

Разработка теоретических основ проектирования и безопасного функционирования горнотехнических систем, основанных на комбинированных физико-технических и физико-химических геотехнологиях освоения природных и техногенных месторождений твердых полезных ископаемых

К. Н. Трубецкой (руководитель проекта), Д. Р. Каплунов, М. В. Рыльникова, С. Д. Викторов, Д. Н. Радченко, А. Е. Франтов, А. В. Шляпин, Ю. В. Корнеев, В. В. Экс, А. М. Пешков

ИПКОН РАН

Постоянный рост добычи и потребления минерального сырья усиливает антропогенное воздействие горного производства на природную среду. В результате интенсивного развития горно-металлургического комплекса в большинстве регионов России накоплен значительный объем отходов производства и потребления. По современным оценкам, в России на начало 2012 года общее количество таких превысило 100 млрд. т. Причем 55% из них сформированы предприятиями горнодобывающей отрасли. Степень эффективного использования отходов весьма низка. Анализ мирового опыта горного проектирования свидетельствует, что лишь при разработке 15% крупных месторождений проектами предусмотрено использование отходов добычи и переработки руд. При этом на ряде предприятий уже в проекте предусмотрено целенаправленное формирование техногенных образований с целью их последующей эксплуатации. Утилизация отходов осуществляется либо в составе производственного цикла рудников, либо путем использования техногенного сырья, преимущественно в качестве строительных материалов. Вместе с тем, текущие отходы производства и ранее сформированные техногенные минеральные образования являются перспективными, хотя и нетрадиционными, в классическом представлении, георесурсами, которые могут быть эффективно освоены при современном уровне развития техники и технологий. Разработка месторождений твердых полезных ископаемых сопровождается формированием в земной коре значительного объема выработанных пространств и техногенных ландшафтов, являющихся стратегически важным ресурсом недр Земли, также требующим комплексного подхода к освоению.

Совершенствование теоретических основ проектирования горнотехнических систем комплексного освоения рудных месторождений направлено на формирование современной нормативно-правовой и законодательной базы обращения с отходами, создание инновационных энерго- и ресурсосберегающих геотехнологий, обеспечивающих требуемую интенсивность и безопасность горных работ.

При проектировании горнотехнических систем необходимо базироваться на классификации георесурсов, представленной на рис. 1. Уточнение основных категорий георесурсов обеспечивает единый подход к проблеме комплексного освоения недр. В

соответствии с современными представлениями в области обращения с отходами горных предприятий целесообразно выделять природные (геогенные), техногенные и природно-техногенные георесурсы [Грехнев, Секисов, 2004; Макаров, 2000; Секисов и др., 1987; Трубецкой, 1996; Трубецкой, Воробьев, 1995, 2001; Трубецкой, Уманец, 1992; Трубецкой и др., 1986, 1988, 1989, 1996]. Последние представляют запасы, оставленные в недрах в результате отработки природных месторождений в виде целиков, корок, выклинивающихся участков залежей, не отделенных от горного массива.

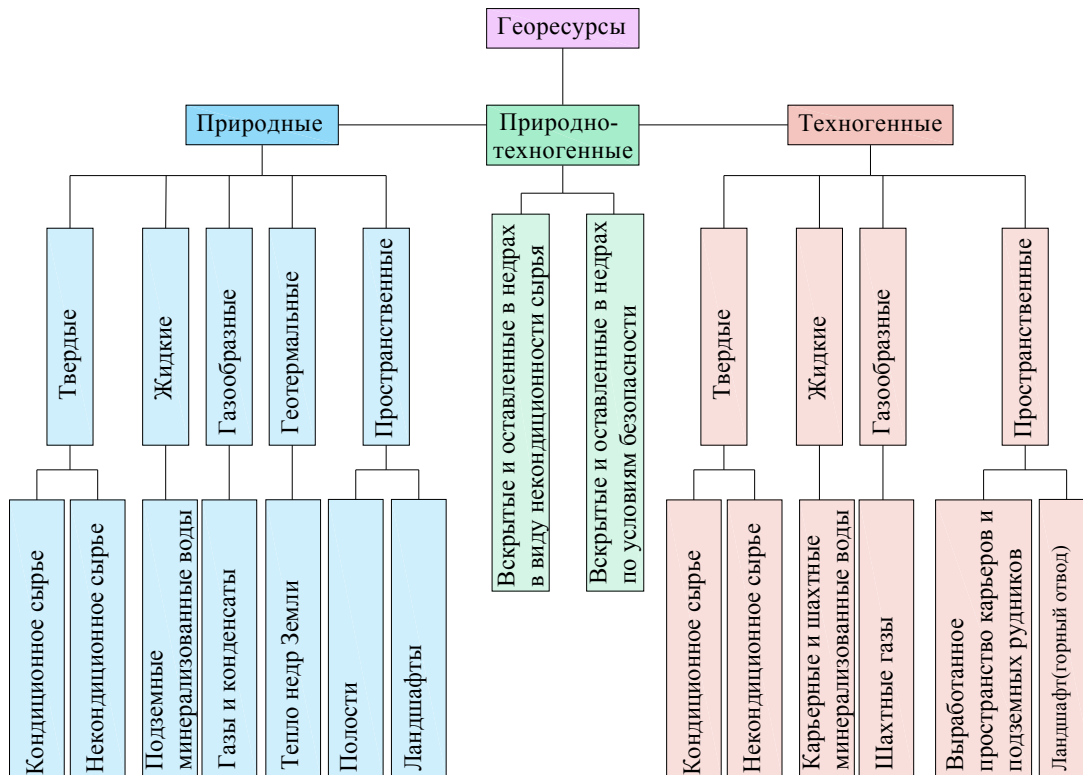


Рис. 1. Классификация георесурсов.

Техногенные георесурсы представлены техногенными минеральными образованиями, техногенными полостями и ландшафтами.

Техногенные минеральные ресурсы – запасы минерального сырья, содержащегося в отходах горно-обогатительного и металлургического производств в пределах какого-либо предприятия, региона или страны в целом.

Техногенные полости – горные выработки и выработанные пространства, сформированные в ходе горных работ при извлечении полезных ископаемых из недр.

Техногенный ландшафт – измененный в результате производства горных работ или иной производственной деятельности ландшафт земной поверхности.

Техногенные минеральные объекты – условно выделенные в пространстве и накопленные на поверхности Земли или в недрах в пределах горного отвода техногенные минеральные ресурсы. Потенциальная промышленная ценность таких объектов, как правило, неясна. Для ее установления требуется проведение специальных геологических и технологических работ.

Техногенное минеральное образование – скопление на поверхности, либо в природных или техногенных полостях в недрах Земли, гидросфере или атмосфере

твердых или жидких продуктов, созданных в результате производственной деятельности человека в сфере недропользования и достаточное для промышленного освоения.

Техногенное месторождение – скопление техногенных минеральных ресурсов, образовавшееся в результате складирования отходов производства, пригодное для разработки и производства товарной продукции.

По признаку формирования техногенные месторождения разделены на две основные категории: техногенные месторождения, созданные без учета последующего освоения, и техногенные месторождения, формируемые с заданными параметрами. В первом случае техногенные месторождения формируются на основе традиционных требований к складированию отходов производства без учета возможности и целесообразности разработки в настоящее время или в будущем при совершенствовании горно-обогатительных и металлургических технологий. Во втором случае – по специальным технологиям с обеспечением требуемых технологических, геомеханических и физико-химических параметров [Трубецкой, Воробьев, 1995, 2001; Трубецкой и др., 1996,]. При этом необходимо обоснование решений по целенаправленному формированию техногенных месторождений в выработанном пространстве карьеров, подземных рудников или на поверхности горных отводов для обеспечения возможности их эффективного освоения в будущем.

В соответствии с условиями образования, залегания и хранения для каждой группы георесурсов определены основные перспективы вовлечения каждой группы в промышленную эксплуатацию в интересах повышения полноты и комплексности освоения недр и обоснованы направления исследований в области совершенствования параметров геотехнологий применительно к следующим объектам:

- ▲ медно-колчеданные месторождения Южного Урала (Учалинское, Гайское, Октябрьское, Узельгинское, Сибайское);
- ▲ железорудные месторождения КМА (Михайловское и Коробковское);
- ▲ Верхнекамское месторождение калийных солей.

Для каждой группы месторождений предложены перспективные горнотехнические системы их эксплуатации, установлены закономерности процессов формирования и разработки балансовых запасов и сопутствующих техногенных образований в полном цикле комплексного освоения месторождений твердых полезных ископаемых.

При обосновании параметров полного цикла комплексного освоения медно-колчеданных месторождений Урала определено, что менее сложными, энерго- и металлоемкими, характеризующимися экологической безопасностью, являются технологические схемы, исключаящие складирование техногенного сырья и предусматривающие его переработку с утилизацией в выработанных подземных пространствах (рис. 2).

Анализ горнотехнической системы, приведенной на рис. 2, свидетельствует, что на осваиваемом участке недр в едином технологическом пространстве применяются комбинации физико-технических и физико-химических геотехнологий. Только такое сочетание технологических решений обеспечивает эффективную отработку, как балансовых запасов месторождений, так и бедных руд и отходов горно-обогатительного производства.

Выполненные экспериментальные и теоретические исследования по установлению закономерностей процессов формирования и разработки природных и техногенных месторождений твердых полезных ископаемых позволили разработать методические положения по проектированию горнотехнических систем с вовлечением в промышленную эксплуатацию отходов горного, обогатительного и металлургического производств. Решение проблемы управления отходами горно-перерабатывающих производств базируется на следующих подходах:

1. Складирование отходов может и должно быть управляемым геотехнологическим процессом. При этом отходам горного и обогатительного производства и сформированным

из них техногенным массивам необходимо придавать определенные технологические характеристики, которые обеспечивают возможность последующей эффективной эксплуатации сформированного техногенного месторождения;

2. Требуемые технологические характеристики отходов обосновываются с учетом установленных закономерностей формирования технологических свойств техногенного сырья как в процессе его складирования и хранения, так и при эксплуатации сформированного техногенного месторождения;

3. Негативные природные процессы, связанные со складированием и хранением отходов горного и обогатительного производства – миграция элементов в окружающую среду вследствие природного выщелачивания, сегрегация и седиментация, выветривание, эрозия, пыление, оседание, обрушение и другие учитываются как факторы, определяющие технологию формирования техногенных образований качественно нового состава и свойств, обеспечивающих эффективную промышленную эксплуатацию техногенного сырья;

4. Установление закономерностей формирования технологических свойств отходов и структур техногенных массивов на основе исследований технологических процессов формирования и эксплуатации техногенных образований в увязке с параметрами технологий и режимом горных работ позволяет разрабатывать проекты на комплексное освоение рудных месторождений, а также способствует развитию нормативно-правовой базы недропользования в области обращения с отходами;

5. Формируемый на основе установленных закономерностей техногенный массив следует рассматривать не только и не столько как хранилище отходов, а как техногенное месторождение, пригодное для промышленной эксплуатации с целью доизвлечения ценных компонентов и последующей утилизации отходов;

6. Использование в максимальной степени выработанных пространств карьеров и подземных рудников в качестве технологического пространства для формирования техногенных месторождений способствует сокращению объема складирования отходов на земной поверхности. За счет этого разрабатываемые технологии характеризуются высокими экологическими показателями;

На базе этих принципов в 2009 году разработан «Типовой регламент комплексного освоения месторождений полиметаллических руд и сопутствующих техногенных образований в полном геотехнологическом цикле», который прошел опытно-промышленную апробацию в условиях Учалинского ГОКа.

Разработанный «Типовой регламент ...» содержит основные положения, правила и процедуры организации и осуществления технологического процесса комбинированной геотехнологии с применением физико-технических и физико-химических методов комплексного освоения месторождений полиметаллических руд и сопутствующих техногенных месторождений. Опытно-промышленная апробация «Типового регламента ...» в условиях ОАО «Учалинский ГОК» показала, что срок окупаемости капитальных затрат на внедрение нетрадиционных технологии разработки техногенных месторождений в зависимости от вида перерабатываемого сырья составляет 2,5 года. Внедрение технологии обеспечивает значительное снижение экологической нагрузки на регион. Так, на Учалинском ГОКе объем складированных отходов обогащения можно уменьшить на 2,5 млн. т отходов в год. Достигнутая экономия от сокращения платежей за размещение отходов составит не менее 117 млн. руб./год.

Переход от физико-технических способов к физико-химическим и их комбинациям в полном цикле комплексного освоения рудных месторождений определяет необходимость детального учета природных факторов, геотехнологических свойств руд и горнотехнических условий разработки. Одной из ключевых задач проектирования комплексного освоения рудных месторождений является обоснование параметров буровзрывных работ, обеспечивающих требуемую интенсивность разработки, безопасность горных работ и экономическую эффективность отработки запасов в контуре

карьера, подземного рудника, переходных зон от открытых горных работ к подземным, подготовки запасов на месте залегания к освоению физико-химическими геотехнологиями.



Рис. 2. Типовая горнотехническая система, основанная на комбинации физико-технических и физико-химических геотехнологий, обеспечивающих эффективное освоение природных и техногенных месторождений твердых полезных ископаемых:

1 – разрабатываемые балансовые запасы, предназначенные для переработки на обогатительной фабрике (2); 3 – комплекс обезвоживания текущих отходов обогащения; 4 – емкость оборотной воды обогатительной фабрики; 5 – комплекс окомкования текущих обезвоженных отходов обогащения; 6 – временный склад окомкованных хвостов; 7 – целенаправленно сформированное на основе окомкованных отходов обогащения и разрабатываемое физико-химическими способами техногенное минеральное образование; 8 – формируемое техногенное минеральное образование; 9 – отработанное физико-химическим способом техногенное образование – конечные отходы направляются на закладочный комплекс (10); 11 – техногенное минеральное образование, сформированное на основе некондиционных руд от открытой добычи в выработанном пространстве карьера (12); 13 – техногенное минеральное образование на основе отходов добычи или переработки руд, сформированное в камерах подземного рудника; 14 – некондиционные окисленные руды, подвергаемые подземному выщелачиванию; 15 – гидрометаллургический комплекс, перерабатывающий продуктивные растворы, поступающие с участков 7, 11, 13,14; 16 – формируемый массив твердеющей закладки на основе отходов.

В качестве примера комбинированных геотехнологий на рис. 3 приведены разработанные варианты технологических схем отработки запасов открыто-подземного яруса – переходной зоны от открытых горных работ к подземным, методом

выщелачивания в устойчивых (рис. 3а) и неустойчивых породах (рис. 3б). Технология предусматривает следующую последовательность ведения работ. Рудное тело под дном карьера разрабатывается одним высоким уступом. Особенностью ведения буровзрывных работ (БВР) при подготовке блока к подземному выщелачиванию является проходка центральной компенсирующей скважины, оконтуривающих, заряжаемых и незаряжаемых компенсационных скважин. Проходка скважин осуществляется бурением со дна карьера. Одновременно ведется подготовка транспортно-выпускных горизонтов и горизонтов сбора растворов. Разбуривание единого высокого уступа открыто-подземного яруса ведется со дна карьера скважинами диаметром 200–300 мм на глубину от 30 до 100 м. Использование высокопроизводительного карьерного оборудования для бурения глубоких скважин при подготовке блоков к выщелачиванию обеспечивает высокие технико-экономические показатели работ. В связи с образованием между открытыми работами и блоками выщелачивания единого выработанного пространства допустимо применение взрывчатых веществ (ВВ) первого класса. Эффективными для рассматриваемых условий являются конверсионные взрывчатые материалы.

В рамках комплексных исследований совершенствования параметров БВР в полном цикле комплексного освоения рудных месторождений обоснованы параметры технологий проходки подземных горных выработок при использовании шпуров увеличенной длины – до 3,7 м, внедрение их в 2010 г. на Учалинском и Гайском ГОКах повысило скорость проходки на 10–12%.

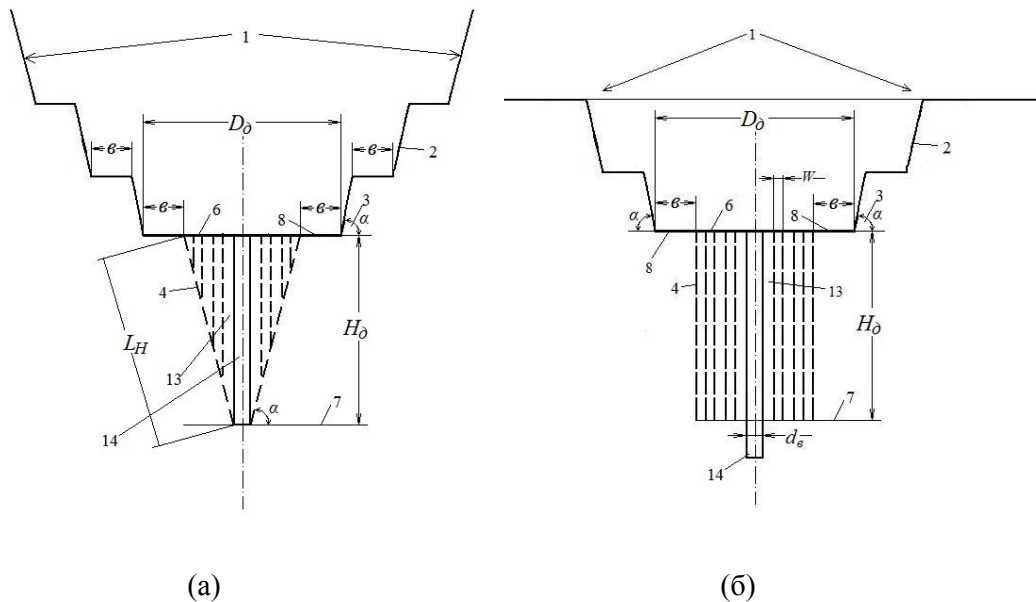


Рис. 3. Схемы взрывной подготовки запасов открыто-подземного яруса к выщелачиванию при неустойчивых (а) и устойчивых рудах (б): карьер – 1; борт карьера – 2; угол α наклона откоса рабочего уступа – 3; внешний контур разрушаемого объема рудного массива – 4; наклонные скважины внешнего контура разрушаемого объема рудного массива – 5; дно карьера с приведенным радиусом D_0 – 6; доработка запасов глубиной H_0 – 7; ширина рабочего уступа b – 8; заряжаемые скважины i -го ряда – 9; линия наименьшего сопротивления вертикальных скважин (W) для конкретного типа горных пород – 10; приведенный диаметр i -го единичного замкнутого ряда вертикальных или наклонных скважин D_{pi} – 11; равномерно распределенные между заряженными компенсирующие незаряжаемые скважины – 12; разрушенный объем рудного массива – 13; выдающая скважина – 14.

Для условий открытой разработки создана новая технология БВР, основанная на применении двухступенных блоков при их многорядном обурировании. Разработанный способ отбойки двухступенными блоками лишен недостатков, присущих известным способам отработки запасов высокими уступами. На рис. 4 представлена схема обурирования и короткозамедленного взрывания скважинных зарядов на двухступенных блоках при трапецевидной схеме обурирования. Применение данной схемы рекомендовано при врезке в уступ. После взрыва первого двухступенного блока в обе стороны от него возможно применение многократной параллелограммной схемы обурирования двухступенных блоков.

При трапецевидном обурировании двухступенного блока строго соблюдаемым условием является положение крайних глубоких скважин в первом ряду на верхнем уступе строго над крайними скважинами (или ближе к центру) последнего ряда скважин на нижнем уступе. Если глубокие скважины обуриваются за пределами крайних скважин последнего ряда, то при их взрывании, нижняя 17-ти метровая часть заряда в глубокой скважине будет взрываться при отсутствии свободной поверхности, формирующейся при взрыве. При этом в зажатой среде будет иметь место только камуфлетная фаза взрыва, которая не сопровождается технологическим дроблением горной массы. На верхнем и нижнем уступах двухступенного блока при трапецевидной схеме обурирования применяется единая схема короткозамедленного взрывания диагональными рядами с центральным врубом. Схема взрывания закольцована по уступам индивидуально. Замедления устанавливаются между диагональными рядами скважин. Последний диагональный ряд нижнего уступа соединяется через замедление с врубовой скважиной верхнего уступа. Начальный взрывной импульс подается на врубовую скважину нижнего уступа.

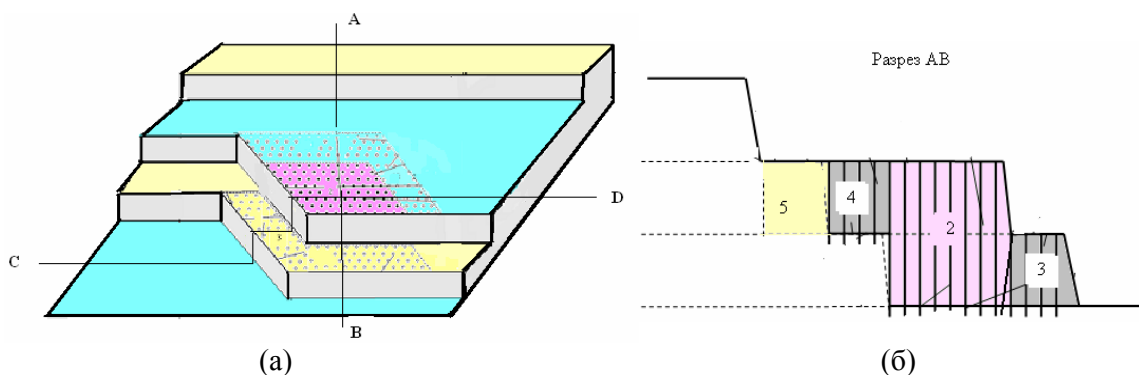


Рис. 4. Схема двухступенной отбойки. (а) – блок переменной высоты при обурировании площадок в виде параллелограмма; (б) – разрез блока по линии АВ.

При взрыве двухступенного блока по схеме, представленной на рис. 4, отбивается 268 тыс. м³ горной массы. Объем отбитой горной массы возрастает в 2,2 раза.

В сравнении с применяемыми в карьере параметрами одноступенных блоков при переходе на отбойку руды двухступенными блоками объем отбитой горной массы с одного блока возрастает в 4–5 раз.

В 2009–2011 гг. проведены натурные испытания разработанной технологии на Михайловском ГОКе. На опытных блоках в Михайловском карьере обуривали по три-четыре ряда скважин и отбивали на блоках от 50 до 100 тыс. м³ горной массы. Всего на опытном блоке отбито 465 тыс. м³ горной массы.

В ходе промышленного эксперимента установлено, что применение новой технологии позволяет снизить выход негабарита в 1,2–2 раза.

С учетом результатов эксперимента усовершенствована компьютерная методика «БЛОК-ДТ» проектирования основных параметров двухступенных блоков.

Анализ результатов опытных работ показал их высокую эффективность. Применение разработанной технологии обеспечивает высокую интенсивность отработки запасов, создавая широкий фронт работ для мощных экскаваторов и самосвалов.

Проектирование современных горно-перерабатывающих производств с полным циклом должно базироваться на следующих основных принципах:

1. Обязательным условием достижения требуемой эффективности и комплексности освоения месторождений руд сложного вещественного состава является совместное решение в базовом проекте на разработку месторождения вопросов комплексного извлечения полезных ископаемых из недр и ценных компонентов из природного и техногенного минерального сырья с установлением как границ, так и условий применения комбинированных геотехнологий в их различных сочетаниях;

2. Комбинирование технологий не должно быть вынужденной мерой при затухании горных работ, а стать обязательным постулатом, введенным в практику проектирования комплексного освоения участка недр;

3. В едином комплексном проекте должны быть решены вопросы поэтапного вовлечения в эксплуатацию отдельных участков недр с оптимизацией во времени и пространстве последовательности реализации сочетаний процессов комбинированной геотехнологии отработки природных залежей и сопутствующих техногенных образований с использованием сформированных открытыми и подземными работами выработанных пространств;

4. Последовательность и пространственные параметры реализации технологических процессов должны определяться на основе оптимизационного моделирования показателей функционирования всех технологических подсистем с установлением времени вовлечения в промышленную эксплуатацию отдельных природных участков недр, сформированных выработанных пространств и техногенных образований;

5. Проекты комплексного освоения месторождений не являются задачами простого сложения отдельных производств, а представляют проблему создания горнопромышленного комплекса с полным циклом добычи, переработки руд и утилизации отходов (рис. 5). Этот принцип должен войти в практику проектирования строительства горнодобывающего предприятия, полностью использующего природные и техногенные георесурсы, а также прогрессивные технологии добычи и переработки руды, адаптированные к горно-геологическим условиям месторождения и учитывающие специфику вещественного состава руд.



Рис. 6. Организационно-производственная структура горно-перерабатывающего предприятия при комплексном освоении рудных месторождений с вовлечением в эксплуатацию техногенного сырья.

При определении методических положений по обоснованию требований к качеству природного и техногенного сырья по видам применяемых технологий необходимо учитывать современные требования, включающие:

- ▲ рациональное совмещение физико-технических и физико-химических геотехнологий на осваиваемом участке недр;
- ▲ дифференциацию запасов минерального сырья по видам применяемых геотехнологий в едином технологическом пространстве горнотехнической системы;
- ▲ комплексное извлечение полезных компонентов из минерального сырья;
- ▲ использование техногенного минерального сырья для формирования техногенных и природно-техногенных месторождений с последующей их разработкой;
- ▲ утилизацию техногенных отходов в качестве строительного сырья и для заполнения выработанного пространства;
- ▲ экологическую безопасность и комплексность освоения месторождений полезных ископаемых и сопутствующих техногенных образований.

Выполненными технико-экономическими расчетами доказано, что реализация горнотехнических систем с полным циклом комплексного освоения недр обеспечивает:

- ▲ восполнение минерально-сырьевой базы горнодобывающих предприятий;
- ▲ снижение издержек производства на 10–15%;
- ▲ повышение извлекаемой ценности добываемых и перерабатываемых руд на 30–40%;
- ▲ сокращение потерь полезных ископаемых на 15–20%;
- ▲ замещение дорогостоящих инертных заполнителей закладочных смесей отходами переработки руды не менее чем на 30%;
- ▲ повышение извлечения ценных компонентов в концентраты на 2–10% без снижения качества концентратов;
- ▲ утилизацию до 50% отходов горнодобывающего производства в выработанном пространстве открытого и подземного рудника.

Эффект от внедрения комбинированных физико-технических и физико-химических геотехнологий состоит в:

- ▲ повышении качества жизни и здоровья населения горнодобывающих регионов за счет существенного улучшения экологической ситуации при сокращении объемов складированных на поверхности отходов;
- ▲ расширении периода эффективной жизнедеятельности горных предприятий за счет вовлечения в промышленную эксплуатацию бедных руд, а также техногенных отходов – рудных отвалов, хвостов обогащения, шлаков металлургии, минерализованных промышленных вод;
- ▲ более полном и комплексном использовании минерально-сырьевых ресурсов за счет вовлечения в комплексную разработку минерального сырья, ранее считавшегося непригодным для добычи и переработки, с обеспечением извлечения широкого спектра ценных компонентов, содержащихся в рудах и отходах горно-перерабатывающего комплекса;
- ▲ сокращении затрат на строительство и эксплуатацию хранилищ отходов;
- ▲ создании принципиально новых видов продукции горного предприятия – товарных металлов и их соединений.

Список патентов, основных научных работ, докладов, публичных выступлений, выполненных в ходе выполнения проекта

Патенты

1. *Викторов С. Д., Франтов А. Е., Галченко Ю. П., Закалинский В. М.* Способ доработки запасов рудных месторождений под дном карьера. Заявка на изобретение № 2010143394/3 от 25.10.2010 г.
2. *Трубецкой К. Н., Галченко Ю. П., Сабянин Г. В.* Способ подземной разработки соляных пластов. Патент РФ на изобретение № 2379513. Заявл. 18.07.2008. Опубл. 20.01.2010. Бюлл. № 2.
3. *Трубецкой К. Н., Галченко Ю. П., Сабянин Г. В.* Способ подземной разработки соляных пластов. Патент РФ на изобретение № 2403388. Заявл. 27.02.2009. Рпубл. 10.11.2010. Бюлл. № 31.
4. *Викторов С. Д., Казаков Н. Н., Шляпин А. В.* Программа для ЭВМ «Блок-ДТ» Заявка на свидетельство государственной регистрации № 2010614431 от 18.05.2010.
5. *Викторов С. Д., Казаков Н. Н., Шляпин А. В.* Программа для ЭВМ «Блок-ДП» Заявка на свидетельство государственной регистрации от 20.09.2010.

Монографии

6. *Трубецкой К. Н., Чантурия В. А., Каплунов Д. Р., Рыльникова М. В.* Комплексное освоение месторождений и глубокая переработка минерального сырья (монография) М.: РАН, Наука, 2010. 446 с.
7. *Каплунов Д. Р., Рубан А. Д., Рыльникова М. В.* Комплексное освоение недр комбинированными геотехнологиями. Под ред. акад. К. Н. Трубецкого. – М.: ООО НИИЦ «Недра – XXI», 2010. 350 с.

В журналах перечня ВАК

8. *Трубецкой К. Н.* Основные направления и пути решения проблем ресурсосбережения при комплексном освоении недр // Маркшейдерия и недропользование. 2010. №3 С. 22–29.
9. *Каплунов Д. Р., Милкин Д. А.* Классификация минерально-сырьевых потоков при комбинированной физико-технической и физико-химической геотехнологии // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2010. № 1. С. 203–214.
10. *Рыльникова М. В., Радченко Д. Н., Милкин Д. А., Звягинцев А. Г.* Исследования процессов выщелачивания ценных компонентов из текущих хвостов обогащения медно-колчеданных руд // ГИАБ. 2010. № 2. С 256–268.
11. *Каплунов Д. Р.* Перспектива комплексного освоения недр – комбинированные геотехнологии // ГИАБ. 2010. Отдельный выпуск 1 (Труды научного симпозиума «Неделя Горняка – 2010»). С. 346–354.
12. *Каплунов Д. Р., Юков В. А.* Оценка возможности интенсификации разработки месторождений // Маркшейдерский вестник. 2010. № 2. С. 22–27.
13. *Викторов С. Д., Кутузов Б. Н., Закалинский В. М.* Стратегия эффективного развития взрывных работ в России // Горный журнал. 2010. № 4.
14. *Франтов А. Е.* Оценка факторов, определяющих возможность применения конверсионных взрывчатых материалов в физико-химических геотехнологиях // Горный информационно-аналитический бюллетень. М., изд. МГГУ. 2010. № 7. С. 157–162.

15. Павлов В. И., Нагибин Ю. П., Франтов А. Е. Техническое обеспечение работ при подготовке руды для геотехнологических методов // Горный информационно-аналитический бюллетень. М., изд. МГГУ. 2010. № 3. С. 294–297.
16. Трубецкой К. Н. Проблемы и перспективы развития горных наук // Маркшейдерия и недропользование. 2011. №2 (52). С. 9–12.
17. Трубецкой К. Н. Основные направления и пути решения проблем ресурсосбережения при комплексном освоении недр с земной поверхности // ГИАБ. Неделя горняка. 2011. №1 (отдельный выпуск). С. 433–447.
18. Трубецкой К. Н., Галченко Ю. П., Сабянин Г. В. методология построения инновационных технологий освоения жильных месторождений // ФТПРПИ. 2011. № 4. С. 86–94.
19. Каплунов Д. Р., Радченко Д. Н. Обоснование полного цикла комплексного освоения недр при разработке месторождений твердых полезных ископаемых // Статья в журнале. Москва. ГИАБ. №1 (отдельный выпуск). 2011.

В других изданиях

20. Рыльникова М. В., Экс В. В. Развитие научно-методических основ промышленной эксплуатации природных и техногенных георесурсов // Труды конференции с участием иностранных ученых «Фундаментальные проблемы формирования техногенной среды». В 3-х т. Т II. Геотехнологии. – Новосибирск: Институт горного дела СО РАН. 2010. С. 118–123.
21. Трубецкой К. Н., Викторов С. Д., Кутузов Б. Н., Репин Н. Я. Проблемы развития взрывного дела. Сборник «Взрывное дело». № 101/58. 2009. С. 3–25.
22. Трубецкой К. Н. Проблемы и перспективы развития горных наук // Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых. Материалы 7 Международной школы молодых ученых и специалистов. 15–19 ноября 2010 г. – М.: УРАН ИПКОН РАН, 2010. С. 6–14.
23. Викторов С. Д., Закалинский В. М., Кочанов А. Н. Оценка пылевидных фракций горных пород при крупномасштабном взрыве. Труды XX Международной научной школы им. академика С.А. Христиановича «Деформирование и разрушение материалов с дефектами и динамические явления в горных породах и выработках». Симферополь, ТНУ им. В. И. Вернадского. 2010. С. 87–91.
24. Викторов С. Д., Козуб А. В. Дробление руды зарядами эмульсионных ВВ. Труды XX Международной научной школы им. академика С. А. Христиановича «Деформирование и разрушение материалов с дефектами и динамические явления в горных породах и выработках». Симферополь, ТНУ им. В. И. Вернадского, 2010. С. 94–103.
25. Варичев А. В., Кретов С. И., Козуб А. В., Викторов С. Д., Казаков Н. Н., Шляпин А. В. Взрывные работы на двухступенных блоках // Сборник «Взрывное дело» №103/60. 2010 С. 79.
26. Викторов С. Д., Закалинский В. М. Концепция развития взрывных работ в России // Сборник «Взрывное дело» №104/61. 2010 С. 3–15.
27. Закалинский В. М. Развитие взрывных технологий // Сборник «Взрывное дело» №103/60. 2010 С. 91.
28. Радченко Д. Н. Результаты опытно-промышленных испытаний технологий переработки отходов горного и обогащительного производства в условиях горных территорий Башкирии // Материалы VI Международной научной конференции «Устойчивое развитие горных территорий в условиях глобальных изменений», Владикавказ, 2010. С. 241–246.
29. Рыльникова М. В. Экологически безопасные технологии в условиях рудных месторождений в условиях охраняемых территорий // Материалы VI

- Международной научной конференции «Устойчивое развитие горных территорий в условиях глобальных изменений. Владикавказ. 2010. С. 246–252.
30. Корнеев Ю. В. Пути повышения интенсивности освоения рудных месторождений при комбинированной геотехнологии // *Материалы 7 международной научной школы молодых ученых и специалистов «Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых»*. Москва 2010. С. 215–217.
 31. Экс В. В. Формирование природно-техногенного месторождения в полном цикле комплексного освоения недр (на примере шахты им. Губкина) // *Материалы 7 международной научной школы молодых ученых и специалистов «Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых»*. Москва 2010. С. 269–272.
 32. Радченко Д. Н. Исследование производственного потенциала горнотехнических систем комбинированной геотехнологии // *Материалы 7 международной научной школы молодых ученых и специалистов «Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых»*. Москва 2010. С. 272–275.
 33. Пешков А. М. Обоснование требований к природному и техногенному минеральному сырью при комбинированной физико-технической и физико-химической технологии // *Материалы V международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодые – наукам о Земле»*. Москва 2010. С. 243.
 34. Экс В. В. Принципы конструирования горнотехнических систем в полном цикле комплексного освоения рудных месторождений и сопутствующих техногенных образований // *Материалы V международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодые – наукам о Земле»*, Москва 2010. С. 262–263.
 35. S. D. Victorov, V. N. Odintcev, A. N. Kochanov, A. A. Osokin. Phenomenon of Emission of Microparticles under Quasi-Static Loading of Rocks. – Beijing, China: Metallurgical Industry Press, Proceedings of the 7th International conference on physical problems of rock destruction, 2011. P. 3–6.
 36. K. N. Trubetskoy, S. D. Victorov, V. M. Zakalinsky Development of Blasting in Russia. – Beijing, China: Metallurgical Industry Press, Proceedings of the 7th International conference on physical problems of rock destruction. 2011. P. 6–11.
 37. Викторов С. Д., Казаков Н. Н., Шляпин А. В., Кретов С. И., Козуб А. В. Применение эмульсионных ВВ для дробления руды двухступными блоками в карьере ОАО «Михайловский ГОК». Статья. – М.: ЗАО «МВК по взрывному делу при АГН» // *Взрывное дело*. Выпуск № 106/63. 2011.
 38. Шляпин А. В., Латиков И. Н. Влияние количества скважинных зарядов в группе на гранулометрический состав горной массы. Статья. – М.: ЗАО «МВК по взрывному делу при АГН» // *Взрывное дело*. Выпуск № 105/62. 2011. – С. 105–112.
 39. Трубецкой К. Н., Галченко Ю. П., Сабянин Г. В. О научно-методических принципах реформирования экологического законодательства в Российской Федерации // *Маркшейдерский вестник*. 2011. № 1. С. 13–18.

Статья подготовлена по результатам работ по проекту 2.2.2 Программы Президиума РАН № 14–23–24 «Научные основы инновационных энергоресурсосберегающих экологически безопасных технологий оценки и освоения природных и техногенных ресурсов» (координаторы: ак. Леонтьев Л. И., ак. Рундквист Д. В.), 2009–2011 гг.

Литература

1. Трубецкой К. Н., Воробьев А. Е. Основы ресурсовоспроизводящих технологий складирования и хранения некондиционного сырья // *Горн. журн*. 1995. № 5. С. 47–50.

2. Трубецкой К. Н., Воробьев А. Е. Способ создания техногенного месторождения в недрах Земли. Патент РФ №2166087. Приоритет от 27.04.2001.
3. Трубецкой К. Н., Воробьев А. Е., Чекушина Т. В., Бубнов В. К. Способ внутриотвального обогащения золотосодержащих некондиционных руд.. Патент РФ № 2059822. Приоритет от 10.05.96.
4. Трубецкой К. Н., Рогов Е. И., Никитин М. Б. Обоснования оптимальных параметров создания и разработки техногенных месторождений // Комплексное использование минерального сырья. 1986. № 8. С. 7–11.
5. Трубецкой К. Н., Рогов Е. И., Уманец В. Н., Никитин М. Б. Обоснование объемов и сроков освоения техногенных месторождений // Горный журнал. 1988. № 2. С. 9–12.
6. Трубецкой К. Н., Уманец В. Н. Комплексное освоение техногенных месторождений // Горный журнал. 1992. № 1. С. 12–16.
7. Трубецкой К. Н., Уманец В. Н., Никитин М. Б. Классификация техногенных месторождений, основные категории и понятия // Горный журнал. 1989. № 12. С. 6–9.
8. Трубецкой К. Н. Методология и основные направления развития горных наук // Горн, информ.-аналит. бюл. 1996. Вып. 1. С. 4–14.
9. Секисов Г. В., Таскаев А. А., Секисов А. Г. Природно-техногенные минеральные объекты // Изв. АН КиргССР. Физ-техн. и матем. Науки. 1987. № 4. С. 49–56.
10. Макаров А. Б. Техногенные месторождения минерального сырья // Соросовский обзорный журнал. 2000. № 8. Т. 6.
11. Грехнев Н. И., Секисов Г. В. Основные типы техногенных минеральных образований Дальнего Востока и система исходных классификаций // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2004. № 2. С. 164–166.