентрационном горизонте (дно карьера первой очереди). Параллельно проходке подземных транспортных выработок ведут слоевую выемку вскрышных пород в границах карьера второй очереди, причём его ширина по поверхности равна площади карьера первой очереди. Отработанные вскрышные породы перемещают автотранспортом по разрабатываемому горизонту, затем по трассе вскрывающих выработок карьера первой очереди, и далее на внешний вскрышной отвал. К моменту понижения горных работ в карьере второй очереди до первого рудного горизонта, должно быть закончено капитальное строительство подземных транспортных коммуникаций, а рудоспуски - иметь выход в рабочую зону карьера.

По завершению разработки месторождения, сформированный комплекс горнотехнических сооружений может быть использован как объект городской инфраструктуры по производству материалов дорожных одежд, без дополнительных инвестиций в строительство. В этом случае, карьер первой очереди в пост эксплуатационный период выполняет функцию погрузочно-разгрузочного узла; подземные горные выработки служат для перемещения и дробления рабочего материала, а выработанное пространство карьера второй очереди используют в качестве аккумулялирующей ёмкости. Причём, сырьем для производства дорожных одежд может служить скальная вскрыша как внутреннего так и внешнего отвалов.

Для оценки влияния глубины заложения концентрационного горизонта на эффективность разработки месторождения по вышеописанной технологии в программной среде Excel была разработана специальная программа для расчета индекса доходности инвестиций с учетом относительной трудности разработки месторождения известняка. Понятие и методологию относительной оценки трудности разработки месторождений полезных ископаемых предложил академик В.В. Ржевский. Дальнейшее развитие для месторождений облицовочного камня и известняка данная методология получила в работах профессора А.И. Косолапова и доцента Е.Ю. Назаровой. При этом для расчета относительного показателя трудности разработки (I_m) они предложили специальную формулу, учитывающую основные параметры месторождения, такие, как прочность на одноосное сжатие ($\sigma_{сж}$), превышение месторождения над господствующими отметками местности (d_n), мощность вскрыши (H_e), угол наклона рельефа поверхности (α), запасы месторождения (Z) и глубину месторождения (H_k).

Численные исследования, выполненные на ЭВМ с помощью разработанной программы, показали, что индекс доходности инвестиций ($ИД$) зависит от глубины заложения концентрационного горизонта (H_k^{exp}) и относительной трудности разработки месторождения (I_m), соответствующие графики показаны

на рисунке 5, а полученные зависимости описывают полиномы третьего порядка приведённые в таблице 1.

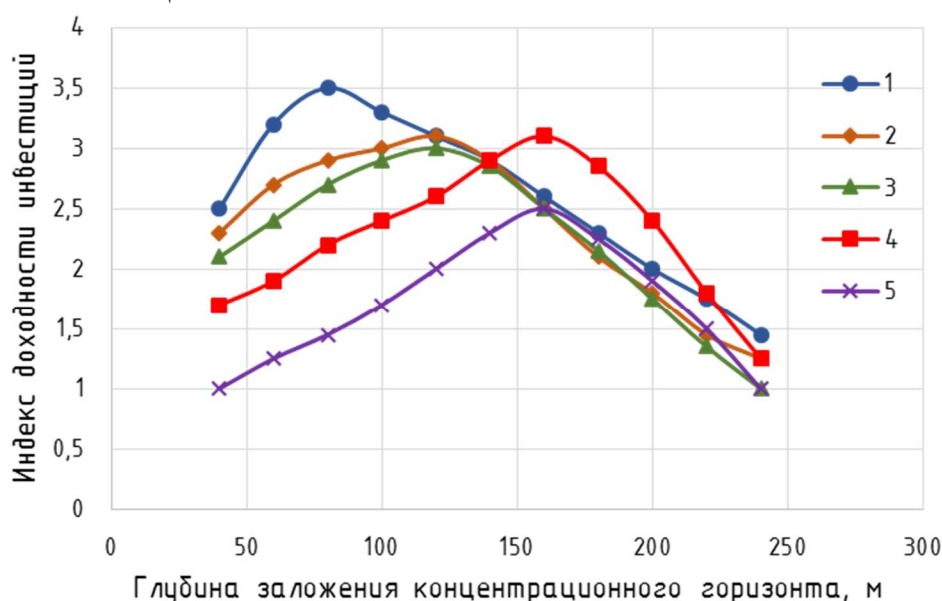


Рисунок 5 – Графики зависимости индекса доходности инвестиций от глубины заложения концентрационного горизонта при комбинированном вскрытии месторождения и относительном показателе трудности его разработки: 1- 5; 2-10; 3-15; 4-20; 5-25

Таблица 1 – Определение глубины заложения концентрационного горизонта при комбинированном вскрытии месторождений известняка

Относительный показатель трудности разработки (P_m)	Глубина заложения концентрационного горизонта
5	$ИД = 0,000001 \cdot (H_k^{rop})^3 - 0,0005 \cdot (H_k^{rop})^2 + 0,0671 \cdot H_k^{rop} + 0,6591$
10	$ИД = 0,0000007 \cdot (H_k^{rop})^3 - 0,0004 \cdot (H_k^{rop})^2 + 0,0593 \cdot H_k^{rop} + 0,4742$
15	$ИД = 0,0000004 \cdot (H_k^{rop})^3 - 0,0003 \cdot (H_k^{rop})^2 + 0,0522 \cdot H_k^{rop} + 0,4$
20	$ИД = -0,0000008 \cdot (H_k^{rop})^3 + 0,0002 \cdot (H_k^{rop})^2 - 0,003 \cdot H_k^{rop} + 1,5227$
25	$ИД = -0,0000008 \cdot (H_k^{rop})^3 + 0,0002 \cdot (H_k^{rop})^2 - 0,0012 \cdot H_k^{rop} + 0,7773$

Очевидно, что данные функции имеют выраженные экстремумы, а их значения зависят от величины относительного показателя трудности разработки. Соответствующий график зависимости оптимальной глубины заложения концентрационного горизонта от величины относительного показателя трудности разработки представлен на рисунке 6.

В результате математико-статистической обработки графика (рисунок 6) получено следующее уравнение:

$$H_k^{rop} = -0,1429 \cdot (P_T)^2 + 8,2857 \cdot P_T + 42. \quad (1)$$

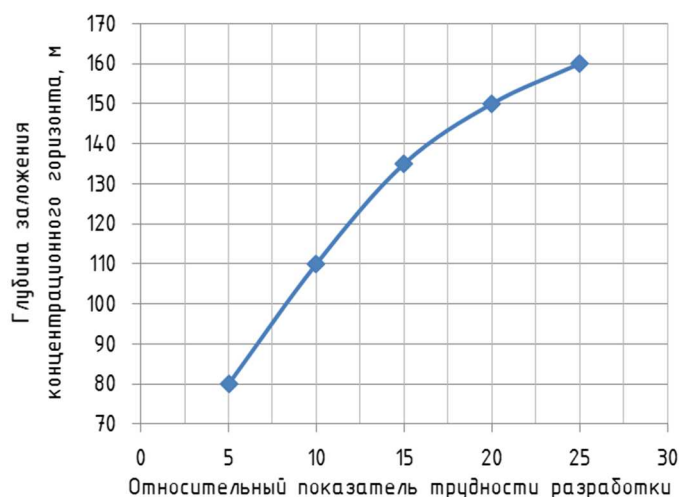


Рисунок 6 – Зависимость глубины заложения концентрационного горизонта от относительного показателя трудности разработки месторождения известняков

Вышеизложенное является доказательством второго научного положения, выносимого на защиту, а именно: сокращение объема вскрышных работ в карьере и затрат на использование выработанного пространства после разработки месторождения обеспечивает комбинированное вскрытие месторождения известняка при рациональном расположении концентрационного горизонта, глубина заложения которого predeterminedлена особенностями строения месторождения, обуславливающими относительную трудность его разработки, с увеличением последней она возрастает.

Формирование выработанного пространства требуемой формы и размеров позволяет сократить затраты и время при подготовке его к последующему использованию в строительстве. Очевидно, что этому наиболее удовлетворяют технологические схемы, основанные на безвзрывных способах подготовки пород к выемке. Вместе с тем, при их использовании увеличение прочности пород приводит к резкому росту затрат на производство горных работ. Поэтому, при выборе рациональной технологической схемы необходимо сопоставлять затраты, связанные с добычей полезного ископаемого, с затратами на строительство объектов жизнеобеспечения после завершения разработки месторождения. Это предопределяет целесообразность поиска условий применения вариантов технологических схем, соответствующих в совокупности минимуму затрат на горные работы и на подготовку выработанного пространства требуемого качества к строительству. Причем, здесь бесспорна ситуация, при которой, чем выше затраты на горные работы, тем будут меньше затраты на последующую подготовку к использованию выработанного пространства для строительства.

Анализ условий разработки месторождений и существующего оборудования, которое можно использовать для их разработки показал, что все технологические схемы принципиально отличаются способом подготовки пород к выемке. В соответствии с этим их можно подразделить на буровзрывные, безвзрывные и комбинированные. Характеристика соответствующих вариантов приведена ниже.

Вариант 1 (БВР). В данном случае основной объем работ выполняют буровзрывным способом зарядами рыхления, а при подходе к проектному контуру нерабочего борта карьера применяют буровзрывные работы методом предварительного щелеобразования.

Вариант 2 (КМиСК). При безвзрывной технологии выемочно-погрузочные работы предложено выполнять стреловыми комбайнами, а нарезку откосов и площадок нерабочих уступов, требуемой формы – камнерезными машинами барового типа или канатно-алмазными пилами.

Вариант 3 (КС). Комбинация способов подготовки пород к выемке предусматривает рыхление всего объема пород буровзрывным способом, а нарезку откосов и площадок нерабочих уступов, требуемой формы – камнерезными машинами барового типа или канатно-алмазными пилами.

В качестве экономического критерия предложено использовать величину удельных затрат на создание выработанного пространства, требуемых форм и размеров, вычисляемых по формуле:

$$Ц = \frac{C_1 \cdot V_1 + C_2 \cdot V_2 + C_3 \cdot S'_{пб} + C_4 \cdot S''_{пб}}{V_1 + V_2}, \quad (2)$$

где C_1 и C_2 – соответственно удельные затраты на подготовку и выемку основного и объема работ по формированию нерабочих уступов требуемой формы и размеров, руб./м³; V_1 и V_2 – соответственно основной и объем горных работ по формированию нерабочих уступов требуемой формы и размеров, м³; C_3 и C_4 – удельные затраты на нарезку откосов и площадок нерабочих уступов требуемой формы и приведение их в состояние, пригодное для строительства, руб./м²; $S'_{пб}$ и $S''_{пб}$ – площадь нарезки откосов и площадок нерабочих уступов требуемой формы и размеров, м².

Доказано, что величина критерия (2) связана с горизонтальной площадью карьера. Причем, при её увеличении значение критерия уменьшается, а характер соответствующей динамики зависит от оцениваемой технологической схемы. С учетом этого поиск рациональных условий применения технологических схем осуществляли, используя графики зависимостей, принципиальный вид которых показан на рисунок 7.

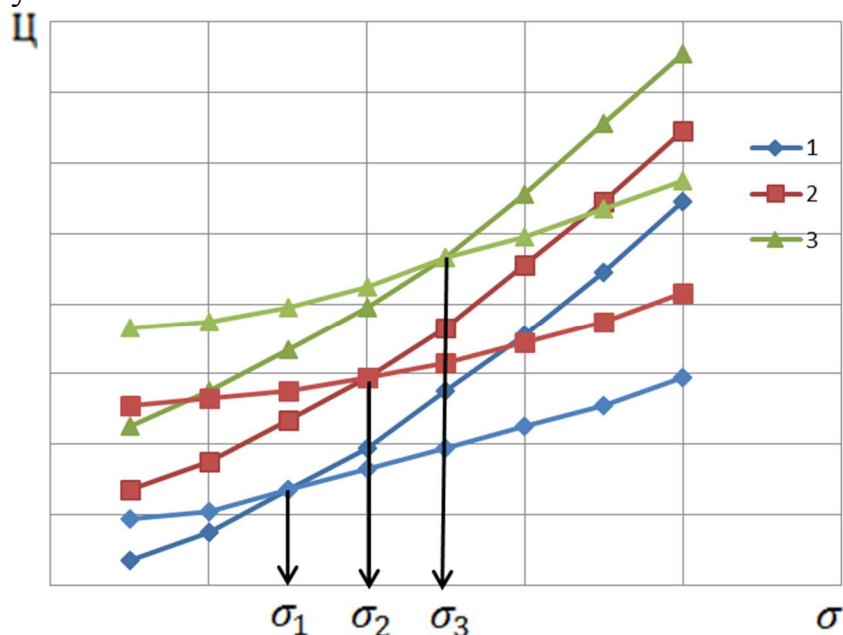


Рисунок 7 –Графики для поиска рациональных условий применения технологических схем: 1, 2, 3 – значения площади карьера ($S_1 < S_2 < S_3$)

Для численных исследований влияния средней площади карьера и прочности известняка на величину критерия, вычисляемого по формуле (2) в программной среде Excel была разработана специальная программа. С её помощью установили зависимости средней площади карьера от прочности известняка, определяющих область эффективного использования вышеперечисленных технологических схем и их модификаций. Используя полученные при этом результаты построена соответствующая диаграмма, которая приведена на рисунке 8.

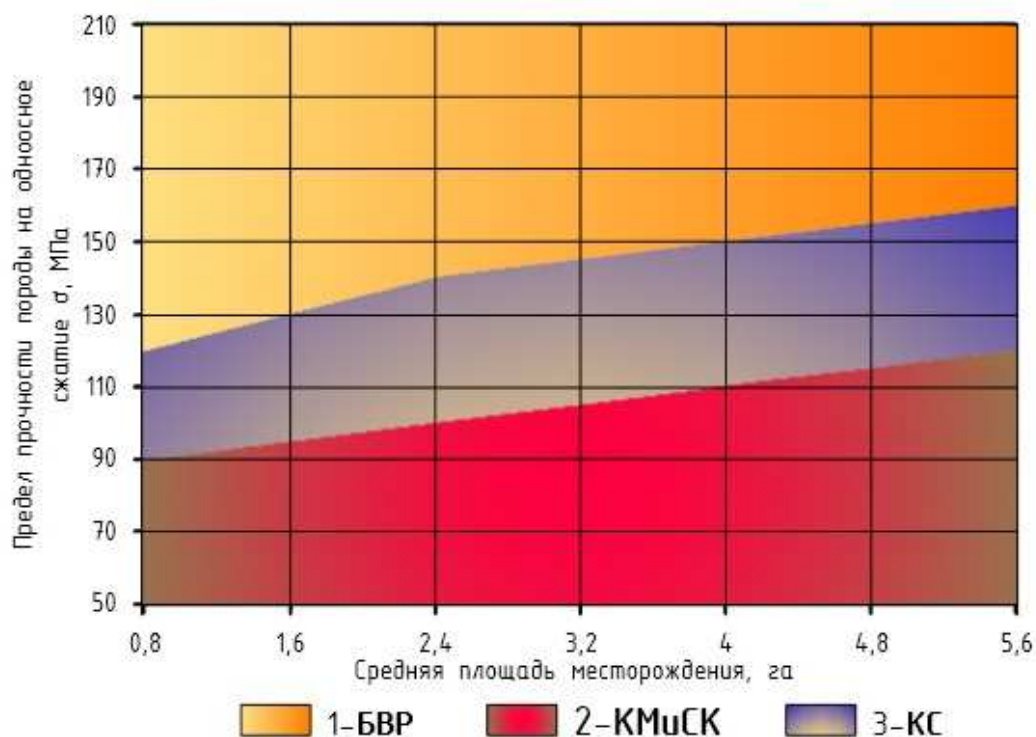


Рисунок 8 – Условия рационального применения технологических схем разработки месторождений известняка: 1-БВР; 2-КМиСК; 3-КС

Вышеизложенное является доказательством третьего научного положения, а именно: применение технологических схем, основанных на комбинации различных способов подготовки пород к выемке, создающих поверхность требуемого качества для строительства, повышает эффективность использования выработанных пространств известняковых карьеров, при этом область применения безвзрывной технологии ограничена прочностью пород на одноосное сжатие и расширяется при увеличении средней площади карьера.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная задача по повышению эффективности разработки месторождений известняков с последующим использованием выработанного пространства в пост эксплуатационный период отработки, имеющая важное значение для развития горнодобывающей отрасли России.

Основные научные результаты, выводы и рекомендации состоят в следующем:

1. Выработанное пространства известняковых карьеров повторяют форму соответствующего месторождения или его части и является наиболее масштабным с возможностью высокоэффективного использования георесурса недр. В настоящее время техногенные выработки нашли своё применение в достаточно широком перечне объектов, особенно вблизи растущих городов, у которых наблюдается недостаток территории для строительства новых объектов. Поэтому выработанное карьерное пространство, расположенное в непосредственной близости с селитебными территориями, должно быть использовано в качестве площадок для размещения объектов инфраструктуры городов.

2. На основе анализа особенностей технологии разработки и её экономической оценки обоснован методический подход к оценке рациональных параметров разработки месторождения известняка с позиции последующего использования техногенных ресурсов недр, который структурирован в алгоритм действия недропользователя и позволяющий выполнить технико-экономическую оценку освоения месторождения. Данный алгоритм оценки позволит на стадии проектирования или эксплуатации выполнить количественную оценку технологии разработки месторождения с позиции рационального использования недр, безопасности и экономической эффективности производства в целом.

3. Для использования в строительстве выработанное пространство известнякового карьера должно иметь правильные, близкие к линейным формы, которая позволяет уменьшить трудозатраты при подготовке пород к выемке и повысить устойчивость откосов.

4. Параметры вскрывающих выработок определяют объемы вскрыши и площадь нарушаемых земель, при этом максимальное влияние ширины транспортных берм на объемы вскрыши наблюдается при минимальной глубине карьера и соответствующая функция монотонно убывает в исследуемом интервале значений, влияние же руководящего уклона трассы на объемы вскрыши имеет аналогичный характер, но данная функция монотонно возрастает.

5. Предложена технология разработки месторождений известняка, предусматривающая его комбинированное вскрытие с разделением грузопотоков вскрышных пород и полезного ископаемого, а также в размещении объектов первичного перерабатывающего производства в зоне выработанного пространства карьера и подземных выработках.

6. Оценка эффективности освоения месторождения показала, что величина индекса доходности инвестиций при комбинированном вскрытии месторождения известняка тесно связана с глубиной заложения концентрационного горизонта и с относительным показателем трудности разработки. Численные исследования показали, что функция индекса доходности инвестиций от глубины заложения концентрационного горизонта при комбинированном вскрытии месторождения имеет параболический вид, а её экстремум зависит от относительного показателя трудности разработки месторождения известняка. Установлено, что оптимальная глубина концентрационного горизонта возрастает с ростом относительной трудности разработки и соответствующая зависимость описывается логарифмической кривой.

7. Основными факторами, влияющими на выбор технологии разработки месторождения, являются физико-механические свойства горных пород, рельеф,

мощность залежи, жесткость климата, требования к восстановлению поверхности, инфраструктура района размещения предприятия и воздействие на окружающую среду, размеры месторождения. Технология разработки месторождений известняка осложняется только требованиями, предъявляемыми к ограничению воздействия на окружающую среду, а также необходимостью обеспечения природной монолитности известняка за пределами границ разработки и высокой стоимостью земель. С учетом этого необходимо выбирать технологию разработки, которая должна включать работы, позволяющие параллельно с добычей известняка формировать выработанное пространство требуемой формы, с заданными размерами и качеством поверхности откосов.

8. Все предлагаемые технологические схемы разработки месторождений известняка условно разделены на буровзрывные, безвзрывные и комбинированные. С учетом расположения месторождений известняков вблизи населенных пунктов, при оценке вариантов, безвзрывной технологии следует отдавать наибольшее предпочтение. Подобная технология наряду с упрощением подготовки выработанного пространства к строительству снижает, а в ряде случаев исключает затраты на рекультивацию.

9. В результате численных исследований установлены зависимости средней площади карьера от прочности известняка, определяющие области эффективного использования предложенных технологических схем и их модификаций. Доказано, что с увеличением средней площади карьера безвзрывную технологию можно использовать для разработки более прочных известняков.

10. Применение безвзрывных и комбинированных технологий при формировании выработанного пространства во время эксплуатации месторождения обеспечивает уменьшение землеёмкости и объема вскрышных работ. Нарезка вертикальных уступов в пост эксплуатационный период потребует много времени и крупных капитальных затрат и вряд ли созданное при этом выработанное пространство найдет своего потребителя.

11. Результаты исследований рекомендуется использовать при планировании горных работ на разрабатываемых и проектируемых месторождениях известняка, а также в учебном процессе на кафедре «Открытые горные работы» ИГ ДГиГ.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ АВТОРА

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. **Пташник, Ю.П.** Перспективы использования подземного пространства для размещения предприятий жизнеобеспечения города Красноярска [Текст] / Ю.П. Пташник, А.И. Косолапов, А.И. Пташник // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М., МГГУ, 2010, №12. Т.2– С.44 – 46.

2. **Пташник, Ю.П.** Исследование влияния формы борта карьера в плане на эффективность производства и последующего освоения техногенных горных выработок [Текст] / Ю.П. Пташник, А.И. Косолапов, А.И. Пташник // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М., МГГУ, 2013, №1. – С.73 – 78.

3. **Пташник, Ю.П.** Перспективы использования выработанных пространств карьеров для размещения предприятий жизнеобеспечения крупных городов [Текст] / Ю.П. Пташник, А.И. Косолапов, А.И. Пташник // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М., МГГУ, 2013, №3. – С.83 – 86.

Патенты:

4. Пат. 2499139 Российская Федерация, МПК Е 21 С 41/26 (2006.01). Способ открытой разработки вытянутых месторождений крутопадающих залежей / А.И. Косолапов, А.И. Пташник, Ю.П. Пташник; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Сибирский федеральный университет. – № 2012121238/03; заявл. 23.05.2012; опубл. 20.11.2013, Бюл. № 32. – 5 с.

5. Пат. 2515649 Российская Федерация, МПК Е 21 С 41/00 (2006.01). Способ комбинированной разработки вытянутых месторождений крутопадающих залежей / А.И. Косолапов, А.И. Пташник, Ю.П. Пташник; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Сибирский федеральный университет. – № 2013105043/03; заявл. 06.02.2013; опубл. 20.05.2014, Бюл. № 14. – 9 с.

Статьи в других изданиях:

6. Пташник, Ю.П. Технология разработки месторождений вблизи селитебных территорий крупных городов [Текст] / Ю.П. Пташник, А.И. Косолапов, Е.Ю. Назарова, А.И. Пташник // Добыча, обработка и применение природного камня. Вып. 10: сб. науч. тр. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. – С.63 – 68.

7. Пташник Ю.П. Перспективы использования выработанного пространства горных предприятий расположенных вблизи крупных городов [Текст] / Пташник Ю.П. // Молодёжь и наука: сборник материалов студенческой конференции [Электронный ресурс]. – Красноярск, 2010.

8. Пташник Ю.П. Минимизация землепользования при разработке месторождений открытым способом [Текст] / Пташник Ю.П. // Молодёжь и наука: сборник материалов студенческой конференции [Электронный ресурс]. – Красноярск, 2013.

Подписано в печать 19.01.2016. Печать плоская. Формат 60x84/16
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 1,0. Тираж 120 экз. Заказ 10

Отпечатано Библиотечно-издательским комплексом
Сибирского федерального университета
660041, Красноярск, пр. Свободный, 82а
Тел. (391) 206-26-67; <http://bik.sfu-kras.ru>
E-mail: publishing_house@sfu-kras.ru