

Российская академия наук  
Российский фонд фундаментальных исследований  
Институт проблем комплексного освоения недр РАН  
Магнитогорский государственный технический университет  
им. Г.И. Носова

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**КОМБИНИРОВАННАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ:  
ПЕРЕХОД К НОВОМУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ УКЛАДУ**

Материалы международной научно-технической конференции  
27 – 31 мая 2019 г.

Магнитогорск 2019

УДК 622.27.326  
ББК 33.23  
К 17

Ответственные редакторы:

Доктор технических наук, профессор **Калмыков В.Н.**

Доктор технических наук, профессор **Рыльникова М.В.**

**Комбинированная геотехнология: переход к новому технологическому укладу / под ред. В.Н. Калмыкова, М.В. Рыльниковой //** Материалы докладов Международной конференции, г. Магнитогорск, 2019: Сб. тез. – Магнитогорск: МГТУ, 2019 – 369 с.

Сборник содержит научно-методические основы и практические решения по внедрению нового технологического уклада горной промышленности при освоении месторождений твердых полезных ископаемых комбинированными геотехнологиями. Дано развитие теории проектирования и функционирования горнотехнических систем при переходе к новому технологическому укладу. Представлены методические основы геомеханического обоснования параметров комбинированных геотехнологий. Особое внимание уделено проектным вопросам обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов, отвалов. Раскрыты инновационные технические и технологические решения, реализуемые в мировой практике для расширения минерально-сырьевой базы, повышения полноты и комплексности освоения недр.

Сборник представляет интерес для широкого круга специалистов производственных, научных, проектных и учебных организаций, занимающихся вопросами эксплуатации месторождений полезных ископаемых.

Конференция проведена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Проект №19-05-20073 «Научные мероприятия»

ISBN 978-5-6041-084-6-8

© ИПКОН РАН  
© Магнитогорский государственный  
технический университет  
им. Г.И. Носова, 2019  
© Авторы постатейно, 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ..... 15

### **НАУЧНО МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ, ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ВНЕДРЕНИЮ НОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ**

Д.Р. Каплунов

КОМБИНИРОВАННЫЕ ГЕОТЕХНОЛОГИИ КАК ОСНОВА ПЕРЕХОДА К  
НОВОМУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ УКЛАДУ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ .... 21

М.В. Рыльникова

УСЛОВИЯ ПЕРЕХОДА К НОВОМУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ УКЛАДУ  
РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ РОССИИ ..... 22

Т.Н. Александрова, А.О. Ромашев, Н.В. Николаева

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ И УПРАВЛЕНИЮ ЭКОЛОГО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ ..... 25

А.Б. Юн

СТРАТЕГИЯ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И  
ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОРЕСУРСОВ ЖЕЗКАЗГАНСКОГО РЕГИОНА ..... 26

Д. Бекбергенов, Г. Янгулова, Х.К. Касымханова, Б. Бектур

КОМБИНИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО  
РАЗВИТИЯ ДОБЫЧИ ХРОМИТОВ НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ ШАХТ  
ДОНГОКА ..... 27

Ю.А. Дик

ПРАКТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕООРУЖЕНИЯ ПРОЦЕССОВ  
ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА ..... 29

С.Е. Гавришев, В.Ю. Заляднов

РАЗВИТИЕ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ  
ДИВЕРСИФИКАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ..... 30

Д.Н. Радченко

ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ ПОДЗЕМНЫЕ КЛАСТЕРЫ ДОБЫЧИ  
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ НА БАЗЕ КОМБИНИРОВАННЫХ  
ГЕОТЕХНОЛОГИЙ ..... 31

Е.А. Горбатова, Е.А. Емельяненко, М.В. Зарецкий, Н.Г. Омегова

НЕЧЕТКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ПРИ  
ОСВОЕНИИ МЕДНОКОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ..... 33

В.А. Юков ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ИЗМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ГЕОРЕСУРСОВ РОССИИ .....	34
И.В. Соколов, Ю.Г. Антипин ОСНОВЫ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ ОСВОЕНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ЗОН РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ.....	35
О.Ш. Шамшиев, Е.А. Емельяненко, Е.А. Горбатова ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ В РАМКАХ НОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА .....	36
А.А. Гоготин, О.В. Петрова, Ар.А. Зубков, В.Ш. Галямов КОМПЛЕКСНЫЕ НЕТИПОВЫЕ РЕШЕНИЯ ПРИ СКЛАДИРОВАНИИ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ .....	38
М.В. Нартов О СОЗДАНИИ В РОССИИ ЦЕНТРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНЦИИ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	39
А.А. Козловский ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ ГОРНЫХ ИНЖЕНЕРОВ И РАБОЧИХ ПРИ ПЕРЕХОДЕ К НОВОМУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ УКЛАДУ .....	40
К.И. Никифоров, И.Л. Никифорова РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ГОРНОГО И ТЕХНОГЕННОГО МАССИВА ПРИ ПЕРЕХОДЕ К НОВОМУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ УКЛАДУ .....	42
К.В. Бурмистров, С.Е. Гавришев ОБОСНОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ВСКРЫТИЯ В ПЕРЕХОДНЫЕ ПЕРИОДЫ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.....	44
<b>РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГОРНОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ПЕРЕХОДЕ К НОВОМУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ УКЛАДУ</b>	
К.Н. Трубецкой, Н.А. Милетенко, В.Н. Одинцев ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОГО ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ НА ГОРЕВСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ.....	49

Д. Бекбергенов, Г. Янгулова, Х.К. Касымханова, Б. Бектур ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГОРНОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОВТОРНОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ В НОВОМ ФОРМАТЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПОДЗЕМНОЙ ОТРАБОТКИ ОБРУШЕННЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ЖЕЗКАЗГАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ .....	50
М.В. Рыльникова ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГОРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ВНЕДРЕНИИ НОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА .....	51
И.Н. Савич, В.И. Мустафин, В.А. Романов, Д.И. Сухов ПРИНЦИПАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ .....	54
И.И. Айнбиндер, П.Г. Пацкевич, Е.В. Красюкова ПАРАМЕТРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ОПАСНЫХ ЗОН ПОД ДНОМ ОТРАБОТАННЫХ КАРЬЕРОВ, ЗАТОПЛЕННЫХ ВЫРАБОТОК И НАПОРНЫХ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ ПРИ ОСВОЕНИИ КИМБЕРЛИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЯКУТИИ .....	55
С.Е. Гавришев, А.Д. Кольга, И.А. Пыталев, В.В. Якшина, И.В. Гапонова, Т.М. Попова ФОРМИРОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННОГО ПРОСТРАНСТВА НА ОСНОВЕ ВНЕШНИХ ОТВАЛОВ ДЛЯ СКЛАДИРОВАНИЯ ПРОДУКТА СГУЩЕНИЯ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ГАЙСКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА	56
А.Н. Акишев, Ю.И. Лель, И.А. Глебов ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВСКРЫТИЯ И РАЗРАБОТКИ ГЛУБОКИХ КИМБЕРЛИТОВЫХ КАРЬЕРОВ .....	58
И.Х. Ахмедьянов, О.В. Зотеев, А.А. Гоготин, Ар. А. Зубков МОНИТОРИНГ ПРОЦЕССА РАЗМЕЩЕНИЯ СГУЩЕННОГО ПРОДУКТА В ВЫРАБОТАННОМ ПРОСТРАНСТВЕ КАРЬЕРА И ПОДЗЕМНОГО РУДНИКА С ЦЕЛЬЮ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ЦЕЛИКА И ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТ .....	59
В.А. Еременко, А.В. Мясков, Ю.П. Галченко ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОЗДАНИЯ ПРИРОДОПОДОБНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ .....	61

Ю.И. Кутепов, Н.А. Кутепова, Ю.Ю. Кутепов, А.Д. Васильева, Е.В. Сергина ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКИХ ОТВАЛОВ И СЛОЖНЫХ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА РАЗРЕЗАХ КУЗБАССА .....	62
Е.К. Салыков, С. Куанышбайулы, А.М. Алиакпаров ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПЕРЕХОДА ОТ ОТКРЫТОГО К ПОДЗЕМНОМУ СПОСОБУ ОТРАБОТКИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	64
А.Н. Каюмова УЧЕТ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ В НОРМАТИВНОЙ БАЗЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОБЪЕКТОВ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ .....	65
А.Н. Акишев, И.Б. Бокий, О.В. Зотеев ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ ДОБЫЧНЫХ РАБОТ НА РУДНИКЕ МИР НА ОСНОВЕ СИНТЕЗА КОМБИНИРОВАННЫХ ГЕОТЕХНОЛОГИЙ .....	66
И.Н. Савич, А.С. Хрулев, О.И. Савич, В.И. Мустафин ОСВОЕНИЕ ЗАПАСОВ АЛМАЗОНОСНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЯКУТИИ МЕТОДОМ СКВАЖИННОЙ ГИДРОДОБЫЧИ .....	67
А.Н. Акишев, И.Б. Бокий, И.В. Зырянов, И.Н. Иванов РАЗВИТИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ ПРИ ВСКРЫТИИ И ОТРАБОТКЕ ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ ТР. АРХАНГЕЛЬСКАЯ» МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛМАЗОВ ИМ. М.В. ЛОМОНОСОВА .....	68
В.С. Федотенко, Р.В. Бергер ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ С ВЫСОКИМИ УСТУПАМИ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ РАЗРАБОТКЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ .....	69
Д.Н. Радченко, В.С. Лавенков КОМБИНИРОВАННАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ ЗАПАСОВ БЕДНЫХ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ РУД .....	72
А.А. Гоготин, И.А. Пыталев, В.В. Якшина, Л.Ю. Уметбаев ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ОТВАЛЬНЫХ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ ДЛЯ СКЛАДИРОВАНИЯ И ЗАКЛАДОЧНЫХ РАБОТ .....	74
Д.Н. Радченко, К. Н. Залевская УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТИ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЗА СЧЕТ ВОВЛЕЧЕНИЯ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ .....	75

Е.А. Князькин ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ГОРНТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В СВЯЗИ С ВНУТРИРУДНИЧНОЙ ГЕНЕРАЦИЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ГИДРОСМЕСЕЙ.....	78
Н.А. Митишова МЕХАНИЗМ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЗРЫВНОЙ ВОЛНЫ В УСЛОВИЯХ ПОДЗЕМНОГО РУДНИКА ПРИ РАЗРАБОТКЕ КОЛЧЕДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.....	80
И.В. Шишкин, В.И. Шишкин, А.А. Гоготин ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКСПРЕСС-МЕТОДА КОРРЕКТИРОВКИ СОСТАВОВ ЗАКЛАДОЧНЫХ СМЕСЕЙ НА ТОНКИХ ПЕСКАХ.....	82
Виктор Мерино КРИТЕРИЙ ВЫБОРА АВТОНОМНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ГОРНЫХ РАБОТ.....	84
А.А. Коваленко, В.Н. Калмыков, О.В. Петрова О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ОЦЕНКИ РИСКОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.....	85
Т.Н. Christensen, Е.В.Зелинская, В.Ю.Старостина ОЦЕНКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	86
А.А. Коваленко, В.Н. Калмыков, О.В. Петрова АДАПТАЦИЯ МИРОВОГО ОПЫТА ОЦЕНКИ РИСКОВ ПРИ СИСТЕМАХ РАЗРАБОТКИ С ОБРУШЕНИЕМ ДЛЯ ПОДЗЕМНОЙ ОТРАБОТКИ КИМБЕРЛИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЯКУТИИ.....	87
С.Е. Гавришев, К.В. Бурмистров, Н.А. Осинцев КОНЦЕПЦИЯ И ПРИНЦИПЫ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ГОРНТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ПЕРЕХОДНЫЕ ПЕРИОДЫ.....	89

## **ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОМБИНИРОВАННОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ**

И.Ю. Рассказов, М.И. Потапчук, Г.А. Курсакин, А.В. Сидляр ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПО ВСКРЫТИЮ И ПОДЗЕМНОЙ ОТРАБОТКЕ РУДНЫХ ТЕЛ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПИОНЕР.....	93
С.В. Цирель, А.А. Павлович, Н.Я. Мельников ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БОРТОВ КАРЬЕРОВ ПРИ ОБРАТНОЙ КРУТОПАДАЮЩЕЙ СЛОИСТОСТЬЮ.....	94

Ю.И. Кутепов, Ю.Ю. Кутепов, М.В. Саблин, Е.Б. Боргер ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ПОДРАБОТКЕ ТЕХНОГЕННЫХ И ЕСТЕСТВЕННЫХ МАССИВОВ.....	95
О.В. Зотеев, Т.С. Кравчук, И.А. Пыталев ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ БОРТОВ КАРЬЕРА ПРИ СОЗДАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ .....	96
О.В. Зотеев, Т.С. Кравчук, И.А. Пыталев ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ОГРАЖДАЮЩИХ ДАМБ ПРИ СОЗДАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ НА БАЗЕ ОТВАЛОВ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД.....	97
А.А. Зубков, В.Н. Калмыков, И.М. Кутлубаев, М.С. Мухамедьярова, В.А. Симагуллин ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФРИКЦИОННОГО АНКЕРА НА ЕГО НЕСУЩЮЮ СПОСОБНОСТЬ .....	99
Н.Б. Бахтыбаев, С.П. Оленюк, А.С. Бахтыбаева МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ МАССИВА ДЛЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ДВУХУРОВНЕВОЙ АНКЕРНОЙ КРЕПИ СОПРЯЖЕНИЙ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК НА ШАХТАХ .....	100
В.Д. Барышников, Л.Н. Гахова, Д.В. Барышников РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЯ СДВИЖЕНИЙ ПОДКАРЬЕРНОЙ РУДНОЙ ПОТОЛОЧИНЫ ПРИ ОТРАБОТКЕ НИЖЕЛЕЖАЩИХ СЛОЕВ .....	101
О.В. Зотеев, И.Б. Бокий ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ ПРИ ОТРАБОТКЕ ЗАПАСОВ СИСТЕМОЙ С ОБРУШЕНИЕМ В УСЛОВИЯХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТРУБКИ «УДАЧНАЯ».....	103
А.С. Кульминский, В.Н. Калмыков, О.В. Петрова, М.В. Котик МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЗРЫВНОЙ ОТБОЙКИ ЗАРЯДАМИ С ВОДЯНЫМ КОЛЬЦЕВЫМ ЗАБОРОМ .....	103
О.Г. Бесимбаева, Е.Н. Хмырова, Е.А. Олейникова, Р.Р. Ханнанов ИССЛЕДОВАНИЕ СМЕЩЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ПОДРАБОТАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ КАРАГАНДИНСКОЙ УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА .....	105
Нгуен Ван Минь, В.А. Еременко, А.Р. Умаров, М.А. Косырева ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ ВЫРАБОТКИ И ДЕЙСТВУЮЩИХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЗОН НЕЛИНЕЙНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ В МАССИВЕ ГОРНЫХ ПОРОД НА ГЛУБИНЕ СВЫШЕ 1,5 КМ .....	106

А.Н. Авдеев, Е.Л. Сосновская  
ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ НАКОПЛЕННЫХ ПОДЗЕМНЫХ  
ПУСТОТ НА МНОГОВЕРШИННОГО МЕСТОРОЖДЕНИИ ..... 107

А.Н. Авдеев, Е.Л. Сосновская, Р.В. Криницын, С.В. Худяков, С.В.  
Сентябов  
ОЦЕНКА ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ШИХАНСКОГО И НОВО-  
БАКАЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ СИДЕРИТА ..... 108

М.С. Токманцев, А.В. Котенков  
ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЗРЫВОВ ПРИ  
РАЗРАБОТКЕ ЗАЛЕЖЕЙ ПОД НАСЕЛЁННЫМИ ПУНКТАМИ,  
ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ БЕЗОПАСНЫХ ПАРАМЕТРОВ  
ВЕДЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ ..... 109

О.С. Колесатова, Е.А. Романько, А.Н. Смяткин  
О ПРОГНОЗИРОВАНИИ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ КАРЬЕРОВ ПРИ  
КОМБИНИРОВАННОЙ ОТРАБОТКЕ КОЛЧЕДАНЫХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮЖНОГО УРАЛА МЕТОДОМ  
МАРКШЕЙДЕРСКОГО МОНИТОРИНГА ..... 110

В.Н. Долгоносков, О.В. Старостина, Е.В. Абуева  
ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ВЕРХНИХ УСТУПОВ  
СТАЦИОНАРНОГО БОРТА РАЗРЕЗА «БОГАТЫРЬ» И РАЗРАБОТКА  
ПРАКТИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ИХ  
УСТОЙЧИВОСТИ ..... 111

Ф.К. Низаметдинов, Н.Ф. Низаметдинов, Р.Ф. Низаметдинов, Х.М.  
Кадылбекова  
ПОДГОТОВКА ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ  
ГЕОМЕХАНИКОВ ДЛЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ..... 112

А.Б. Макаров, Эстебан Хормазабал  
ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ СООБРАЖЕНИЯ О МАССОВОЙ ВЫЕМКЕ – ОПЫТ  
ЧИЛИ ..... 114

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНИКО- И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ**

Д.Н. Радченко, А.А. Бондаренко  
ЭЛЕМЕНТЫ НОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА  
КОМБИНИРОВАННОЙ РАЗРАБОТКИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА  
БАЗЕ ПЕРЕХОДА К САМОХОДНОМУ ГОРНОМУ ОБОРУДОВАНИЮ С  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ ..... 119

В.Н. Калмыков, Р.В. Кульсаитов ВЛИЯНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРИВЕДЕНИЮ МАССИВА В НЕУДАРООПАСНОЕ СОСТОЯНИЕ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В НЕМ ПРИ ОТРАБОТКЕ КОЧКАРСКОГО УДАРООПАСНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	121
С.Н. Москаленко, В.Н. Калмыков, Р.В. Кульсаитов, А.А. Гоготин О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСОВ ТИПА «АЛИМАК» НА КОЧКАРСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ АО «ЮЖУРАЛЗОЛОТО».....	122
И.М. Осадчий ОБОРУДОВАНИЕ PUTZMEISTER ДЛЯ ГОРНОГО ДЕЛА: ПАСТОВЫЕ ХВОСТЫ, РУДНИЧНЫЙ ШЛАМ, ТВЕРДЕЮЩАЯ ЗАКЛАДКА .....	123
И.М. Осадчий БЕТОНЗАВОДЫ, МИКСЕРЫ И УСТАНОВКИ ДЛЯ ТОРКРЕТИРОВАНИЯ .....	125
Д.К. Таханов, А.Ж. Имашев, С.Ю. Асан, М.Ж. Балпанова МЕТОД ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИБОРТОВОГО МАССИВА ПРИ ЕГО ПОДРАБОТКЕ.....	127
Lothar te Kamp, Stefan Kellerbauer ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДОБЫЧИ КАВЕРНАМИ.....	128
Ю.А. Юн, Е.Н. Есина, А.Г. Рыльников ВЫБОР МЕТОДОВ РУДНИЧНОЙ СЕПАРАЦИИ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЖЕЗКАЗГАНСКОГО РЕГИОНА .....	129
А.В. Котенков ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ КАМЕРНЫХ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ НА РУДНИКЕ «АЙХАЛ» .....	130
М.С. Танков РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНО НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОТРАБОТКИ ЗАПАСОВ ЯКОВЛЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ БОГАТЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД.....	133
К.В. Барановский, А.А. Рожков ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧИ ГРАНУЛИРОВАННОГО КВАРЦА .....	135
В.В. Яхсеев, А.Н. Сергиенко СРАВНЕНИЕ РУДНОЙ И ПОЛЕВОЙ ПОДГОТОВКИ НА МАЛОМОЩНОЙ ЗАЛЕЖИ ПРИ ВСКРЫТИИ ИЗ КАРЬЕРА И ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧИ ОЛЕНГОРСКОГО РУДНИКА .....	136

П.В. Меньшиков, А.С. Флягин, С.С. Таранжин, Г.П. Берсенов, Н.О. Локотилов, А.Г. Патрин БЕЗОПАСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВЕДЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА КАРАГАЙСКОМ КАРЬЕРЕ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОБИЛЬНЫХ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ УКРЫТИЙ ИЗ ШИН АВТОСАМОСВАЛОВ С СЕТКОЙ «РАБИЦА» .....	137
П.В. Волков, С.С. Неугомонов, А.А. Жирнов ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ПОДДЕРЖАНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК В УСТОЙЧИВОМ СОСТОЯНИИ В УСЛОВИЯХ ШАХТЫ «ОРЛОВСКАЯ»	139
Н.Н. Ефремовцев ЦИФРОВИЗАЦИЯ ДЕТОНАЦИОННЫХ СИСТЕМ И РОБОТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И БЕЗОПАСНОСТИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ .....	140
П.В. Волков, С.С. Неугомонов, А.А. Зубков ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ АНКЕРНОЙ КРЕПИ .....	143
М.А. Егоров, А.И. Полулях ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЗАКЛАДОЧНЫХ СМЕСЕЙ С ДОБАВЛЕНИЕМ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПЕПЛА В КАЧЕСТВЕ АКТИВНОЙ МИНЕРАЛЬНОЙ ДОБАВКИ .....	144
В.В. Олизаренко, Ар.А. Зубков, М.В. Лаптев, А.Б. Аллабердин ОБОСНОВАНИЕ МОДЕЛИ, ПАРАМЕТРОВ И СРЕДСТВ ДОСТАВКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА В ШАХТУ .....	145
М.В. Лаптев, В.В. Олизаренко, А.Б. Аллабердин ОБОСНОВАНИЕ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ДОСТАВКЕ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА В ШАХТУ .....	147
Д.В. Дорохов, С.Б. Ожигина, О.В. Старостина, С.Г. Ожигин ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПО АЭРОФОТОСЪЕМКАМ ДЕФОРМАЦИЙ НА ШАХТНОМ ПОЛЕ .....	148
Н.В. Угольников, Д.В. Доможиров ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПАРНО- СБЛИЖЕННЫХ СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДОВ НА КРУТОРОЖИНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ОАО «ОКУ» .....	149

## **АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ КОМПЛЕКСНОГО И ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО ОСВОЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ**

С.Е. Гавришев, И.А. Пыталев, В.В. Якшина, И.В. Гапонова ОБОСНОВАНИЕ РЕШЕНИЙ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В ПРОЦЕССЕ ВЕДЕНИЯ ДОБЫЧНЫХ РАБОТ НА КРУТОПАДАЮЩИХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ .....	153
Пыталев, В.В. Якшина, И.В. Гапонова ФОРМИРОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННОГО ПРОСТРАНСТВА НА ОСНОВЕ ВНЕШНИХ ОТВАЛОВ ДЛЯ СКЛАДИРОВАНИЯ ПРОДУКТА СГУЩЕНИЯ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ГАЙСКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА	155
Е.Г. Ожогина, И.В. Шадрюнова, Т.В. Чекушина ВОЗМОЖНОСТИ ПРИКЛАДНОЙ МИНЕРАЛОГИИ В СОЗДАНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ СБАЛАНСИРОВАННЫХ ГЕОТЕХНОЛОГИЙ .....	157
М.С. Колкова, Е.А. Горбатова МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТИТАНОМАГNETИТОВЫХ И ИЛЬМЕНИТ-ТИТАНОМАГNETИТОВЫХ РУД МЕДВЕДЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ С ПОЗИЦИИ ИХ ОСВОЕНИЯ .....	158
Ю.П. Галченко, А.Н. Прошляков НОВЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ СУБМИКРОННЫМИ МИНЕРАЛЬНЫМИ ЧАСТИЦАМИ В ПРОЦЕССЕ ТЕХНОГЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ НЕДР .....	159
А.Б. Юн, О.М. Синянская, О.Е. Горлова ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ СМЕШАННЫХ МЕДНЫХ РУД ИЗ ОТВАЛОВ .....	160
Х. Тчаро РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПОТЕРИ ТЕПЛОТЫ ВНУТРИ ШТАБЕЛЯ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ .....	162
Л.А. Гаджиева, Ю.А. Юн, А.Г. Рыльников СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ РУДНОЙ МАССЫ ПРИ ВОВЛЕЧЕНИИ В РАЗРАБОТКУ БЕДНЫХ РУД КОМБИНИРОВАННЫМИ ГЕОТЕХНОЛОГИЯМИ .....	165
В.В. Якшина, И.В. Гапонова ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ОГРАЖДАЮЩЕЙ ДАМБЫ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРИЕМНОЙ ЕМКОСТИ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА КАРЬЕРА №2 ГАЙСКОГО ГОРНО- ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА .....	168

А.А. Козловский СПОСОБЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ ПРИ ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОМ ФОРМИРОВАНИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОГЕННЫХ ЕМКОСТЕЙ ВЫРАБОТАННЫХ КАРЬЕРОВ .....	170
Хумао Лю ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ДВИЖЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ВЫВОДЫ ИЗ ПРАКТИЧЕСКОГО ОПЫТА .....	172
С.Н. Котлов, А.А. Шамшев ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ ГЕОФИЛЬТРАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ ПРИ ВЕДЕНИИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ .....	173
В.Е. Махонин, Д.О. Чулков, Е.А. Шабельников КОНЦЕПЦИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПЕРСОНАЛА И ПОДВИЖНОЙ ТЕХНИКИ В ШАХТАХ .....	174
М.Ю. Лискова АЭРОГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В КАЛИЙНЫХ РУДНИКАХ ПРИ РЕВЕРСИРОВАНИИ ВЕНТИЛЯТОРА ГЛАВНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ .....	175
М.В. Цупкина, В.В. Гавриленко, Е.А. Князькин РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПАРАМЕТРОВ ОСУШЕННОГО МАССИВА ЛЕЖАЛЫХ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ МЕДНОКОЛЧЕДАНЫХ РУД .....	176
Л.А. Гаджиева РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА СОДЕРЖАНИЯ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ В ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНАХ .....	178
И.А. Трушина ПРОЕКТНОЕ ФИНАНСИРОВАНИЕ - ОСНОВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОВОКУПНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОРЕСУРСОВ .....	181
Г.В. Михайлова К ВОПРОСУ НОРМИРОВАНИЯ ТРУДА РАБОЧИХ ПРИ ПРОХОДКЕ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК .....	182

**НАУЧНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ПРАКТИЧЕСКОЕ  
ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ И УСТУПОВ  
КАРЬЕРОВ, РАЗРЕЗОВ, ОТВАЛОВ**

- Э. Хормазабаль, И.С. Ливинский, В.И. Спирин  
ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ БОРТОВ КАРЬЕРОВ НА ОСНОВЕ  
ОЦЕНКИ РИСКОВ ..... 187
- С.В. Цирель, А.А. Павлович  
ПУТИ СБЛИЖЕНИЯ РОССИЙСКИХ И ЗАРУБЕЖНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ  
ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ КАРЬЕРОВ И УСТУПОВ ..... 188
- И.С. Ливинский  
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СБОРА ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ДАННЫХ .. 189
- И.Б. Бокий, О.В. Зотеев, А.Н. Акишев  
К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА УСТОЙЧИВОСТИ  
БОРТОВ, ИХ УЧАСТКОВ, УСТУПОВ КАРЬЕРОВ И ОТВАЛОВ ..... 190
- М.В. Рыльникова, Е.Н. Есина  
УЧЕТ ОСОБЕННОСТЕЙ КОМБИНИРОВАННОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ В  
ФЕДЕРАЛЬНЫХ НОРМАХ И ПРАВИЛА В ОБЛАСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ  
БЕЗОПАСНОСТИ «ПРАВИЛА ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ  
БОРТОВ И УСТУПОВ КАРЬЕРОВ, РАЗРЕЗОВ И ОТВАЛОВ» ..... 191
- А.А. Панжин, Н.А. Панжина  
ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО  
СОСТОЯНИЯ И СТРУКТУРЫ ПОРОДНОГО МАССИВА ДЛЯ  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ И УСТУПОВ КАРЬЕРОВ.. 192
- А.В. Шахов, М.М. Караблин  
ОБ ЭТАПНОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД ДЛЯ  
ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ..... 193
- С.Н. Жариков, В.А. Кутуев  
ОГРАНИЧЕНИЯ ПО СЕЙСМИЧЕСКОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ ВЗРЫВА В  
ПРИКОНТУРНОЙ ЗОНЕ КАРЬЕРА ПРИ ОТКРЫТОЙ И  
КОМБИНИРОВАННОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ..... 195

## ВВЕДЕНИЕ

Для устойчивого развития горнопромышленного комплекса особую актуальность приобретает выполнение фундаментальных научных исследований в области горных наук, которые влекут разработку инновационных продуктов и услуг, востребованных обществом не только в настоящее время, но и в будущем. В этой связи развитие теоретической базы проектирования горнотехнических систем (горных предприятий) должно быть связано с развитием технологий, обеспечивающих полноту и комплексность освоения месторождений, ресурсосбережение, эффективное воспроизводство минерально-сырьевой базы и энергоресурсов, снижение негативного воздействия горнодобывающих производств на окружающую среду. На сегодняшний день комбинированные геотехнологии в наибольшей мере отвечают принципам полноты и комплексности освоения месторождений твердых полезных ископаемых. Комбинация геотехнологий – это сочетание физико-технических и физико-химических способов добычи; средств и способов разработки месторождений с технологиями формирования и эксплуатации техногенных образований. Создание комбинированных геотехнологий предполагает развитие обоснованных принципов поэтапного и многофункционального использования выработанных пространств, применение универсальных средств механизации для работы на различных участках осваиваемых месторождений. Все это определяет повышенный интерес к проведению исследований в области состояния горного массива и новых принципов управления им при комбинированной геотехнологии, методик геомеханического мониторинга, геолого-маркшейдерских измерений, управления качеством минерально-сырьевых потоков, горной экологии. Поэтому в сборнике собраны тезисы докладов X Международной конференции, затрагивающие проблемы комбинированной геотехнологии в аспекте перехода новому технологическому укладу.

В сборнике рассмотрены проблемы:

- научно методические основы, практические решения по внедрению нового технологического уклада при комбинированной геотехнологии;
- развитие теории проектирования и функционирования горнотехнических систем при переходе к новому технологическому укладу;
- геомеханическое обоснование параметров комбинированных геотехнологий;
- инновационные технологические решения;
- актуальные аспекты комплексного и экологически безопасного освоения недр и переработки минерального сырья;
- научно-методическое и практическое обеспечение устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов, отвалов.

К фундаментальным научным проблемам, отраженным в тезисах участников конференции, следует отнести:

- фундаментальный базис развития комбинированной геотехнологии при переходе к новому технологическому укладу;
- закономерности и этапы перехода от открытых горных работ к подземным способам добычи. Принципы совмещения на осваиваемом участке недр физико-технических и физико-химических геотехнологий;
- современное состояние и этапы становления открыто-подземного способа разработки рудных месторождений;
- принципы проектирования горнотехнических систем при внедрении нового технологического уклада;
- особенности оценки и базовые принципы расчета геомеханического состояния горных массивов при комбинированной геотехнологии;
- подходы к развитию проектов от ранних стадий разведки до строительства и эксплуатации, использующиеся в мировой практике проектирования;
- фундаментальные основы безопасности технологических процессов при комбинированных геотехнологиях;
- закономерности геомеханических процессов при сочетании различных способов добычи в едином технологическом пространстве;
- законодательное регулирование правил оценки и управление устойчивостью бортов и уступов, карьеров, разрезов и отвалов при открытой и комбинированной разработке месторождения;
- принципы оценки экологической безопасности горного производства.

На современном этапе развитие теоретической базы проектирования комбинированных геотехнологий должно отвечать прогрессивным научным идеям и технологическим инновациям, которые составляют новый технологический уклад, предусматривающий внедрение новых систем и способов разработки месторождений, инновационного горного оборудования с элементами искусственного интеллекта, экологичных самоходных горнотранспортных средств с электроприводом, комплексов и систем возобновляемой энергетики, автоматизированных систем проектирования, оборудования для интерактивного мониторинга состояния горных массивов и обрабатываемых территорий поверхности в режиме онлайн, инновационных средств исследований свойств, структуры и состояния горного массива.

В этой связи актуальными проблемами развития комбинированных геотехнологий являются дистанционные автоматизированные и роботизированные технологии извлечения твердых полезных ископаемых из недр. Это является базовым трендом во всех отраслях промышленности, а в сфере недропользования определяет особые требования безопасности к ведению горных работ, организации и культуре производства при снижении производственного травматизма и

существенном улучшении условий труда горняков. В этой связи, перспективно районирование производственных зон карьеров и подземных рудников в зависимости от факта и частоты присутствия человека на опасных участках ведения горных работ. С учетом этого должны быть дифференцированы требования к проектированию и ведению горных работ в этих зонах. В свете указанных перспектив определяются принципы функционирования горно-транспортного оборудования с элементами искусственного интеллекта при его внедрении на горном предприятии, в том числе, на различных этапах его функционирования. Особое внимание при этом уделяется обоснованию параметров схем вскрытия и систем разработки при комбинированном способе освоения недр с машинами и механизмами, оснащенными элементами искусственного интеллекта.

Значительная часть тезисов посвящена установлению закономерностей геомеханических процессов, определяющих эффективность реализации комбинированных геотехнологий при переходе к новому технологическому укладу, среди них:

- фундаментальные закономерности формирования в динамике развития горных работ напряженно-деформированного состояния массивов горных пород в переходный период от одной геотехнологии к другой при их совмещении в пространстве на ограниченных площадях;

- обеспечение управляемого состояния горного массива, подработанного открытыми и подземными выработками, подверженного воздействию газо-, гидродинамических и физико-химических процессов и приведенного горными работами в состояние, близкое к предельному по устойчивости;

- проходка и крепление выработок с обеспечением устойчивости обнажений горных пород в прикарьерном массиве со сложным и немонотонным изменением прочностных характеристик и параметров полей напряжений и деформаций;

- создание надежной изоляции подземных выработок от карьерного пространства для решения вопросов вентиляции и водоотлива, предотвращения окислительных процессов, складирования отходов добычи и переработки минерального сырья;

- строительство вскрывающих выработок подземного рудника из выработанного пространства карьера, разреза в условиях повышенных размеров зон деформирования горных массивов под влиянием открытых и подземных горных работ

- особенности оценки и мониторинга геомеханического состояния массива горных пород при выемке запасов за предельным контуром карьера или разреза, в том числе, с применением комбайнов или бурового оборудования с интеллектуальным управлением.

Решение этих вопросов обеспечивает успешную реализацию процессов комбинированной геотехнологии, а значит и периода

продления на как можно больший срок эффективного освоения участка недр за счет комплексного вовлечения в эксплуатацию всех видов георесурсов, в том числе не связанных непосредственно с добычей базовых полезных ископаемых. Благодаря результатам выполненных исследований уже на стадии проектирования должен быть сформирован прогноз в части возможностей комплексного освоения различных видов георесурсов на осваиваемом участке недр за счет внедрения новых технических средств и инновационных геотехнологических процессов комбинированной геотехнологии. Благодаря переходу на новый технологический уклад с использованием современных средств и методов проектирования возможно определение вида и параметров применяемых геотехнологий и их сочетаний в конкретный период функционирования горнотехнической системы. Это позволяет прогнозировать вид и способы управления объемами и качеством твердых и жидких минерально-сырьевых потоков, формируемых на различных стадиях эксплуатации месторождений. При комбинации физико-технических и физико-химических геотехнологий расширяется перечень и объем товарной продукции, получаемой в цикле горно-перерабатывающего производства. Несомненно, комбинированные геотехнологии – это повышение уровня социальной ответственности за принимаемые технологические решения, требующей оптимизации их параметров при обеспечении баланса технико-экономических, эколого-экономических и социальных интересов государства, недропользователя и населения регионов.

Большинство рассмотренных в сборнике проблем находятся на стыке научных специальностей. Именно поэтому современные технико-технологические тенденции в контексте разработки месторождений полезных ископаемых при сочетании на одном участке недр физико-технических и физико-химических способов добычи представляют особый интерес для недропользователей, специалистов проектных организаций и научно-исследовательских институтов, ВУЗов и являются основой роста эффективности горнопромышленного комплекса.

**НАУЧНО МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ, ПРАКТИЧЕСКИЕ  
РЕШЕНИЯ ПО ВНЕДРЕНИЮ НОВОГО  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА ПРИ  
КОМБИНИРОВАННОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ**



## КОМБИНИРОВАННЫЕ ГЕОТЕХНОЛОГИИ КАК ОСНОВА ПЕРЕХОДА К НОВОМУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ УКЛАДУ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ\*

Потребность в георесурсах и пути ее удовлетворения всегда определяли технологический уклад общественного развития. В этом смысле комбинированная геотехнология характеризуется тремя периодами становления и развития. Первый, геомеханический был основан на оценке параметров полей напряжений и устойчивости элементов горных конструкций при различном конструктивном оформлении сочетаний открытого способа разработки с подземным. В тот период предметом научных исследований являлись принципиально возможные варианты комбинированной разработки в зависимости от мощности рудных залежей, принципов ведения открытых горных работ и глубины карьера; применяемых систем разработки. Второй, геотехнологический этап связан с комбинацией различных сочетаний процессов горных работ во всем их многообразии – от совместного вскрытия карьерных и шахтных полей с использованием преимуществ обоих способов разработки до использования оборудования того или иного способа при подготовке запасов к очистной выемке и добыче сырья. Появились принципиально новые технологические схемы извлечения полезных ископаемых из недр, классифицированы и сформированы типовые горнотехнические системы комбинированной геотехнологии. В этот период получила мощное развитие технология закладки выработанного пространства, причем, реализованы принципиально новые варианты освоения запасов открыто-подземного яруса на базе формирования искусственных потолочин между карьером и подземным рудником. Достигнуты новые эффекты и установлены ранее неизвестные закономерности, связанные с температурным режимом рудников и проветриванием, принципами подвигания фронтов очистных работ. На геотехнологическом этапе развития комбинированной геотехнологии раскрыты перспективы сочетания физико-технических и физико-химических способов добычи. Важно отметить, что само понятие «комбинированная геотехнология» было сформулировано именно в этот период. В прикладном аспекте – разработаны правила промышленной безопасности, определяющие условия безопасного ведения горных работ при комбинированной (совмещенной) разработке месторождений.

Третий период связан с развитием комбинированной геотехнологии как основы перехода к новому технологическому укладу, когда сочетание способов добычи является основой удовлетворения потребности

---

\* Исследования выполняются при поддержке РФФИ (грант 18-05-00114)

общества не только в георесурсах – это неотъемлемая часть недропользования, но и в безопасности, экологическом благополучии, социальной защищенности. Новый технологический уклад недропользования, несомненно, связан с развитием цифровой экономики. Развитие сетевых (Интернет) технологий и новой техники, в том числе, с элементами искусственного интеллекта, программных комплексов обработки геоданных, появление высокоточных методов и средств изучения вещества недр, а также структуры горных массивов, определяют новые направления в проектировании освоения рудных месторождений. Все это в совокупности обеспечивает оперативное получение и обработку любых объемов информации о состоянии элементов горных конструкций и выработанных пространств, текущем состоянии горного оборудования, качестве рудничных минерально-сырьевых потоков, составе окружающей среды в горных выработках и т.п., то есть при новом технологическом укладе впервые появляется возможность оперативной синхронной трансформации участка недр и адаптации геотехнологий в зависимости от потребностей общества в георесурсах.

Таким образом, технологический уклад горного предприятия представляется как совокупность и очередность технологических процессов, обеспечивающих цели недропользования на определенных этапах общественного развития, а комбинированная геотехнология служит базой для его формирования.

**М.В. Рыльникова**

*ИПКОН РАН, г. Москва, Россия*

## **УСЛОВИЯ ПЕРЕХОДА К НОВОМУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ УКЛАДУ РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ РОССИИ\***

Для всех субъектов недропользования в настоящее время добыча полезных ископаемых переходит на качественно иной уровень [1], где различные аспекты добычи минеральных ресурсов интегрируются в новый технологический уклад, при котором горное предприятие, оснащенное роботизированной техникой управляемой в автоматическом интеллектуальном режиме, представляет собой инструмент для устойчивого развития общества.

Условием перехода к новому технологическому укладу горного предприятия является крупномасштабная перестройка производства на инновационной и цифровой основе с ростом производственной мощности предприятия на фоне повсеместного истощения запасов, смены и расширением перечня технологических операций, процессов и

---

\* Исследования выполняются в рамках темы ИПКОН РАН 0138-2014-0001

выпускаемой товарной продукции. Причем, параметры технологий, составляющих новый технологический уклад, должны быть в виде единого комплекса адаптированы к конкретным условиям разработки месторождений твердых полезных ископаемых. Под адаптацией понимается оперативная синхронная трансформация технологических процессов к свойствам и состоянию техногенно преобразуемого участка недр с учетом изменяющихся потребностей общества, даже вне зависимости от прямых целей извлечения полезных ископаемых из недр.

Внедрение нового технологического уклада должно базироваться на расширении сферы применения автономного интеллектуального оборудования, программно адаптируемого к изменению условий освоения месторождения, каждое из которых уникально в своей основе. При этом место реализации технологических процессов должно быть максимально приближено к месту формирования продукта труда: место производства товарной продукции – к месту формирования их минеральной составляющей – к добычным забоям. Эта объективная необходимость связана с тем, что новый технологический уклад – это выход на новый уровень энергетического обеспечения горнотехнической системы [2]. На современном этапе представляются недопустимыми энергетические затраты, не связанные непосредственно с выпуском товарной продукции (различные потери, дополнительные логистические издержки и прочее). При этом максимально должны быть использованы источники энергии, формируемой в ходе реализации технологических процессов при движении различного рода материальных потоков. Важно отметить, что, потребности энергии на горном производстве будут постоянно расти по мере роботизации, внедрения новых методов непрерывного контроля состояния горных массивов с применением электронных средств, новых средств организации и диспетчеризации производства при увеличении объемов добычи минерального сырья, постоянно ухудшающегося природного качества.

Именно уровень вида и уровень энергообеспеченности всегда определял технологический уклад развития общества. Поэтому главным условием перехода к новому технологическому укладу является изыскание и вовлечение дополнительных источников энергии [3-4] природно-техногенного и техногенного происхождения. Альтернативными источниками энергии, формируемыми в ходе техногенного преобразования недр и реализации геотехнологических процессов, являются:

- энергия рудничных гидротоков – водоотлива и закладочных смесей;
- энергия разрушения горного массива и выпуска рудной массы под действием собственной силы тяжести;
- энергия деформирования крепи под действием силы тяжести обрушенных горных пород;
- свободная энергия вентиляционной струи;

- энергия силы тяжести большегрузных транспортных средств;
- рекуперация энергии сил торможения транспортных средств;
- энергия теплообменных процессов в массиве горных пород;
- энергия собственных и наведенных колебаний горного массива.

Изучение условий перехода на новый технологический уклад свидетельствует, что только на базе взаимосвязи интеллектуальных технологий и новой техники, в том числе, с элементами искусственного интеллекта, программных комплексов обработки геоданных, высокоточных методов и средств изучения вещества недр, структуры и состояния горных массивов, возобновляемой энергетики, определяются новые направления в проектировании комплексного освоения рудных месторождений комбинированной геотехнологией с высокой эффективностью и полнотой извлечения всех ценных компонентов из недр и добываемого сырья.

Переход к новому технологическому укладу связан с оперативной синхронной трансформацией экологически сбалансированных геотехнологий к особенностям осваиваемого участка недр с учетом потребностей общества в георесурсах.

### **Список литературы**

1. Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В., Радченко Д.Н. Реализация концепции устойчивого развития горных территорий - базис расширения минерально-сырьевого комплекса России // Устойчивое развитие горных территорий. 2015. № 3 (25). С. 46-50.
2. Рыльникова М.В., Струков К.И., Олизаренко В.В., Туркин И.С. Перспективы применения и оценка параметров энергоэффективных геотехнологий при комплексном освоении месторождений // Горный журнал. 2017. № 11. С. 71-76.
3. Каплунов Д. Р., Рыльникова М.В., Экс В. В. Основные направления и перспективы развития энергоэффективных и экологически безопасных геотехнологий при разработке месторождений на больших глубинах // ГИАБ. 2014. № 6. С. 5-10.
4. Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В. Возобновляемые источники энергии как георесурс в системе техногенного преобразования недр // Горный журнал. 2015. № 9. С. 72-75. DOI: 10.17580/gzh.2015.09.16.

## КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ И УПРАВЛЕНИЮ ЭКОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

По мере истощения запасов разрабатываемых месторождений, приоритетным, а в некоторых случаях и единственным источником минерального сырья могут стать отходы горнопромышленных производств (техногенные депозиты). При этом следует иметь в виду, что такие техногенные объекты, представляя собой крупный резерв сырья для извлечения металлов и других полезных компонентов, одновременно являются очагами загрязнения окружающей среды. Негативное воздействие на окружающую среду проявляется на территории, в десятки и более раз превышающей площадь, занимаемую отходами. В значительной мере последствия негативного воздействия на окружающую природную среду можно нейтрализовать за счёт безопасного их размещения и внедрения эффективных малоотходных технологий. В результате разработан общий подход к оценке и управлению воздействием производства на эколого-технологические системы (ЭТС).

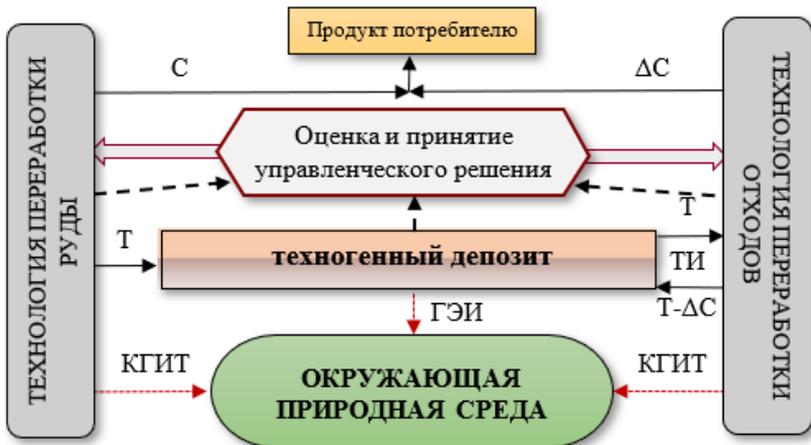


Рисунок – Концептуальный подход к оценке и управлению на эколого-технологические системы: Т– отходы; С – ценный компонент; КГИТ – комплексный геоэкологический индикатор технологий; ГЭИ – геоэкологические индикаторы; ТИ – технологические индикаторы

Таким, образом, предложен концептуальный подход к формированию системы управления с учётом взаимосвязи технологических и геоэкологических факторов и в зависимости от вида производства.

## **СТРАТЕГИЯ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОРЕСУРСОВ ЖЕЗКАЗГАНСКОГО РЕГИОНА**

Расширение минерально-сырьевой базы на основе комплексного освоения природных и техногенных георесурсов – приоритетное направление развития Жезказганского горнопромышленного региона в усложнившихся горнотехнических и геомеханических условиях [1-3]. Это возможно за счет дополнительного вовлечения в эксплуатацию всех видов медьсодержащего сырья, ранее не вовлекавшегося в разработку – забалансовых и бедных сульфидных руд, запасов руды в обрушенных зонах, целиков различного назначения, ранее списанных в потери, смешанных и окисленных руд, накопленного техногенного сырья. Одновременно, рациональная отработка этих запасов будет способствовать стабилизации геомеханической ситуации в регионе и оказывать благоприятное влияние на состояние окружающей среды за счет минимизации деформаций земной поверхности и утилизации отходов горно-обогатительного производства. Кроме того, комплексное вовлечение в эксплуатацию бедного природного и техногенного сырья с извлечением широкого спектра ценных компонентов обеспечит развитие экономики региона, занятость населения за счет создания новых рабочих мест.

На стадии доработки крупного Жезказганского месторождения компенсировать выбывающие мощности возможно только путем вовлечения в эксплуатацию, наряду с оставшимися балансовыми запасами, всех бедных руд и техногенного сырья, запасов в целиках, зонах обрушения, закладке, отдаленных и ранее списанных в потери на основе коренного изменения геотехнологий освоения участков месторождения в соответствии с особенностями залегания, геомеханического состояния и вещественного состава сырья. Для условий Жезказганского месторождения внедрение инновационных геотехнологий добычи руд в ранее потерянных целиках, в зонах обрушения, бедных сульфидных, окисленных и смешанных руд и техногенного сырья способно продлить срок устойчивой работы горно-перерабатывающего комплекса не менее чем на 40 лет.

Выполненная ревизия запасов ресурсного потенциала природных и техногенных георесурсов Жезказганского региона позволила обосновать экономическую оценку эффективности технологических схем добычи и переработки каждого вида сырья в соответствии с условиями залегания, геомеханическим состоянием и особенностями вещественного состава многокомпонентных руд и техногенного сырья [4].

Комплексное освоение природных и техногенных георесурсов Жезказганского региона требует дополнительного включения в

завершенный экологически сбалансированный цикл процессов физико-химической геотехнологии и инновационного гидрометаллургического передела с высоким сквозным извлечением всех ценных компонентов и утилизацией отходов [5].

Стратегический подход к комплексному освоению природных и техногенных георесурсов Жезказганского региона с восполнением сырьевой базы имеет важнейшее социально-экономическое значение, способствует продлению сроку эксплуатации рудников с сохранением объемов производства и рабочих мест.

### **Список литературы**

1. Трубецкой К.Н., Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В. Принципы обоснования параметров устойчивого и экологически сбалансированного освоения месторождений твердых полезных ископаемых // Условия устойчивого функционирования минерально-сырьевого комплекса России. – 2014. – Вып. 2. – № 12. С. 3–10.

2. Трубецкой К.Н. Развитие ресурсосберегающих и ресурсовоспроизводящих геотехнологий комплексного освоения месторождений полезных ископаемых. М.: ИПКОН РАН. – 2014. 196 с

3. Рыльникова М.В., Юн А.Б., Терентьева И.В. Перспективы и стратегия освоения Жезказганского месторождения / Горный журнал. – 2015. – №5. С.44-49.

4. Юн А.Б., Терентьева И.В., Бочкарева Т.Н. Дифференциация запасов Жезказганского месторождения как основа выбора технологии экологически сбалансированного освоения недр / Горный журнал. – 2016. – №5

5. Рыльникова М.В., Юн А.Б., Терентьева И.В. Об утилизации отходов горного и обогащительного производств на Жезказганском месторождении / Маркшейдерский вестник. – 2015. – №6. С.13-16.

**Д. Бекбергенов**

*ИГД им. Д.А. Кунаева, г. Алматы, Казахстан*

**Г. Янгулова, Х.К. Касымханова**

*Казахский национальный университет им. Аль-Фараби,  
г. Алматы, Казахстан*

**Б. Бекгур**

*КазНИТУ им К.И. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан*

## **КОМБИНИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ДОБЫЧИ ХРОМИТОВ НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ ШАХТ ДОНГОКА**

В условиях ограниченности и невозможности запасов полезных ископаемых при их разработке особое значение приобретает задача бережливого отношения к богатствам недр, что требует

совершенствования и применения новых вариантов подземной геотехнологии.

С развитием фронта очистных работ в указанных условиях, выполнением большого объема горно-подготовительных и нарезных выработок, а также созданием закрытых выемочных пространств возникает необходимость более рационального управления технологическими процессами, обеспечения надежных конструктивных элементов системы разработки выбора способов и средств крепления горных выработок для обеспечения эффективной и безопасной системы отработки рудных залежей. Это достигается путем разделения обрабатываемых залежей на участки с ведением фронта горных работ в шахматном порядке в пределах этажа системой нисходящей горизонтальной слоевой, совместно с закладкой выработанного пространства под искусственным перекрытием и технологией с самообрушением руды для повышения эффективности очистных работ с применением комбинированной подземной геотехнологии, обеспечивающей рациональное освоение запасов из недр в условиях глубоких рудных залежей с мощностью до и более 80 м и сильно-трещиноватыми и неустойчивыми рудными запасами и вмещающими породными массивами (иногда в виде обособленной залежи).

Одним из достоинств данного способа является повышение экономической эффективности очистных работ в условиях глубоких и сложно-обособленных рудных залежах с мощностью до 80 м, с сильно-трещиноватыми и неустойчивыми рудными запасами и вмещающими породными массивами, за счет снижения себестоимости закладочных работ без ухудшения товарной ценности добычи, с комбинацией технологии с самообрушением руды, путем разделения обрабатываемых залежей на участки с ведением фронта горных работ в шахматном их порядке в пределах этажа, имеющую форму блока из закладки в виде трапеции с углом наклона стенок боковых границ блока 70-80° от верхнего закладочного слоя отработки под углом естественного откоса.

Технико-экономический анализ показал целесообразность перехода и порядок ведения очистных работ с комбинированной геотехнологией, где при годовой добыче подземного рудника 1,0 млн. тонн хромитовой руды, экономия составит 183 млн. тенге.

Все это позволит повысить безаварийность и безопасность эксплуатации месторождения, уменьшить затраты на их поддержание и исключить затраты на дорогостоящие работы по креплению. Данный способ комбинированная система разработки для устойчивого развития добычи хромитов на больших глубинах месторождения и может быть применен при разработке рудных месторождений Республики Казахстан с аналогичными горно-геологическими условиями.

## ПРАКТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В последнее десятилетие отдел горной науки ОАО «Уралмеханобр» успешно развивает направление, казалось бы, напрямую не связанное с наукой, с фундаментальными научными исследованиями – это техническое перевооружение действующих горных предприятий.

К техническому перевооружению предприятий относится комплекс мероприятий по повышению технико-экономического уровня отдельных производств и участков на основе внедрения передовой техники и технологии, механизации и автоматизации производства.

Большой вклад в научное обоснование целесообразности технического перевооружения горнодобывающих предприятий сделан учеными: Н. В. Мельниковым, Д. Р. Каплуновым, М. В. Рыльниковой, В. П. Мазикиным, Н. В. Швейко, С. В. Корнилковым, Г. К. Ибраевой и др.

Цель технического перевооружения действующих предприятий – интенсификация производства, увеличение производственных мощностей и выпуска продукции, улучшение ее качества и снижение себестоимости, повышение технико-экономических показателей работы предприятия в целом.

Сегодня многие действующие горные предприятия работают по проектам, выполненным двадцать, тридцать и даже пятьдесят и более лет. Перевооружить предприятие в рамках такого проекта не просто. Да, периодически долгосрочные проекты пересматриваются, но выполнение изменений или дополнений к действующему проекту связаны с большими материальными и временными затратами, обязательным прохождением Главгосэкспертизы.

В рамках существующих проектов на строительство и разработку месторождений действующим предприятиям предложена разработка проектов технического перевооружения основных горных процессов, прохождением экспертизы промышленной безопасности и регистрацией в надзорных органах.

Используя достижения последних лет, в рамках проектов технического перевооружения отделом горной науки института для ряда действующих предприятий был разработан комплекс мероприятий, внедрение которых позволило в короткие сроки осуществить переход предприятий на новые технологии, быстро переоснастить горное производство на новый, современный уровень.

За последние 5 лет ОАО «Уралмеханобр», по заявкам предприятий, выполнил целый ряд проектов технического перевооружения для горных предприятий Урала, Сибири и Якутии.

*ООО «УГМК-Холдинг» – 12 проектов технического перевооружения.*

Подземные рудники: «Узельгинский», «Молодежный», «Учалинский», «Озерный», «Сафьяновский».

АО «ЕВРАЗ ЗСМК» – 7 проектов технического перевооружения.

Подземные рудники: «Шерегешский», «Таштагольский».

АК «АЛРОСА» – проект технического перевооружения.

Подземный рудник «Айхальский».

Оценка результатов технического перевооружения технологических процессов и средств механизации на данных горнодобывающих предприятиях позволяют делать вывод об эффективности выбранного подхода к решению поставленных задач при отработке отдельных участков месторождений. Увеличены производственные мощности, улучшены показатели полноты выемки запасов и обеспечена безопасность ведения горных работ.

По результатам выполненных ОАО «Уралмеханобр» проектов технического перевооружения подготовлено к изданию две монографии.

**С.Е. Гавришев, В.Ю. Заляднов**

*ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия*

## **РАЗВИТИЕ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ ДИВЕРСИФИКАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА**

Современные горнодобывающие предприятия находятся в условиях напряженной конкуренции, динамичного изменения цен и спроса на производимое сырье. Это обуславливает необходимость постоянного поиска более перспективных и прогрессивных решений, позволяющих оптимизировать имеющиеся ресурсы и доступные резервы для повышения жизнеспособности и эффективности производства. Особенно это важно для предприятий, являющихся основой моногородов и поселений, социально-экономическое положение которых зависит от уровня развития производства.

Зачастую, многие горнодобывающие предприятия, для снижения издержек по ряду технологических процессов, прибегают к услугам аутсорсинга, осуществляемого сторонними организациями. На основе аутсорсинга, в настоящее время, возможна полная разработка месторождения без содержания собственного штата сотрудников и оборудования. При этом, существует другой поход к управлению ресурсами предприятия, основанный на диверсификации производства. Диверсификация – это распространение хозяйственной деятельности на новые сферы (расширение номенклатуры продукции, видов предоставляемых услуг и т. п.). На основе диверсификации деятельности с технологическими и организационными преобразованиями, нацеливающими производство на расширение границ области использования открытой геотехнологии, расширение номенклатуры

выпускаемой продукции и услуг, возможно увеличение комплексности освоения участка недр и повышение жизнеспособности предприятия. Диверсификация горнодобывающих предприятий может производиться по трем основным направлениям. Первое направление предполагает развитие производства по технологической цепочке выпуска конечной продукции с расширением ее ассортимента на основе добываемого полезного ископаемого. Второе направление предполагает выпуск специфической и уникальной для горного производства продукции – формирование и освоение техногенных георесурсов. Третье направление – предложение на рынке, характерных для основного производства, различных аутсорсинговых услуг.

Создание горнодобывающих предприятий на основе модели оптимального и сбалансированного использования стратегий диверсификации производства и аутсорсинга с учетом комплексного освоения природных и техногенных георесурсов, с расширенной номенклатурой продукции и услуг, способных гибко изменять объемы их производства и конкурировать на рынке за счет своей специфичности и уникальности, позволит повысить эффективность освоения участка недр и обеспечить устойчивое развитие предприятий в изменяющихся рыночных условиях.

**Д.Н. Радченко**  
*ИПКОН РАН, г. Москва, Россия*

## **ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ ПОДЗЕМНЫЕ КЛАСТЕРЫ ДОБЫЧИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ НА БАЗЕ КОМБИНИРОВАННЫХ ГЕОТЕХНОЛОГИЙ\***

В современных условиях в области горного проектирования требуется выбор решений, которые при сохранении положительной динамики финансовых потоков обеспечат высокую социальную адаптивность геотехнологий к проблемам развития горнодобывающих регионов. Необходимо достижение приемлемых для развития территорий экологических показателей. В настоящее время не только в передовых экономиках мира, но и в развивающихся странах горные компании сталкиваются с трудностями получения социальной лицензии, особенно в случае открытой разработки месторождений. В будущем, с неизбежным ростом промышленного производства данная проблема будет нарастать, так как ожидается прогрессирующий рост добычи полезных ископаемых. Применительно к условиям освоения рудных месторождений, это свидетельствует о многократном росте извлекаемой горной массы с соответствующими экологическими последствиями. Только на месторождениях крупнейшей и старейшей рудоносной провинции

---

\* Исследования выполняются при поддержке РФФИ (грант 18-05-00114)

Южного Урала уже вовлекаются в эксплуатацию медно- и медно-цинковоколчеданные руды с содержанием Cu 0,5 %, Zn – 0,8 %, золотосодержащие с Au – 0,5 г/т. Соответственно, при увеличении выпуска товарной продукции, по нарастающей увеличивается объем складированных хвостов обогащения.

Высокопроизводительные подземные кластеры, являясь основной производственной единицей рудника, призваны решать обозначенные проблемы на базе комбинации подземной добычи и выщелачивания и, в перспективе, составить конкуренцию открытой добыче. Комбинированная геотехнология [1,2] является базисом решения современных проблем недропользования. Исследования, выполняемые для условий освоения медьсодержащих месторождений Южного Урала камерными системами с твердеющей закладкой выработанного пространства, позволили определить условия применения и параметры технологий внутрирудничной предконцентрации бедных руд в общей технологической схеме подземного рудника. Предложенная технология предусматривает выдачу на поверхность только продукта основной стадии предконцентрации - кондиционной руды с содержанием Cu 0,75 % и выше, Zn до 1 % для обогащения на фабрике флотационным методом. Двумя другими продуктами основной стадии предконцентрации являются условно «пустая порода» и промежуточный некондиционный для обогащения металлсодержащий продукт. Порода без выдачи на поверхность используется для закладки выработанного пространства. Причем, предусмотрена сыпучая, комбинированная и твердеющая закладка выработанного пространства с применением подземных передвижных закладочных комплексов [3,4]. Задачей твердеющей закладки выработанного пространства является, наряду с сохранением подрабатываемого массива и утилизацией отходов [5], создание необходимых технологических пространств для реализации процессов физико-химической геотехнологии. Промежуточный металлсодержащий продукт является исходным продуктом цикла выщелачивания в подземных камерах. В таких камерах при создании необходимых условий (температура, кислород и подача растворов) протекают процессы химического и/или бактериального выщелачивания руд: эффективность последнего изучена на аборигенных штаммах микроорганизмов медноколчеданных месторождений. На поверхность выдаются только продуктивные растворы выщелачивания для комплексного извлечения цветных, редких и благородных металлов с последующей регенерацией технологических растворов. Высокопроизводительные кластеры обеспечивают комплексное освоение месторождения – в разработку вовлекаются бедные сульфидные, смешанные и окисленные руды, участвуют в технологическом процессе шахтные воды, эффективно в качестве реального георесурса используются создаваемые подземные пространства.

Для условий рудных месторождений России рассматриваемый

технологический цикл означает в перспективе прирост запасов разрабатываемых в настоящее время месторождений (до 20-35 %). Создание высокопроизводительных подземных кластеров на базе комбинированных геотехнологий подземной добычи и выщелачивания в будущем, при изменении конъюнктуры рынка и операционных издержек, будет являться важной составляющей расширения минерально-сырьевой базы металлов и решения экологических проблем недропользования.

### **Список литературы**

1. Каплунов Д.Р., Калмыков В.Н. Рыльникова М.В. Комбинированная геотехнология. М.: Руда и металлы, 2003. -560 с.
2. Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В. Комбинированная разработка рудных месторождений. М.: Горная книга, 2012. -344 с.
3. Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В., Радченко Д.Н. и др. Передвижные закладочные комплексы в системах разработки рудных месторождений с закладкой выработанных пространств // Горный журнал, 2013. -№ 2. -С. 101-104.
4. Каплунов Д.Р. и др. Инновационные технологии ликвидации пустот с применением передвижных закладочных комплексов // Маркшейдерский вестник, 2011. -№ 6 (86). -С. 5-9.
5. Закладочные работы в шахтах / Под ред. Д.М. Бронникова, М.Н. Цыгалова. М.:Недра. – 400 с.

**Е.А. Горбатова**

*ФГБУ «ВИМС», г. Москва, Россия*

**Е.А. Емельяненко, М.В. Зарецкий, Н.Г. Омегова**

*ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия*

## **НЕЧЕТКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ПРИ ОСВОЕНИИ МЕДНОКОЛЧЕДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Освоение медноколчеданных месторождений неизбежно приводит к интенсивному воздействию на окружающую среду, для которого характерны экологические риски. Снижение общих запасов и качества минерального сырья, несовершенство технологий по извлечению ценных компонентов из низкокачественной и бедной руды способствует непрерывному накоплению твердых, жидких отходов, отрицательно воздействующих на экосистему в зоне влияния горно-обогатительных предприятий. Постоянная оценка экологических рисков необходима на всех этапах добычи, обогащения и переработки медноколчеданного сырья.

На наш взгляд, система оценки экологических рисков должна быть подсистемой общей автоматизированной системы технологической подготовки производства (АСТПП) предприятия. В настоящее время

применяются различные подходы к самому понятию экологического риска [1]. В рассматриваемой нами ситуации представляется целесообразным применение сочетания детерминированного и нечеткологического подходов. В рамках детерминированного подхода формулируются базы знаний о процессах, не подверженных воздействию плохо предсказуемых факторов [2,3]. В рамках нечеткологического подхода формулируются знания о процессах, подверженных воздействию плохо формулируемых факторов.

Таким образом, создается гибридная система оценки экологических рисков [4]. Подсистема формулирует качественные оценки экологических рисков.

### **Список литературы**

1. Дмитриев В.Г. К вопросу о понятии экологического риска // Арктика и Север. – 2013 № 13. – С. 1-20.

2. Литвин В.В. Технології менеджменту знань / В.В. Литвин – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010 – 260 с.

3. Черняховская Л.Р. Онтологический подход к разработке правил принятия решений в проектном менеджменте / Л.Р. Черняховская, А.И. Малахова // Информационные технологии и системы: труды Второй междунар. конф. Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2013. С. 111 – 114.

4. Горбатова Е.А. Онтологический подход к разработке гибридных экспертных систем в гидрометаллургии / Е.А. Горбатова, М.В. Зарецкий // Информационные технологии и системы: труды Третьей междунар. конф. Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2014. С. 70 – 71.

**В.А. Юков**

*ИПКОН РАН, г. Москва, Россия*

## **ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ИЗМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ГЕОРЕСУРСОВ РОССИИ\***

В последние годы разными институтами геологического профиля выполнен цикл работ, посвящённых современному состоянию минерально-сырьевой базы России, оценке потенциала недр, выполнен минерально-сырьевой и стоимостной баланс. В расчётах участвовала только рентабельная, конкурентоспособная часть минерально-сырьевой базы (МСБ), гарантированно востребованная в заданный временной период оценки. Стоимостная оценка соответствует периоду её выполнения. Один из них характеризуется соотношением 1 долл.=24 рублям. При изменении этого соотношения производится корректировка результатов.

---

\* Исследования выполняются в рамках темы ИПКОН РАН 0138-2014-0001

Оценивать степень использования разведанной базы можно в натуральном выражении через натуральные показатели. В натуральном выражении МСБ остаётся устойчивой и изменяется за счёт прироста дополнительно разведанных или вовлечённых в разработку месторождений. Появляется возможность сопоставления разведанных и разрабатываемых месторождений. Изменение этого соотношения в разные периоды определяет уровень использования общего сырьевого потенциала страны.

Этот принцип положен в основу рассмотрения МСБ пяти основных ресурсов: алмазы, медь, никель, свинец, железо. По каждому ресурсу представлена краткая характеристика существующего МСБ: общее количество разведанных и переданных на освоение месторождений, их территориальное расположение, наличие учитываемых техногенных ресурсов и их перспектива освоения, с учетом вводимых в разработку в ближайшие 3-4 года новых месторождений.

Отмечено, что геологоразведочные работы ведутся преимущественно собственными силами горных предприятий. Приведён пример открытия новых месторождений. Дана констатация компенсации убыли запасов за счет прироста при эксплуатационной разведки.

Определены изменения названного натурального соотношения по трём периодам: прошлого, настоящего и ближайшего будущего, а также систематизированы общие произошедшие изменения в МСБ упомянутых георесурсов. Дан прогноз возрастания нагрузки на МСБ в ближайшей перспективе, постановки на учёт техногенных образований с вводом их в эксплуатацию, при повышении роли экологического фактора, возвращении в нераспределённый фонд ранее переданных недропользователям на освоение месторождений.

**И.В. Соколов, Ю.Г. Антипин**

*ИГД УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия*

## **ОСНОВЫ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ ОСВОЕНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ЗОН РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ**

Проблематика обоснования геотехнологической стратегии перехода от открытых горных работ (ОГР) к подземным (ПГР) в значительной степени связана с обеспечением безопасности и эффективности освоения переходных зон (ПЗ). Целью переходного процесса при комбинированной разработке месторождения является перевод горнодобывающего предприятия от одного стабильного состояния, соответствующего нормальной стадии развития ОГР, к другому, соответствующему нормальной стадии развития ПГР. Отсюда основным назначением переходного процесса можно считать создание наиболее благоприятных условий для достижения предприятием стабильного

состояния при освоении запасов на нормальной стадии развития ПГР.

Характеристиками переходного процесса являются: резкое изменение величины производительности предприятия, как правило, в сторону ее снижения, и всплеск величины капитальных вложений, в несколько раз превышающих необходимую их величину для поддержания производственной мощности предприятия в стабильный период ОГР. Следствием является резкое уменьшение доходности горнодобывающего предприятия в переходный период, на которое также существенно сказывается увеличение по сравнению со стабильным периодом ПГР эксплуатационных затрат, связанное с влиянием негативных специфических факторов.

Определен переходный процесс при комбинированной разработке как освоение (вскрытие, очистная выемка и погашение) части месторождения с целью перевода горнодобывающего предприятия от одного стабильного состояния к другому; а переходная зона – часть месторождения, в пределах которой осуществляются организационно-технические и технологические мероприятия, направленные на создание оптимальных условий для освоения запасов в стабильном периоде ПГР с учетом специфических факторов и условий, сформированных при ОГР.

Систематизированы типы ПЗ, разработаны варианты геотехнологии, обеспечивающие оптимальные условия для подземных ПГР на стабильном этапе. На основе экономико-математического моделирования установлен оптимальный вариант геотехнологической стратегии по критериям минимума снижения доходности предприятия в переходный период и максимума чистого дисконтированного дохода от освоения всех подкарьерных запасов подземным способом (ПЗ и основных запасов).

**О.Ш. Шамшиев**

*ГКТУ им. И. Раззакова, г. Бишкек, Кыргызстан*

**Е.А. Емельяненко**

*ФГБОУ ВО»МГТУ им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия*

**Е.А. Горбатова**

*ВИМС им. Н.М. Федоровского, г. Москва, Россия*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ В РАМКАХ НОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА**

Проблема освоения горных и металлургических отходов на всем постсоветском пространстве является весьма актуальной. Кыргызстан, в период вхождения в состав СССР, занимал ведущее место по добыче сурьмы, ртути, угля и т.д., а после развала Союза по добыче золота. В результате интенсивного освоения полиметаллических и золоторудных месторождений на территории Кыргызстана накоплено около 500 млн т

горнопромышленных отходов[1], создающих экологическую опасность не только на территории размещения, но и для Казахстана, Узбекистана, Таджикистана, Китайской народной Республики, через территории которых протекают трансгосударственные реки - Нарын, Сырдарья, Чуй и др., способствующие геохимической миграции вредных компонентов. Поэтому проблема переработки и утилизации горнопромышленных отходов становится как никогда актуальной и востребованной. Обеспечить глубокую переработку накопленных горнопромышленных отходов позволит тщательное минералого-аналитическое исследование их вещественного состава, технологических свойств методами технологической минералогии.

Горнопромышленные отходы на территории Кыргызстана делятся на: угольные и металлургические (огарки). В угольных отходах месторождений Сулюкты, Кызыл-Кия, Абшир, Алмалык и др. минералогическими исследованиями установлены повышенные, а местами субпромышленные уровни концентраций Ag,Pb,Zn,Sb,Hg. Кроме цветных металлов установлено присутствие  $P_2O_5$ с концентрацией до 11 %и  $Al_2O_3$ с содержанием 29,3 %. Данные исследования позволяют рассматривать угольные отходы Кыргызстана, как перспективное сырье для извлечения тяжелых цветных металлов, как аллюминиевое сырье, а также как перспективное сырье для производства фосфорных удобрений.

Огромные объемы металлургических огарков(десятки миллионов тонн), накопленные в районах ртутных месторождений комбинатов (Хайдаркан, Чаувай, Тутуо и др) характеризуются наличием повышенным содержанием кремнезема до 8-10 %, а огарки месторождения Улутуо повышенным содержанием магнезита. Перспектива переработки кремнистых огарков - использование при производстве цемента, магнезитовых огарков - при изготовлении шамотного кирпича.

Минералогическими исследованиями проб из отвалов добычи и переработки полиметаллических руд (месторождения Кан-и-Гут, Кан)установлено повышенное содержание серебра и ряд редкоземельных металлов, которые смогли быть обнаружены благодаря комплексированию минералого-аналитических методов. Интенсивное развитие нанотехнологических методов и их применение в исследуемых регионах могут расширить перспективу переработки горных, горно-рудных и горно-металлургических отходов.

### **Список литературы**

1. Усупаев Ш.Э.,Карпачев Б.М., Менг С.В.,Атыкенова Э.Э. и др. Государственный кадастр отходов горной промышленности Кыргызской Республики (хвостохранилища и горные отвалы) // Бишкек, 2006. 290 с.

2. Атыкенова Э.Э., Усупаев Ш.Э. Инженерная геонимия типизации и ликвидации вероятных катастроф от радиоактивно-токсичных отходов в Кыргызстане // Актуальные проблемы горного дела - 2018 - № 1 (5)- С. 3.

**А.А. Гоготин, О.В. Петрова, Ар.А. Зубков, В.Ш. Галямов**  
*ООО «УралГеоПроект», г. Магнитогорск, Россия*

## **КОМПЛЕКСНЫЕ НЕТИПОВЫЕ РЕШЕНИЯ ПРИ СКЛАДИРОВАНИИ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ**

В настоящее время, на территории Российской Федерации многие хвостохранилища находятся практически в предельном положении, при этом, в результате отработки запасов месторождений открытым способом было накоплено значительное количество карьерных выработанных пространств. Не менее актуальной проблемой является рекультивация всех земель, нарушенных горными работами.

Комплексное решение этих проблем возможно при получении из отходов обогащения продуктов, пригодных для рекультивации выработанных пространств. Такой подход позволяет снизить нагрузку на окружающую среду в местах ведения горных работ за счет отказа от отчуждения новых земель для строительства новых хвостохранилищ с одновременной рекультивацией отработанных карьеров. Достижение экономического эффекта при это достигается за счет уменьшения капитальных затрат на подготовку мест складирования и уменьшения экологических платежей.

Формирование гидроупорных массивов, предотвращающих фильтрацию в водоносные горизонты нежелательных элементов, в ложе мест складирования ведется из продуктов, получаемых из отходов обогащения в процессе пастового сгущения или сгущения высокой плотности. В ряде случаев, например, при формировании противотрационных экранов из отходов алмазодобычи может потребоваться дополнительное доизмельчение материала в связи со значительной его крупностью. В то время как для получения продуктов для рекультивации из отходов переработки золотосодержащих руд достаточным является сгущение продуктов с применением полимеров до высокой плотности, без получения пастовых продуктов.

Для различных типов отходов обогащения специалистами ООО «УралГеоПроект» был проведен комплекс работ, включающий в себя:

- научно-исследовательские работы;
- лабораторные испытания;
- опытно-промышленные испытания;
- разработку технологических регламентов;
- технико-экономическую оценку предлагаемых технологий.

## **О СОЗДАНИИ В РОССИИ ЦЕНТРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНЦИИ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Современное состояние горно-металлургического комплекса Российской Федерации характеризуется снижением объемов инвестиций в геологоразведочные проекты по сравнению с масштабами, достигнутыми в советское время, с другой – ростом производственной мощности предприятий и увеличением эффективности технологий.

Результатом этого является дефицит минерально-сырьевой базы и снижение качества полезных ископаемых, вовлекаемых в добычу и переработку. Именно это определяет широкое развитие комбинированных геотехнологий, позволяющих существенно расширить сырьевую базу и обеспечить требуемые объемы добычи минерального сырья [1,2].

Кроме того, значительным негативным фактором деятельности горно-металлургических комплексов по-прежнему остается складирование и накопление отходов производства - вскрышные породы, забалансовые и окисленные руды, хвосты обогащения руд, огарки, золы и шлаки и другие виды техногенного сырья [3]. Условно отходы горнодобывающих предприятий делятся на две основные группы: отходы добычи, представленные крупнокусковым материалом от ведения горных работ и отходы обогащения.

Так как на каждом горнодобывающем предприятии объем вскрышных пород и некондиционных руд в разы превышает балансовые запасы руд, то первоочередными являются работы в сфере разработки базы данных о возможностях и показателях технологий управления качеством рудопотоков путем предварительной рудничной сепарации с обоснованием параметров технологических процессов. При выборе схем предварительного обогащения на этапе планирования следует в расчетах экономической эффективности учитывать дополнительный CAPEX на горную технику и затраты по горным работам, связанным с добычей бедных и некондиционных руд, ранее относимых к забалансовым, с сопутствующим коэффициентом вскрыши. Отходы обогащения представляют промышленный интерес в силу того, что это добытый из недр и зачастую уже измельченный материал, поэтому и себестоимость дообогащения с применением новых технологий ниже, чем переработки рядовой руды – согласно мировому опыту в среднем на 25-50 %.

Следует подчеркнуть, что в России до настоящего времени нет механизмов, которые обеспечили бы повсеместное распространение эффективных технологий управления отходами с получением товарной продукции. Для решения рассматриваемой проблемы необходимы:

- разработка механизма упрощенной постановки на баланс техногенных месторождений (по примеру с россыпными техногенными объектами);
- создание и наработка опыта реализации технологий разведки и изучения строения техногенных месторождений;
- разработка технологий добычи сырья техногенных образований и его экологически безопасного транспортирования;
- создание эффективных технологических схем переработки техногенного сырья.

Успешное решение указанных проблем значительно влияет на итоговую себестоимость и прибыль от такого рода горнопромышленной деятельности. В этой связи, новым технологическим укладом развития горной промышленности должно стать направление, связанное с управлением отходами на базе комбинированных геотехнологий.

В России необходимо создание центра компетенций по разработке технологий добычи и переработки отходов горнодобывающих и металлургических предприятий. Основной целью его создания является накопление информационной базы по технологиям и моделям для создания готового решения по освоению техногенных объектов в заданные сроки. Несмотря на уникальность каждого техногенного объекта, создание базы технико-технологических решений для быстрой апробации и адаптации технологий для вовлечения в эксплуатацию различных типов полезных ископаемых и будет способствовать развитию системы управления отходами в нашей стране.

### **Список литературы**

1. Каплунов Д.Р., Калмыков В.Н. Рыльникова М.В. Комбинированная геотехнология. М.: Руда и металлы, 2003. -560 с.
2. Комбинированная (совмещенная) разработка. Горное дело. Терминологический словарь. М.: Горная книга, 2016. -635 с.
3. Рыльникова М.В. и др. Классификация техногенных георесурсов в свете перспектив комплексного освоения рудных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2012. -№ 2. -С. 318-324.

**А.А. Козловский**

*АНО ДПО «КЦПК «Персонал», г. Магнитогорск, Россия*

## **ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ ГОРНЫХ ИНЖЕНЕРОВ И РАБОЧИХ ПРИ ПЕРЕХОДЕ К НОВОМУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ УКЛАДУ**

Темпы внедрения киберфизических систем в производство и накопление потенциала развития таких новых областей, как робототехника, нано- и биотехнологии, искусственный интеллект,

интернет – вещей позволяют говорить о переходе к новому технологическому укладу. Прогнозируется, что это кардинально изменит не только экономические, технологические, политические, но и общественные системы.

Технологические изменения не могут не повлиять на развитие институтов общественной жизни, среди которых одним из важнейших является институт образования. Трансформация секторов и отраслей экономики, увеличение прозрачности и доступности информации, новые принципы цифровой реальности – для этого необходимы работники, обладающие соответствующей подготовкой, умеющие взаимодействовать с высокотехнологичными и программными средствами производства, с искусственным интеллектом, обладать совершенно новыми качествами и компетенциями. И работники, впервые выходящие на рынок труда и работники со стажем, должны осваивать необходимый объем все быстрее прогрессирующих и усложняющихся теоретических и практических знаний [1]. Получать необходимые знания должен каждый работник, чтобы стать высококвалифицированным специалистом в выбранной им профессии. Вызовом грядущей четвертой промышленной революции и ускоряющегося научно-технического прогресса становится доступность получения образования для каждого гражданина. В условиях будущей замены ряда специалистов на самообучающиеся программные средства, роботов и машины, а также исчезновения старых профессий, как можно большее количество людей должны получить доступ к повышению своей квалификации, развитию и освоению новых знаний и компетенций.

Значимость цифровых навыков для работы и социальной интеграции возрастает. Уровень владения такими навыками определит успешность жизни человека и перспективы его трудоустройства. По оценкам экспертов, 65% сегодняшних учеников школ и студентов ВУЗов будут выполнять работу, которой еще не существует [2]. Но уже сейчас понятно, что значительное количество сотрудников с цифровыми компетенциями на разных уровнях в компании обеспечат ей конкурентное преимущество.

Не одно десятилетие идет дискуссия о том, как в учебном заведении подготовить специалиста, полностью отвечающего запросам работодателя. В России в настоящее время формируется национальная система квалификаций, её ключевыми элементами являются профессиональные стандарты. Профессиональные стандарты выражают консолидированное представление профессионального сообщества об особенностях того или иного вида профессиональной деятельности и позволяют выстроить диалог двух сторон – системы профессионального образования и работодателей. Изменения, происходящие в системе квалификаций, создали беспрецедентную ситуацию для системы подготовки кадров. Если еще несколько лет назад профессиональное образование могло вполне успешно существовать как закрытая система,

цели и приоритеты развития которой устанавливались преимущественно на основании внутренних потребностей и интересов научно-педагогического сообщества, то сегодня такая практика уже невозможна. Только прямая связь с экономикой, реагирование в режиме реального времени на сигналы с рынка труда, позволят готовить нужных работодателям специалистов. Ответом на этот запрос станет создание экосистем, включающих государственные и частные образовательные организации, представителей бизнеса и иных работодателей, отраслевые группы, профессиональные сообщества.

### **Список литературы**

1. Четвертая промышленная революция/ Клаус Шваб, Москва: Эксмо, 2017.
2. Обучение цифровым навыкам: глобальные вызовы и передовые практики/ Аналитический отчет к III Международной конференции «Больше чем обучение: как развивать цифровые навыки» АНО ДПО «Корпоративный университет Сбербанка», Москва, 2018.

**К.И. Никифоров, И.Л. Никифорова**  
*ИПКОН РАН, г. Москва, Россия*

## **РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ГОРНОГО И ТЕХНОГЕННОГО МАССИВА ПРИ ПЕРЕХОДЕ К НОВОМУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ УКЛАДУ**

На современном этапе научно-технического прогресса повышение эффективности открытой разработки месторождений в решающей степени зависит от расширения области применения комбинированной геотехнологии, внедрения открытых геотехнологий с интеллектуальным горнотранспортным оборудованием и автоматизированными системами управления горными работами, роботизированными горно-технологическими комплексами на основе высокотехнологичных инновационных разработок в области телекоммуникаций, навигации, радиофизики [1-3].

При этом существенное снижение фактора риска присутствия человека в опасной зоне ведения горных работ при увеличении интенсивности добычи полезных ископаемых, который обуславливает развитие нового технологического уклада горного производства.

Уже сейчас выбор коэффициента запаса устойчивости бортов, их участков, рабочих и нерабочих уступов карьера, а также отвалов осуществляется с учетом стадии освоения месторождения, определяющей степень надежности исходных данных и сроки стояния откосов, дифференцированно по уступам и участкам бортов карьеров. В этой связи, на глубоких горизонтах карьера приоритетным направлением обеспечения безопасности и повышения надежности достижения показателей открытых

геотехнологий является развитие методов геомеханического мониторинга состояния горного массива вблизи выработанного карьерного пространства [4].

Изменения параметров геотехнологий при переходе к интеллектуальным системам с сопутствующим ростом возможных рисков требует совершенствования технологий мониторинга состояния горных конструкций и горнотехнических систем в целом.

Создание систем мониторинга с использованием спутниковой навигации, современных методов наземно-воздушного лазерного сканирования, программно-аппаратных комплексов на базе беспилотных летательных аппаратов, аэрокосмических методов георадарных съемок с построением цифровых ортофотопланов и трехмерных моделей местности дает уникальную возможность быстрого и точного определения пространственно-временных изменений объемно-качественных характеристик состояния природных и техногенных образований, величин угловых и линейных деформаций и перемещений, определяемых интенсивностью природных и техногенных геомеханических процессов [5-7].

На основе результатов мониторинга устойчивости бортов, уступов и отвалов с учетом результатов структурной съемки массива, ведущейся в процессе отработки месторождения, разрабатываются дополнительные мероприятия по управлению устойчивостью откосов в период строительства, эксплуатации и между этапами реконструкции карьера.

Такое развитие системы геомеханического мониторинга снижает уровень риска эксплуатации, прежде всего глубоких горизонтов карьера и позволяет проектировать борта карьеров с более крутыми углами откосов уступов. Именно этим руководствовался ИПКОН РАН при оснащении современным исследовательским высокотехнологичным оборудованием, позволяющим своевременно получать достоверную и детализированную информацию о состоянии массива горных пород и горнотехнической системы в целом, лаборатория экологически сбалансированного освоения недр [8].

### **Список литературы**

1. Трубецкой К.Н., Рыльникова М.В., Владимиров Д.Я., Пыталев И.А. Условия и перспективы внедрения роботизированных геотехнологий при открытой разработке месторождений // Горный журнал. 2017. № 11. С. 60-64 DOI: 10.17580/gzh.2017.11.11.

2. Трубецкой К.Н., Захаров В.Н., Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В. Эффективные технологии использования техногенных георесурсов – основа экологической безопасности освоения недр // Горный журнал, 2016. -№5. – С. 36-42.

3. Плакиткин Ю.А., Плакиткина Л.С. Программы «Индустрия-4.0» и «Цифровая экономика Российской Федерации» – возможности и перспективы в угольной промышленности // Горная

промышленность. 2018. № 1. С. 22-28.

4. Рыльникова М. В., Зотеев О. В., Никифорова И. Л. Развитие нормативной базы в области обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов // Горная промышленность. – 2018. – №3. С.95-98.

5. Малышев Ю.Н., Титова А.В., Черкасов С.В., Булов С.В., Чесалова Е.В. Сравнительный анализ современных методов мониторинга техногенных объектов // Горная промышленность, 2017. № 6. С. 50-53.

6. Резниченко С.С. Обзор оборудования для организации комплексной системы мониторинга устойчивости уступов и бортов глубоких карьеров // Горное дело, 2018. № 1. С. 55-53.

7. Кириченко Ю.В., Котькова О.В., Федорова Ю.Е. Совершенствование методов получения оперативной информации о состоянии техногенных массивов. - М.: Геология и разведка, № 3, 2002.

8. Laboratory for Environmentally Sustainable Exploitation and Preservation of Mineral Resources (Laboratory EcoMine IPKON RAS) [Электронный ресурс]. URL: <http://labecomine.com/> (дата обращения: 29.03.2019).

**К.В. Бурмистров, С.Е. Гавришев**

*ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия*

## **ОБОСНОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ВСКРЫТИЯ В ПЕРЕХОДНЫЕ ПЕРИОДЫ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Горнодобывающие предприятия функционируют в условиях динамично изменяющихся факторов внешней и внутренней среды. Разработка крутопадающих месторождений происходит, как правило, в течение длительных периодов составляющих несколько десятилетий. В течение этого срока внешние и внутренние факторы функционирования карьеров изменяются: меняется ситуация на сырьевых рынках, уточняются запасы и качество полезного ископаемого на месторождении, разрабатываются новые виды техники и пр. В результате изменения данных факторов на предприятии пересматривают параметры текущих этапов открытой разработки, производят реконструкции, переходят на комбинированный открыто-подземный способ разработки. Изменения, которые происходят на предприятии при переходе на новый этап или способ разработки проходят в течение определенных периодов – переходных периодов. Принятие решения о переходе на новый этап или способ разработки осуществляется на основе технико-экономического анализа возможных вариантов. Это достаточно сложная, трудоемкая и ответственная задача, при решении которой предстоит проанализировать большое количество технических, технологических и других факторов.

Анализ теории и практики разработки крутопадающих

месторождений показал, что система разработки на месторождении для заданных горнотехнических условий является практически не изменяемой, а ее параметры регулируются в ограниченном диапазоне, при этом система вскрытия ее параметры могут существенно отличаться по этапам разработки. В структуре системы вскрытия должны учитываться затраты не только на проходку и оснащение вскрывающих выработок, но и капитальные и эксплуатационные затраты на транспорт. Поэтому при анализе целесообразности параметров переходного периода решающее значение будет оказывать именно система вскрытия, ее параметры и показатели. Параметры системы вскрытия влияют на конструкцию рабочего, временно-нерабочего и нерабочего бортов карьера, что в свою очередь влияет на средний и текущий коэффициент вскрыши и соответственно на капитальные и эксплуатационные расходы. При переходе с одного способа разработки на другой параметры сформированной в карьере системы вскрытия во многом определяют технологические возможности и экономические показатели строительства и эксплуатации подземного рудника на месторождении при использовании карьера для доставки рудной массы на поверхность. Динамика изменения параметров системы вскрытия определяет продолжительность этапов разработки, своевременность внедрения и реализации отдельных преобразований системы вскрытия на горнодобывающем предприятии и итоговые показатели нового этапа разработки.



**РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И  
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГОРНОТЕХНИЧЕСКОЙ  
СИСТЕМЫ ПРИ ПЕРЕХОДЕ К НОВОМУ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ УКЛАДУ**



## ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОГО ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ НА ГОРЕВСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

Горевское месторождение свинцово-цинковых руд является уникальным по запасам металлов и качеству руд. На его долю приходится свыше 42% общероссийских запасов свинца. Промышленная эксплуатация месторождения началась около 20 лет назад и обозначила комплекс особенностей, которые необходимо учитывать при решении задач его освоения, а именно: климатические условия — район приравнен к Крайнему Северу; нахождение месторождения прямо на берегу реки Ангара, при этом часть рудных тел уходит под русло реки; плановое увеличение глубины карьера до 500 метров; внедрение параллельно с открытым подземного способа добычи руд; наличие созданной защитной дамбы, которая отодвинула Ангару почти на триста метров; подготовка строительства второй очереди дамбы, которая отодвинет реку на километр; расположение месторождения на уникальной природной территории; близкое расположение градообразующих поселков. Указанные особенности предполагают новую постановку задач по обеспечению безопасного ведения горных работ на основе оценки развития процессов фильтрации воды в карьер и изменения геомеханического состояния водозащитной дамбы по мере углубления карьера, а также мониторинга сдвижения массива горных пород. Комплексное исследование этих вопросов позволит расширить научные основы для безопасной отработки месторождения комбинированным способом.

### Список литературы

1. Трубецкой К.Н.. О совместном вскрытии карьерного и шахтного полей при комбинированной разработке месторождений. ФТПРПИ, Новосибирск 1968, №7, с.58-63.
2. Трубецкой К.Н., Милетенко Н.А. Негативные последствия взаимовлияния гидрогеологических и геомеханических процессов при освоении недр. В сб. «Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения недр». – М.:ИПКОН РАН, 2014, с.172-177.
3. Трубецкой К.Н., Милетенко Н.А. Влияние гидрогеологических и геомеханических процессов при освоении недр. Научно-техническое обеспечение горного производства. Материалы Международной научно-практической конференции «Горные науки в индустриально-инновационном развитии страны», Т.87, Алматы, 2015 г. С. 290-292.
4. Милетенко Н.А., Одинцев В.Н. Моделирование прорыва воды из наземного резервуара в подземную горную выработку // Маркшейдерский вестник. – 2016. – № 4. – С. 40-44.

**Д. Бекбергенов**  
*ИГД им. Д.А. Кунаева*  
**Г. Янгулова, Х.К. Касымханова**  
*Казахский национальный университет им. Аль-Фараби*  
**Б. Бектур**  
*КазННТУ им К.И. Сатпаева*

## **ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГОРНОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОВТОРНОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ В НОВОМ ФОРМАТЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПОДЗЕМНОЙ ОТРАБОТКИ ОБРУШЕННЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ЖЕЗКАЗГАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

В докладе освящены принципы проектирования повторной геотехнологии при отработке запасов в условиях обрушенных залежей Жезказганского месторождения для рационального управления технологическими процессами подземной добычи, что является неотъемлемым принципом проектирования горнотехнической системы повторной геотехнологии на котором базируется практика проектирования и эксплуатации участка недр при освоении месторождений полезных ископаемых. При проектировании горнотехнической системы с повторной геотехнологией для освоения обрушенных запасов недр учитываются риски и последствия чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера, связанных с производственной деятельностью. В современных условиях горнорудное проектирование не может функционировать в отрыве от принципов устойчивого развития, под которым следует понимать не только классическое определение, подразумевающее такое развитие, которое позволяет обеспечить существование общества без угрозы будущим поколениям удовлетворять свои потребности.

В этой связи, проводимые исследования охватывают проектирование горнотехнических систем с учетом принципов устойчивого развития, которые соответствуют Приоритетному актуальному направлению по развитию повторной геотехнологии в новом формате для устойчивого развития повторной подземной отработки запасов в условиях обрушенных залежей Жезказганского месторождения.

Принятые схемы отработки позволяют использовать на всех технологических процессах комплекс высокопроизводительного самоходного оборудования. Очистные работы включают в себя последовательность выполнения технологических процессов как бурение, зарядание и взрывание скважин, проветривание (за время междуменного перерыва), погрузочно-доставочные работы.

Вопросы сконструирования элементов конструкции породного днища блока, для выпуска запасов руд из обрушенных залежей для проектирования

горнотехнической системы повторной геотехнологии с самообрушением руды предполагает решение технико-экономических задач для обоснования оптимальных параметров технологической системы в следующих направлениях:

- методологическое обоснование содержания и структуры рациональности принимаемых решений;

- геотехнологический выбор способа повторной разработки месторождения или его части; обоснование оптимальных технологий подземного способа разработки их применения на исследуемом месторождении; обоснование технологических схем и параметров подготовки и отработки отдельных блоков в условиях обрушенных залежей меднорудного месторождения;

- технико-экономическое обоснование рентабельности разработки и прибыльности, количественных и качественных характеристик получаемой продукции от предлагаемой технологии при повторной отработке запасов в условиях обрушенного района подземным способом на примере Жезказганского месторождения.

Все это становится возможным в современных условиях – безопасное, экономическое, технологическое, экологическое и социально-эффективное управление с применением адаптивных высоких повторной геотехнологий, не столько для добычи полезных ископаемых, а сколько в целях эксплуатации каждого осваиваемого участка недр неопределенно долго, путем первоначального проектирования этапов перехода от одного вида геотехнологий к другому в ходе освоения месторождений, а также на период после завершения добычи полезных ископаемых. Такой подход является содержанием нового формата устойчивого развития повторной отработки обрушенных залежей Жезказганского месторождения подземными рудниками ТОО «Корпорация Казахмыс» являющегося одним из крупнейших в мире по добыче меди.

**М.В. Рыльникова**

*ИПКОН РАН, г. Москва, Россия*

## **ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГОРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ВНЕДРЕНИИ НОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА\***

Под технологическим укладом горного производства понимают совокупность сопряжённых геотехнологических процессов, имеющих системно объединенный технический и технологический уровень и развивающихся синхронно [1]. Новый технологический уклад горного

---

\* Исследования выполняются в рамках темы ИПКОН РАН 0138-2014-0001

предприятия представляет собой интеллектуальное, целостное и предпочтительно устойчивое образование, в рамках которого осуществляется полный цикл освоения недр, начинающийся с разведки, добычи и получения первичных минеральных ресурсов и заканчивающийся выпуском набора конечных продуктов и услуг, соответствующих требованиям общественного потребления. Чем выше степень готовности товарной продукции к потреблению, тем выше уровень рентабельности производства. Чем выше уровень технологического уклада, тем выше степень механизации, автоматизации, роботизации и интеллектуальности производства.

Необходимость перехода к новому технологическому укладу с высоким уровнем механизации, автоматизации и интеллектуальности производства связана с:

- истощением традиционной минерально-сырьевой базы, доступной человечеству еще 10 лет назад, ввиду многолетней реализации концепции экстенсивного недропользования;

- повсеместным развитием комбинированных геотехнологий, без которых невозможно осваивать месторождения в современных условиях;

- согласием мирового сообщества о переходе на принципы устойчивого развития природы и общества (Парижское соглашение, регулирующее меры по снижению углекислого газа в атмосфере с 2020 года взамен Киотского протокола) и др.

Главным условием перехода на новый технологический уклад является разработка и внедрение новых технологических решений, ранее не характерных для традиционных геотехнологических процессов, либо рассмотрение известных процессов в новом качестве. Включение в горнотехническую систему комбинированных геотехнологий, перенос в подземное пространство оборудования, работающего ранее только в поверхностных комплексах, непосредственно извлечение ценных компонентов и производство товарной продукции в подземных условиях с утилизацией в выработанное пространство недр отходов производства потребовало в 21 веке добавления в схемы горных работ новых технологических процессов. Это привело к трансформации базовых понятий и определений в горном деле. Так, «Система подземной разработки» в 20 веке представлялась как «... порядок и последовательность проведения во времени и пространстве подготовительно-нарезных и очистных выработок». Именно эти процессы в то время являлись наиболее трудоемкими и определяли общую интенсивность развития горных работ. В настоящее время, в начале 21 века, это понятие рассматривают как «... совокупность и последовательность выполнения расширенного спектра основных и вспомогательных технологических процессов, примененных в определенном конструктивном исполнении для извлечения запасов

элементарной выемочной единицы осваиваемого участка недр».

Поэтому базовыми принципами проектирования горно-технических систем при внедрении нового технологического уклада являются:

- интеллектуализация и роботизация основных и вспомогательных технологических процессов [2];

- экологизация производства и широкомасштабное внедрение «зеленых» технологий [3];

- новый вид организации и контроля параметров процессов с оценкой рисков и распространением информации в режиме реального времени;

- ресурсо- и энергосбережение и воспроизводство.

Трансформация роли и особенностей проектирования систем разработки рудных месторождений, комбинация геотехнологий, определяют то, что на современном этапе технического перевооружения рудников должно быть обеспечено расширение перечня технологических процессов в целях получения лучших количественных и качественных показателей освоения недр на основе внедрения рациональных сочетаний физико-технических и физико-химических геотехнологических процессов на стадиях добычи и переработки минерального сырья с приближением их к месту извлечения минеральной составляющей из недр с получением расширенного спектра товарной продукции.

### **Список литературы**

1. Каплунов Д.Р., Рубан А.Д., Рыльникова М.В. Комплексное освоение недр комбинированными геотехнологиями. Под ред. Акад. РАН К.Н. Трубецкого.-М.: ООО НИИЦ «Недра -XXI». 2010. – 304 с.

2. Трубецкой К.Н., Рыльникова М.В., Владимиров Д.Я., Пыталев И.А. Условия и перспективы внедрения роботизированных геотехнологий при открытой разработке месторождений // Горный журнал. 2017. № 11. С. 60-64 DOI: 10.17580/gzh.2017.11.11.

3. Трубецкой К.Н., Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В., Радченко Д.Н., Лукичев С.В. и др. Развитие ресурсосберегающих и ресурсовоспроизводящих геотехнологий комплексного освоения месторождений полезных ископаемых. – М.: ИПКОН РАН, 2014. – 196 с.

4. Ракишев Б.Р. Реструктуризация продукции горнометаллургического комплекса Казахстана // ГИАБ. 2016. № 12. С. 293-305.

## **ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ГОРНТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Современное состояние горных работ на подземных рудниках и проблемы, возникающие в процессе добычи, обуславливают развитие теории проектирования в части упрощения и унификации существующих расчетных методов. Этот принцип позволит горным инженерам и другим специалистам предметной области в короткие сроки и максимально точно определяться с конструктивными и технологическими параметрами горнотехнических систем подземной разработки на всех стадиях научно-исследовательских и проектно-испытательных работ. Механизм вычисления для получения необходимых расчетных данных, по мнению авторов статьи, должен содержать минимальное количество параметров, определение которых требует длительных и трудоемких эмпирических исследований. А также не препятствовать, в случае каких-либо изменений производственных условий, оперативной корректировке рабочей документации собственными силами инженерно-технического персонала горнодобывающего предприятия для эффективной адаптации геотехнологий под конкретные ситуации. Особенно остро проблема многообразия подходов по определению рациональных параметров технологии, стоит при проектировании систем с обрушением руды и вмещающих пород. Неправильно установленные параметры этих систем влекут за собой высокие потери полезного ископаемого, снижение качества добываемой руды, дополнительные расходы на обогащение, ухудшение экологической обстановки и, как следствие, нерациональное использование недр.

### **Список литературы**

1. Савич И.Н., Мустафин В.И. Перспективы применения и обоснование проектных решений при этажном и подэтажном торцевом выпуске руды // ГИАБ. – 2015. – ОВ-1. – С.419-429. – М.: Горная книга.
2. Mustafin V., Biessikirski A., Terpak D., Romanov V., Sukhov D. Application of photogrammetry analysis and hazen's index evaluation of muck pile fragmentation obtained in Russian ore mines // Inzynieria Mineralna 2(40) – lipiec-grunzien.- july-desember 2017-Journal of the Polish Mineral Engineering Society.- P. 293-301.-Poland.
3. Savich, I., Mustafin, V., Romanov, V., Sukhov, D. Development of Design and Technological Parameters of Ore Extraction for Underground Mining // (2018) E3S Web of Conferences, 41, статья № 01032.

## **ПАРАМЕТРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ОПАСНЫХ ЗОН ПОД ДНОМ ОТРАБОТАННЫХ КАРЬЕРОВ, ЗАТОПЛЕННЫХ ВЫРАБОТОК И НАПОРНЫХ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ ПРИ ОСВОЕНИИ КИМБЕРЛИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЯКУТИИ**

Одним из необходимых условий для минимизации аварийных и катастрофических случаев при добыче полезного ископаемого является выявление потенциальных геомеханических рисков и своевременного принятия мер по обеспечению безопасности. Особо острая необходимость в этом стоит на месторождениях, разрабатываемых комбинированным способом, где сложная геомеханическая ситуация усугубляется наличием высоконапорных водоносных горизонтов, затопленных горных выработок и накопленных водонасыщенных осей на дне карьеров. В условиях кимберлитовых месторождений Якутии дополнительным осложняющим фактором является наличие мощных соляных толщ во вмещающих породах.

Анализ методической и нормативной базы позволил сделать вывод об отсутствии методов расчета параметров целиков и опасных зон в полной мере соответствующих условиям разработки кимберлитовых месторождений.

В ходе исследований выявлены источники геомеханических рисков при комбинированном способе разработки и проанализированы механизмы их формирования, а также выделены характерные опасные зоны для различных стадий горных работ. Показана необходимость комплексного метода расчета параметров опасных зон, включающего как методы математического моделирования напряженно-деформированного состояния, так и оценку геологического и структурного строения массива, а также влияние технологических факторов на развитие процессов смещения, деформирования и разрушения природных и искусственных массивов.

На основе разработанной методической базы определены параметры опасных зон и сформулированы требования к ведению горных работ для условий отработки подкарьерных запасов и глубоких горизонтов рудника «Интернациональный». Определены зоны влияния затопленных горных выработок подземного рудника «Мир» и рассчитаны параметры опасных зон и предохранительных целиков для этапов строительства и отработки запасов нового рудника на всю глубину разведанных запасов до глубины 1700 метров.

**С.Е. Гавришев, А.Д. Кольга, И.А. Пыгалев, В.В. Якшина**  
*ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия*

**И.В. Гапонова**

*ООО «Маггеопроект», г. Магнитогорск, Россия*

**Т.М. Попова**

*ЗАО «КонсОМ СКС», г. Магнитогорск, Россия*

## **ФОРМИРОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННОГО ПРОСТРАНСТВА НА ОСНОВЕ ВНЕШНИХ ОТВАЛОВ ДЛЯ СКЛАДИРОВАНИЯ ПРОДУКТА СГУЩЕНИЯ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ГАЙСКОГО ГОРНО- ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА**

В настоящее время Гайский горно-обогатительный комбинат в рамках проведения горнотехнического этапа рекультивации выработанного пространства карьера №2 осуществляет складирование текущих хвостов обогащения. Приемной емкости данного карьера с учетом темпов проведения технического этапа рекультивации, планов по реконструкции обогатительной фабрики по увеличению ее производительности до 9 млн т руды в год, а также интенсивности сброса текущих хвостов, будет полностью заполнена не более, чем через 4 года. С учетом отсутствия возможности строительства нового хвостохранилища, в том числе в требуемые сроки, осуществление рекультивации карьера №1 является наиболее целесообразным решением, обеспечивающим одновременное выполнения его рекультивации и экологически безопасное размещение хвостов обогащения. Однако состояние карьера №1 и подземных горных выработок под ним не позволяет использовать его выработанное пространство без дополнительных мероприятий, обеспечивающих технологическую возможность и промышленную безопасность размещения продукта сгущения хвостов обогащения и одновременного ведения подземных горных работ. С целью недопущения остановки обогатительной фабрики по причине отсутствия приемной емкости для размещения хвостов обогащения необходим поиск решений, обеспечивающих временное их накопление на период подготовки карьера №1 и начала его рекультивации на полную производственную мощность ГОКа.

В качестве альтернативного решения складирование хвостов обогащения предложено формирование техногенного пространства с использованием существующего внешнего отвала вскрышных пород для размещения сгущенных продуктов обогащения, после строительства комплекса сгущения хвостов обогащения.

В результате произведенного анализа прилегающих территорий к промышленной площадке Гайского горно-обогатительного комбината выявлен земельный участок за восточным внешним отвалом, пригодный

для формирования техногенного пространства с целью размещения хвостов обогащения. При этом часть внешнего отвала будет выполнять функцию внутреннего откоса приемной емкости, а остальная ее часть будет сформирована с использованием пород, размещенных в данном отвале. Таким образом, тело ограждающей дамбы по периметру техногенной емкости предусматривается отсыпать из скальных пород внешнего отвала, а изоляционный слой на поверхности внутренних откосов – из глинистых пород. Это решение обеспечит предотвращение проникновения сгущенного продукта и воды в тело дамбы [1]. По периметру техногенной емкости предусмотрено формирование перехватывающих канав с целью организованного сбора воды и подачи ее в систему оборотного водоснабжения обогатительной фабрики.

С учетом значительной площади создаваемой техногенной емкости, свободной водоотдачи продукта сгущения и объема поверхностных вводов, для предотвращения накопления воды и обеспечения устойчивости ограждающих дамб предусматривается строительство шандорных колодцев в местах с наименьшей отметкой рельефа исходя из технологии и очередности складирования продукта сгущения хвостов обогащения.

Для формирования техногенного пространства в виде открытого склада и дальнейшего его использования для размещения продукта сгущения хвостов обогащения предусматриваются следующие мероприятия [2]:

1. Удаление почвенного грунта с территории открытого склада и ограждающих дамб;
2. Формирование водоотводных канав для перехвата и перенаправления свободной воды продукта сгущения и поверхностных вод с территории склада в систему оборотного водоснабжения обогатительной фабрики, в том числе за счет формирования шандорных колодцев;
3. Формирование ограждающих дамб из пород внешних отвалов;
4. Гидроизоляция откоса с внутренней стороны техногенной емкости за счет формирования изоляционного экрана;
5. Размещение продукта сгущения в пределах техногенной емкости.

Таким образом, формирование техногенного пространства с использованием внешних отвалов в качестве подпорной стенки, для размещения продукта сгущения хвостов обогащения позволяет создать приемную емкость на территории, изначально не предназначенной для строительства хвостохранилища. При этом в условиях Гайского ГОКа максимальная полезная емкость, исходя из имеющегося земельного участка и параметров внешнего отвала, сопоставима с объемом выработанных пространств карьеров №1. Исходя из площади техногенной емкости, высотных отметок рельефа и высоты ограждающих дамб, объем материала, необходимый для их формирования составляет 25 млн м<sup>3</sup>, что составляет 20% от полезного объема создаваемого

горнотехнического сооружения, который составляет 126 млн м<sup>3</sup>. Максимальный срок эксплуатации техногенной емкости составит 50 лет. Данное техническое решение рассмотрено в качестве альтернативного варианта буферной емкости для размещения хвостов обогащения в период подготовки выработанного пространства карьера №1 к осуществлению технического этапа рекультивации земель, нарушенных горными работами.

#### **Список литературы**

1. Калмыков В. Н., Зотеев О. В., Зубков А. А., Гоготин А. А., Зубков А. А. Опытно-промышленные испытания технологии закладки выработанного пространства учалинского карьера отходами обогатительного передела. Научная статья / Известия высших учебных заведений. Горный журнал. Екатеринбург, 2013.

2. Гавришев С.Е., Пыталев И.А. Перспективные направления использования отвалов и выработанного карьерного пространства. Научная статья/Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. Магнитогорск, 2007.

**А.Н. Акишев**

*Институт «Якутнипроалмаз» АК «АЛРОСА», г. Мирный, Россия*

**Ю.И. Лель, И.А. Глебов**

*ФГБОУ ВО «УГГУ», г. Екатеринбург, Россия*

## **ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВСКРЫТИЯ И РАЗРАБОТКИ ГЛУБОКИХ КИМБЕРЛИТОВЫХ КАРЬЕРОВ**

В настоящее время требует решения проблема доработки законтурных запасов руды алмазородных месторождений, залегающих ниже предельных границ карьеров, где применение традиционных технологий экономически неэффективно. Предлагаемая инновационная технология открытой разработки кимберлитовых месторождений с изменяемой геометрией нерабочих бортов карьера позволяет решить эту проблему.

Реализация технологии рассмотрена на примере разработки Нюрбинского карьера АК «АЛРОСА» до глубины 750 м, соответствующей глубине разведанных запасов. Технология включает два этапа: переход на глубине 370 м с традиционной схемы вскрытия на схему вскрытия крутонаклонными автосъездами (21 – 25 %) при использовании полноприводных шарнирно-сочлененных автосамосвалов грузоподъемности 41 т и переход на глубине 530 м на вскрытие законтурным автомобильным тоннелем, проходимым за зоной сдвижения. Приведены основные параметры инновационной технологией в сравнении с традиционными технологиями разработки. Предложены формулы для

расчета глубины перехода на новую схему вскрытия. Инновационная технология позволяет увеличить углы откосов бортов карьера с 45–48° в верхней зоне до 57–75° в нижней, сократить объемы выемки вскрыши в 3–8 раз и эффективно доработать запасы полезного ископаемого. Разработана методика расчета необходимой скорости проходки тоннеля, учитывающая скорость углубки карьера, уклон автодорог, вертикальное расстояние между порталами, углы откоса рабочего и нерабочего бортов карьера и направление углубки.

Экономический эффект от внедрения технологии на карьерах АК «АЛРОСА» по предварительной оценке составит 13,7 млрд. руб. Предлагаемая технология может найти применение не только при разработке кимберлитовых карьеров, но также при открытой разработке месторождений цветных и благородных металлов, представленных крутопадающими залежами округлой формы.

**И.Х. Ахмедьянов**

*АО «Учалинский ГОК», г. Учалы, Россия*

**О.В. Зотеев**

*ИГД УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия*

**А.А. Гоготин**

*ООО «УралГеоПроект», г. Магнитогорск, Россия*

**Ар. А Зубков**

*ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия*

## **МОНИТОРИНГ ПРОЦЕССА РАЗМЕЩЕНИЯ СГУЩЕННОГО ПРОДУКТА В ВЫРАБОТАННОМ ПРОСТРАНСТВЕ КАРЬЕРА И ПОДЗЕМНОГО РУДНИКА С ЦЕЛЬЮ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ЦЕЛИКА И ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТ**

Мониторинг процесса размещения сгущенного продукта в выработанном пространстве карьера и подземного рудника АО «Учалинский ГОК» производился согласно календарному плану и имел своей целью провести оценку объемов водопритоков в подземный рудник, состояния переемычек всех типов (горизонтальных и вертикальных) и водоперепускных скважин, выработок рабочих горизонтов для выявления путей перетока фильтрата и распространения пульпы, водосборников, шламоотстойников, оборудования насосной станции и напорного трубопровода, пульпопровода, подающего пульпу со сгустителя в карьер, уровня прудка в чаше карьера, деформаций земной поверхности, примыкающей к западному и южному бортам карьера, плотности, влажности подаваемого в чашу карьера сгущенного продукта и гранулометрического состава исходных хвостов и разработка, в случае нарушения технологического процесса складирования, корректирующих мероприятий.

Исследовались следующие технические и технологические материалы для выполнения работы: проектная, исполнительная и маркшейдерская документация по заполнению выработанного пространства карьера и подземного рудника, результаты испытаний продукта, складировемого в карьерное пространство, как на стадии его изготовления, так и с мест размещения в различные интервалы времени (периодичность отбора проб не менее 2 раз в месяц).

По итогам мониторинга за 2018 г. были сделаны следующие выводы и рекомендации:

1. В процессе опытно-промышленных испытаний складирования сгущенного продукта с целью исследования свойств пастового продукта, производимого на комплексе сгущения, были отобраны и испытаны пробы для определения влажности, реологических характеристик, соотношения Т:Ж, плотности смеси, а также рассчитана скорость движения пульпы по бермам. Свойства сгущенного продукта соответствуют проектным решениям.

2. Для составления водного баланса использован метод замеров объема водопритоков от поступающей пульпы в подземный рудник – за 2018 г., он составляет 789,127 тыс. м<sup>3</sup>.

3. Обследование бетонных гидроизоляционных перемычек показало, что их состояние оценено как удовлетворительное, нарушений целостности не зафиксировано. На стадии строительства было принято решение оборудовать данные сооружения водоперепускными устройствами.

4. Возведение дополнительной перемычки 480/1 обеспечило безопасное ведение горных работ на нижележащих горизонтах.

5. Проведено обследование горизонтов рудника. Выработки, выше гор. 460м, заполнены твердеющей закладкой, в выработках ниже гор. 460м были выявлены участки проникновения пульпы в действующие выработки, в настоящее время пути поступления пульпы ликвидированы.

6. Обследованы шламосборники и водосборники, данные объекты работают в штатном режиме.

7. Установлено, что в настоящее время при складировании пульпы в карьерном пространстве закладочный материал с добавлением цемента не поступает в подземные выработки, в связи с чем наблюдается рост объема сгущенного продукта в карьере, формирование прудковой зоны в карьере не наблюдается.

8. Отсутствие миграции сгущенных хвостов в подземные горные выработки позволяет сделать вывод, что все подземные пустоты заполнены. Общий объем закладочных работ составил 1172784 м<sup>3</sup> и в дальнейшем подавать малопрочную закладку не требуется.

9. Оценка состояния прибортовой поверхности свидетельствует о том, что деформаций в процессе складирования сгущенного продукта не отмечено.

## **ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОЗДАНИЯ ПРИРОДОПОДОБНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Анализ современного состояния исследований по поиску путей и методов сохранения Земли при интенсивном освоении минеральных ресурсов ее литосферы позволил сформулировать научную задачу, определенную в рамках обозначенной выше проблемы - фундаментальные практикоориентированные исследования по созданию природоподобных конвергентных горных технологий разработки различных геологических типов месторождений твердых полезных ископаемых. Масштаб решаемой фундаментальной задачи определяется тем, что основной объем вещества, применяемого для построения всех элементов техносферы, сегодня и в обозримом будущем будет добываться из литосферы нашей планеты путем разработки месторождений твердых полезных ископаемых.

Определен характер общей методологии решения поставленной научной задачи - возможность создания конвергентных горных технологий, внешнее воздействие которых регламентировано условиями сохранения естественной биоты нарушаемых добывающими предприятиями природных экосистем.

Варианты конвергентной технологии смоделированы для условий отработки месторождений каменной соли подземным способом с применением сотовых горных конструкций, а также каркасная технология для условий отработки кимберлитовых месторождений.

Рассматриваются два варианта создания системы устойчивых сотовых горных конструкций: 1 – при условии отработки вертикальных камер снизу вверх с применением механизированных комплексов; 2 – при условии отработки камер сверху вниз механизированным устройством, расширяющим пилотную скважину и перепуском через нее полезного ископаемого.

Идеи построения конвергентной горной геотехнологии, которая заключается в опережающем выделении зоны техногенного разрушения литосферы из общего поля вторичных изменений геофизического состояния массива за счет разделения во времени процессов добычи полезного ископаемого и процессов преодоления последствий геомеханического возмущения прилегающих участков литосферы нашла отражение в построении конвергентной горной каркасной технологии. Опережающее формирование внешнего контура обрабатываемого участка (блока, камеры) открывает совершенно новые возможности при

выборе технологии очистной выемки, делая этот выбор независимым от развития поля вторичных изменений геофизического состояния массива. Это позволяет сформулировать геотехнологическую идею каркасного варианта конвергентной горной технологии: принципиально новые возможности обеспечения безопасности и повышения эффективности достигаются путем целенаправленной компоновки во времени и пространстве известных горных технологий с различными характеристиками.

**Ю.И. Кутепов, Н.А. Кутепова, Ю.Ю. Кутепов, А.Д. Васильева**  
*ФГБОУ ВО «СПГУ», г. Санкт-Петербург, Россия*  
**Е.В. Сергина**  
*АО «УК «Кузбассразрезуголь», г. Кемерово, Россия*

## **ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКИХ ОТВАЛОВ И СЛОЖНЫХ ПРИРОДНО- ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА РАЗРЕЗАХ КУЗБАССА**

Актуальность выполненных исследований определяется дефицитом площадей под внешние отвалы при возрастании ежегодных объемов вскрыши на разрезах Кузбасса, достигших в 2018 г. 1,5 млрд. м<sup>3</sup>. Одним из решений данной проблемы является увеличение высоты существующих отвалов. Другим – отсыпка отвалов на поверхность гидроотвалов, при этом формируется сложная ПТС "гидроотвал+отвал". В настоящее время фактические высоты отвальных сооружений достигли 100-160 м, а в проектах предусмотрено их наращивание до 300 м и даже 500 м. Для обоснования максимальных параметров отвалов и ПТС используется разработанная система инженерно-геологического обеспечения безопасности [2, 4], включающая комплекс работ в рамках трех направлений: инженерно-геологические исследования, геомеханическое обоснование и мониторинг безопасности (МБ). Основным требованием при выполнении исследований является соответствие опытных нагрузок при определении физико-механических и водных свойств пород фактическим в сооружении. Оно достигается применением оригинальных оборудования и методик проведения экспериментов, позволяющих получить зависимости изменения расчетных показателей в диапазоне нагрузок 0,05-5 МПа [2]. Данные эксперименты позволяют также объяснить формирование водоносных горизонтов в теле отвала за счет существующего в регионе инфильтрационного питания. Полученные нелинейные закономерности изменения расчетных параметров использовались для обоснования геомеханических моделей, выполнения расчетов устойчивости численного моделирования НДС в Лагранжевой и Эйлеровой постановках. При этом первая использовалась для прогноза избыточного

порового давления, а вторая - для прогнозирования глубины "выдавливания-замещения", необходимой для обоснования параметров ПТС "гидроотвал+отвал"[1,3,4]. Обеспечение безопасности формирования высоких отвалов и сложных ПТС достигается также применением МБ, состав которого определяется гидрогеологическими и инженерно-геологическими условиями. Для обводненных техногенных массивов важным элементом в МБ является гидрогеомеханический мониторинг, базирующийся на зависимости коэффициента запаса устойчивости от гидрогеологических факторов. Рассмотрена автоматизированная система контроля устойчивости, обеспечивающая измерения напоров воды в сооружении, сравнение их с обоснованными критическими значениями, передачу информации на базовый компьютер диспетчера разреза как в виде значений напоров воды, так и сигналов опасности.

### **Список литературы**

1. Kutepov Y.I., Kutepova N.A., Karasev M.A., Vasilieva A.D. & Kutepov Y.Y. Hydrogeomechanical processes in development of spoil dumps and hydraulic fills / Geomechanics and Geodynamics of Rock Masses: Proc. of the 2018 European Rock Mechanics Symposium, Vol. 2, 2018. pp. 1645-1652.

2. Кутепов Ю.И., Васильева А.Д. Инженерно-геологические условия внешнего отвалообразования на разрезах Кузбасса / Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), № 10, 2017. с. 122-131.

3. Кутепов Ю.И., Кутепова Н.А., Карасев М.А., Кутепов Ю.Ю. Прогноз формоизменения намывных массивов гидроотвалов при складировании на них отвальных насыпей / Горный журнал, № 12, 2016. с. 23–27.

4. Кутепов Ю.И., Кутепова Н.А., Карасев М.А., Фоменко Н.Г. Геомеханическое обоснование отсыпки отвалов «сухих» пород на гидроотвалах / Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология, № 3, 2015. с. 220-225.

## **ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПЕРЕХОДА ОТ ОТКРЫТОГО К ПОДЗЕМНОМУ СПОСОБУ ОТРАБОТКИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

В практике комбинированной разработки рудных месторождений наиболее распространенной схемой является ведение открытых и подземных горных работ с выделением переходной зоны между этими горными работами. Переходная зона определяется в виде разделительного целика, а запасы, оставленные в переходной зоне, вовлекаются в отработку на период завершения подземных горных работ.

Так например, при совместной отработке Жезказганского месторождения открытым и подземным способами горные работы велись с оставлением разделительного целика мощностью до 100м. С завершением открытых горных работ запасы разделительного целика вовлекались в отработку подземными горными работами, при этом мощность разделительного целика на конец отработки была обоснована 30м.

Отработка месторождения Нурказган, представленного штокверковым залеганием, была запроектирована комбинированным способом – с переходом с открытых горных работ на подземный способ без оставления разделительного целика. При этом одновременно с ведением открытых горных работ осуществлялось вскрытие подкарьерных запасов подземными горными выработками. Запасы нижнего уступа карьера высотой 15-20м были обурены и взорваны с использованием карьерного оборудования, а выпуск отбитой руды осуществлялся из подземных горных выработок. Данная схема позволила осуществить переход на подземный способ отработки системой разработки подэтажного обрушения.

Ранее принятым проектным решением месторождение Ушкатын-III обрабатывалось открытым способом. К 2006 году наметилась тенденция отставания горных работ по вскрыше на северном фланге месторождения, где рудные залежи протяженностью 800-1000м были представлены сближенными и маломощными рудными телами. На основании новых проектных решений осуществлен переход на открыто-подземный способ отработки с опережение открытых горных работ по глубине на южном фланге и штольневая схема вскрытия запасов северного фланга подземными горными работами. Это позволило сократить объем вскрышных работ по карьеру более чем на 100млн.м<sup>3</sup>.

## УЧЕТ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ В НОРМАТИВНОЙ БАЗЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОБЪЕКТОВ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ\*

Необходимость учета современных геодинамических движений в нормативной базе при проектировании объектов недропользования особенно актуально для опасных, технически сложных, уникальных зданий и сооружений. В число таких объектов входят и опасные производственные объекты (ОПО) в соответствии с требованиями Градостроительного кодекса. Предприятия горнодобывающего комплекса относятся к ОПО [1]. СП 91.13330.2012 Подземные горные выработки. Актуализированная редакция СНиП II-94-80, регламентирующая проектирование предприятий горнодобывающего комплекса не распространяется на проектирование подземных горных выработок, проходимых в зонах повышенных тектонических напряжений при величине горизонтальных напряжений в массиве горных пород более  $\gamma H$ . Большинство месторождений вне зависимости от способа разработки разрабатываются в сложных горно-геологических условиях и не соответствуют указанным выше условиям. Неучет современных геодинамических движений приводит к катастрофическим последствиям [2]. Учет геодинамических факторов должен быть закреплен на законодательном уровне, особенно для ответственных объектов недропользования [3]. На данный момент требуется доработка существующей нормативной документации для проектирования и эксплуатации опасных производственных объектов, в число которых входят предприятия горной отрасли, применяющие комбинированную геотехнологию, с учетом современных геодинамических движений.

### Список литературы

1. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» 20.06.1997 № 181-ФЗ ред. от 29.07.2018.
2. Сашурин А.Д. Механизм формирования аварийных ситуаций различного масштаба вследствие современных геодинамических движений / А.Д. Сашурин, А.А. Панжин // Черная металлургия. – 2017.- №1 (1405). - С. 21-25.
3. Коновалова Ю.П. Особенности учета геодинамических факторов при выборе безопасных площадок размещения ответственных объектов недропользования // Известия высших учебных заведений. Горный журнал, 2018. - № 6. – С. 6-17. - DOI: 10.21440/0536-1028-2018-6-6-17.

---

\* исследования выполнены в рамках госзадания № 0405-2019-0007

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ ДОБЫЧНЫХ РАБОТ НА РУДНИКЕ МИР НА ОСНОВЕ СИНТЕЗА КОМБИНИРОВАННЫХ ГЕОТЕХНОЛОГИЙ**

Возобновление работы рудника возможно только на основе синтеза комбинированных геотехнологий включающих реконструкцию карьера для создания безопасных условий работы подземного рудника и последующей доработки подкарьерных запасов в переходной зоне.

В качестве варианта водоотведения на тр. Мир предлагается вариант открытого постоянно действующего карьерного водоотлива сооружаемого на гор. -130м. Для его реализации потребуется произвести полную реконструкцию карьера Мир до гор. -130м с формированием площадки шириной не менее 60м, на которой сооружается комплекс водоулавливающих сооружений и станция карьерного водоотлива. Комплекс должен обеспечить сбор и удаления всего объема воды поступающего в выработанное пространство карьера.

Предстоящая повторная реконструкция карьера будет осуществляться в условиях затопленного карьера при почти полностью сработанным бермам, а верхний контур карьера будет расширен на 60м и приближен к городской черте, что потребует специальных способов буро-взрывного рыхления массива.

В работе рассмотрена устойчивость бортов и уступов реконструируемого карьера, последующей доработки подкарьерных запасов в переходной зоне и оценки смещений дневной поверхности. Установлено, что приращение перемещение при разноске борта на дневной поверхности составила до 10 см на интервале 100 м. Перемещения направлены чаши карьера и являются растягивающими, поэтому предельные деформации на расстоянии 250 м от верхней бровки карьера в целом удовлетворяют интегральному критерию безопасных условий:  $\varepsilon = 2 \cdot 10^{-3}$ . Зона влияния горных работ на деформацию земной поверхности расположена на расстоянии 525 метров от верхней бровки карьера.

**И.Н. Савич, А.С. Хрулев**

*НИТУ «МИСИС», г. Москва, Россия*

**О.И. Савич**

*ООО «Газпром геотехнологии», г. Москва, Россия*

**В.И. Мустафин**

*НИТУ «МИСИС», г. Москва, Россия*

## **ОСВОЕНИЕ ЗАПАСОВ АЛМАЗОНОСНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЯКУТИИ МЕТОДОМ СКВАЖИННОЙ ГИДРОДОБЫЧИ**

Расширение ресурсной базы и увеличение объемов производства алмазной продукции весьма приоритетная задача в стратегии развития АК «АЛРОСА», решение, которой требует пересмотра существующих технологических подходов к освоению запасов алмазоносных месторождений, как уже стоящих на балансе горнодобывающего сектора компании, так и перспективных для разработки в будущем. Шаги в этом направлении уже предпринимаются, в ближайшее время компания нацелена на апробацию метода скважинной гидродобычи (СГД) алмазосодержащих песков погребенных россыпей, нерентабельных для эксплуатации открытым и подземным способами. В настоящей статье рассмотрены наиболее приемлемые варианты технологических схем скважинной гидродобычи при освоении россыпных месторождений алмазов Якутии, на примере аллювиальной россыпи «Нюрбинская», расположенной в Накынском рудном поле. Представлены решения по организации производственного цикла при опытно-промышленной разработке отдельного участка залежи, конструктивным и технологическим параметрам СГД на первой стадии проведения испытаний. Предложена концепция по доработке оставшихся запасов затопленных участков кимберлитовой трубки «Мир» на основе метода СГД.

### **Список литературы**

1. Аренс В.Ж., Хчеян Г.Х., Бабичев Н.И., Хрулев А.С., Башкатов А.Д., Гридин О.М. Скважинная гидродобыча полезных ископаемых. М., «Горная книга», 2007, 294 с.

2. Хрулев А.С. Технология скважинной гидродобычи золота из погребенных многолетнемерзлых россыпей. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. М., 2002.

3. Аксютин О.Е., Казарян В.А., Хрулев А.С., Савич О.И. и др. Строительство и эксплуатация резервуаров в многолетнемерзлых осадочных породах. М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2013, 432с.

4. Савич И.Н., Павлов А.А., Мустафин В.И., Савич О.И. Заполнитель закладочной смеси при разработке кимберлитовых месторождений //

Геотехнологии при разработке рудных месторождений, ГИАБ. Отдельные статьи (специальный выпуск).-2013.-№4.-28с.- М.: изд. «Горная книга»;

5. Савич И.Н., Тишков М.В. Опыт эксплуатации кимберлитовых месторождений / М.:ГИАБ (отдельные статьи) .-2013 – №5 С. 45-49.

**А.Н. Акишев, И.Б. Бокий, И.В. Зырянов**  
*Институт «Якутнипроалмаз» АК «АЛРОСА» (ПАО),  
г. Мирный, Россия*  
**И.Н. Иванов**  
*ПАО «Севералмаз», г. Архангельск, Россия*

## **РАЗВИТИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ ПРИ ВСКРЫТИИ И ОТРАБОТКЕ ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ ТР. АРХАНГЕЛЬСКАЯ» МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛМАЗОВ ИМ. М.В. ЛОМОНОСОВА**

Геотехнологические условия месторождения можно характеризовать как весьма сложные. Это обусловлено относительно низкими прочностными свойствами перекрывающих и вмещающих пород месторождения в границах проектирования и большой обводнённости массива, что интегрально ограничивает угол наклона бортов проектируемого карьера и диктует необходимость строительства и эксплуатации капиталоемких и затратных водозащитных сооружений. Данные факторы существенно снижают эффективность отработки месторождений и ограничивают границы ведения открытых горных работ. Отсутствие эффективной геотехнологии приводит к ситуации, при которой дальнейшее ведение открытых горных работ уже невозможно, а строительство подземного рудника экономически неэффективно. При этом имеющийся георесурс северной группы месторождений извлекается менее чем на 50%.

В работе рассмотрена комбинированная геотехнология адаптированная для геотехнологических условий месторождений алмазов им. М.В. Ломоносова основанная на комбинированной схеме вскрытия с изменяющейся с глубиной геометрией профиля борта карьера. Известно, что более глубоким зонам массива борта свойственна большая устойчивость, что позволяет увеличить технологически достижимый угол наклона борта[1].

. Комбинированный способ вскрытия позволяет исключить в конструкции нижней части карьера транспортные бермы, что позволяет увеличить технологически достижимый угол наклона борта с  $46^{\circ}$  до  $65^{\circ}$ , а, формирование нижней части борта в имеющей по сравнению с вмещающими породами более высокие прочностные характеристики, позволяет иметь устойчивый борт с более крутыми значениями.

Выигрыш в угле наклона нижней части карьера в  $20^0$  при комбинированном вскрытии и отстройке борта без расположения на нем транспортных берм в сравнении с традиционной отстройкой борта с транспортными бермами обеспечивает резкое снижение объемов вскрышных работ в 3,5 раза [2].

### **Список литературы**

1. Акишев А. Н., Зырянов И. В., Заровняев Б. Н. и др. Формирование рабочей зоны глубоких кимберлитовых карьеров. – Новосибирск: «Наука», 2015. – 294с.

2. Акишев А.Н., Бондаренко И.Ф., Зырянов И.В. Технологические аспекты разработки беднотоварных месторождений алмазов// - Новосибирск: «Наука», 2018-368с.

**В.С. Федотенко, Р.В. Бергер**  
*ИПКОН РАН, г. Москва, Россия*

## **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ С ВЫСОКИМИ УСТУПАМИ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ РАЗРАБОТКЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ\***

Развитие действующих карьеров характеризуется усложнением горнотехнической обстановки, связанной с переходом горных работ на глубокие горизонты, возрастанием коэффициентов вскрыши, ограниченностью рабочего пространства и высокими потерями полезных ископаемых за предельным контуром карьера. Одним из путей повышения эффективности работы карьеров и полноты освоения месторождения является применение технологии с высокими уступами на открытых работах с обоснованием границ эффективного перехода на подземный способ добычи запасов за предельным контуром карьера.

Выполненные ранее в ИПКОН РАН исследования доказали возможность увеличения эффективной глубины отработки месторождений угля открытым способом в среднем на 18-23 %, при этом, соответственно, возрастает объем угля, добываемого в контуре разреза более экономичным способом и общий срок эксплуатации месторождения.

Изменение параметров рабочей зоны карьера при переходе на технологию с высокими уступами требует совершенствования научно-методического подхода к выбору параметров открытых горных работ. Суть ранее предложенного способа определения глубины разреза заключается в том, что в момент максимального развития горных работ, который характеризуется достижением равенства текущего и граничного

---

\* Исследования выполняются в рамках темы ИПКОН РАН 0138-2014-0001

коэффициентов вскрыши, переходят на высокие вскрышные уступы. Это позволяет вовлечь в отработку дополнительные добычные горизонты и расширить карьер по верху, при этом не превышая значения граничного коэффициента вскрыши. Так, например, для разреза Калтанский ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» предпроектная проработка технологии применения высоких вскрышных уступов показала перспективы увеличения общего объема добычи угля в контурах разреза на 18% с сохранением приемлемого уровня рентабельности предприятия.

Решение задачи оптимизации параметров перехода карьера на технологию с высокими уступами и затем на подземную добычу руды, совместно с обоснованием оптимальных параметров логистической системы рудника при комбинированной разработке рудного месторождения, существенно отличается от задачи установления закономерностей формирования рациональных параметров горнотехнических систем применительно к условиям отработки угольных месторождений и представляет актуальную тему самостоятельного исследования.

При этом сам по себе факт перехода на высокие уступы будет способствовать повышению качества дробления рудной массы, росту производственной мощности карьера за счет одновременной взрывной подготовки высокого уступа, по высоте, в два раза превышающего высоту базовых уступов. Технология с высокими уступами характеризуется более широкими возможностями управления размерами рабочих площадок и транспортных съездов в контуре карьера. Кроме того, переход на комбинированную схему транспортирования рудной массы открытыми и подземными выработками и оптимизация области и параметров применения открытых, открыто-подземных и подземных геотехнологий будут способствовать существенному сокращению эксплуатационных затрат и повышению эффективности и полноты комплексного освоения недра при обеспечении безопасности горных работ.

### **Список литературы**

1. Каплунов Д.Р., Калмыков В.Н., Рьльникова М.В. Комбинированная геотехнология. Москва: Руда и металлы, 2003. – 560 с.
2. Каплунов Д.Р., Рьльникова М.В. Комбинированная разработка рудных месторождений. Москва: Горная книга, 2012. – С.344.
3. Kaplunov, D., Rylnikova, M., Radchenko, D. The new wave of technological innovations for sustainable development of geotechnical systems // E3S Web of Conferences, 2018. V. 56. Article Number 04002.
4. Трубецкой К.Н., Домбровский А.Н., Сидоренко И.А., Сеинов Н.П., Киселев Н.Н. Высокоуступная технология открытых горных работ на основе применения кранлайнов. - Горный журнал, 2005г. - №4. С 40.
5. Трубецкой К.Н. Сеинов Н.П., Киселев Н.Н., Сидоренко И.А., Кранлайны – техника открытых горных работ XXI века. // Уголь.-1999.-

№11.- с.46-49.

6. Трубецкой К.Н., Сидоренко И.А., Сеинов Н.П., Самородов Ю.П. Технология отработки вскрыши высокими уступами с применением экскаваторов-кранлайнов. // Горный журнал, 2000. - № 3. - С.31-34.

7. Рыльникова М.В. и др. Классификация техногенных георесурсов в свете перспектив комплексного освоения рудных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2012. -№ 2. – С. 318-324.

8. Каплунов Д.Р., Радченко Д.Н. Принципы проектирования и выбор технологий освоения недр, обеспечивающих устойчивое развитие подземных рудников // Горный журнал, 2017. - № 11. – С. 52-59.

9. Каплунов Д.Р., Радченко Д.Н. Выработанные пространства недр: принципы многофункционального использования в полном цикле комплексного освоения месторождений твердых полезных ископаемых // Горный журнал, 2016. -№ 5. – С. 28-33.

10. Ковалев В.А., Федотенко В.С. Технологические аспекты перехода разрезов Кузбасса на ведение вскрышных работ высокими уступами // Журнал «Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых». – 2015, № 5, С. 865-872.

11. Fedotenko, V., Esina, E. Substantiation of the Technology of Efficient Transition to High Bench Stripping of Thick Coal Seams // E3S Web of Conferences41,01044.

12. Рыльникова М.В., Федотенко В.С., Есина Е.Н. Влияние горно-геологических и горнотехнических факторов на параметры горнотехнических систем отработки угольных месторождений с высокими вскрышными уступами // Горных информационно-аналитический бюллетень. - Специальный выпуск №38. – 2017. – С. 166-180.

13. Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В., Радченко Д.Н. Реализация концепции устойчивого развития горных территорий - базис расширения минерально-сырьевого комплекса России // Устойчивое развитие горных территорий, 2015. -Т. 7. -№ 3. – С. 46-50.

14. Radchenko, D., Bondarenko, A. Mining engineering system as an energy asset in industry 4.0 // E3S Web of Conferences, 2018. V. 58. Article Number 01009.

15. Rylnikova, M., Radchenko, D., Klebanov, D. Intelligent Mining Engineering Systems in the Structure of Industry 4.0 0 // E3S Web of Conferences, 2018. V. 21. Article Number 01032.

## КОМБИНИРОВАННАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ ЗАПАСОВ БЕДНЫХ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ РУД\*

Наиболее перспективной технологией вовлечения в обработку бедного минерального сырья является внутрирудничная покусковая сепарация [1; 2]. Широко апробированная для условий переработки забалансовых руд открытой добычи на поверхности (Гайский, Учалинский ГОКи) [3; 4], данная технология не получила развития на подземных рудниках при применении камерных систем разработки с твердеющей закладкой.

Необходимость узкой классификации по классам крупности требует создания сложной системы бункеров, нескольких стадий дробления и грохочения. Для существующих условий подземной разработки эксплуатируемые в настоящий момент комплексы сепарации имеют низкую производительность и фактически требуют подъема на поверхность как концентрата сепарации, так и большей части отходов. Для решения этой проблемы предложена комбинированная геотехнология подземной разработки бедных многокомпонентных руд предполагающая сочетание подземных высокоскоростных ленточных станций покусковой сепарации с подземными передвижными закладочными комплексами модульного типа. Такие комплексы, позволяющие производить твердеющие закладочные смеси в подземных условиях, являются ключевым звеном, определяющим эффективность утилизации отходов внутрирудничной сепарации без их подъема на поверхность.

Проблема определения условий и закономерностей совместной эксплуатации этих двух технологий до настоящего времени не решена. Ключевой особенностью совместного функционирования данных геотехнологий является, то что отходы сепарации являются сырьем для производства закладочных смесей на подземных передвижных закладочных комплексах. Таким образом, возможность производства закладочных смесей напрямую зависит от интенсивности и времени возникновения отходов сепарации, их состава и условий хранения, транспорта, складирования, а также потребности самих комплексов в сырье. Учитывая также, что передвижные закладочные комплексы постоянно перемещаются вслед за фронтом ведения закладочных работ, наиболее оптимальным методом имитации такой системы является агентное моделирование, – оно позволяет описывать поведение всех

---

\* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-05-00114

элементов системы – закладочных комплексов, станций сепарации, ПДМ, автосамосвалов и т.д. на индивидуальном уровне, а общее их взаимодействие позволяет моделировать работу всей системы в целом. Учитывая, что передвижные закладочные комплексы и комплексы подземной покусковой сепарации все еще не получили достаточное распространение на рудниках, использование существующих специализированных систем горного проектирования, имитирующих работу рудника, не представляется возможным.

Для решения указанных задач было принято программное обеспечение, позволяющее создавать агентные имитационные модели, характеризующие новый технологический уклад горного производства. Среда Anylogic позволяет имитировать работу объектов горнотехнической системы любой сложности на базе языка программирования Java. Именно это позволило оценить особенности взаимодействия подземных комплексов, а также формирующихся в ходе их эксплуатации минерально-сырьевых потоков.

Созданная имитационная модель позволила оценить динамику их движения: условия извлечения и пути перемещения рудной массы до станции сепарации; объемы формируемого предконцентрата, выдаваемого на поверхность; принципы организации внутрирудничной утилизации отходов сепарации; потребность в цементе и породном заполнителе, доставляемых с поверхности до подземных закладочных комплексов.

Модель позволила оценить производственную мощность в различном масштабе времени. Анализ динамики производственной мощности по рудной массе такой горнотехнической системы позволил определить ее циклический характер. Установлено, что колебания производственной мощности связаны с особенностями задействования автосамосвалов и погрузо-доставочных машин в процессах доставки породного заполнителя и цемента до подземных закладочных комплексов. Модель позволила оценить амплитуду и частоту таких колебаний. Также определены максимальные и минимальные объемы утилизируемых внутрируднично отходов сепарации в зависимости от исходных параметров, что является важным критерием оценки эффективности функционирования горнотехнической системы. Комбинация подземных передвижных закладочных комплексов модульного типа с подземными станциями покусковой сепарации позволяет вовлекать в разработку запасы бедных многокомпонентных руд.

### **Список литературы**

1. Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В. Геотехнологические и геомеханические особенности перехода от открытых к подземным работам на больших глубинах // Горный Информационно-Аналитический Бюллетень (научно-Технический Журнал). - 2015. - № S56. - С. 67–79.

2. Dalm M. Sensor-based sorting opportunities for hydrothermal ore deposits / Delft: Delft University of Technology, 2018. - 317 с. URL: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:70a1e180-ef0c-4226-9af3-7e9dc3938c7f> (дата обращения: 06.04.2019).

3. Олимпович Ф.Ю., Кацер И.У., Короткевич В.А., и др. Опыт и практика рентгенорадиометрической сепарации руд // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. - 2005. - № 5. - С. 21–37.

4. Юков В.А. Эффективность радиометрического преобогачения медных руд // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2015. - № S4-2. - С. 86–95.

**А.А. Гоготин**

*ООО «УралГеоПроект», г. Магнитогорск, Россия*

**И.А. Пыгалев, В.В. Якшина, Л.Ю. Уметбаев**

*ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия*

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ОТВАЛЬНЫХ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ ДЛЯ СКЛАДИРОВАНИЯ И ЗАКЛАДОЧНЫХ РАБОТ**

В настоящий момент времени большая часть хвостохранилищ находится на завершающе стадии эксплуатации, в связи с чем возникает необходимость поиска мест размещения отходов переработки горнорудных предприятий. Одним из перспективных мест размещения данных отходов являются отработанные карьеры, при этом зачастую доработка оставшихся запасов осуществляется подземным способом. В этом случае складирование текущих хвостов не применимо, так как это может вызвать техногенную аварию вследствие прорыва пульпы в подземные выработки. Исходя из чего, возможны три варианта различного состояния отходов переработки.

1. Пастообразное – в виде обезвоженных хвостов до состояния когда они не отдают свободную воду при сбросе.

2. Сухое – в виде кека.

3. Омоноличенное – в виде низкопрочной закладочной смеси.

При этом часть хвостового продукта может использоваться в качестве инертного заполнителя (по данной схеме в настоящее время работает Гайский подземный рудник), исходя из чего необходимо учитывать, что для ведения закладочных работ необходимо производить обезвоживание пульпы до необходимой влажности (примерно 35 – 40 %).

Обезвоживание может осуществляться как посредством гидроциклонирования, так и на сгустителях высокой плотности. При этом после гидроциклонов сливы так же необходимо обезвоживать. Таким образом, получаем следующие технологические схемы.

1. Сгущение отвальных хвостов обогащения при этом данный продукт используется как для приготовления закладочной смеси, так и складировается на полигонах.

Данная технологическая схема предусматривает два режима работы в первом случае после пульподелителя идет распределение - часть продукта поступает на ПЗК, а часть в хвостохранилище. При втором режиме работы, когда закладочные работы вестись не будут, весь объем сгущенного продукта будет подаваться на хвостохранилище.

2. Сгущение отвальных хвостов обогащения при этом данный продукт используется для приготовления закладочной смеси, а для складирования его на полигонах осуществляется его обезвоживания до состояния кека.

Во втором варианте предусматривается сухое складирование отвальных хвостов и по сравнению с первой схемой добавляется цех по дообезвоживанию сгущенного продукта.

3. Гидроциклонирование отвальных хвостов обогащения после чего песковый продукт используется для ведения закладочных работ, а сливы сгущаются после чего складировются на полигонах

Третий вариант предусматривает ведение закладочных работ на песках гидроциклонирования, в этом случае песковый продукт при первом режиме работы пойдет на ПЗК, при втором - на полигон, при этом возможен вариант совместного транспорта сгущенного и пескового продукта, для этого должна быть предусмотрена усреднительная емкость. По данному варианту один из основных вопросов какой фракционный состав необходим для ведения закладочных работ и будет ли его достаточно.

4. Гидроциклонирование отвальных хвостов обогащения после чего песковый продукт используется для ведения закладочных работ, а слива сгущаются и затем обезвоживаются до состояния кека.

Четвертый вариант предусматривает использование для ведения закладочных работ пески гидроциклонов и складирование на полигоне сухого кека. При этом при втором режиме работы на дообезвоживание должен поступать кековый продукт.

**Д.Н. Радченко**

*ИПКОН РАН, г. Москва, Россия*

**К. Н. Залевская**

*ИПКОН РАН, г. Москва, Россия*

*ФГАОУ ВО «РУДН», г. Москва, Россия*

## **УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТИ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЗА СЧЕТ ВОВЛЕЧЕНИЯ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ\***

Одним из наиболее перспективных направлений повышения производственной мощности горнорудных предприятий с расширением объема и номенклатуры выпуска товарной продукции является

---

\* Исследования выполняются в рамках Программы Президиума РАН №39, Раздел 2

вовлечение в хозяйственный оборот техногенных минеральных образований прошлых лет [1-5]. В связи с этим возникает крайняя необходимость лицензирования и постановки на государственный баланс таких объектов. В соответствии с требованиями закона «О недрах» учет запасов техногенного сырья возможен лишь на основании предоставления недропользователем отчетности о проведенных оценочных и разведочных работ и заключения государственной комиссии по запасам полезных ископаемых.

В настоящее время один из таких объектов расположен в Челябинской области в г. Пласт и представлен отходами обогащения золото-мышьяковистых руд Ново-Троицкого месторождения, которое на данный момент законсервировано и в планах предполагается его восстановление. Результаты архивных изысканий в Росгеолфонде показали, что Ново-Троицкое месторождение, состоящее из многих тонких жил, являлось уникальным по содержанию As и характеризовалось значительными содержаниями золота. Месторождение сложено кварц-арсенопирит-скородитовыми жилами и вкрапленными зонами с повышенными содержаниями As, Pb и Zn. Месторождение в настоящее время числится в резерве с забалансовыми запасами 3 670 кг золота и 43 420 т мышьяка.

Потери ценных компонентов с хвостами флотации составляли порядка 14-17 % As и Au. В пересчете на абсолютные величины хвосты обогащения содержали 0,7-0,9 % мышьяка и более 1,5 г/т золота. В зависимости от качества руд разрабатываемых в различный период участка месторождения, в исходной руде на обогатительную фабрику в разное время поступали Ga (до 12 г/т), Ge и Ag и д.р., которые не учитывались при оценке технико-экономических показателей работы Ново-Троицкой фабрики. В свете перспектив повышения комплексности освоения исследуемого техногенного минерального образования Ново-Троицкого месторождения была поставлена задача оценить содержания в хвостах сопутствующих ценных компонентов.

Проведенные в 2018 г. геолого-оценочные работы на хвостохранилище выявили закономерное изменение содержания Au, Ag и As по глубине. Кроме того, распределение содержаний Au и Ag по глубине показало, что наибольшая концентрация благородных металлов отвечает горизонту 8-12 м, т.е. находится ближе к ложу хвостохранилища. Полученные результаты химических анализов по As и S коррелируют с содержаниями по Au и Ag, что подтверждает преимущественное нахождение благородных металлов в сульфидных минералах, главным образом, арсенопирите.

В рамках оптико-минералогических исследований материал проб из хвостохранилища был классифицирован по классам крупности (-d max+2,5 мм; -2,5+1 мм; -1+0,25 мм; -0,25+0,1 мм; -0,1+0,071 мм; -0,071+0,04 мм; -0,04+0 мм), их которых для исследований были

изготовлены 20 оксидных шашечек. Лежалые хвосты руд Ново-Троицкого месторождения, согласно номенклатуре средне- и мелкообломочных пород, относятся к глинистым алевритам, так как по результатам гранулометрического анализа отходы обогащения представлены преимущественно материалом алевритовой размерности (-0,1+0,01 мм).

Методом оптической микроскопии изучен минеральный состав, размер, форма зерен и характер сростания рудных и породообразующих минералов.

В хвостах в небольшом количестве установлено присутствие рудных минералов (до 2-3 %): пирита, арсенопирита, следы пирротина и халькопирита, и как в виде отдельных зерен, так и в виде сростков с другими минералами. Средний размер минеральных агрегатов составляет 0,03х0,07 мм. Нерудная масса представлена в основном кварцевым материалом и слюдами (до 96 %). Характер границ сростаний рудных и породообразующих минералов преимущественно неровный, извилистый.

Выявлены закономерности распределения в толще техногенного объекта влажности хвостов, Eh и pH среды. В настоящее время лежалые хвосты Ново-Троицкого месторождения находятся в нейтральной, ближе к слабощелочной среде. Естественная влажность хвостов обогащения первых 4 м характеризуется предельно допустимыми показателями и не превышает 15%. Гипсометрически ниже следуют горизонты переувлажненных и сильно обводненных пород.

Анализ проведенных исследований на этапе геолого-оценочных работ по отходам обогащения руд Ново-Троицкого месторождения и изучения сохранившейся документацией из Росгеолфонда позволяет судить о возможности и экологической целесообразности вовлечения в эксплуатацию ценного техногенного объекта в ходе промышленной рекультивации территории. Для этого предусмотрен провести комплекс мероприятий по геологической разведке хвостохранилища с оценкой технологических свойств техногенного сырья и экологической целесообразности рекультивируемой территории, находящейся в черте города Пласт, с доизвлечением ценных компонентов.

### **Список литературы**

1. Трубецкой К.Н., Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В. Принципы обоснования параметров устойчивого и экологически сбалансированного освоения месторождений твердых полезных ископаемых // В сборнике: условия устойчивого функционирования минерально-сырьевого комплекса России. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) Отдельные статьи (специальный выпуск). Москва, 2014. С. 3-10.

2. Трубецкой К.Н., Захаров В.Н., Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В. Эффективные технологии использования техногенных георесурсов -

основа экологической безопасности освоения недр // Горный журнал, 2016. - № 5. - С. 34-40.

3. Техногенное минеральное образование // Горное дело. Терминологический словарь. – 5-е изд. -М.: Изд-во «Горная книга», 2016 г. - С. 515.

4. Рыльникова М.В., Радченко Д.Н. Энергоэффективные и безопасные технологии разведки и разработки техногенных образований. Принципы проектирования технологических схем // Горная промышленность, 2018. - № 3 (139). - С. 86.

5. Рыльникова М.В., Радченко Д.Н., Экс В.В. Классификация техногенных георесурсов в свете перспектив комплексного освоения рудных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2012. - № 2. - С. 318-324.

**Е.А. Князькин**

*ИПКОН РАН, г. Москва, Россия*

### **ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ГОРНОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В СВЯЗИ С ВНУТРИРУДНИЧНОЙ ГЕНЕРАЦИЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ГИДРОСМЕСЕЙ\***

Рост потребляемой рудником электрической энергии при переходе к новому технологическому укладу с интенсификацией горных работ и широким внедрением автоматизации, роботизации и электрификации производственных процессов на фоне снижения качества руд и роста глубины разработки месторождений указывает на необходимость изыскания дополнительных источников энергии. В передовых странах мира для повышения энергоэффективности технологических процессов все более широко стали применять различные источники возобновляемой электрической энергии [1].

В ИПКОН РАН впервые на основе теоретических изысканий и проведения натуральных исследований в промышленных условиях определены условия и критерии использования свободной энергии технологических потоков, формируемых и перепускаемых в процессах ведения горных работ. Установлено, что потоки водоотлива, свободно перепускаемые по межгоризонтным скважинам, обладают большим энергетическим потенциалом. Поэтому рекуперация их энергии и использование в качестве дополнительного источника электроэнергии в условиях рудника представляется весьма актуальной задачей [2,3].

Шахтные испытания специально изготовленных гидротурбин малой мощности (ГЭУ) показали, что существующие рудничные системы перепуска шахтной воды не удовлетворяют требованиям рекуперации энергии гидротоков. Наличие протяженных горизонтальных участков,

---

\* Исследования выполняются в рамках темы ИПКОН РАН 0138-2014-0001

множественные изменения направления потоков и отсутствие как таковой системы проектного обоснования параметров перепускных водоотливных скважин с учетом возможности сбора и рекуперации энергии потоков движущихся масс определило необходимость разработки рекомендаций по проектированию перепускной системы шахтного водоотлива, включая:

- обоснование достаточной и необходимой площади и высоты перемещения потока водоотлива на ГЭУ;

- создание групп переточных скважин «древовидного» типа с объединенными устьями для приема потока воды и передачи на гидротурбину;

- обеспечение необходимого для стабильного энергоспроизводства объема гидросмеси путем регулирования количества перепускных скважин в одновременной работе;

- обоснование допустимых параметров горизонтальных участков системы трубопроводов и выработок;

- определение параметров дополнительных камер и иных выработок в массиве, обеспечивающих монтаж гидротурбинных установок в местах сброса водного потока и ее обслуживание;

- исключение резкого изменения направления потоков водоотлива (свыше 45°) и превышение допустимого перепада высот на пути движения гидротока;

- рационализация конструкции приемного сопла гидротурбины в соответствии с направлением движения гидросмеси;

- обеспечение свободного выхода гидротока из рабочей части гидротурбинной установки.

Возможность внутрирудничной генерации электроэнергии от энергии потока технологических гидросмесей определяет необходимость обоснования конструктивных параметров и структуры горнотехнических систем на принципах получения дополнительных технологических источников энергии.

### **Список литературы**

1. А. да Роза. Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы: учебное пособие / пер. с англ. под редакцией С.П. Мальшенко, О.С. Попеля. – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект»; М.: Издательский дом МЭИ; 2010. –704 с.: ил.

2. Каплунов Д. Р., Рыльникова М. В. Возобновляемые источники энергии как георесурс в системе техногенного преобразования недр // Горный журнал, 2015. – №9. – с. 44-49.

3. Radchenko D., Bondarenko A. Mining engineering system as an energy asset in industry 4.0 // E3S Web of Conferences 58,01009.

## **МЕХАНИЗМ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЗРЫВНОЙ ВОЛНЫ В УСЛОВИЯХ ПОДЗЕМНОГО РУДНИКА ПРИ РАЗРАБОТКЕ КОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ\***

Основным сырьем для получения цветных металлов служат многокомпонентные колчеданные (сульфидные) руды. Около 75% всего мирового производства меди обеспечивается переработкой именно колчеданных руд [1]. Колчеданные руды разделяют на серно-колчеданные, медно-колчеданные, медно-цинково-колчеданные, и полиметаллические. В рудах медно-колчеданных месторождений присутствуют минералы меди – халькопирит, борнит, халькозин и др. Кроме того, в них преобладают сульфиды железа – пирит, пирротин, марказит. Месторождения полиметаллических руд включают сульфиды цинка, свинца, меди, олова, серебра и др. Следует отметить, что разработка таких месторождений осложнена тем, что колчеданные руды обладают большой способностью к окислению, особенно в раздробленном и аэрозольном состоянии, а при известных условиях [2] могут быть и неоднократно являлись причиной возникновения взрывов сульфидной пыли в горных выработках.

Опираясь на полученные ранее результаты и исследования [3], оценены риски реализации технологических процессов горного производства в части формирования взрывоопасных концентраций сульфидных аэрозолей в рудничной атмосфере. В этой связи установлено, что наибольшая опасность связана с процессами бурения и взрывания массива сульфидных пород, так как при этом пылеобразование происходит с наибольшей интенсивностью. В ходе бурения и взрывания формируется облако сульфидной пыли взрывоопасной концентрации, которая является необходимым условием возникновения распространения фронта пламени.

Механизм возникновения взрыва сульфидной пыли связан с распространением по локальным источникам, являющихся проводником фронта открытого огня, либо продуктов горения, к зоне, в которой накоплена в воздухе или на стенках выработки предельная концентрация сульфидной пыли, способная привести к мгновенному распространению взрывной волны. В результате происходит распространение фронта пламени и газообразных продуктов взрыва до ближайшего слоя сульфидной пыли, имеющего высокую температуру.

Учитывая большую теплопроводность сульфидов, значительно превосходящую теплопроводность безрудных пород, механизм

---

\* Исследования выполняются в рамках темы ИПКОН РАН 0138-2014-0001

воспламенения и распространения фронта пламени развивается стремительно. Таким образом, перманентно происходит воспламенение ближайшего слоя сульфидной пыли, имеющего высокую температуру от газообразных продуктов взрыва. Затем от воспламенённых частиц взрывной импульс передается смежному слою не горящих частиц, и далее - очередному. Механизм воспламенения и распространения фронта пламени следующий [4-6]: тепловая энергия, выделяющаяся во фронте пламени, расходуется на нагрев смежного с ним слоя более холодных частиц пыли, а также стенок выработки и вмещающего газо-пылевого объема. При этом протекание химических реакций интенсифицируется, а рост температуры носит адиабатический характер, и повышается до температуры горения, сопровождаемой быстрым окислением сульфидов, с выделением значительного количества тепла, что позволяет поддерживать температуру процесса на необходимом уровне. Процесс окисления скачкообразно переходит из кинетического в диффузионный режим, при этом момент перехода характеризуется температурой воспламенения сульфида.

Проведенный анализ показал, что необходимыми и достаточными условиями для воспламенения сульфидной пыли в рудничной атмосфере являются:

- количество и плотность распределения сульфидной пыли в горной выработке должны быть достаточными, чтобы обеспечить требуемое для теплообмена сближения пылевых частиц;

- наличие в горной выработке проводников распространения фронта пламени или тепловых процессов – неизолированного кабеля, проводов, металлической крепи, оборудования, приводит к расширению зоны воспламенения, при этом присутствие изолирующих веществ или элементов – воды, негорючей жидкости, заслонов – сокращает, или полностью препятствует распространению;

- температура источника воспламенения пылевого облака с высокой концентрацией сульфидов должна быть близка к критической;

- тепловая мощность источника горения должна быть достаточной для воспламенения;

- в зоне горения количество выделяющегося тепла должно превышать тепловые потери.

### **Список литературы**

1. Рудничные пожары / А.А. Скочинский, В.М. Огиевский. – М.: изд., перераб. и доп.: Изд-во «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», - 2011. – 376 с.

2. Инструкция по предупреждению взрывов сульфидной пыли на подземных рудниках, разрабатывающих пиритосодержащие колчеданные руды / СССР, 1991. - 26 с.

3. Рыльникова М.В., Радченко Д.Н., Митишова Н.А. Исследование

условий и механизма взрыва пыле-воздушных смесей в горных выработках при подземной разработке колчеданных месторождений // Научные основы безопасности горных работ. – М.: ИПКОН РАН, 2018. – с.199-206.

4. Смирнов В.И., Тихонов В.И. Обжиг медных руд и концентратов. - М.: Металлургиздат, 1958. – 282 с.

5. Блох А.Г. Основы теплообмена излучением. – М.: Госэнергоиздат, 1962. – 331 с.

6. Жоров Г.А. Излучательная способность металлов // Теплофизика высоких температур. - № 3. – 1967. - С. 19-21.

**И.В. Шишкин, В.И. Шишкин, А.А. Гоготин**  
*ООО» УралГеоПроект», г. Магнитогорск, Россия*

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКСПРЕСС-МЕТОДА КОРРЕКТИРОВКИ СОСТАВОВ ЗАКЛАДОЧНЫХ СМЕСЕЙ НА ТОНКИХ ПЕСКАХ**

Применение тонких (модуль крупности 0,7-1) и особо тонких (модуль крупности <0,7) песков при производстве закладочных работ даёт следующие преимущества: низкая расслаиваемость при транспортировке, минимальное абразивное воздействие на транспортные трубопроводы. Это обусловлено наличием большого количества мелких частиц в песках, которые обеспечивают высокую водоудерживающую способность, что положительно сказывается на реологических свойствах закладочных смесей. В то же время, высокая водопотребность таких песков приводит к повышенному расходу цемента.

Зачастую водопотребность тонких песков не является постоянной величиной и может значительно варьироваться на различных горизонтах добычи. Такие изменения в водопотребности приводят к изменению реологических свойств закладочных смесей. Возникает необходимость постоянного контроля водопотребности поступающего в технологию песка и корректировки составов для обеспечения необходимой марочной прочности при сохранении требуемых реологических свойств смесей.

Для оперативной корректировки составов закладочных смесей в производственных условиях предлагается экспресс-метод, основанный на показателе водопотребности песка, которая оценивается по прибору Суттарда.

На основе имеющихся данных лабораторных исследований для условий определения водопотребности песка по растекаемости по прибору Суттарда в 230мм была построена номограмма определения количества расхода воды и цемента на 1 м<sup>3</sup> смеси для получения марки М40 в возрасте 90 суток (рис.).

Для вычисления расхода воды и цемента необходимо выполнить

следующие действия:

1. На приборе Суттарда определить водопотребность (%) песка для распыла 230 мм. При использовании песка с естественной влажностью – пересчитать водопотребность на сухой песок.

2. На номограмме построить вертикаль, соответствующую полученной водопотребности.

3. По точкам пересечения вертикали с линиями расходов воды и цемента взять отсчеты по расходам. Расход воды вычислять по линии соответствующей естественной влажности песка.

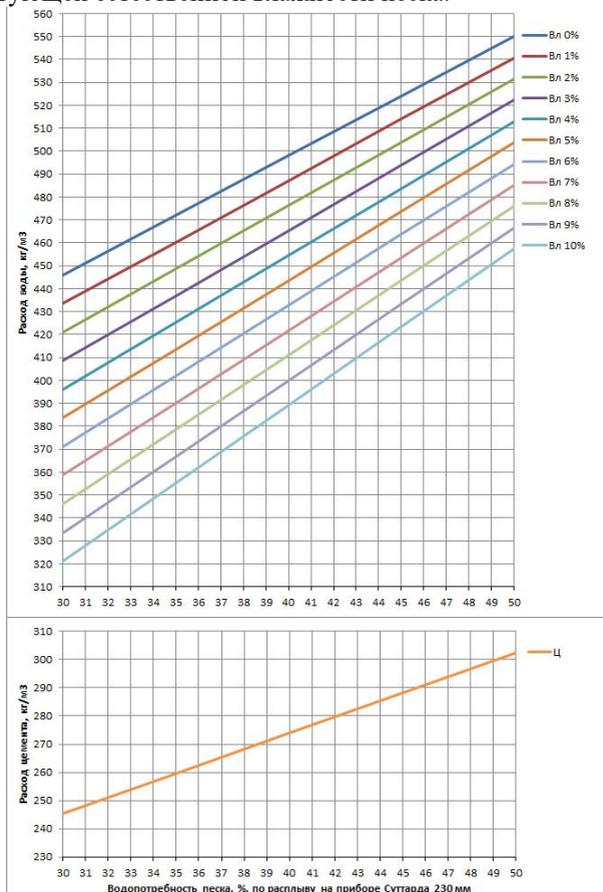


Рисунок – Номограмма корректировки расходов воды и цемента в зависимости от водопотребности песка

Для производственного использования таких номограмм необходимо их построение на основе данных, получаемых непосредственно с технологического процесса по приготовлению закладочных смесей.

## **КРИТЕРИЙ ВЫБОРА АВТОНОМНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ГОРНЫХ РАБОТ**

Системы автономных автосамосвалов (АНС) позволяют транспортировать материалы в горной выработке из одного места в другое без присутствия водителя. Простыми словами, АНС – это механический автоматизированный комплекс, который позволяет автосамосвалу передвигаться по карьерной дороге без оператора.

Для достижения максимально возможной производительности, безопасности и снижения затрат, многие горные компании решили внедрить в свой производственный процессы системы АНС.

Этот процесс планирования горных работ необходимо обязательно рассматривать, среди других возможных, чтобы использовать его в процессе ведения горных работ, и соответственно внедряться при проектировании с целью демонстрации оптимизации. По этой причине, для АНС требуется ряд специфических особенностей с целью минимизации повреждений типичных при традиционном производстве горных работ и особенно при внедрении АНС.

Одной из потенциальных возможностей АНС, которая делает ее привлекательной для горной отрасли, является то, что АНС позволяет ее использовать более эффективно (наработанные часы) по сравнению с традиционными самосвалами, так как сменная производительность меняется или сокращается. Однако, продолжительное время эффективной работы должно обязательно быть увязано с оптимизацией времени цикла транспортирования.

Для оптимизации времени цикла транспортирования, альтернативно рассматривается увеличение скорости самосвала на карьерной дороге и минимизация помех на дорогах.

При проектировании транспортирования необходимо обязательно рассматривать такие помехи в момент проектирования маршрута движения и сокращать их до минимума.

Под вышеуказанными помехами понимаются:

- пересечения дорог;
- включение заднего хода;
- узкие дороги, предназначенные для транспортирования;
- взаимодействие и (или) пересечение с другим оборудованием;
- преграды и другое.

Критерий выносимый на обсуждение применения АНС при проектировании открытых горных работ базируется на опыте применения таких систем и сравнительной оценкой с традиционными системами транспортирования.

## **О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ОЦЕНКИ РИСКОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Анализ нормативно-правовой базы показал, что в настоящее время при разработке рудных месторождений оценка риска регламентируется следующими документами:

- Федеральный закон №116 «О промышленной безопасности» (Федеральный закон от 21.07.1997г.);
- Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на ОПО» (Приказ Ростехнадзора №144 от 11.04.2016);
- Международный стандарт ИСО 31000 2-издание 2018-02 Менеджмент риска – руководство.

Анализ терминологии, применяемой в нормативных документах, при определении риска, целей, методов оценки и управления им показал отсутствие полноты и единого методологического подхода. При этом первые два документа регламентируют оценку риска аварий посредством разработки таких документов как декларация промышленной безопасности и обоснование безопасности, а последний определяет общие подходы к оценке риска, в т. ч. для получения свидетельства СРО о допуске работ. Из анализа разрабатываемых документов следует, что на стадии проектирования –выбор основных технологических решений - оценка риска не производится.

Данные годовых отчетов Ростехнадзора по травматизму и аварийности горнорудной отрасли свидетельствует, что наибольшее их количество связано с технологическими процессами – с обрушением, работой на транспорте и с механизмами. Тогда как на такие травмирующие факторы как поражение электрическим током, отравление и прочие, методики количественной оценки риска присутствуют в нормативных документах, приходится не более 10% от общего числа несчастных случаев. Вышесказанное свидетельствует о необходимости разработки методик оценки технологического риска, связанного с техногенными поражающими факторами.

Анализ данных топ-10 рисков по данным KPMG за период 2015-2018 гг проводимый путем опроса специалистов горных компаний, показывает о большей значимости для них рыночных, социальных, экологических рисков, рисков государственного регулирования, при этом риск безопасности и охраны труда находится на последнем месте или вообще не входит в десятку. Очевидно, что управление рыночным и (или)

ценовым риском может осуществляться только посредством изменения параметров технологических процессов вплоть до перехода на новые менее затратные технологии, что приведет к росту техногенных травмирующих факторов.

Сложившаяся ситуация отсутствия методик, учитывающих специфические особенности отрасли, географического расположения, горно-геологических условий разработки запасов и образования техногенных отходов, свидетельствует о необходимости разработки отраслевого стандарта по оценке рисков, учитывающих процессы горного производства на всех стадиях жизненного цикла предприятия – от стадии проектирования до его ликвидации.

Учитывая тенденции интеграции развития горнорудной промышленности в другие отрасли в части использования технологий или процессов, ранее не присущих данной отрасли, например, технологий гидроразрыва, процессов гидрометаллургии и т.д. в дальнейшем необходимо разрабатывать руководства по безопасности для конкретных технологий.

Создание такой иерархичной нормативной базы, на наш взгляд, будет способствовать развитию горнорудной промышленности за счет использования передовых технологий с учетом «понимания» рисков и повышению эффективности ее деятельности в целом.

**T.H. Christensen**

*Датский технический университет, г.Копенгаген, Дания*

**Е.В.Зелинская, В.Ю.Старостина**

*ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет», г. Иркутск, Россия*

## **ОЦЕНКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Важность проблемы охраны окружающей среды и возможных воздействий, связанных с изготавливаемой и потребляемой продукцией, повышает интерес к разработке методов, направленных на снижение этих воздействий. Одним из методов, разрабатываемых для этой цели, является оценка жизненного цикла (ОЖЦ). Цель исследования: оценить воздействие горного производства на экосистему с применением метода оценки жизненного цикла.

Горное производство является существенными источником нарушения и загрязнения всех элементов биосферы. При добыче и переработки полезных ископаемых образуются большие объемы отходов их обогащения, складирование которых требует значительных площадей для их размещения, что в свою очередь приводит к изменению рельефа,

нарушению инженерно-геологических, гидрогеологических и эколого-геологических условий района.

В связи с этим, оценка и прогноз степени их воздействия на окружающую среду являются весьма актуальной и необходимой, поскольку позволяет заранее разработать эффективные природоохранные мероприятия, чтобы предотвратить ущерб окружающей среде.

Одним из наиболее эффективных методов оценки прогнозирования воздействия на окружающую среду является оценка жизненного цикла, поскольку этот метод позволяет рассматривать не только этапы производства продукции, но и стадии добычи природных ресурсов, изготовления, транспортировки, эксплуатации и утилизации, т.е. «от колыбели до могилы». В области управления отходами использование методологии ОЖЦ играет все более важную роль при выборе наиболее успешных решений по их утилизации. В случае ОЖЦ система управления отходами принимается в качестве основы для сравнения экологической эффективности различных вариантов обращения с отходами и принятия стратегических решений.

Оценка проводится с целью получения исчерпывающего анализа экологического воздействия, который дает более надежную информацию для принятия экономических, технических и социальных решений. Следует подчеркнуть, что сам ОЖЦ не решает экологические проблемы, а скорее предоставляет нужную информацию для их решения.

Таким образом, метод ОЖЦ находит все более широкое практическое применение в различных отраслях. Кроме прямого применения для оценки продукции, также ОЖЦ используется в более широком контексте для разработки сложных бизнес-стратегий, государственной политики, касающейся различных сторон жизни общества.

**А.А. Коваленко**

*Мирнинский ГОК АК АЛРОСА (ПАО), г. Мирный, Россия*

**В.Н. Калмыков, О.В. Петрова**

*ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия*

## **АДАПТАЦИЯ МИРОВОГО ОПЫТА ОЦЕНКИ РИСКОВ ПРИ СИСТЕМАХ РАЗРАБОТКИ С ОБРУШЕНИЕМ ДЛЯ ПОДЗЕМНОЙ ОТРАБОТКИ КИМБЕРЛИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЯКУТИИ**

Высокопроизводительные системы разработки с обрушением характеризуются как высокой эффективностью, вместе с тем подвержены высоким рискам, связанным с горными и воздушными ударами, неконтролируемыми прорывами воды (шлама), последствия которых обуславливаются серьезными авариям, приводящим к гибели людей и потерям большого количества запасов. В настоящее время в связи с переходом на подземный способ отработки руд невысокой ценности

возрастает практический интерес горных компаний к системам с обрушением, в том числе и при отработке кимберлитовых трубок Якутии. Основным сдерживающим фактором их широкого применения в нашей стране является отсутствие отечественного практического опыта и управления рисками.

Проведенный анализ мирового опыта систем разработки с обрушением на рудниках Австралии, ЮАР, Канады и т.д. позволил выявить основные технологические риски и основные методы управления ими на современном уровне развития технологий с обрушением. Существующие методические подходы к оценке рисков, такие как государственный стандарт Австралии для горнодобывающей отрасли, специальная методика оценки риска при применении систем с обрушением CaveRisk и пр. определяют принципы идентификации, оценки и методов управления рисками в зависимости от стадии жизненного цикла проекта и как следствие изменяющихся знаний о горно-геологических условиях его реализации. Уровень риска проекта, достоверность определения которого обуславливает эффективность его управления, устанавливается в большинстве случаев на основе оценок внешних и внутренних экспертов исходя из их опыта, представлений о достоверности исходной информации и правильности расчетов основных параметров процесса.

Отсутствие отечественного опыта, уникальность горно-геологических условий и апробированных методик оценки риска обуславливает актуальность адаптации существующих методик оценки риска не только для принятия решений о разработке кимберлитовых трубок Якутии системами разработки с обрушением, но и эффективной их реализации на всех стадиях жизненного цикла.

Проведена оценка основных факторов риска при реализации технологий с обрушением и разработаны основные положения методики оценки риска с учетом условий отработки кимберлитовых месторождений Якутии.

В основу оценки риска реализации технологий с обрушением положены динамические критерии риска, интегрированные в технологические процессы с учетом горно-геологических и горно-технических условий разработки кимберлитовых месторождений.

Предлагаемая методика оценки риска позволит обосновать основные технологические параметры и своевременно их корректировать на всех стадиях реализации технологий с обрушением в зависимости от изменяющихся факторов внешней и внутренней среды.

## **КОНЦЕПЦИЯ И ПРИНЦИПЫ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ПЕРЕХОДНЫЕ ПЕРИОДЫ**

Горнотехническая система (ГТС) с одной стороны является элементом более крупных систем (например, горнодобывающее предприятие (ГДП), которые оказывают влияние на устойчивость её функционирования, с другой – сама воздействует на системы более низкого уровня (например, горнотранспортная система, система вскрытия и др.). Каждая из перечисленных систем характеризуется определенной структурой и выполняет свойственные только ей функции. Одной из основных задач, объединяющих все системы, является эффективная работа с информационными (анализ конъюнктуры сырьевых рынков), финансовыми (стоимость ресурсов и т.п.) и материально-техническими потоками (оборудование, материалы и т.п.), поступающими из внешней среды на ГДП, а также потоками, поступающими из ГДП во внешнюю среду (товарная продукция в заданном объёме и требуемого качества, различного рода отчисления, техногенные объекты и выбросы в окружающую среду и т.п.).

В условиях нестабильной внешней среды, при переходе от одного этапа разработки к другому, подсистемы ГДП должны подчиняться цели обеспечения устойчивого функционирования предприятия – обеспечению выходных потоков с заданными параметрами. В этот период изменяется устойчивость ГТС, что оказывает влияние на состояние экономической, социальной подсистем ГДП, а так же на состояние окружающей среды, вызванное изменениями в параметрах технологии и технологических процессах. Это требует разработки новых подходов и принципов управления работой ГДП, основанных на согласовании экономических целей с целями в области экологии и социального развития.

Авторами настоящей работы разработана концепция и принципы устойчивого функционирования и развития горнотехнических систем в переходные периоды, обеспечивающие согласование экономических целей подсистем ГТС с целями в области социального развития горнодобывающего предприятия и охраны окружающей среды. В основу предлагаемой системы принципов положена идея последовательного преобразования подсистем ГТС на всех этапах проектирования и эксплуатации, учитывающих экономические, социальные и экологические аспекты с целью обеспечения заданных параметров функционирования ГДП.



**ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ  
ПАРАМЕТРОВ КОМБИНИРОВАННОЙ  
ГЕОТЕХНОЛОГИИ**



## **ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПО ВСКРЫТИЮ И ПОДЗЕМНОЙ ОТРАБОТКЕ РУДНЫХ ТЕЛ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПИОНЕР**

При обосновании наиболее безопасных проектных решений в условиях перехода на подземный способ отработки золоторудного месторождения Пионер был выполнен комплекс исследований, включающих в себя на 1 этапе геодинамическое районирование месторождений с определением комплекса физико-механических свойств и оценкой напряженного состояния массива горных пород. По результатам морфометрического анализа рельефа с использованием данных спутниковой геодезии и GPS-наблюдений, материалов сейсмических исследований было реконструировано современное поле напряжений в массиве месторождений, в котором, как установлено, преобладают горизонтальные сжимающие напряжения ориентировкой на ЮЗЗ. Для оценки устойчивости массива горных пород рассчитывались: показатель качества породы, характеризующего трещиноватость в блоке – RQD, рейтинг массива горных пород – RMR и геологический индекс прочности горных пород – GSI [1]. На основе обобщения полученных данных шахтное поле месторождения районировалось по степени устойчивости на 3 группы (относительно устойчивые породы, породы средней устойчивости и неустойчивые породы), для разработки эффективных мероприятий по охране и поддержанию горных выработок. На заключительном этапе исследований выполнялись многовариантные расчеты напряженно-деформированного состояния методом конечных элементов, по результатам которых позволили установить безопасные параметры (мощность) охраняемых предохранительных целиков, формируемых при отработке подкарьерных запасов рудных тел, а также оценить устойчивость конструктивных элементов систем разработки, рациональный порядок и очередность отработки рудных тел [2]. При оценке устойчивости основных элементов горных конструкций применялись критерии хрупкого и сдвигового разрушения [3].

### **Список литературы**

1. Bieniawski Z.T. Engineering rock mass classifications: a complete manual for engineers and geologists in mining, Civil, and Petroleum Engineering, John Wiley & Sons, 1989. — 251 p.
2. Рассказов И.Ю., Крюков В.Г., Саксин Б.Г., Потапчук М.И. Геомеханическое обоснование комбинированной отработки золоторудного месторождения Пионер // Геомеханические и геотехнологические проблемы освоения недр Севера: Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – № 11 (специальный

выпуск 24). – С. 7-15.

3. Фрейдин А.М., Неверов С.А., Неверов А.А., Филиппов П.А. Устойчивость горных выработок при системах подэтажного обрушения // ФТПРПИ. – 2008. – № 1.

**С.В. Цирель, А.А. Павлович, Н.Я. Мельников**  
*ФГБОУ ВО «СПГУ», г. Санкт-Петербург, Россия*

## **ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БОРТОВ КАРЬЕРОВ ПРИ ОБРАТНОЙ КРУТОПАДАЮЩЕЙ СЛОИСТОСТЬЮ\***

К настоящему времени разработано большое количество различных методов и расчетных схем оценки устойчивости бортов карьеров и уступов. Однако, особенно при обратном падении слоев, наблюдаются нестандартные случаи деформирования прибортового массива, например, в виде изгиба и опрокидывания крутопадающих слоев с образованием обратных ступенек.

В связи с несоответствием этих механизмов разрушения классическим моделям в «Правилах обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах» приведены поправки в формулы расчетов углов для изотропного прибортового массива. Использование таких поправок в связи с узким диапазоном условий, для которых она установлена, имеет ограниченное применение и зачастую требует оформления бортов карьеров под весьма пологими углами. Кроме того, поправки учитывают только величину углов трения по контактам, а величина сцепления игнорируется. Однако, во многих случаях, например, в криолитозоне, неучет сцепления может оказать значительное влияние на устойчивость бортов карьеров.

Поэтому нами было проведено физическое моделирование бортов карьера с крутопадающей слоистостью направленной в массив. При моделировании рассматривались различные контактные условия между слоями горных пород. Моделирование охватывало как влияние углов трения, так и величин сцепления.

В ходе физического моделирования были построены зависимости хода деформирования модели на каждом этапе ее обработки. Полученные смещения сравнивались с коэффициентами запаса, определенными методом предельного равновесия.

В ходе моделирования выявлено, что при прочностных свойствах контактов, приближающихся к прочности основного массива, – наиболее

---

\* Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект №17-77-10101).

вероятно разрушение по плавной криволинейной поверхности скольжения, как у однородного откоса, при менее прочных контактах – наиболее вероятен механизм разрушения, сочетающий изгибы слоев с их дальнейшей подрезкой по криволинейной поверхности, при еще меньшей прочности контактов («слабый контакт») – изгибы слоев с последующем опрокидыванием.

**Ю.И. Кутепов, Ю.Ю. Кутепов**

*ФГБОУ ВО «СПГУ», г. Санкт-Петербург, Россия*

**М.В. Саблин, Е.Б. Боргер**

*АО «СУЭК-Кузбасс», г. Ленинск-Кузнецкий, Россия*

## **ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ПОДРАБОТКЕ ТЕХНОГЕННЫХ И ЕСТЕСТВЕННЫХ МАССИВОВ**

Подработка техногенных и естественных породных массивов, расположенных в пределах шахтных полей, сопровождается развитием различных геомеханических процессов: образованием трещин, провалов, оползней на естественных склонах и техногенных откосах, бортах и др. Данные процессы негативно влияют на безопасность горных работ, инфраструктурные объекты и природную среду. В частности, на подработанной поверхности земли подземными выработками шахты им. А.Д. Рубана в Кузбассе выявлено образование трещин и провалов. Кроме того, на перспективном участке шахтного поля находится гидроотвал открытых горных работ, подработка которого может привести к возникновению катастрофических прорывов воды и водопородной смеси в подземные выработки и на территорию за пределы внешних границ сооружения. Выполнено изучение провалов на подрабатываемых участках шахтного поля и установлено, что основной причиной их образования являются сдвиги массива горных пород и земной поверхности над выработанным пространством, а также структурно-механические особенности пород; разработана их типизация по морфологическим признакам развивающихся процессов и обоснована методика прогнозирования, базирующаяся на эмпирических зависимостях и численном моделировании МКЭ [1, 3]. Анализ горногеологических условий участка размещения гидроотвала, выполненные опытно-промышленные эксперименты по отработке опытной лавы с регистрацией поверхностных и глубинных деформаций массива, а также изменения гидростатических напоров в подрабатываемом массиве, аналитические расчеты и численное моделирование НДС массива позволили обосновать безопасную глубину отработки угольных пластов под водным объектом – гидроотвалом [2] и оценить устойчивость упорных дамб [4], а также разработать

рекомендации по обеспечению безопасности подземных горных работ и эксплуатации гидроотвала при его подработке.

### **Список литературы**

1. Зеленцов С.Н., Кутепов Ю.Ю., Боргер Е.Б. Изучение провалов и механизма их образования на подрабатываемой земной поверхности шахты им. А.Д. Рубана / Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), № 5, 2017. с. 271-280.

2. Кутепов Ю.И., Миронов А.С., Кутепов Ю.Ю., Саблин М.В., Боргер Е.Б. Обоснование безопасных условий подземной отработки свиты угольных пластов под гидроотвалом // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), №8, 2018. с. 217-226.

3. Кутепов Ю.Ю., Боргер Е.Б. Численное моделирование процесса сдвижения породных массивов применительно к горно-геологическим условиям шахты имени Рубана в Кузбассе / Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), № 5, 2017. с. 66-75.

4. Протосеня А.Г., Кутепов Ю.Ю. Прогноз устойчивости гидроотвалов на подрабатываемых подземными горными работами территориях / Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), № 3, 2019. с. 97-112.

**О.В. Зотеев**

*ИГД УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия*

**Т.С. Кравчук**

*ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», г. Челябинск, Россия*

**И.А. Пыгалев**

*ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия*

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ БОРТОВ КАРЬЕРА ПРИ СОЗДАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ**

Формирование техногенных пространств на базе карьеров с целью последующего их использования для размещения промышленных отходов и продуктов их переработки позволяет обосновывать наиболее эффективные значения результирующих углов откосов бортов. Это обусловлено возможностью использования временной устойчивости на этапе доработки балансовых запасов с последующим ее восстановлением до нормативных значений за счет своевременной пригрузки в процессе эксплуатации техногенной емкости. Исходя из фазового состояния размещаемых отходов и гидрогеологической характеристики месторождения, выработанное пространство карьера, используемое в качестве техногенной емкости, может быть обводненным и не

обводненным. Первый случай характерен для размещения текучих отходов обогатительного производства, в том числе и при обеспечении обезвоживания хвостов обогащения. Второй вариант характерен при складировании в выработанном пространстве карьера отходов металлургического производства и продуктов их переработки.

Для условий необводненного карьера сохранение устойчивости борта карьера возможно за счет мероприятий по укреплению геомеханической конструкции – разнос верхней части борта с целью разгрузки призмы активного давления и пригрузка его нижней части – создание призмы упора.

Для условий обводненного выработанного пространства по мере повышения уровня воды в выемке с одной стороны увеличивается площадь подтопленной части оползневой призмы, а с другой стороны уменьшается гидродинамическое давление. При затоплении выемки до уровня грунтовых вод гидродинамическая сила будет равна нулю, и влияние воды будет проявляться только за счет разуплотнения пород, слагающих откос. В результате этого возможно снижение сцепления и угла внутреннего трения. При этом отрицательное воздействие разуплотнения грунта на устойчивость откоса полностью затопленной выемки обычно незначительно, поскольку за счет взвешивающего эффекта будет снижаться вес оползневой призмы. Восстановление долговременного запаса прочности бортов карьера с учетом динамики снижения прочностных характеристик прибортового массива в результате естественного затопления выработанного пространства обеспечивается пригрузкой продуктом сгущения текущих хвостов обогатительной фабрики.

**О.В. Зотеев**

*ИГД УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия*

**Т.С. Кравчук**

*ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», г. Челябинск, Россия*

**И.А. Пыгалев**

*ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия*

## **ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ОГРАЖДАЮЩИХ ДАМБ ПРИ СОЗДАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ НА БАЗЕ ОТВАЛОВ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД**

Использование пород вскрыши для формирования техногенных пространств является одним из перспективных направлений устойчивого развития горнотехнической системы. Это возможно за счет создания приемной емкости на ограниченной территории и за счет формирования ограждающих дамб по ее периметру. При этом откосы существующего

отвала могут являться частью создаваемого техногенного пространства, которое в дальнейшем может быть использовано для размещения в нем промышленных отходов и продуктов их переработки. Независимо от фазового состояния складываемых отходов в пределах созданной емкости неизбежно накопление воды, что негативно сказывается на устойчивости ограждающих дамб.

В связи с этим, устойчивость ограждающих дамб следует рассматривать по подобию устойчивости отвалов скальных пород. Единственное отличие от стандартных схем расчета состоит в том, что нижняя часть отвала на высоту 2 – 3 м от подошвы будет обводнена. Отсыпка дамб в условиях Уральского региона производится из скальной наброски с прочностью пород в куске 30 – 80 МПа и более, то есть оползневые деформации возможны только за счет выдавливания слабых грунтов основания, либо по контакту отвальной массы с основанием [1]. С учетом того, что основание дамб сложено, в основном, суглинками коричневого цвета твердыми и полутвердыми, на глубину от одного до нескольких десятков метров с прослоями мяглопластичного суглинка, а также появляется суглинков со щебнем, реже к поверхности земли подходят скальные грунты, обеспечение устойчивости ограждающих дамб сводится к укреплению их основания. Наиболее эффективным способом обеспечения прочностных характеристик основания дамб является удаление слабых рыхлых пород, путем их выемки.

В случае изменение высоты дамбы от 10 м до 78 м, при средней насыпной плотности скальных пород  $1,8 \text{ т/м}^3$ , максимальное сжимающее напряжение в нижней бровке будет меняться от 0,06 МПа, для высоты 10 м, и до 0,48 МПа при высоте дамбы 78 м. Соответственно, угол внутреннего трения будет меняться от  $57^\circ$  до  $47^\circ$ .

Также для оценки сдвиговых характеристик можно воспользоваться прил. 18 [1], в соответствии с которым сдвиговые характеристики отвальных скальных пород на примере Оленегорского месторождения составляют:  $C=0,04 \text{ МПа}$ ,  $\varphi=35^\circ$ .

Для оценки устойчивости ограждающих дамб при создании и эксплуатации техногенных пространств следует использовать оба варианта характеристик отвальной массы:  $C=0 \text{ МПа}$ ,  $\varphi=47^\circ$ ; и  $C=0,04 \text{ МПа}$ ,  $\varphi=35^\circ$ .

Расчет устойчивости целесообразно производить с учетом трех основных сценария потери устойчивости [2]:

- поверхность скольжения полностью реализуется в теле откоса, т.е. схема плоского изотропного откоса (схема Va ВНИМИ);
- реализация оползня по контакту тела отвала с основанием (схема Vб и VIа ВНИМИ);
- реализация оползня с выдавливанием слабых грунтов основания (схема VII ВНИМИ).

По результатам расчетов необходимо осуществить выбор наиболее опасной поверхности скольжения из всех трех сценариев.

Для каждого из этих сценариев следует проводить два расчета устойчивости:

1. Определить предельную высоту откоса (слоя), отсыпаемого под углом  $38^{\circ}$  (углом естественного откоса).

2. Определить предельно допустимый угол откоса при его фиксированной высоте. Снижение угла откоса по сравнению с углом естественного откоса достигается за счет оставления межярусных (межслоевых) берм.

Таким образом, для приведенных условий, с точки зрения устойчивости, ограждающие дамбы могут отсыпаться на всю высоту под углом естественного откоса одним ярусом. Количество ярусов и ширина берм между ними могут определяться исходя из технологических соображений.

### **Список литературы**

1. Правила обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах. – С.-Пб, ВНИМИ, 1998. – 207 с.

2. Разработка методов и техники определения расчетных деформационных и прочностных характеристик местных материалов с учетом технологических способов их укладки для расширения перечня местных материалов, применяемых для возведения плотин //Отчет о НИР. ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. № Б410156. – Л., 1974.

**А.А. Зубков**

*ООО «Уралэнергоресурс», г. Магнитогорск, Россия*

**В.Н. Калмыков, И.М. Кутлубаев**

**М.С. Мухамедьярова, В.А. Симагуллин**

*ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», г.Магнитогорск, Россия*

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФРИКЦИОННОГО АНКЕРА НА ЕГО НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ**

Безопасность ведения работ в горных выработках обеспечивается своевременным и качественным проведением укрепления поверхности обнажения. Крепление выполняется рамной или анкерной крепью. Каждый из способов имеет свои преимущества и недостатки.

В последнее десятилетие особо быстрыми темпами нарастает использование анкерных крепей фрикционного типа: Swellex и Split Set (российский аналог - самозакрепляющаяся анкерная крепь). С учетом степени механизации, времени выполнения, затратности и надежности приоритетным является применение самозакрепляющейся анкерной крепи (СЗА). Время на ее установку не превышает 2 - 3 мин. Исключается выполнение работ непосредственно в незакрепленной зоне

выработки.

Несмотря на активное применение крепей типа СЗА анализ влияния базовых параметров анкера на его несущую способность в открытой печати не представлено. Это обусловлено, в первую очередь, отсутствием методик расчета, учитывающих сложную схему нагружения анкера.

Функционирование СЗА основано на создании сил трения на поверхности за счет упругой деформации стенок стержня. При этом ключевым является обеспечение действующих изгибных напряжений  $\sigma$  меньше предела текучести  $\sigma_T$ . Величина  $\sigma$  определяется конструктивными параметрами: толщиной стенки стержня, разностью диаметров стержня и шпура, шириной открытого паза стержня. Разработанная инженерная методика позволяет выполнить анализ зависимости напряжений в стержне от конструктивных параметров.

Установлено, что зависимость  $\sigma_T$  от толщины стенки имеет вид кубической параболы, а от разности диаметров - квадратичный. В связи с этим для обеспечения условия  $\sigma_T < \sigma$  более эффективно уменьшать толщину стенки анкера. Минимально допустимая толщина определяется требуемой нагрузочной способностью стержня, численно равной значению несущей способности.

Для типовых диаметров шпуров определены развиваемые напряжения в стержне анкера при возможных сочетаниях конструктивных параметров. На их основе составлен прогноз несущей способности анкера единичной длины. Это позволяет потребителю аргументировано выбирать СЗА с обоснованными параметрами.

**Н.Б. Бахтыбаев, С.П. Оленюк, А.С. Бахтыбаева**  
*КарГТУ, г. Караганда, Казахстан*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ МАССИВА ДЛЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ДВУХУРОВНЕВОЙ АНКЕРНОЙ КРЕПИ СОПРЯЖЕНИЙ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК НА ШАХТАХ**

### ***Введение***

На шахтах Карагандинского угольного бассейна в последние годы широкое применение получили анкерные и канатные виды крепи. Одним из актуальных вопросов при применении анкерной крепи является оптимальная длина анкера [1]. Работа посвящена вопросам обоснования оптимальной длины анкерной крепи сопряжений горных выработок на основе численной модели.

### ***Методы***

Для обоснования оптимальной длины и количества анкерной крепи сопряжений горных выработок были выполнены ряд численных

экспериментов основанных на применении метода конечных элементов. Численные эксперименты были реализованы с помощью программного обеспечения RS3, разработанного компанией Rocscience. В ходе эксперимента были созданы геомеханические модели различных сопряжений (прямоугольные и остроугольные пересечения, ответвления прямоугольные, остроугольные и по радиусу, разветвления под углом и по кривым, треугольный узел, прямоугольные, остроугольные и тупоугольные примыкания) при различных породах кровли. Результаты моделирования были систематизированы и получены соответствующие зависимости.

### **Результаты**

В результате выполненных исследований были получены зависимости развития зон неупругих деформаций от глубины ведения горных работ. Кроме того, определены оптимальные параметры анкерной крепи в зависимости от глубины размещения сопряжения, от прочности пород кровли, от типа сопряжения горных выработок.

### **Список литературы**

1 Еременко В.В., Разумов Е.А., Зяятдинов Д.Ф., Позолотин А.С., Прохвятилов С.А., Красилов С.Ю. Совершенствование двухуровневой технологии анкерного крепления широких сопряжений горных выработок // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)/ 2013. № 5. С. 20-29.

**В.Д. Барышников**

*ИГД им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Россия  
Институт «Якутнипроалмаз» АК «АЛРОСА», г. Мирный, Россия*

**Л.Н. Гахова, Д.В. Барышников**

*ИГД им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Россия*

## **РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЯ СДВИЖЕНИЙ ПОДКАРЬЕРНОЙ РУДНОЙ ПОТОЛОЧИНЫ ПРИ ОТРАБОТКЕ НИЖЕЛЕЖАЩИХ СЛОЕВ**

По условиям безопасности горных работ выемка подкарьерных запасов характеризуется наибольшей сложностью независимо от принятой системы разработки [1]. Отработанный карьер является потенциальным источником скопления паводковых вод, осадков и осыпей с бортов, что требует особых мер по управлению гидрогеомеханическими процессами [2,3].

Отработка кимберлитовой трубки на руднике Айхал» АК «АЛРОСА» ниже дна карьера производится под защитой подкарьерной потолочины с

применением слоевой системы разработки и твердеющей закладкой. Для своевременного принятия мер по обеспечению безопасных условий ведения очистных работ предусмотрен обязательный мониторинг параметров процесса сдвижения и деформаций рудной потолочины [4]. Предложен комплексный подход к организации геомеханического мониторинга, основанный на использовании лабораторных, численных и натуральных методах исследований [5].

Анализ результатов численных расчетов напряженно-деформированного состояния (НДС) подкарьерного массива позволил обосновать контролируемые параметры, выбрать методы и зоны контроля деформационных процессов в потолочине. Наблюдения за сдвижением потолочины производится по станциям контурных и глубинных реперов, профильных линий и скважинных визуальных наблюдений.

Для оценки результатов мониторинга предложен экспериментально-аналитический метод определения предельных параметров разрушения, основанный на результатах визуальных наблюдений за разрушением контура скважин и численной оценки НДС [6].

По результатам экспериментальных наблюдений выполнена корректировка параметров расчетной модели, используемой в дальнейшем для прогноза изменений НДС потолочины в процессе развития очистных работ.

### **Список литературы**

1. Каплунов Д.Р. Комбинированная геотехнология / Д.Р. Каплунов, В.Н. Калмыков, М.В. Рыльникова – М: Издательский дом «руда и металлы». – 2003. – с. 560.

2. Курленя М.В. Влияние частичного затопления карьера «Айхал» на напряженно-деформированное состояние рудной потолочины / М.В. Курленя, В.Д. Барышников, Л.Н. Гахова // ФТПРПИ. – Новосибирск.– 2013. – №4. – С. 23 – 31.

3. Барях А.А. Разрушение водоупорных толщ при ведении крупномасштабных горных работ. ЧИ/ А.А. Барях, Н.А. Самodelкин, И.Л. Паньков ФТПРПИ. – Новосибирск.– 2012. – №5. – С. 3 – 14.

4. Инструкция по безопасному ведению горных работ при комбинированной (совмещенной) разработке рудных и нерудных месторождений полезных ископаемых // в сб. руководящих материалов горнорудного надзора. – М: Изд. АГН, 1998.

5. Барышников В.Д. Опыт применения геомеханического мониторинга при подземной разработке месторождений полезных ископаемых / В.Д. Барышников, Д.В. Барышников, Л.Н. Гахова, В.Г. Качальский // ФТПРПИ. – Новосибирск.– 2014. – №5. – С. 61 – 73.

6. Курленя М.В. Развитие экспериментально-аналитического метода

оценки устойчивости горных выработок / М.В. Курленя, В.Д. Барышников, Л.Н. Гахова, // ФТПРПИ. – Новосибирск.– 2012. – №4. – С. 20 – 28.

**О.В. Зотеев, И.Б. Бокий**  
*Институт «Якутнипроалмаз» АК «АЛРОСА» (ПАО),  
г. Мирный, Россия*

## **ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ ПРИ ОТРАБОТКЕ ЗАПАСОВ СИСТЕМОЙ С ОБРУШЕНИЕМ В УСЛОВИЯХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТРУБКИ «УДАЧНАЯ»**

Трубка «Удачная» отрабатывалась открытым способом с 1967 г. В 2015 г. карьер, достигший глубины 640 м был закрыт, а оставшаяся часть запасов дорабатывается подземным способом (подземный рудник введен в строй в 2014 г.).

В соответствии с проектом для отработки запасов трубки «Удачная» подземным способом применяется система этажного обрушения с донным выпуском руды. Кроме того, в настоящее время активно обсуждается возможность применения на руднике системы с самообрушением руды.

При этом чаша закрытого в настоящее время карьера используется для частичного перехвата и отведения поверхностных вод, а также для выдачи грязного воздуха через штольни, выходящие в карьер.

В работе рассмотрено развитие процессов сдвижения и деформации бортов карьеров, оценена глубина отработки, при достижении которой необходимо начинать строительство подземного водоотлива повышенной мощности и менять схему вентиляции, а также сформулированы основные требования к системе геомеханического мониторинга.

**А.С. Кульминский**  
*Институт «Якутнипроалмаз» АК «АЛРОСА» ПАО,  
г. Мирный, Россия*

**В.Н. Калмыков, О.В. Петрова**  
*ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия*  
**М.В. Котик**  
*АО «РВС», г. Магнитогорск, Россия*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЗРЫВНОЙ ОТБОЙКИ ЗАРЯДАМИ С ВОДЯНЫМ КОЛЬЦЕВЫМ ЗАЗОРОМ**

Одним из путей повышения качества подготовки рудной массы взрывным способом является использование зарядов ВВ с водяным

кольцевым зазором, что подтверждается положительным опытом его применения на карьерах в условиях отработки кимберлитовых трубок Якутии. Использование водяного зазора обеспечивает так называемое «щадящее взрывание», что приводит по разным оценкам к повышению выхода неповрежденных алмазов на 20%, снижению удельного расхода ВВ в 1,4 раза и в целом затрат на БВР на 20-30%.

Опытно-промышленные испытания технологии отбойки кимберлита зарядами с водяным кольцевым зазором в условиях подземной рудника Айхал показали перспективность данного направления развития взрывных работ на кимберлитовых трубках Якутии. Сдерживающими факторами широкомасштабного внедрения данной технологии являются недостаточная изученность процесса разрушения горных пород при наличии водяного кольцевого зазора, отсутствие методики обоснования технологических параметров БВР, учитывающую специфику взаимодействия продуктов детонации и массива при наличии водяного зазора.

В процессе исследований производилось численное моделирование механизма волнового нагружения пород в зарядной полости при процессе взрыва заряда ВВ в единичном шпуре без зазора, а также при наличии водяного и воздушного кольцевых зазоров. Оценивалось влияние на характер распределения напряжений в массиве пород по мере затухания волны конструкции заряда, величины кольцевого зазора, диаметра скважины, типа среды в кольцевом зазоре (воздух, вода) и расстояния от заряда.

Численное моделирование действия взрыва производилось в осесимметричной постановке при следующих исходных условиях:

1. Взрывчатое вещество - патронированный аммонит №6ЖВ
2. Длина патрона – 200мм
3. Диаметр патрона – 32мм
4. Конструкция заряда – сплошная и рассредоточенная
5. Расстояние между патронами – 200, 300 и 600мм
6. Иницирование патронов ВВ – одновременно
7. Диаметр шпуров (скважин) – 32,76,82,116,126 мм.

Фиксация давления на фронте волны проводилась как на контакте «вода-порода» и «воздух-порода», так и по мере ее распространения вглубь массива.

По результатам численного моделирования установлена величина давления волны напряжения от взрыва ВВ на стенки шпура (скважины) и характер ее зависимости от величины водяного и воздушного зазоров, расстояния между патронами, местоположения точек фиксации от заряда и удаления от контура шпура.

Установленные закономерности энергонасыщенности массива при взаимодействии нескольких зарядов в скважине позволили определить такие технологические параметры БВР, как удельный расход ВВ и сетку

расположения скважин.

На основании анализа полученных данных сформированы основные положения методики расчета параметров БВР при отбойке кимберлитов зарядами с водяным кольцевым зазором.

**О.Г. Бесимбаева, Е.Н. Хмырова**

*КарГТУ, г. Караганда, Казахстан*

**Е.А. Олейникова, Р.Р. Ханнанов**

*ФГБОУ ВО «СГУГиТ», г. Новосибирск, Россия*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СМЕЩЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ПОДРАБОТАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ КАРАГАНДИНСКОЙ УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА**

Проведение горных выработок влечет за собой изменение напряженного состояния массива горных пород, вызывает деформации и перемещения их в сторону выработанного пространства, что обуславливает возникновение и развитие процесса сдвижения.

Выбранный район Карагандинского угольного бассейна имеет особенность - одни и те же участки земной поверхности многократно подработаны.

На основании анализа выделены 9 участков (постов) на территории бассейна, которые находятся в зоне подработки. На этих постах была создана система наблюдательных станций, с целью получения основных параметров сдвижения земной поверхности при многократной ее подработке.

На девяти участках в течении четырех лет проводились систематические инструментальные наблюдения за подрабатываемыми участками земной поверхности с целью выявления изменения величины сдвижения с течением времени [1].

Для исследования деформации земной поверхности на подрабатываемых территориях выбранного района проводился спутниковый мониторинг.

Анализ показал, что после достижения максимальной величины оседания идет стабилизация процесса сдвижения земной поверхности в связи с полной отработкой очистной лавы и заполнением выработанного пространства обрушенными горными породами кровли [2].

Результаты спутникового мониторинга сдвижения подработанной земной поверхности совпадают с проведенными инструментальными геодезическими измерениями современного состояния земной поверхности.

### **Список литературы**

1. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород, земной

поверхности и подрабатываемыми сооружениями на угольных и сланцевых месторождениях // М.: Недра, 1989.

2. Бесимбаева О.Г., Хмырова Е.Н., Олейникова Е.А., Ефимова В.В., Бесимбаев Н.Г. Мониторинга состояния земной поверхности на подрабатываемых территориях // Тенденции развития науки и образования. – 2016 - № 11-1. С.11-14.

**Нгуен Ван Минь**

*Университет транспортных технологий, г. Ханой, Вьетнам*

*Горный институт НИТУ «МИСиС», г. Москва, Россия*

**В.А. Еременко**

*Горный институт НИТУ «МИСиС», г. Москва, Россия*

**А.Р. Умаров, М.А. Косырева**

*Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия*

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ ВЫРАБОТКИ И ДЕЙСТВУЮЩИХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЗОН НЕЛИНЕЙНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ В МАССИВЕ ГОРНЫХ ПОРОД НА ГЛУБИНЕ СВЫШЕ 1,5 КМ**

Для анализа зон нелинейных деформаций в массиве горных пород, которые формируются при проходке горных выработок на глубинах свыше 1,5 км необходимо учитывать различные факторы: форму выработок, действующие напряжения в массиве, физико-механические свойства горных пород в естественных условиях массива, способ проходки горных выработок и др.

При проведении исследований рассматривались различных формы выработок (квадратная, арочная, сводчатая, круглая), а также сценарии действия напряжений относительно расположения выработки.

Зоны нелинейных деформаций первоначально оценивались на основании полученных результатов численного моделирования в программном комплексе Mar3D и далее калибровались с учетом исследований зон нарушенности пород (ЗНП) в натуральных условиях подземных рудников Норильского никеля и Западной Сибири.

Установлено, что круглая или арочная форма выработки оказывает влияние на уменьшение зон нелинейных деформаций в кровле выработок. На формирование зон нелинейных деформаций в боках выработки не оказывает существенного влияние их геометрия. Максимальные деформации развиваются по направлению действия максимальных напряжений, на глубинах свыше 1,5 км имеют как правило кольцевую форму. Изменение радиуса свода и арки кровли выработки позволяет также эффективно регулировать развитие зон нелинейных деформаций.

## ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ НАКОПЛЕННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ПУСТОТ НА МНОГОВЕРШИННОГО МЕСТОРОЖДЕНИИ

Многовершинное месторождение имеет сложное геологическое строение, крайне неравномерное распределение запасов в недрах, многообразии условий устойчивости руд и вмещающих пород. Горные работы осложнены близко расположенными действующими карьерными выработками. За десятилетия работы рудника накоплен значительный объем подземных пустот. Возникла актуальная необходимость провести специальные исследования развития геомеханических процессов на руднике и уточнить степень опасности накопленных подземных пустот.

Исследования геомеханических условий Многовершинного золоторудного месторождения проводились авторами в 2012-2017 гг. Были определены основные физико-механические свойства горных пород, первоначальные природные напряжения горного массива, измерены техногенные напряжения в горных выработках и целиках, установлены факторы, наиболее влияющие на устойчивость горных выработок [1,2].

В процессе исследований разработана методика оперативной оценки степени устойчивости подземных пустот. В соответствии с методикой, сначала выявляются наиболее опасные подземные пустоты со сложными геомеханическими условиями, вычисляются максимальные расчетные значения техногенных напряжений на контуре исследуемых пустот, уточняются прочностные свойства вмещающих горных пород. Затем на основе эмпирико-статистических зависимостей определяется расчетное время устойчивого состояния выработанного пространства. В зависимости от соотношения фактического и расчетного времени службы подземной конструкции устанавливается степень ее опасности. По истечении расчетного времени целесообразно погашать выявленные опасные подземные пустоты известными методами: поддержания, локализации, частичной закладки и регулируемого самообрушения.

По результатам исследований разработан ряд нормативных документов по управлению геомеханическими процессами, которые внедрены на руднике.

### Список литературы

1. Исследование геомеханических условий Многовершинного золоторудного месторождения с целью прогноза его потенциальной удароопасности / Сосновская Е.Л.// Вестник ИрГТУ. - 2015. - № 4– С.82-88.

2. A.Avdeev, E.Sosnovskaya, R.Krinityn The geomechanical state of the mine «Mnogovershinnoe» lower levels monitoring VII International Scientific Conference “Problems of Complex Development of Georesources”. E3S Web of Conferences 56, 02017 (2018).

**А.Н. Авдеев, Е.Л. Сосновская, Р.В. Криницын  
С.В. Худяков, С.В. Сентябов**

*ИГД УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия*

## **ОЦЕНКА ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ШИХАНСКОГО И НОВО-БАКАЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ СИДЕРИТА**

Ново-Бакальское и Шиханское месторождения, разрабатываемые шахтой Сидеритовая» находятся в эксплуатации с середины 20 века. Месторождения имеют сложные геомеханические условия: широкий диапазон прочностных свойств горных пород и руд, высокий уровень природных напряжений, наличие близлежащих карьерных выработок, накопление значительного объема подземных пустот. В 2005 г. Уральский филиал ВНИМИ разработал Заключение о склонности пород и руд месторождений к проявлению горных ударов [1]. Начиная с 2008 г. мониторинг геомеханического состояния массива горных пород не осуществлялся. Возникла актуальная необходимость уточнить геомеханические условия с целью оценки опасности горных ударов на глубоких горизонтах шахты в соответствии с требованиями Положения [2].

В процессе исследований выявлено, что в массиве горных пород месторождений действуют значительные гравитационно-тектонические напряжения. Породы и руды характеризуются высокими упругими и прочностными свойствами, склонны к хрупкому разрушению под нагрузкой. Проведены инженерные расчеты и натурные измерения техногенных напряжений в горных выработках и целиках. Установлено, что подготовительные выработки нижних горизонтов шахты Сидеритовая находятся в устойчивом состоянии. Выявлено неустойчивое состояние части целиков. После выемки основных запасов в блоке, эти целики рекомендуется погашать.

В связи с тем, что на месторождении не выявлены внешние признаки удароопасности горных пород и руд, на самых глубоких горизонтах (290 м), на текущий момент месторождение отнесено к несклонным по горным ударам. Однако, учитывая наличие высоких гравитационно-тектонических природных напряжений, сейсмическую характеристику района, наличия горных пород, склонных к хрупкому разрушению, на шахте рекомендуется проводить мониторинг геомеханического состояния массива горных пород с целью своевременного выявления опасных проявлений горного давления в динамических формах.

## Список литературы

1. Заключение о склонности пород и руд Ново-Бакальского и Шиханского месторождений, разрабатываемых шахтой Сидеритовая, к проявлению горных ударов / Аксенов А.А., О.Г.Латышев, Ломакин В.С. //УФ ОАО ВНИМИ – УРГТУ, Екатеринбург, 2005 г.-31 с.

2. Положение по безопасному ведению горных работ на месторождениях, склонных и опасных по горным ударам. Серия 06. Выпуск 7. –М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2014. – 80 с.

**М.С. Токманцев, А.В. Котенков**

*ОАО «Уралмеханобр», г. Екатеринбург, Россия*

## **ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЗРЫВОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЗАЛЕЖЕЙ ПОД НАСЕЛЁННЫМИ ПУНКТАМИ, ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ БЕЗОПАСНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЕДЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ**

В докладе рассмотрены методы оценки сейсмического воздействия при обработке рудных тел, расположенных непосредственно под населенными пунктами, представлены результаты фактически измеренных скоростей сейсмических колебаний на охраняемых объектах поверхности с последующим формированием безопасных параметров ведения взрывных работ на АО «Учалинский ГОК».

Представленные методы оценки стойкости зданий и сооружений к сейсмическим колебаниям определялись в соответствии с ранговой классификацией для охраняемых объектов поверхности согласно РБ Г-05-039-96 «Руководство по анализу опасности аварийных взрывов и определению параметров их механического действия».

Для всесторонней оценки допустимой скорости сейсмических колебаний также учтены требования ГОСТ Р 52892-2007 «Вибрация и удар. Вибрация зданий. Измерение вибрации и оценка ее воздействия на конструкцию», при кратковременной вибрации по предельному значению вертикальной составляющей  $V_z$  (вертикальной составляющей пикового значения скорости).

При разработке безопасных параметров ведения взрывных работ учтены условия необходимости снижения массы заряда в группе замедления в соответствии с поправочным коэффициентом, учитывающим многократность повторения взрывов (таблица).

Таблица – Коэффициент снижения массы заряда в группе с учетом многократности повторения взрывов

Число взрывов в календарный период (год)	<10	<50	50-100	100-250	250-500	>500
Коэффициент снижения массы заряда в группе	0,98	0,9	0,72	0,64	0,56	0,50

На основании проведенных в период 2017-2019 года инструментальных сейсмометрических исследований и полученных результатов представлены безопасные параметры ведения взрывных работ, а также сделана оценка причин возникновения имеющихся трещин и незначительных деформаций охраняемых объектов до момента влияния взрывных работ на исследуемые объекты поверхности.

**О.С. Колесатова**

*Технический университет УГМК, г. Верхняя Пышма, Россия  
ФГБОУ ВО «УГГУ», г. Екатеринбург, Россия  
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия*

**Е.А. Романько**

*ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия*

**А.Н. Смяткин**

*Сибайский филиал АО «Учалинский ГОК»,  
г. Сибай, Башкортостан,*

## **О ПРОГНОЗИРОВАНИИ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ КАРЬЕРОВ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ ОТРАБОТКЕ КОЛЧЕДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮЖНОГО УРАЛА МЕТОДОМ МАРКШЕЙДЕРСКОГО МОНИТОРИНГА**

При разработке месторождений полезных ископаемых важно обеспечить непрерывный мониторинг и прогноз устойчивости горных выработок и не допустить их внезапных просадок, оползней и обрушений.

Маркшейдерский мониторинг является необходимой составной частью системы безопасности горных работ для предприятия, позволяет производить контроль правильности принятых мер охраны и проектных решений по постановке бортов и уступов карьера в предельное положение. Что обеспечивается путем внедрения на месторождении автоматизированной станции маркшейдерских измерений и реализацией в ней принципа «мгновенного принятия решения».

Автоматизированная маркшейдерская наблюдательная станция состоит из роботизированного тахеометра LeicaTM50 с программой управления, метеостанции, укрытия для тахеометра, средств передачи данных на сервер хранения данных, программного обеспечения по

обработке, анализу, информированию ответственных лиц и управлению системами оповещения (ПО GeoMoS), спутниковых приемников, опорных и рабочих реперов.

Прогноз состояния массива пород в пределах наблюдательной станции осуществляется в программном продукте CREDO РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИЙ. Программа позволяет произвести расчет величин вертикальных и горизонтальных смещений, кривизны поверхности смещения, дилатации, растяжения, сжатия. В ней реализован модуль прогнозирования на основе построения линии тренда с указанием величины достоверности аппроксимации и оценки надежности по критерию Фишера. Наиболее точные результаты прогнозирования обеспечиваются при выполнении краткосрочного прогноза.

**В.Н. Долгонос, О.В. Старостина, Е.В. Абуева**  
*КарГТУ, РК, г. Караганда*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ВЕРХНИХ УСТУПОВ СТАЦИОНАРНОГО БОРТА РАЗРЕЗА «БОГАТЫРЬ» И РАЗРАБОТКА ПРАКТИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ИХ УСТОЙЧИВОСТИ**

Программой развития Экибастузского каменноугольного месторождения в пределах разрезов «Богатырь» и «Северный» предусмотрен переход на циклично-поточную автомобильно-конвейерную технологию, которая позволит увеличить мощности действующих разрезов, снизить затраты на транспортировку угля от забоев к погрузочным пунктам и сделает более гибкой систему контроля качества продукции при помощи проектируемых угольных усреднительных складов. При проектировании угольных складов принято решение расположить их внутри разреза на верхних горизонтах стационарного борта. Данное решение продиктовано соображениями экономической эффективности и экологической безопасности, так как для варианта расположения складов на земной поверхности потребуется расширение горного отвода со всеми вытекающими процедурами регистрации и согласованиями в уполномоченных государственных органах, а также платежами за использование земельных участков. Однако, при всех очевидных плюсах данного решения, здесь не учтен важнейший геомеханический фактор – устойчивость откосов и несущая способность площадок верхних горизонтов стационарного борта разреза.

В течение последних 10 – 15 лет в районе предполагаемого строительства угольных складов (участок 6 разреза «Богатырь») происходили активные оползневые явления верхних уступов стационарного борта. Деформации верхних уступов (гор. +165 - +200м), сложенных рыхлыми отложениями и глинистыми породами, ставят под

угрозу реализацию указанного проекта.

В этой связи возникает необходимость проведения дополнительных исследований свойств пород верхних горизонтов, установить причины произошедших оползневых явлений и оценить риски возможных деформаций рассматриваемого участка стационарного борта разреза «Богатырь» с учетом строительства, размещения оборудования и пригрузки площадок угольным штабелем.

Выполненные изыскания выявили наличие грунтовых вод и обводненность массива практически по всем скважинам. Именно фактор обводненности является главной причиной возникновения и развития деформаций на исследуемом участке борта разреза. Поэтому, в первую очередь, необходимо организовать работу дренажной системы, для исключения подпитки влагой слабых глинистых массивов верхних горизонтов и породных контактов. Для недопущения инфильтрации в массив талых вод следует постоянно следить за работой дренажной системы и организовывать водосток в сторону водосборных канав.

**Ф.К. Низаметдинов, Н.Ф. Низаметдинов,  
Р.Ф. Низаметдинов, Х.М. Кадьлбекова**  
*КарГТУ, г. Караганда, Казахстан*

## **ПОДГОТОВКА ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ ГЕОМЕХАНИКОВ ДЛЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Важнейшим условием индустриально – инновационного развития является подготовка кадров с высоким уровнем знаний и практическими навыками в горно – металлургической отрасли. Так, в процессе разработке месторождений полезных ископаемых особое внимание должно уделяться безопасной и рациональной разработке месторождений полезных ископаемых. Это связано, в первую очередь, с подготовкой специалистов «Геомехаников», отвечающих за правильную геомеханическую оценку состояния горного массива, во – вторых, внедрением прогрессивных технологических решений при добыче полезных ископаемых и, в третьих, использованием автоматизированных систем управления производственным процессом добычи.

С этой целью разработана новая образовательная программа в профильной магистратуре «Инновационные технологии в горно – металлургическом комплексе: Геотехника», включающая современные дисциплины, направленные на изучение физических процессов, происходящих в земной коре, механики горных пород, геомеханическое сопровождение ведения горных работ при открытой и подземной разработке с мониторингом, организация научных исследований, геоинформационные системы в горном деле, управление устойчивостью

массива, рекомендации и аудит. Для полноценной подготовки специалистов - геотехников в рамках эффективного взаимодействия с горнодобывающими предприятиями использовался имеющийся потенциал Союза маркшейдеров Казахстана, позволяющий оперативно решать вопросы прохождения производственных практик и распределения выпускников.

Модульные программы и рабочие учебные планы согласованы с ведущими высшими учебными (научными) университетами (институтами) мира: Мичиганским технологическим университетом (США), Технологическим университетом Клаусталь и Высшей школой прикладных наук им.Бойта (Германия), Высшей горной школой – Техническим университетом Острава (Чехия), Институтом горного дела (ИГД) им. Чинакала СО РАН (Россия, Новосибирск).

**А.Б. Макаров**

*SRK Consulting, г. Москва, Россия*

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КАРЬЕРА НА ЗАКОНТУРНЫЙ МАССИВ И УСЛОВИЯ СОВМЕЩЕНИЯ ОТКРЫТОЙ И ПОДЗЕМНОЙ ПОВТОРНОЙ РАЗРАБОТКИ ПОЛОГИХ ЗАЛЕЖЕЙ**

При комбинированной повторной разработке пологих рудных залежей важно знать границы влияния карьера на окружающий массив, чтобы обеспечить безопасность извлечения рудных целиков подземным способом. На Жезказганском месторождении ранее уже были прецеденты срезания междукамерных целиков под бортом карьера. Простейшие модели теории упругости, как правило, описывают смещения земной поверхности и карьерных откосов.

Размеры зон, где в результате отработки карьера изменяется напряженное состояние массива, зависят от глубины, угла наклона бортов, ширины дна карьера, начального напряженного состояния и механических свойств массива. Все эти факторы являются независимыми переменными. Пределы их изменения, выбранные для моделирования, определены для условий Жезказганского месторождения. Для описания параметров зон влияния карьера в многофакторном пространстве независимых переменных использовано численное моделирование, организованное по теории планирования экспериментов для минимизации вариантов расчета. Для получения простейших линейных аппроксимаций использован план Плакетта.

По результатам моделирования, спланированного как многофакторный эксперимент, максимальные смещения борта карьера в наибольшей мере определяются глубиной карьера и горизонтальной компонентой природного поля напряжений. Во всех расчетах наибольшее смещение борта наблюдалось в нижней трети его высоты и

направлено к центру карьера и вверх. Таким образом, максимальные смещения, вызванные упругим восстановлением объема массива, пропорциональны величинам разгруженных напряжений. Теми же переменными определяется и ширина зоны разгрузки прибортового массива. Оба показателя не зависят от степени анизотропии и прочностных свойств массива, угла наклона борта и ширины карьера по дну, а обусловлены лишь параметрами природного напряженного состояния массива, возмущенными открытыми горными работами. Отсюда следует важный практический вывод: ширина зоны влияния карьера на окружающий массив прямо пропорционально зависит от глубины открытых работ и горизонтальной компоненты природного поля напряжений. Если учесть, что горизонтальные компоненты, как правило, значительно различаются между собой, то и ширина зоны влияния карьера будет значительно больше в направлении действия максимальных тектонических напряжений.

**Эстебан Хормазабал**  
*SRK Consulting, Чили*

## **ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ СООБРАЖЕНИЯ О МАССОВОЙ ВЫЕМКЕ – ОПЫТ ЧИЛИ**

В результате технологического прогресса за последнее десятилетие мировая горная промышленность проявляет все больший интерес к высокопроизводительным и низко затратным технологиям массовой выемки при производстве открытых и подземных горных работ. Это подразумевает все больший интерес к глубоким карьерам с углами бортов близкими к вертикальным, технологиям блочного и (или) панельного обрушения и их применению в различных горно-геологических и горно-технических условиях. Такие технологии более сложные чем те, которые применялись изначально на рудниках. Много проблем в настоящее время связано с проектированием и операционной деятельностью на глубоких карьерах и применением технологий блочного (панельного) обрушения, возникающих вследствие высоких требований к качеству добываемой горной массы, перехода с открытого на подземный способ разработки, большими глубинами инициирования самообрушения, комплексные проблемы устойчивости горизонта выпуска, и увеличивающаяся высота блока обрушения.

Горный инжиниринг является ключевым фактором в оптимизации процесса открытых и подземных горных работ. На сегодняшний день на многих рудниках обсуждаются глубокие и крутые углы бортов карьера, которые могут быть достигнуты посредством геологического и геотехнического инжиниринга, и специалисты ориентируются на горный мониторинг и управление. В дополнение, элементы массовой выемки,

такие как автоматические системы транспортирования, внутрикарьерные дробилки и системы конвейерного транспорта необходимо внедрять в горные проекты и оценивать по приемлемым критериям. На шахтах, обеспеченность большегрузными ПДМ, большими пустотами, выемка для гибридных или ситовых дробилок требует специальных и технически надежных проектов и финансовой обеспеченности.

В этой статье сделан обзор устоявшейся практики массовой выемки на открытых и подземных горных работах в Чили с акцентами на определение приемлемого критерия для углов бортов карьера ключевых горнотехнических параметров подземных горных работ



**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНИКО- И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ  
РЕШЕНИЯ**



## ЭЛЕМЕНТЫ НОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА КОМБИНИРОВАННОЙ РАЗРАБОТКИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА БАЗЕ ПЕРЕХОДА К САМОХОДНОМУ ГОРНОМУ ОБОРУДОВАНИЮ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ\*

Комбинируемая геотехнология – само условие достижения высоких показателей полноты и комплексности освоения рудных месторождений. Повышение энергоэффективности комбинированной разработки месторождений твердых полезных ископаемых неразрывно связано с модернизацией производства и внедрением новой техники с электрическим приводом. Это является неотъемлемым элементом поэтапного перехода к новому технологическому укладу освоения недр [1-3].

Действительно, рост эффективности функционирования горнотехнических систем базируется на замещении дизельного горного оборудования машинами с электрическим приводом. Одним из основных преимуществ выбора технологической схемы рудника с горными электромобилями является сокращение капитальных и эксплуатационных затрат на вентиляцию рудника. Это обусловлено переходом на менее энергоемкие вентиляторы главного и местного проветривания, снижением издержек на охлаждение и подачу свежего воздуха в выработки [4]. Вторым весомым преимуществом является существенное улучшение условий труда персонала, занятого на подземных работах, так как доказано, что острое или постоянное воздействие выхлопных газов дизельных двигателей наряду с присутствием в атмосфере тонкодисперсных аэрозолей, негативно влияет на здоровье горнорабочих [5, 6].

Анализ данных работы более 30 горнодобывающих предприятий, специализирующихся на разработке рудных месторождений, позволил установить математическую зависимость влияния количества выбросов выхлопных газов от двигателей внутреннего сгорания на затраты, связанные с обеспечением функционирования вентиляционной системы рудника. Установлено, что годовые эксплуатационные затраты на работу дизельного погрузчика в 2,8 раза выше, чем затраты на эксплуатацию погрузо-доставочной машины с электрическим приводом той же грузоподъемности при равном количестве часов работы. Также, при сопоставительной оценке дизельных и электрических горных машин с идентичными рабочими характеристиками, условиями и командами,

---

\* Исследования выполняются в рамках темы ИПКОН РАН 0138-2014-0001

установлено, что от дизельных двигателей генерируется в три раза больше тепла, поступающего в атмосферу горных выработок, чем от горных машин на базе электрического привода. Это подтверждает международный опыт эксплуатации электромобилей [4]. Кроме того, горные электрические машины в рабочем режиме не выделяют вредные газы, аэрозоли и иные вещества в любом агрегатном состоянии [7].

Переход на новый технологический уклад комбинированной разработки рудных месторождений в условиях оснащения горнотехнических систем оборудованием с электрическим приводом, требует дополнительных изысканий в области проектирования энергосистемы и системы вентиляции рудника при улучшении условий труда горнорабочих в результате полного отсутствия выхлопных газов и повышение качества шахтного воздуха.

### **Список литературы**

1. Rylnikova M.V. Strategy of energy efficiency enhancement for sustainable and environmentally balanced development of gold deposits at its final stage / Rylnikova M.V. // E3Web Conferences, Rudenko International Conference "Methodological problems in reliability study of large energy systems" (RSES 2018), Volume 58, 01008, 2018.

2. Radchenko D.N., Bondarenko A.A. Mining engineering system as an energy asset in industry 4.0 / Radchenko D.N., Bondarenko A.A. // E3Web Conferences, Rudenko International Conference "Methodological problems in reliability study of large energy systems" (RSES 2018), Volume 58, 01009, 2018.

3. Kaplunov D.R., Rylnikova M.V., Radchenko D.N. The new wave of technological innovations for sustainable development of geotechnical systems / Kaplunov D.R., Rylnikova M.V., Radchenko D.N. // 7th International Scientific Conference "Problems of Complex Development of Georesources". Volume 56, 2018.

4. Halim A., Kerai M. Ventilation requirement for 'electric' underground hard rock mines—a conceptual study / Halim A., Kerai M. // In the Australian Mine Ventilation Conference, Adelaide, pp. 215–220, 2013.

5. Allen C., Stachulak J. Mobile Equipment Power Source—Impact on Ventilation Design / Allen C., Stachulak J. // In: Chang X. (eds) Proceedings of the 11th International Mine Ventilation Congress. SpringerSingapore, 2019

6. Radchenko D.N., Gadzhieva L.A., Gavrilenko V.V. Research into concentrations of ultrafine and finely dispersed aerosols in the atmosphere of a Southern Urals mining region / Radchenko D.N., Gadzhieva L.A., Gavrilenko V.V // E3Web Conferences, International Innovative Mining Symposium, Volume 41, 2018.

7. Papar R, Szady A, Huffer WD, Martin V, McKane A. Increasing energy efficiency of mine ventilation systems [Электронный ресурс]

**В.Н. Калмыков, Р.В. Кульсаитов**  
*ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия*

## **ВЛИЯНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРИВЕДЕНИЮ МАССИВА В НЕУДАРООПАСНОЕ СОСТОЯНИЕ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В НЕМ ПРИ ОТРАБОТКЕ КОЧКАРСКОГО УДАРООПАСНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

В настоящее время добычные работы на Кочкарском золоторудном месторождении, представленном свитой крутопадающих жил с большой глубиной по падению и мощностью от долей до нескольких метров, ведутся на глубинах 700, 750 метров, а подготовительные - на горизонте 800 метров. Понижение уровня работ существенно отразилось на эффективности освоения месторождения. С глубиной существенно осложняется геомеханическая обстановка, повышается частота и интенсивность проявления горного давления, так как руды и породы характеризуются высокой прочностью, склонностью к накоплению упругой энергии, а месторождение отнесено к удароопасным.

Вышеизложенное обусловило необходимость поиска мер, обеспечивающих нейтрализацию негативных геомеханических факторов. Для этого был проведен анализ горнотехнической обстановки, методов приведения массива в удароопасное состояние.

Многолетняя интенсивная эксплуатация Кочкарского месторождения привела к образованию большого объема пустот. Сложившаяся геомеханическая модель месторождения представлена сформированными по жилам очистными выработками, разделенных рудными и безрудными целиками. Значительная изрезанность горного массива, относительная низкая интенсивность горных работ способствуют активному проявлению горного давления, в том числе и в динамической форме. Оценка удароопасности пород по различным деформационным и энергетическим критериям, подтвердила, что породы Кочкарского месторождения способны к накоплению упругой энергии и являются потенциально удароопасными.

По результатам проведенных исследований были определены основные направления решения данной проблемы, суть которых состоит в уточнении параметров систем разработки, совершенствовании их конструкций. При этом обязательным является проведение профилактических мероприятий в виде разгрузки горного массива от накопленной энергии деформирования.

Проведенное моделирование мероприятий, направленных на приведение массива в удароопасное состояние, в программном

комплексе, основанном на методе конечных элементов, показало их эффективность.

В настоящий момент параметры данных мероприятий уточняются с целью повышения качества разгрузки массива и снижения затрат на их реализацию. В дальнейшем они будут опробованы в наиболее опасных участках Кочкарского удароопасного месторождения.

**С.Н. Москаленко**

*АО «Южуралзолото Группа Компаний», г. Пласт, Россия*

**В.Н. Калмыков, Р.В. Кульсаитов**

*ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия*

**А.А. Гоготин**

*ООО «УралГеоПроект» г. Магнитогорск, Россия*

## **О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСОВ ТИПА «ALIMAK» НА КОЧКАРСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ АО «ЮЖУРАЛЗОЛОТО»**

Понижение уровня горных работ на Кочкарском жильном месторождении сопровождается снижением содержания полезных компонентов, усложнением геомеханической обстановки, выражающейся в увеличении частоты и интенсивности проявлений горного давления в динамической форме, и, следовательно, удорожанием добычи и транспортирования.

Вышеизложенное обусловило необходимость поиска мер, обеспечивающих снижение себестоимости добычи, нейтрализацию негативных геомеханических факторов. Для этого был проведен анализ горнотехнической обстановки, состояния сырьевой базы, современных тенденций совершенствования технологии добычи.

Из всех систем разработки, применяемых на Кочкарском месторождении, наибольшее распространение получили три: подэтажных штреков, с магазинированием и с гидрозакладкой. В последние годы в основном используется система разработки подэтажных штреков, что объясняется меньшей себестоимостью добычи. Все системы разработки предусматривают применение переносного оборудования и характеризуются повышенным объемом ПНР.

Учитывая сложность стоящих перед компанией проблем был проведен комплекс исследовательских и опытно-промышленных испытаний по конструированию новых систем разработки с использованием комплекса типа «ALIMAK» и геомеханическому обоснованию их геометрических параметров, изысканию способов утилизации цианированных хвостов обогащения в закладочных смесях, проведению профилактических мероприятий по приведению массива в ударобезопасное состояние.

Основные преимущества системы отработки в сравнении с используемыми системами с мелкошпуровой отбойкой: безопасность работ; высокие производительность труда и показатели извлечения полезного ископаемого из недр.

Анализ возможных технологических схем освоения запасов системами разработки камерами увеличенной высоты показал, что отработка Кочкарского месторождения с использованием комплекса типа «ALIMAK» с последующей закладкой в настоящий момент экономически эффективна.

**И.М. Осадчий**

*АО «Горные машины», г. Москва, Россия*

### **ОБОРУДОВАНИЕ PUTZMEISTER ДЛЯ ГОРНОГО ДЕЛА: ПАСТОВЫЕ ХВОСТЫ, РУДНИЧНЫЙ ШЛАМ, ТВЕРДЕЮЩАЯ ЗАКЛАДКА**

#### *Защитка водосборников от шлама насосами PUTZMEISTER*

Шахтный шлам переменной плотности, в среднем 1,6 тонн/м<sup>3</sup> (с вкл. камней, древесины и пр.), образующийся в процессе ведения буровых и проходческих работ, подлежит откачке погружным насосом в приёмный бункер поршневого насоса PUTZMEISTER, откуда он одной ступенью перекачивается по горизонту на расстояние до 5 км либо с подъёмом одним шагом до 700 м в объёме до 200 м<sup>3</sup>/ч. При перекачке используется, например, трубопровод  $D_{нар.}=159$  мм со стенкой 5–8 мм. Схему существующего водоотлива переделывать не требуется.

#### *Перекачка твердеющей закладки насосами PUTZMEISTER*

Камеры, образующиеся при разработке подземных соляных и рудных месторождений, представляют большую потенциальную опасность, как на поверхности, так и под землёй. Если в прошлом спуск закладочного материала с поверхности в шахту часто производился самотёком через вспомогательные стволы и по скатам, после чего материал распределялся с помощью погрузочных приспособлений, то сегодня гидравлические поршневые насосы PUTZMEISTER в комплексе с системами трубопроводов закрытого типа играют важную роль при подаче и укладке закладочного материала в выработанное пространство. Благодаря наличию современной технологии гидравлической подачи материалов, появилась возможность повышения эффективности эксплуатации подземных месторождений с применением специальных систем разработки, а также вторичного использования уже выведенных из эксплуатации шахтных полей для добычи руды.

Использование поршневых насосов PUTZMEISTER позволяет осуществлять горизонтальную и вертикальную транспортировку на большие расстояния к месту закладки пастообразных материалов

крупных фракций с малым содержанием воды по закрытым трубопроводам независимо от условий окружающей среды, и без нарушения текущего процесса добычи.

При камерно-столбовой системе разработки с закладкой месторождение разделяется на первичные и вторичные выемочные блоки, как правило, одинаковых размеров, которые разрабатываются в определенной последовательности. По окончании разработки первичных блоков в образовавшиеся полости насосом подается закладочный материал, содержащий вяжущее, после чего осуществляется разработка оставшихся вторичных блоков. При этом вновь появляющиеся камеры после завершения работ также заполняются закладочным материалом с вяжущим.

Одним из мест установки закладочного комплекса, используемого при поэтажно-восходящей выработке с закладкой, на базе оборудования PUTZMEISTER является Малеевский подземный рудник ТОО «Казцинк». Здесь закладочная смесь поступает с поверхностного БЗК по стволу на расширительный бак, ёмкостью приблизительно 30 м<sup>3</sup>, далее на два насоса PUTZMEISTER, которые поднимают её вверх по стволу для ведения работ на всех вышележащих горизонтах.

*Транспортировка в отвал пастовых хвостов на примере завода по производству первичного алюминия в Чженчжоу (Китай)*

Особый материал – паста с содержанием: хвостов обогащения алюминия 42 – 45 %, летучей золы ТЭЦ 20 – 22 %, низкосортного цемента 1 – 3 %. Для перекачки применяются: Насос по перекачке сгущённой массы PUTZMEISTER типа KOS 2180 производительностью 90 м<sup>3</sup>/час, давлением 90 бар с маслостанцией мощностью 315 кВт и два насоса по перекачке сгущённой массы PUTZMEISTER типа KOS 25100 производительностью 150 м<sup>3</sup>/час, давлением 90 бар с маслостанцией мощностью 630 кВт

*Преимущество использования данной схемы*

Сниженное потребление воды на гидротранспорт. Паста быстро высыхает, не впитываясь в грунт и не пылит, образуя кракелюры, хорошо распределяется по поверхности, занимает значительно меньшую площадь складирования.

Износ труб снижен благодаря оптимизированной скорости потока и объёмной прокатке. Безопасная схема содержания хвостового хозяйства обусловлена стабильностью материала и отсутствием опасности прорывов дамб шламохранилища.

Замкнутый водооборот позволяет отказаться от насосной станции для перекачки осветлённой воды обратно на обогащение. Благодаря низкой влажности пасты отсутствуют потери в виде испарений воды с зеркала хвостохранилища.

## БЕТОНОЗАВОДЫ, МИКСЕРЫ И УСТАНОВКИ ДЛЯ ТОРКРЕТИРОВАНИЯ

### *Каковы основные компоненты механизированного торкрет-оборудования?*

Механизированное мокрое торкретирование является самым эффективным методом для проектов, в которых необходимы большие объёмы торкретирования. В основном оно применяется в подземных работах для увеличения безопасности операторов.

Бетон подаётся в приёмный бункер бетононасоса и транспортируется через бетонопровод к торкрет-форсунке, где смешивается со сжатым воздухом и ускорителем для набрызга на основу.

### *Бетононасос: низкий уровень пульсаций для сплошного потока бетона*

Бетононасос отвечает за подачу бетонной смеси на форсунку торкрет-стрелы. Мокрая торкрет-смесь обычно подаётся с помощью двухпоршневых насосов. Конструкция насоса предполагает минимизацию пульсаций, а значит и неоднородности потока бетона, чтобы обеспечить однородное нанесение торкрет-бетона. Таким образом, достигается необходимое качество и толщина слоя, уменьшается отскок бетона от поверхности.

### *Торкрет-стрела: торкретирование с большим радиусом*

Торкрет-стрела механизированного оборудования нацеливает поток бетона на необходимое место. При возможности осуществлять набрызг торкретбетона на расстоянии до 17 метров отсутствует необходимость в строительных лесах или телескопических подъёмных платформах. За один проход возможно нанести до 150 мм бетонной смеси (с применением фиброволокна).

Бетон, ускорители и воздух смешиваются в распылительной головке и набрызгиваются на поверхность через форсунку. Конструкция и габариты очень важны для правильной компрессии бетона и минимизации отскока. За счёт отсутствия сыпучих материалов, используемых при сухом торкретировании, весь процесс подготовки происходит в миксере, при его движении к торкрет-установке. Это полностью исключает пыление, что позитивно сказывается как работе и здоровье оператора установки, так и на процессе торкретирования, т. к. визуально можно определить места для нанесения смеси.

### *Воздушный компрессор: набрызг и уплотнение бетонной смеси*

Воздушный компрессор отвечает за снабжение бетонной смеси кинетической энергией, необходимой для набрызга и уплотнения. Для этого торкрет-бетон должен сталкиваться с поверхностью на определённой скорости, которая достигается не только за счёт потока

воздуха, подаваемого компрессором, но и в сочетании только с правильным диаметром форсунки. Например, поток воздуха со скоростью 12 м<sup>3</sup>/мин через форсунку диаметром 65 мм не обеспечивает достаточную кинетическую энергию. Однако такой же поток воздуха через форсунку диаметром 35–40 мм обеспечивает необходимую кинетическую энергию при условии, что набрызг осуществляется на надлежащем расстоянии (1–2 м).

***Насос присадок: дозирование ускорителя***

Чтобы получить необходимое формирование ранней прочности, необходимо ускорить твердение бетона, для чего в свою очередь необходимо использовать ускорители. Дозирующее устройство синхронизировано с бетононасосом, чтобы обеспечить дозирование в соответствии с потоком бетона в любое время.

***Система управления: «мозг» оборудования***

Производит мониторинг дозирования ускорителя и накачки бетона.

Обеспечивает корректную и безопасную эксплуатацию бетононасоса.

Осуществляет сбор данных для загрузки и обработки.

***Дистанционное управление: безопасное управление оборудованием***

С помощью дистанционного управления оператор может управлять и изменять соотношением основных компонентов торкретирования (бетон и присадки), а также компонентами оборудования (торкрет-стрелой и форсункой). Пульты дистанционного управления в проводном и беспроводном исполнении позволяют оператору работать, находясь в безопасной зоне.

***Моторизованное шасси: возможность доступа к подошве разработки на любой местности***

Компоненты оборудования установлены на моторизованном шасси, которое доставляет его в зону набрызга. В ограниченных пространствах важны такие характеристики, как габариты, направление и радиус поворота. Моторизация, углы атаки и характеристики скороподъемности оборудования крайне важны при обработке зон с уклонами и на неровной местности.

## МЕТОД ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИБОРТОВОГО МАССИВА ПРИ ЕГО ПОДРАБОТКЕ

В статье ставится задача оценки устойчивости прибортовых массивов карьера при разработке запасов полезных ископаемых, находящихся за границей карьерного поля. При ведении очистных работ с уровня рабочих горизонтов действующего карьера подземными технологиями возникает вопрос о сохранении устойчивого состояния уступов и бортов. Подработка бортов разрезов подземными горными выработками приводит к уменьшению прочности массива, что необходимо учитывать при определении общих углов наклона бортов или углов откосов уступов. Это влияние зависит от системы разработок, свойств горных пород и характера их деформаций при подработке.

Решение данной задачи достигается с помощью определения границ зон деформации массива при ведении добычных работ, по методу БАБО, подробно описанному в работе [1], на основе паспортов прочности, построенных отдельно для каждого типа горных пород по результатам лабораторных исследований. Для Акжальского месторождения проведен анализ прочностных свойств в различных породах. В результате анализа были получены паспорта прочности. По паспортам прочности были отстроены кривые скольжения в массиве горных пород [2]. А также установлены значения углов сдвижения для исследуемых пород [3]. На основании полученных данных была определена граница зоны возможных деформаций в условиях Акжальского месторождения. Выявлены особенности взаимного влияния подземной и открытой системы разработки при их комбинировании, что имеет огромное значение при проектировании горных предприятий и планировании горных работ.

Результаты, полученные по методу БАБО, сравнивались с результатами численного анализа по критерию прочности Хука-Брауна. При подготовке исходных данных для численного анализа основным прочностным показателем горных пород являлся геологический индекс прочности (GSI). Уточнение физико-механических свойств горных пород с использованием GSI позволило установить переход от прочности образца к прочности массива горных пород [4, 5].

### Список литературы

1. Сэбденбекулы О. Геомеханика // Инновационный центр № 1. РК. г. Караганда: САНАТ-Полиграфия, 2009. 450 с.
2. D. Takhanov, M. Balpanova, G.Yessenbayeva The calculation of the side pressure coefficient in conditions of the limited stress situation // Вестник Карагандинского университета им Е.А. Букетова №2/2017 г. Караганда,

2017г. С 14-19.

3. Технологическая инструкция по повторной разработке Саякской группы месторождений с обрушением налегающей толщи пород // Карагандинский государственный технический университет. г. Караганда, 2016 г.

4. Imashev A., Suimbayeva A., Zholmagambetov N., Takhanov D. Research of possible zones of inelastic deformation of rock mass // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. ISSN 2224-5278. Volume 2, Number 428 (2018). – p.177 – 184.

5. Hoek E., Carter T., Diederichs M. (2013). Quantification of the Geological Strength Index Chart. // Proceedings of 47th US Rock Mechanics / Geomechanics Symposium, San Francisco, USA. P. 65.

**Lothar te Kamp, Stefan Kellerbauer**

*ITASCA Consultants GmbH, г. Гельзенкирхен, Германия*

## **ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДОБЫЧИ КАВЕРНАМИ**

При проектировании поля каверн задаются размеры отдельных каверн и их расположение. Очень часто проектная форма представляет собой цилиндр с куполом, а месторасположение выполнено по равносторонней треугольной схеме. По разным причинам каверны очень часто бывают не цилиндрическими, а также в полях каверн происходит взаимное влияние, которое зависит не только от формы, но и от расстояния.

Численное моделирование и анализ устойчивости для каверн обычно выполняется на основе каверн одного проекта, т.е. идеальных цилиндрических полостей. Но в силу отклонений от проекта, этого недостаточно для большинства реальных полей каверн. Поэтому была разработана динамическая модель для моделирования месторождений каверн для добычи растворимых полезных ископаемых.

Внутренняя форма каверн контролируется ежегодными или двухгодичными гидролокационными измерениями и учитывается при моделировании. Динамический инструмент учитывает реальную форму каверн и их развитие во времени, реальную геологию, топографию, геологические заложения, наполнение воздуха, рассола или шлама, а также ликвидацию каверн. Результаты численного моделирования сравниваются с измеренными сдвигами в смещениях и показывают очень хорошее соответствие величины смещений, а также их распределения. Динамическая модель используется для ежегодного анализа устойчивости, а также для моделирования прогнозов, которые оптимизируют схему будущих решений с точки зрения безопасности и экономичности.

## **ВЫБОР МЕТОДОВ РУДНИЧНОЙ СЕПАРАЦИИ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЖЕЗКАЗГАНСКОГО РЕГИОНА**

Интенсивное освоение меднорудных месторождений Жезказганского региона привело к количественному и качественному сокращению минерально-сырьевой базы. По содержанию ценных компонентов товарная руда обрушенных и ослабленных участков Жезказганского месторождения с содержанием меди до 0,30% относится к весьма бедному по меди сырью. Экономическая целесообразность разработки таких месторождений во многом зависит от возможности применения низкзатратных и высокопроизводительных методов предварительного обогащения, что позволяет исключить из дальнейших процессов переработки часть горной массы, при этом повысить качество исходного сырья.

В мировой практике наиболее динамично развиваются технологии предварительного обогащения руды радиометрическими методами, основанными на взаимодействии различных видов излучений с минеральным веществом. При радиометрической сепарации используется неравномерность распределения ценных компонентов в кусках крупнодробленой руды. В процессе покусковой сепарации определяются свойства каждого отдельного куса, и из потока выделяются отдельные куски с повышенным содержанием ценных компонентов и отсекаются хвосты с некондиционным содержанием.

Выбор метода предварительного обогащения определяется вещественным составом руды, содержанием ценных компонентов в руде, гранулометрическим составом руды, контрастностью кускового материала по содержанию полезных компонентов, соответствием интенсивности проявления признака разделения содержанию полезного компонента на основе выбора одного из свойств контрастности.

Выполнен комплекс научных исследований различными методами сепарации применительно к условиям освоения руд Жезказганского месторождения: оптическим (фотометрическим), индукционным радиорезонансным, рентгенорадиометрическим (рентгено-флуоресцентным), рентгено-абсорбционным. В ходе исследований были определены значения признака разделения для каждого метода и произведена оценка их производительности и эффективности.

Выполненные исследования позволили установить, что крупнопорционная сортировка в транспортных емкостях рентгено-флуоресцентным методом с использованием подземных

рудоконтрольных станций принципиально возможна для проведения предварительного обогащения сульфидных медных руд Жезказганского месторождения. Для проведения полупромышленных испытаний рекомендовано сочетание вышеописанного метода крупнопорционной сортировки в транспортных сосудах и покусковой сепарации на основе фотометрического метода, как наиболее простых и производительных, которые могут быть эффективно использованы в условиях размещения подземной автоматизированной рудоконтрольной станции для предварительного обогащения руд из обрушенных и ослабленных участков, имеющих в своем составе большое количество разубоженной бурыми алевролитами рудной массы.

### **Список литературы**

1. Трубецкой К.Н., Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В. Принципы обоснования параметров устойчивого и экологически сбалансированного освоения месторождений твердых полезных ископаемых // Условия устойчивого функционирования минерально-сырьевого комплекса России. – 2014. – Вып. 2. – № 12. С. 3–10.

2. Трубецкой К.Н. Развитие ресурсосберегающих и ресурсовоспроизводящих геотехнологий комплексного освоения месторождений полезных ископаемых. М.: ИПКОН РАН. – 2014. 196 с

3. Рыльникова М.В., Юн А.Б., Терентьева И.В. Перспективы и стратегия освоения Жезказганского месторождения / Горный журнал. – 2015. – №5. С.44-49.

4. Рыльникова М.В., Юн А.Б., Терентьева И.В., Есина Е.Н. Восполнение выбывающих мощностей действующих рудников на стадии доработки балансовых запасов месторождения – условие экологически сбалансированного развития Жезказганского региона / Маркшейдерский вестник. – №5. – 2016. – С.6-10.

**А.В. Котенков**

*ОАО «Уралмеханобр», г. Екатеринбург, Россия*

### **ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ КАМЕРНЫХ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ НА РУДНИКЕ «АЙХАЛ»**

В течение 2015-2016 годов на СВРТ были полностью отработаны запасы трапециевидных камер переходной зоны высотой 10 метров. Конструктивное оформление системы разработки при выемке запасов трапециевидных камер переходной зоны представлено на рис. 1.

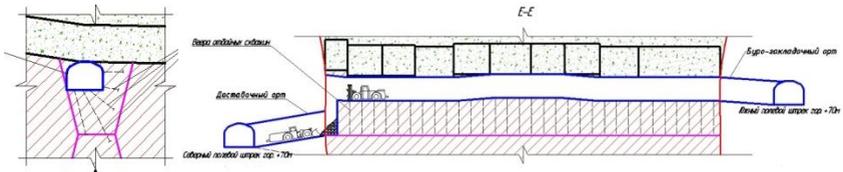


Рисунок 1 – Конструктивное оформление системы разработки при выемке запасов трапециевидными камерами

Устойчивость выработанного пространства данных камер обеспечивалась на всех стадиях их выемки.

Кровля камер, представленная закладочным массивом, сформированным в выработанном пространстве ранее отработанных слоёв, сохраняла устойчивость и имела плоскую форму без формирования свода или каких-либо значительных отслоений закладки.

При выемке запасов трапециевидных камер переходной зоны, по всей видимости за счёт значительной усадки закладочной смеси, в кровле выработанного пространства сформировались недозаклады от 0,2 до 0,5 метров.

В 2016-2017 годах на СВРТ приступили к выемке запасов ромбовидных камер переходной зоны высотой 20 метров. Конструктивное оформление системы разработки при выемке запасов трапециевидных камер переходной зоны представлено на рис. 2.

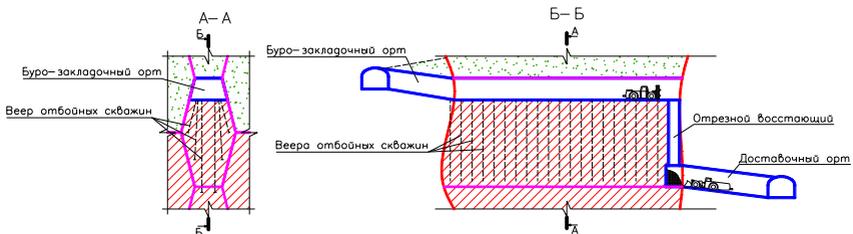


Рисунок 2 – Конструктивное оформление системы разработки при выемке запасов ромбовидными камерами

Вышеуказанные пустоты (недозаклады), сформировавшиеся в кровле трапециевидных камер переходной зоны оказывали отрицательное влияние на выемку запасов первоочередных ромбовидных камер высотой 20 метров, примыкающих к отработанным трапециевидным камерам. Согласно данным визуальных и инструментальных наблюдений при ведении буровзрывных работ за счёт сейсмического воздействия взрывов происходила частичная деформация закладочного массива в сторону образованных пустот (недозакладов). Деформации выражаются в откольных явлениях закладки, появлению трещин, которые раскрываются при многократном сейсмическом воздействии.

При переходе к ромбовидным камерам нижерасположенного подэтажа, за счёт смещения камер относительно друг друга на 10 метров недозаклады в смежных камерах отсутствуют, деформации (заколообразование и растрескивание) закладки незначительны и визуально не фиксируются. То есть, при отсутствии свободной поверхности над закладкой сейсмические волны не создают откольных явлений.

Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод о том, что выемка ромбовидных камер переходной зоны, примыкающих к недозаложенным трапециевидным камерам является наиболее сложным этапом выемки руды. При их отработке для снижения разубоживания рудной массы закладкой взрывные работы должны вестись с введением внутриверстных замедлений для ограничения сейсмического воздействия взрывных работ на устойчивость выработанного пространства камер.

Ведение взрывных работ в ромбовидных камерах строго по разработанным паспортам БВР, позволяет обеспечить устойчивость камер на всех стадиях их отработки. Фото выработанного пространства ромбовидных камер представлены на рис. 3.



Рисунок 3 – Выработанное пространство ромбовидной камеры (верхние и нижние борта)

## **РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНО НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОТРАБОТКИ ЗАПАСОВ ЯКОВЛЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ БОГАТЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД**

Яковлевский рудник осуществляет добычу богатых железных руд с содержанием полезного компонента в руде свыше 60%. Больше половины добываемой руды на месторождении представлено рыхлыми разностями с временным сопротивлением сжатию менее 2 МПа. Учитывая необходимость поддержания вышерасположенного породного массива в устойчивом состоянии вследствие наличия водоносных горизонтов, а также крайне слабую крепость значительной части руд, в качестве основной системы разработки на Яковлевском месторождении принята слоевая система разработки с твердеющей закладкой и с нисходящим порядком выемки.

Низкая производительность стандартного варианта слоевой системы разработки, применяемого в настоящее время; и необходимость увеличения годовой добычи на руднике потребовали поиска более производительных вариантов систем разработки.

Положительный опыт внедрения камер ромбовидной формы в условиях рудника «Айхал» АК АЛРОСА, руды которого являются малопрочными, доказал, что и в условиях Яковлевского месторождения возможно внедрение принципиально новых вариантов систем разработки с измененной геометрией выемочных единиц.

Результаты расчетов величины устойчивой вертикальной стенки заходки показали, что в условиях Яковлевского месторождения в крайне слабых типах руд вертикальная стенка заходки высотой 4 метра является неустойчивой. Результаты расчетов подтверждаются фактическим состоянием рудных стенок выемочных заходок, когда в процессе ведения очистных работ происходит осыпание руды с боковых стенок, и возникает необходимость их крепления.

В данных условиях по аналогии с рудником «Айхал» оптимальной альтернативой является вариант шахматного расположения заходок, когда их взаимное положение позволяет вести выемку запасов руды с максимально возможными геометрическими параметрами. Это достигается за счет того, что при формировании очистного пространства, верхняя половина выемочной заходки располагается в закладочном массиве ранее отработанных заходок, а нижняя половина заглубляется в рудный массив. Дополнительно увеличить вертикальную высоту выемочной единицы в условиях слабых руд помогает наклон боковых стенок.

При расчетах заходок ромбовидной формы были получены следующие параметры: ширина почвы и кровли заходки равна 5 метров

как у стандартной слоевой заходки. Угол наклона стенки заходок  $\alpha$  задавался близким к углу скольжения рыхлых разностей руд, который составляет  $\alpha' = 61,5^\circ - 62^\circ$ ,  $\alpha = 63^\circ$ . Результаты расчетов показали, что наклонная рудная стенка в ромбовидной заходке высотой 10 метров является устойчивой для всех типов слабых рыхлых руд. Проверочные расчеты высоты наклонной стенки заходки, выполненные по формулам физики грунтов, подтвердили правильность выбора параметров ромбовидных заходок.

Поэтому, в качестве основного варианта при отработке запасов в «шахматном» порядке заходками ромбовидной формы для условий Яковлевского месторождения были приняты заходки высотой 10 метров, шириной в основании 5 м, и 10 м в наиболее широкой центральной части. При данных линейных размерах заходки угол наклона рудных стенок, и стенок, состоящих из закладочного массива, составляет  $63^\circ$ . За счет этого поперечная площадь вынимаемой заходки увеличилась с 20 до 72 м<sup>2</sup>.

На основе результатов расчетов, а также математического моделирования для Яковлевского рудника были разработаны различные варианты слоевой системы разработки с ромбовидными заходками, обрабатываемыми в шахматном порядке. Выемка заходок измененной формы в пределах слоя осуществляется в камерно-целиковом порядке по схеме 1-2-3-1.

Основными преимуществами слоевой системы разработки с выемкой запасов ромбовидными заходками при «шахматном» порядке отработки запасов являются:

- Отсутствие необходимости проведения доставочных выработок по рудному массиву в пределах заходки. Соответственно исключается возведение металлоёмких арочных видов крепи, которые помимо высокой стоимости крепления значительно снижают скорость проведения выработок, что сказывается на интенсивности выемки руды на конкретном участке (при установке арочной металлической крепи очень высока доля ручного труда).

- Буро-закладочный штрек (орт) в заходке проходится по рудному массиву непосредственно под несущим слоем закладки, сформированным в вышерасположенной отработанной заходке. В таких условиях устойчивость стенок и кровли орта не вызывает опасений, крепления арками не требуется (при необходимости предусматривается анкерное крепление).

Внедрение усовершенствованных вариантов слоевой системы разработки для условий Яковлевского месторождения позволит значительно увеличить производительность рудника и повысить безопасность ведения горных работ.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧИ ГРАНУЛИРОВАННОГО КВАРЦА**

Кыштымское месторождение является единственным в России крупным эксплуатируемым месторождением гранулированного кварца. Применяемая ранее на руднике технология добычи характеризуется низким уровнем извлечения (потери в недрах равны 28%). С целью сбережения высокоценного сырья выполнены комплексные исследования, на основе которых разработана технология, сочетающая два класса систем разработки в одном добычном блоке. Комбинированная система использует преимущества каждой отдельной и обеспечивает максимальное снижение потерь кварца. Для Кыштымского месторождения оптимальным является вариант комбинации камерной выемки основных запасов блока с поэтажным обрушением междукammerного целика трапециевидной формы.

Экспериментальные испытания рекомендованного варианта технологии в натуральных условиях подтвердили результаты теоретических исследований, а их промышленное внедрение позволило снизить технологические потери гранулированного кварца с 28% до 9%.

Помимо технологических потерь особенностью освоения месторождений высокоценного кварца являются потери сырья в результате переизмельчения при ведении буровзрывных работ, что обусловлено такими свойствами кварца, как мелкозернистая структура (гранулы размером 1-2 мм) и слабая спайность зерен.

Источником выхода некондиционного кварца являются зоны измельчения и радиального трещинообразования. Установлено, что снижение переизмельчения кварца возможно за счет применения плоской системы рассредоточенных зарядов. Определены условия, совокупное выполнение которых обеспечивает ее действие. Установлены зависимости выхода переизмельченной фракции от параметров рассредоточения зарядов и удельного расхода ВВ. Выполнена оптимизация параметров отбойки, в результате чего достигается снижение выхода переизмельченной фракции на 25-40 % относительно традиционной технологии.

Экономическая эффективность добычи по критерию прибыли на 1 т погашаемых балансовых запасов выросла на 20% за счет кардинального снижения потерь кварца и соответственного увеличения извлекаемой ценности.

За счет снижения потерь кварца проведенные исследования позволяют расширить реальную сырьевую базу действующего предприятия, производящего высокочистые кварцевые концентраты, и продлить срок эксплуатации уникального Кыштымского месторождения на 18-20 лет.

## **СРАВНЕНИЕ РУДНОЙ И ПОЛЕВОЙ ПОДГОТОВКИ НА МАЛОМОЩНОЙ ЗАЛЕЖИ ПРИ ВСКРЫТИИ ИЗ КАРЬЕРА И ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧИ ОЛЕНОГОРСКОГО РУДНИКА**

При достижении рентабельности добычи железной руды на карьере имени 15-летия Октября ОАО «Олкон», встал вопрос о применении комбинированной геотехнологии добычи руды. Для этого, предлагается построить Оленогорский подземный рудник, максимально используя выработанное пространство карьера, для сокращения объема горно-капитальных работ. Карьер представляет собой техногенно образованный гористый рельеф, который является благоприятным для вскрытия месторождений штольнями. При этом, есть возможность использовать рудную подготовку вместо полевой и проходить все подготовительные выработки по руде.

Целью данной работы, является сравнение рудной и полевой подготовки на маломощной залежи железной руды Оленогорского рудника при подземной добыче при вскрытии штольнями из отработанного карьера по телу самой рудной залежи.

Применение рудной подготовки взамен полевой дает преимущества и экономический эффект за счет:

- экономии объема горной массы от проходки, при рудной подготовке он составляет 0,61 от полевой подготовки, причем при рудной подготовке 100% горной массы составляет руда, а при полевой подготовке, руда составляет всего лишь 56%;
- уменьшения срока ввода рудника в эксплуатацию, что составляет 0,53 времени запуска по сравнению с полевой подготовкой;
- экономии на поддержании горных выработок, так как отработка залежи идет в обратном порядке, и подготовительные выработки испытывают меньшее влияние горного давления.
- уменьшения потерь и разубоживания, так как добыча ведется попростиранию, а не вкрест простирания рудного тела, что сокращает число контактов руды с породой при выпуске.

## **БЕЗОПАСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВЕДЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА КАРАГАЙСКОМ КАРЬЕРЕ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОБИЛЬНЫХ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ УКРЫТИЙ ИЗ ШИН АВТОСАМОСВАЛОВ С СЕТКОЙ «РАБИЦА»**

При ведении взрывных работ в стесненных условиях взрывания, наиболее эффективным способом, исключая разлет кусков горных пород и частично воздействие ударной воздушной волны, является применение предохранительных укрытий-локализаторов. Большинство существующих типов укрытий в основном предназначены для укрытия участков небольших размеров при прохождении траншей, канав или создании котлованов при ведении взрывных работ на строительных объектах и при планировочных работах, но, к сожалению, в настоящее время нет достаточного опыта проведения массовых взрывов под укрытиями. Целью работы является разработка специальных мобильных укрытий-локализаторов, предотвращающих разлет кусков горных пород для укрытия блоков, подготавливаемых к взрывному разрушению на открытых горных разработках при ведении взрывных работ в стесненных условиях вблизи зданий и сооружений.

Предложена безопасная технология проведения массовых взрывов в стесненных условиях в ближней зоне с применением специальных мобильных газопроницаемых предохранительных укрытий-локализаторов от разлета кусков горных пород, разработаны новые схемы и конструкции скрепления газопроницаемых предохранительных укрытий из шин автосамосвалов с сеткой «рабица», которые испытаны опытным взрыванием с целью проверки их надежности и пригодности для использования в производственных условиях при проведении взрывных работ на северо-западном участке Карагайского карьера горного предприятия ПАО «Комбинат Магnezит» в непосредственной близости от зданий и сооружений.

Применен новый способ скрепления шин автосамосвалов с помощью одновальцевых цепных строп и цепей на шинах. При ведении взрывных работ на расстоянии менее 200 метров от охраняемых объектов для того, чтобы исключить разлет кусков горной массы предлагается дополнительно укладывать шины между рядами скважин в шахматном порядке и вплотную укладывать ряды шин между скважинами по контуру взрывающего блока. Укрытие из шин покрывается сверху 1-2 слоями металлической сетки «рабица» с ячейкой 20 x 20 мм, которая скрепляется проволокой к канатным или цепным тросам на шинах, а также к канатным или цепным стропам.

Шины автосамосвалов наиболее универсальны в использовании и значительно мобильнее и дешевле локализаторов других типов, легко транспортируются, ими можно укрыть площадь взрывания значительных размеров. В отличие от щитовых укрытий шины способны выдерживать большее количество взрывов благодаря эластичной резине, они легко монтируются на взрываемом блоке и не требуют для укладки техники большой грузоподъемности. Укрытия состоят из разъемных сегментов, позволяющих производить удобный монтаж перед взрывом и удобную разборку после взрыва на развале горной массы.

Недостатком данного типа укрытий является увеличение трудоемкости процесса и времени подготовки к взрывным работам, спутывании (зацеплении) краёв сетки при укладке и её монтаже, сложность контроля правильности монтажа взрывной сети. С учетом выявленных недостатков, укрытие из шин с сеткой «рабица» пригодно для использования в производственных условиях.

В начале 2019 года горное предприятие ПАО «Комбинат «Магнезит» приступило к проведению взрывных работ с применением укрытий из шин автосамосвалов и сетки «рабица», данные укрытия практически полностью исключили разлет кусков горных пород. При подходе фронта ведения горных работ на расстояние менее 200 метров до охраняемых объектов для полного предотвращения разлета кусков пород рекомендуется применять сплошные укрытия.

### **Список литературы**

1. Инструкция по организации и безопасному производству взрывных работ в стесненных условиях с применением предохранительных укрытий, ИГД УрО РАН, под ред. Берсенева Г. П., г. Екатеринбург, 2010 г. – 31 с.
2. Взрывные работы под укрытием из автошин. Авт.: Лещинский А. В., Шевкун Е. Б., Уренев И. М., Горный информационный аналитический бюллетень (ГИАБ), № 5. Изд-во ООО «Горная книга», Москва, 2007 г., с. 117 – 123.
3. Взрывные работы под укрытием / Е. Б. Шевкун. – Хабаровск: Изд-во Хабаровского государственного технического университета, 2004 г. – 202 с.

## **ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ПОДДЕРЖАНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК В УСТОЙЧИВОМ СОСТОЯНИИ В УСЛОВИЯХ ШАХТЫ «ОРЛОВСКАЯ»**

В процессе ОПИ проведены промышленные и лабораторные исследования технологических особенностей применения комбинированной крепи на основе СЗА и прочностных параметров элементов и технических характеристик усиленной комбинированной крепи. Испытания технологии крепления с использованием СЗА и армокаркасов проведены на опытном участке проходки горных выработок Орловской шахты с типичными для данного месторождения горно-геологическими условиями.

Технология крепления выработок с использованием усиленной комбинированной крепи на основе самозакрепляющейся анкерной крепи фрикционного типа (СЗА) и армокаркасов обеспечивает создание устойчивого контура выработок в породах средней и слабой устойчивости.

Технология крепления СЗА может быть применена в условиях Орловской шахты ТОО «Востокцветмет» с использованием имеющегося технологического оборудования по бурению для установки анкеров.

СЗА-Армокрепь целесообразно рассматривать в качестве альтернативы для крепей, применяемых на руднике: в породах II-III категории устойчивости – сталеполимерной анкерной крепи (СПАК); IV категории устойчивости – металлической рамной из профиля СВП.

В породах средней категории устойчивости СЗА-Армокрепь может применяться и как самостоятельный вид крепи, и в комбинации с торкрет-бетоном; для слабой категории устойчивости – СЗА-Армокрепь только с покрывающим и несущим слоем торкрет-бетона, толщиной до 150 мм в зависимости от назначения и срока службы выработок; для пород очень слабой устойчивости – необходимо предусматривать предварительное укрепление.

Для повышения производительности по креплению и увеличения качества крепи при возведении торкрет-бетонного слоя до толщины 150 мм целесообразно применять «мокрый» способ торкретирования или необходимо усовершенствовать и технически модернизировать существующую технологию «сухого» возведения торкретбетона. Что также расширит условия применения усиленной комбинированной крепи на основе СЗА-Армокрепь.

С целью обеспечения устойчивости кровли сопряжений выработок целесообразно использовать анкеры СЗА длиной до 3 м или

рассматривать двухуровневую крепь с использованием канатного способа крепления.

Обеспечить дополнительную устойчивость пород при строительстве горных выработок возможно путем снижения искусственного трещинообразования за счет применения контурного взрывания при взрывных работах, что сократит динамику разупрочнения пород при воздействии на них влажности.

### **Список литературы**

1. ГОСТ 31559-2012 «Крепи анкерные. Общие технические условия» (с изменениями №1);

2. Неугомонов С. С., Волков П. В., Жирнов А. А. Крепление слабоустойчивых пород усиленной комбинированной крепью на основе фрикционных анкеров типа СЗА//Горный журнал 2018. № 2. С. 31-34.

3. Калмыков В. Н., Латкин В. В., Зубков А. А., Неугомонов С.С., Волков П.В. Технологические особенности возведения усиленной комбинированной крепи на подземных рудниках//Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № 4 (специальный выпуск 15). С. 63-69.

4. Зубков А. А., Латкин В. В., Неугомонов С. С., Волков П. В. Перспективные способы крепления горных выработок на подземных рудниках//Горный информационно-аналитический бюллетень. Отдельные статьи (специальный выпуск). 2014. № S1-1. С. 106-117.

5. Еременко В.А., Лушников В.Н. Методика выбора "динамической" крепи выработок для месторождений склонных и опасных по горным ударам Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2018. № 12. С. 5-12.

**Н.Н. Ефремовцев**

*Горный институт НИТУ «МИСиС», г. Москва, Россия*

## **ЦИФРОВИЗАЦИЯ ДЕТОНАЦИОННЫХ СИСТЕМ И РОБОТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И БЕЗОПАСНОСТИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ**

Повышение качества проектирования в современных условиях горного производства достигается за счет применения системного подхода, заключающегося в моделировании и проектировании с учетом технологических и горно-геологических факторов и контроле параметров и результатов взрыва, оперативной корректировки проектных решений с применением программных продуктов с накоплением статистики, позволяющих автоматически измерять параметры взрыва и оптимизировать результаты за счет корректировки параметров БВР с учетом результатов взрывов[1]. Современное специализированные программные продукты обеспечивают импорт и экспорт в

маркшейдерские координаты, сканирование профиля уступа и искривления скважин, автоматический анализ замедлений и искривления скважин, энергии взрыва. Для контроля качества взрывных работ анализируются изображения с помощью специального программного обеспечения и производится оценка гранулометрического состава с получением интегральных кривых взорванной горной массы и выхода фракций, анализируются показатели сейсмического действия взрыва и воздушной волны. Принятие и корректировки проектных решений осуществляется с учетом системы критериев и задач, обеспечивающих максимальную ценность услуг за счет улучшения качества взрывных работ, с учетом эффективности погрузки и транспортирования горной массы, эффективности дробления и извлечения полезных ископаемых, существующих ограничений по сейсмическому действию взрыва и ударной воздушной волны, изменению содержания вредных газов в

Проводимые в ИПКОН РАН исследования закономерностей дробления различными промышленными взрывчатыми веществами с применением композиционных имитационных моделей и в производственных условиях и исследования сейсмического действия взрывов, показали необходимость учета фактической скорости выделения энергии и вероятностный характер развития фронта детонации при проектировании параметров буро-взрывных работ и прогнозировании гранулометрического состава взорванной горной массы[2]. Разработаны зависимости для расчета величины линии наименьшего сопротивления, рационального расстояния между скважинами и сейсмического действия взрыва с учетом фактической скорости выделения энергии удлинённых зарядов ПВВ. Проводятся работы по созданию цифровых моделей взрывчатых свойств зарядов ПВВ и их дробящей способности в зависимости от основных влияющих факторов (плотности ВВ, диаметра заряда, расстояния до заряда, скорости выделения энергии, удельного расхода ВВ) на основе обработки результатов промышленных экспериментов и полигонных испытаний с применением имитационных композиционных моделей, учитывающих зоны действия взрыва. В ИПКОН РАН разработана линейка гранулированных взрывчатых смесей с использованием отходов переработки резинотехнических изделий, которые проходят промышленные испытания на горных предприятиях АО «СУЭК»[3].

В ИПКОН РАН проводятся работы по разработке инновационных геотехнологий обеспечивающих повышение безопасности и эффективности разрушения горных пород, созданию роботизированной технологии формирования зарядов и детонационных систем для дробления взрывом горных пород/4,5/ Применение новых технологий позволит сократить численность взрывников, расходы на хранение и перевозку опасных грузов, вывести за пределы опасной зоны работающий на зарядании скважин персонал и повысить таким образом безопасность горных работ. Предлагаемая технология базируется на производстве и применении инновационных составов взрывчатых смесей с переменными взрывчатыми характеристиками и энергетической

насыщенностью, обеспечивающих полную автоматизацию процессов производства на роботизированной мобильной платформе элементов скважинного заряда, снижение расхода ПВВ за счет повышения полноты химического превращения в зонах нестабильной детонации (вблизи боевика и в устье скважины или шпура). ООО «ТезНаНова» в рамках реализации проекта инновационного центра «Сколково» разрабатывает эмульсионные составы патронированных и наливных ЭВВ адаптированные к решению вопросов роботизации формирования детонационных систем, технологии формирования зарядов с переменными взрывчатыми характеристиками.

### **Список литературы**

1.Викторов С.Д., Закалинский В.М., Ефремовцев Н.Н. Применение инновационных технологий управления действием взрыва для повышения эффективности разработки месторождений стратегического сырья. Доклад на конференции «Современные инновационные технологии в горном деле и при первичной переработке минерального сырья» // Решение технологических проблем горного производства на территории России ближнего и дальнего зарубежья. М.: – 2018. Изд. ВНИПИПромтехнологии. С. 8-14.

2.Ефремовцев Н.Н. Новые промышленные взрывчатые вещества и технологии их производства на основе поризующих эмульсий для горной промышленности. Труды международного научного симпозиума «Неделя горняка-2018»: Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). – 2018. № 1 (специальный выпуск 1). – М.: Издательство «Горная книга». – С. 178-191.

3. Захаров В.Н., Викторов С.Д., Ефремовцев Н.Н., Вартанов А.З., Закалинский В.М. О применении материалов утилизации резинотехнических изделий в производстве простейших взрывчатых веществ. Труды международного научного симпозиума «Неделя горняка-2018»: Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). – 2018. № 1 (специальный выпуск 1). – М.: Издательство «Горная книга». – С. 192-196.

4.Ефремовцев Н.Н. Создание роботизированных технологий формирования детонационных систем для добычи полезных ископаемых. Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр. Под редакцией академика К.Н. Трубецкого. // Составители: канд.техн.наук А.З. Вартанов, канд.техн.наук А.Г. Красавин, канд.техн.наук Н.А. Милетенко – М.: ИПКОН РАН. – 2018. – С. 23-25.

5. Трубецкой К.Н. Ефремовцев Н.Н. О создании инновационных роботизированных геотехнологий формирования детонационных систем для повышения безопасности и эффективности взрывных работ. Горная Промышленность №4 ( 140) 2018г. стр.80-82.

## **ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ АНКЕРНОЙ КРЕПИ**

В мировой практике для получения антикоррозионных покрытий на стальных изделиях, эксплуатируемых в подземных условиях, применяют различные порошковые полимерные материалы, позволяющие обеспечить длительную и надежную защиту металлических конструкций от коррозии.

До настоящего времени крепь, изготавливаемая ООО «УралЭнергоРесурс», покрывалась красками на основе эпоксидных и эпоксидно-полиэфирных смол ввиду достаточно высокой их химической и механической стойкости.

При использовании порошкообразного полиэтилена высокой плотности достигаются более высокие показатели коррозионной устойчивости: а) по сравнению с краской имеет повышенную химическую стойкость в водных средах разной кислотности и обеспечивает более надежную защиту металла; б) более эластичен и менее подвержен разрывам при установке в шпур. Толщина покрытия из полиэтилена на СЗА в зависимости от условий нанесения может составлять 500-1000 мкм, что обеспечивает усиленную изолирующую защиту анкерной крепи от коррозии. Полиэтиленовые толстостенные покрытия рекомендуются для эксплуатации в грунтах и сильноагрессивных жидких средах согласно СП 28.13330.2017 "Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85" и ГОСТ 9.602-2016 «ЕСЗКС. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии».

Целью проведения опытно-промышленных испытаний (ОПИ) является сравнительная оценка антикоррозионной надежности полимерных покрытий анкерной крепи с покрытием на основе эпоксидно-полиэфирных смол и с покрытием из полиэтилена высокой плотности, а также испытание несущей способности и оценка работоспособности анкеров СЗА и СЗА – УФК (усиленных стержней анкеров со специальной вставкой в виде анкера СЗА меньшего диаметра) с покрытием «тип №1 и с покрытием «тип №2».

Основными задачами ОПИ является: сравнение защитных свойств покрытий двух типов по следующим параметрам: а) толщины, прочности, сплошности, изолирующих свойств; б) характера нарушений покрытий после установки и взрывных работ; в) ускоренных испытаний на коррозионную стойкость в условиях эксплуатации; оценка несущей способности СЗА (СЗА-УФК) с новым типом покрытия и без него.

### **Список литературы**

1. «Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых"(Утвержденных приказом Ростехнадзора от 11.12.2013г. № 599 (с изменениями на 21 ноября 2018 года);
2. ГОСТ 31559-2012 «Крепи анкерные. Общие технические условия» (с изменениями №1);
3. ГОСТ 9.602-2016 «Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии».
4. СП 28.13330.2017 "Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85".
5. Зубков А. А., Латкин В. В., Неугомонов С. С., Волков П. В. Перспективные способы крепления горных выработок на подземных рудниках//Горный информационно-аналитический бюллетень. Отдельные статьи (специальный выпуск). 2014. № S1-1. С. 106-117.
6. Неугомонов С. С., Волков П. В., Жирнов А. А. Крепление слабоустойчивых пород усиленной комбинированной крепью на основе фрикционных анкеров типа СЗА//Горный журнал 2018. № 2. С. 31-34.
7. Калмыков В. Н., Латкин В. В., Зубков А. А., Неугомонов С.С., Волков П.В. Технологические особенности возведения усиленной комбинированной крепи на подземных рудниках//Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № 4 (специальный выпуск 15). С. 63-69.

**М.А. Егоров, А.И. Полулях**

*ОАО «Уралмеханобр», г. Екатеринбург, Россия*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЗАКЛАДОЧНЫХ СМЕСЕЙ С ДОБАВЛЕНИЕМ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПЕПЛА В КАЧЕСТВЕ АКТИВНОЙ МИНЕРАЛЬНОЙ ДОБАВКИ**

Для условий Тырнаузского месторождения были проведены исследования по использованию вулканического пепла месторождения Нартухукское (Кабардино-Балкарская Республика) в качестве активной минеральной добавки при приготовлении закладочных смесей.

В качестве материалов для приготовления закладочной смеси проводились исследования с использованием следующих материалов: цемент, хвосты обогащения, вода и вулканический пепел.

Хвосты обогащения, получаемые на Тырнаузском месторождении, представляют мелкодисперсный материал с содержанием фракции -0,08 мм 65 %; -0,04 мм – 46 %. Вулканический пепел представляет собой уплотнённый материал фракции 0-40 мм. Подбор составов твердеющей закладочной смеси с использованием вулканического пепла проведен на

разной тонкости помола пепла (25, 45 и 60 % фракции  $-0,08$  мм). В лабораторных испытаниях использовался цемент класса ЦЕМ II/B-III 32,5Н ГОСТ 31108-2016. Расход цемента составлял от 100 до 300 кг/м<sup>3</sup> с шагом 50 кг/м<sup>3</sup>.

Проведен подбор составов закладочных смесей без использования пепла и с пеплом разного помола. Составы подбирались с учётом реологических свойств материалов. У приготовленных смесей определяли плотность, растекаемость, которая по вискозиметру Суттарда составила в среднем 24,5 см (угол растекания  $5\pm 2^\circ$ ). Нормативные сроки твердения закладки – 28, 90 суток.

Анализ результатов испытаний прочности показал, что добавление пепла в состав закладочных смесей существенно увеличивает прочность. Так, разница в прочности между составами на хвостах без добавления пепла и хвостах с добавлением пепла составляет от 17 до 52 %. При расходе цемента 100 кг/м<sup>3</sup> разница составляет 52 % при т.п. 25 %; 51 % - при т.п. 45 %; 50 % - при т.п. 60 %. При расходе цемента 200 кг/м<sup>3</sup> разница составляет 36 %, 37 %, 17 % соответственно. При расходе цемента 300 кг/м<sup>3</sup> - 49 %, 41 %, 37 % соответственно.

В заключение следует отметить, что повсеместно используемые в качестве добавки в закладку материалы (граншлаки, золы, ангидрит) отсутствуют в Кабардино-Балкарской Республике. Исследуемый материал – вулканический пепел, может быть использован в производстве закладочных работ для снижения их стоимости (экономия в расходе цемента от 40 до 240 кг/м<sup>3</sup> в зависимости от необходимой прочности).

**В.В. Олизаренко, Ар.А. Зубков**

*ФГБОУ ВО «МГТУ им.Г.И.Носова», г. Магнитогорск, Россия*

**М.В. Лаптев**

*ПАО «Гайский ГОК», г. Гай, Россия*

**А.Б. Аллабердин**

*Сибайский филиал «БГУ», г. Сибай, Россия*

## **ОБОСНОВАНИЕ МОДЕЛИ, ПАРАМЕТРОВ И СРЕДСТВ ДОСТАВКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА В ШАХТУ**

Увеличение потребности в медно-колчеданных рудах в РФ и на мировом рынке сопровождается повышением производственной мощности подземных рудников до 7-10 млн. тонн в год и более. Это в свою очередь приводит к увеличению глубины разработки до 1500 м на отечественных рудниках, а также длины наклонных съездов более 10 км, например, на Гайском подземном руднике.

Последнее приводит к усложнению основных и вспомогательных технологических процессов с углубкой вскрывающих стволов, проходки наклонного съезда, увеличения подготовительно-нарезных, очистных и

вспомогательных работ с применением различных систем разработки и самоходных машин с двигателями внутреннего сгорания (ДВС), как основных средств их механизации.

Существенное снижение себестоимости добычи руды на подземном руднике возможно за счет разработки модели доставки дизельного топлива (ДТ) с годовым объемом расхода, например, на Гайском подземном руднике более 3895,0 т/год или 10,67 тонны в сутки. Увеличение объемов доставки ДТ в шахту требует радикального решения по выбору модели доставки ДТ в шахту: топливозаправщиками (ТЗ) по наклонному съезду; по трубопроводу, смонтированному в буровой скважине; по скиповому стволу в специальных вагонетках; комбинированным способом по схеме «топливозаправщик-скважина» или «топливозаправщик-вагонетка».

В ходе изучения моделей доставки ДТ в шахту выявлены следующие подземные рудники-аналоги: Гайский, Октябрьский, Николаевский, Узельгинский на действующих ГОКах Урала. Изучение технической литературы по способам доставки ДТ в шахту показало, что информация по доставке горюче-смазочных материалов (ГСМ) в шахту на рудниках в свободном доступе отсутствует. Вероятной причиной является отсутствие научной составляющей в данном вопросе, который решается проектными отделами горнодобывающих предприятий.

С целью оптимизации модели доставки ГСМ в шахту проведены исследования и выполнена оценка существующих схем доставки ДТ в шахту на Гайском подземном руднике и подземных рудниках-аналогах. Проработаны и рекомендованы две конкурентно способные модели комбинированной доставки ДТ в шахту на Гайском подземном руднике – топливозаправщиком и далее по трубопроводу, смонтированному в буровой скважине и в специальных вагонетках по клетьевому стволу.

### **Список литературы**

1. Отчет по НИР «Разработка схемы доставки дизельного топлива в шахту по скважинам». - Верхняя Пышма, НЧОУВО ТУ УГМК, 2017.

2. СП 91.13330.2012. Подземные горные выработки. Актуализированная редакция СНиП II-94-80. Утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 30 июня 2012 г. № 283. Введен в действие с 1 января 2013 г.

3. Гавришев С.Е., Рахмангулов А.Н., Грязнов М.В. Управление развитием горнодобывающего предприятия. Информационные модели и методы. Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2002. 245 с.

4. Олизаренко В.В., Красавин В.А., Абдрахманов Р.И., Гольцов В.В. Анализ логистической схемы горно-обогадательного предприятия при комбинированной разработке медно-колчеданных месторождений // Современные проблемы транспортного комплекса России: Межвузовский сборник научных трудов. Вып. 4. Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2013. С. 88-94.

**М.В. Лаптев**  
*ПАО «Гайский ГОК», г. Гай, Россия*  
**В.В. Олизаренко**  
*ФГБОУ ВО «МГТУ им.Г.И.Носова», г. Магнитогорск, Россия*  
**А.Б. Аллабердин**  
*Сибайский филиал «БГУ», г. Сибай, Россия*

## **ОБОСНОВАНИЕ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ДОСТАВКЕ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА В ШАХТУ**

Актуальность управленческих решений по доставке дизельного топлива в подземные рудники (шахты) объясняется повышением объемов добычи медно-колчеданной руды до 6-10 млн. тонн в год по Гайскому, Учалинскому и другим ГОКах и в регионах РФ. Увеличение объемов добычи сопровождается снижением содержания меди в руде до 1,8% на ряде рудников и повышением затрат на добычу 1 тонны руды, в себестоимости которой до 35% приходится на дизельное топливо (ДТ).

Обоснование управленческих решений по доставке дизельного топлива в шахту выполнено с целью поиска оптимальной модели доставки дизельного топлива и других горюче-смазочных материалов (далее – ГСМ) на глубокие горизонты подземного рудника (в дальнейшем изложении - в шахту) с разработкой рекомендаций по проектированию оптимального модуля доставки. Последнее достигается путем сравнения конкурентно способных вариантов доставки ДТ в шахту: топливозаправщиками (далее – ТЗ) по наклонному съезду, по трубопроводу, проложенному в обсаженной скважине и в специально оборудованных шахтных вагонетках, с обоснованным выбором оптимальной модели.

По данным выполненных исследований разработана методика рациональной организации и управления движением дизельного топлива (ДТ) на основе движения материальных и логистических потоков на принципах логистической концепции, рохрематике и менеджмента. Применение логистических принципов на доставке ДТ в шахту обеспечивают снижение затрат на транспортировку самоходными машинами с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) как рудной массы, так и дизельного топлива, времени доставки их потребителю при заданном уровне качества и транспортных услуг.

Конечный критерий обоснования управленческих решений по доставке ДТ в шахту определялся применительно к условиям Гайского подземного рудника ПАО «Гайский ГОК» с учётом факторов действующих на экологические, социальные, пожарные и санитарные нормы и правила.

Апробация разработанной технико-экономико-математической модели и методики расчета параметров доставки ДТ в шахту представлены на схеме модели совмещенных с результатами расчета

параметров в табличной форме. По данным расчета параметров доставки ДТ в шахту по основным и альтернативным моделям доставки, определены и построены графики стоимостных затрат на доставку ДТ в шахту по конкурирующим и альтернативным вариантам. Выполненные расчеты по данным исследования использования модуля доставки ДТ в шахту в специальной вагонетке, размещаемой и спускаемой в шахту в клетки вспомогательного клетцевого ствола, имеет капитальные затраты равные 4,8 млн. рублей, что меньше затрат при скважинной доставке ДТ в шахту на 28 %.

При этом требуется детальная проработка вопросов и организация технической и пожарной безопасности как при скважинной доставке ДТ в шахту, так и в специальных вагонетках в клетки клетцевого ствола.

**Д.В. Дорохов, С.Б. Ожигина, О.В. Старостина, С.Г. Ожигин**  
*КарГТУ, г. Караганда, Казахстан*

## **ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПО АЭРОФОТОСЪЕМКАМ ДЕФОРМАЦИЙ НА ШАХТНОМ ПОЛЕ**

Рост интенсивности извлечения полезных ископаемых из недр обусловил значительное распространение при подземном способе разработки систем с обрушением руд и вмещающих пород. Для данных предприятий актуален вопрос оценки состояния горного массива.

По мере интенсификации горных работ, как по площади, так и по глубине возрастает площадь земной поверхности, подверженная значительному деформированию [1]. С целью соблюдения маркшейдерских инструкций, для выявления деформаций на поверхности шахтного поля, возможно применение технологий дистанционных измерений [2, 3].

Целью данной работы является оценка точности получаемых данных от аэрофотосъемок с квадрокоптера, позиционированного электронным тахеометром относительно съемочной сети предприятия. Данная методика съемки позволяет безопасно для исполнителя, не находясь в опасной зоне возможного обрушения, определять координаты снимков, с необходимой точностью.

В ходе исследования выполнены экспериментальные съемки, выявлены причины возникновения погрешностей предлагаемой методики и предложен способ оценки точности. Основными источниками ошибок являются погрешность определения дирекционного угла –  $m_{\text{дир.уг.}}$ , °, угла наклона к горизонту –  $m_{\omega}$ , ° и длины базиса снимков –  $B_T$ , м.

Проведена экспериментальная апробация методики в условиях шахты «Соколовская» АО «ССГПО» и дана сравнительная оценка полученных данных с альтернативными результатами GPS-измерений [4]. Установлено, что предложенный метод определения положения просадок и обрушений обеспечивает требуемую точность измерений в 0.5 м относительно пунктов

съемного обоснования для съемок масштаба 1:1000 в плане и 0.2 м по высоте [2, 5].

### **Список литературы**

1. Барсуков И. В., Морин С. В. Геомеханическое и маркшейдерское обеспечение безопасной эксплуатации зданий и сооружений, возводимых на подработанных территориях ликвидированных шахт // Горная геомеханика и маркшейдерское дело: сб. науч. тр.— СПб.: ВНИМИ, 2009. — С. 198 – 203.

2. Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль. Инструкция по производству маркшейдерских работ / Федеральный горный и промышленный надзор России. — М.: ФГУП НТЦ Промышленная безопасность, 2004. — 120 с.

3. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500 / ГУГК. М.: Недра, 1983, 98 с.

4. Дорохов Д.В., Низаметдинов Ф.К., Ожигин С.Г., Ожигина С.Б. Методика маркшейдерской съемки деформаций земной поверхности шахтного поля // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых — Новосибирск: Изд-во СибО РАН (научно-технический журнал). — 2018. — №5. — С. 191 – 200.

5. Попов В.Н., Ворковастов К.С., Столчев В.Г., Руденко В.В., Алферов А.Ю., Макурин А.Б. Маркшейдерские работы на карьерах и приисках: справочник. М.: Недра, 1989, 424 с.

**Н.В. Угольников, Д.В. Доможиров**

*ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия*

## **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПАРНО-СБЛИЖЕННЫХ СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДОВ НА КРУТОРОЖИНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ОАО «ОКУ»**

Проектом разработки месторождения предусмотрено для ведения горных работ использовать буровые станки СБШ-250МН и другие для бурения скважин диаметром 150, 190, 220 и 250 мм.

Расчеты параметров расположения скважинных зарядов на уступах более 10 м с использованием скважин малого диаметра 150 и 190 мм показали, что расчетная ЛСПП для крупноблочных горных пород не проходит по условию безопасности бурения первого ряда скважин. Поэтому было предложено применение парно-сближенных скважин.

Для определения рациональных параметров расположения парно-сближенных скважин предлагается использование принципа автомодельности, основанном на учете критических скоростей смещения массива в зоне действия смежных парно-сближенных скважинных зарядов.

Скорость смещения среды связана с действующим напряжением посредством следующей зависимости:

$$V_{сж(p)} = \frac{\sigma_{сж(p)}}{\rho_0 c_p} K_d \quad (1)$$

где  $K_d$  - коэффициент динамичности.

Условием разрушения среды, его отделение от массива и перемещения является равенство или превышение возникающих при взрывном нагружении массива скоростей смещения критическим значениям:

$$V_{сж(p)} \geq V_{кр} \quad (2)$$

где  $V_{кр}$  - минимальные (критические) значения скорости смещения массива, при которой происходит разрушение.

Расстояние между парно-сближенными скважинными зарядами при мгновенном взрывании должно соответствовать условию превышения суммарной скорости смещения массива значения критической скорости сжатия в каждой точке между зарядами.

### **Список литературы**

1. Пергамент В.Х. Критические скорости и параметры буровзрывных работ //Инженерные методы управления действием взрыва. Сб.научн.тр. Магнитогорск: МГМИ, - 1971 вып. 89. - С.40-48.

2. Pergament V., Melnikov Iv., Suraev V., Melnikov I., Vassiliev K., Kotik M., Shevtsov N. Ensuring seismic safety of the explosive works and evaluation of the consequences related to technogenic and natural seismic events // Minno delo i Geologia. – Bulgaria, 1000 Sofia. - 2014. no 1-2. pp. - 57-63.

**АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ КОМПЛЕКСНОГО И  
ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО ОСВОЕНИЯ И  
ПЕРЕРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ**



## **ОБОСНОВАНИЕ РЕШЕНИЙ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В ПРОЦЕССЕ ВЕДЕНИЯ ДОБЫЧНЫХ РАБОТ НА КРУТОПАДАЮЩИХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ**

Восстановление земель, нарушенных открытыми горными работами в условиях разработки крутопадающих месторождений, всегда вызывают особую сложность в сравнении с другими типами залежей твердых полезных ископаемых. В первую очередь это обусловлено существующим подходом к проектированию горнотехнической системы, при котором основной целью разработки месторождения является максимизация эффективности ведения горных работ за счет отнесения значительных объемов работ на поздний период. В перечень этих работ включены и мероприятия по восстановлению земель. При этом затраты на выполнение рекультивационных работ на глубоких карьерах достигают 30% стоимости добытых полезных ископаемых. Основные затраты при этом приходятся на изоляцию выходов рудных тел в борт карьера, укрепление его откосов, в том числе пригрузкой, а также выполаживание откосов отвалов и верхних уступов карьера с последующим формированием ограждающего вала по его периметру [1]. Данные мероприятия обеспечивают экологическую и промышленную безопасность ликвидируемого объекта, как на период его рекультивации, так и после окончания данных работ.

Принимаемые сегодня проектные решения призваны обеспечить исключительно экологическую и промышленную безопасность ведения горных работ, но не устойчивое развитие горнотехнической системы в рамках комплексного освоения участка недр при разработке крутопадающих месторождений. В отличие от пологих и наклонных месторождений, когда технологически возможно и экономически целесообразно вести добычные работы с формированием внутреннего отвала и параллельной рекультивацией его поверхности, при разработке крутопадающих месторождений осуществить восстановление земель до завершения добычных работ без поиска альтернативных решений по использованию создаваемых горнотехнических сооружений, не представляется возможным.

Перспективными решениями восстановления земель в процессе освоения запасов крутопадающих месторождений является формирование выработанного пространства и складирование в соответствующей последовательности дифференцированных при выемке из массива рыхлых и скальных пород с целью создания техногенных объектов, предназначенных для воспроизводства альтернативной энергии и

размещения промышленных отходов и продуктов их переработки. В этом случае, создаваемые техногенные объекты являются самостоятельным субъектом, не связанные с добычей полезных ископаемых, а земли, на которой они размещаются, - рекультивированными.

Техническим решением по целенаправленному формированию внешних отвалов, обеспечивающем параллельное восстановление земель, является создание такой конструкции, которая обеспечивает концентрацию потока ветра в заданной точке пространства с требуемыми характеристиками для установки указанных точек источников альтернативных источников энергии. Создание приемных емкостей для размещения промышленных отходов и продуктов их переработки в период строительства карьера, когда в достаточном объеме присутствуют рыхлые и скальные породы, также является альтернативным способом формирования техногенного объекта.

Применительно к выработанному пространству карьера, его использование в период разработки крутопадающего месторождения возможно только в случае выделения обособленного участка, на котором будет осуществлена полная отработка балансовых запасов. Такие условия характерны для маломасштабных, а не для мощных месторождений. В условиях последних, наиболее целесообразным является интенсификация горных работ части карьера с целью постановки верхних уступов в предельный контур [2]. При этом конструктивные параметры откосов должны иметь угол в диапазоне  $35-45^{\circ}$  при высоте до 5м, с целью обеспечения установки альтернативных источников энергии.

Технические решения, обеспечивающие совмещение добычных работ и восстановление нарушенных земель, позволяют одновременно реализовать принципы устойчивого развития горнотехнической системы и значительно повысить эффективность горнодобывающего предприятия за счет сокращения затрат на рекультивацию и снижение площади арендуемых земельных участков.

### **Список литературы**

1. Пыталев И.А. Обоснование параметров карьеров и отвалов, формируемых в виде емкостей для размещения промышленных отходов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Магнитогорск, 2008.

2. Гавришев С.Е., Заляднов В.Ю., Пыталев И.А. Формирование и освоение техногенных георесурсов. Определение параметров карьеров и отвалов. Монография / Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Магнитогорск, 2011.

## **ФОРМИРОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННОГО ПРОСТРАНСТВА НА ОСНОВЕ ВНЕШНИХ ОТВАЛОВ ДЛЯ СКЛАДИРОВАНИЯ ПРОДУКТА СГУЩЕНИЯ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ГАЙСКОГО ГОРНО- ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА**

В настоящее время Гайский горно-обогатительный комбинат в рамках проведения горнотехнического этапа рекультивации выработанного пространства карьера №2 осуществляет складирование текущих хвостов обогащения. Приемной емкости данного карьера с учетом темпов проведения технического этапа рекультивации, планов по реконструкции обогатительной фабрики по увеличению ее производительности до 9 млн т руды в год, а также интенсивности сброса текущих хвостов, будет полностью заполнена не более, чем через 4 года. С учетом отсутствия возможности строительства нового хвостохранилища, в том числе в требуемые сроки, осуществление рекультивации карьера №1 является наиболее целесообразным решением, обеспечивающим одновременное выполнения его рекультивации и экологически безопасное размещение хвостов обогащения. Однако состояние карьера №1 и подземных горных выработок под ним не позволяет использовать его выработанное пространство без дополнительных мероприятий, обеспечивающих технологическую возможность и промышленную безопасность размещения продукта сгущения хвостов обогащения и одновременного ведения подземных горных работ. С целью недопущения остановки обогатительной фабрики по причине отсутствия приемной емкости для размещения хвостов обогащения необходим поиск решений, обеспечивающих временное их накопление на период подготовки карьера №1 и начала его рекультивации на полную производственную мощность ГОКа.

В качестве альтернативного решения складирование хвостов обогащения предложено формирование техногенного пространства с использованием существующего внешнего отвала вскрышных пород для размещения сгущенных продуктов обогащения, после строительства комплекса сгущения хвостов обогащения.

В результате произведенного анализа прилегающих территорий к промышленной площадке Гайского горно-обогатительного комбината выявлен земельный участок за восточным внешним отвалом, пригодный для формирования техногенного пространства с целью размещения хвостов обогащения. При этом часть внешнего отвала будет выполнять функцию внутреннего откоса приемной емкости, а остальная ее часть

будет сформирована с использованием пород, размещенных в данном отвале. Таким образом, тело ограждающей дамбы по периметру техногенной емкости предусматривается отсыпать из скальных пород внешнего отвала, а изоляционный слой на поверхности внутренних откосов – из глинистых пород. Это решение обеспечит предотвращение проникновения сгущенного продукта и воды в тело дамбы [1]. По периметру техногенной емкости предусмотрено формирование перехватывающих канав с целью организованного сбора воды и подачи ее в систему оборотного водоснабжения обогатительной фабрики.

С учетом значительной площади создаваемой техногенной емкости, свободной водоотдачи продукта сгущения и объема поверхностных вводов, для предотвращения накопления воды и обеспечения устойчивости ограждающих дамб предусматривается строительство шандорных колодцев в местах с наименьшей отметкой рельефа исходя из технологии и очередности складирования продукта сгущения хвостов обогащения.

Для формирования техногенного пространства в виде открытого склада и дальнейшего его использования для размещения продукта сгущения хвостов обогащения предусматриваются следующие мероприятия [2]:

1. Удаление почвенного грунта с территории открытого склада и ограждающих дамб;
2. Формирование водоотводных канав для перехвата и перенаправления свободной воды продукта сгущения и поверхностных вод с территории склада в систему оборотного водоснабжения обогатительной фабрики, в том числе за счет формирования шандорных колодцев;
3. Формирование ограждающих дамб из пород внешних отвалов;
4. Гидроизоляция откоса с внутренней стороны техногенной емкости за счет формирования изоляционного экрана;
5. Размещение продукта сгущения в пределах техногенной емкости.

Таким образом, формирование техногенного пространства с использованием внешних отвалов в качестве подпорной стенки, для размещения продукта сгущения хвостов обогащения позволяет создать приемную емкость на территории, изначально не предназначенной для строительства хвостохранилища. При этом в условиях Гайского ГОКа максимальная полезная емкость, исходя из имеющегося земельного участка и параметров внешнего отвала, сопоставима с объемом выработанных пространств карьеров №1. Исходя из площади техногенной емкости, высотных отметок рельефа и высоты ограждающих дамб, объем материала, необходимый для их формирования составляет 25 млн м<sup>3</sup>, что составляет 20% от полезного объема создаваемого горнотехнического сооружения, который составляет 126 млн м<sup>3</sup>. Максимальный срок эксплуатации техногенной емкости составит 50 лет. Данное техническое решение рассмотрено в качестве альтернативного варианта буферной емкости для размещения хвостов обогащения в

период подготовки выработанного пространства карьера №1 к осуществлению технического этапа рекультивации земель, нарушенных горными работами.

### **Список литературы**

1. Калмыков В. Н., Зотеев О. В., Зубков А. А., Гоготин А. А., Зубков А. А. Опытно-промышленные испытания технологии закладки выработанного пространства Учалинского карьера отходами обогатительного передела. Научная статья / Известия высших учебных заведений. Горный журнал. Екатеринбург, 2013.

2. Гавришев С.Е., Пыталев И.А. Перспективные направления использования отвалов и выработанного карьерного пространства. Научная статья/Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. Магнитогорск, 2007.

**Е.Г. Ожогина, И.В. Шадрунова, Т.В. Чекушина**  
*ИПКОН РАН, г. Москва, Россия*

## **ВОЗМОЖНОСТИ ПРИКЛАДНОЙ МИНЕРАЛОГИИ В СОЗДАНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ СБАЛАНСИРОВАННЫХ ГЕОТЕХНОЛОГИЙ**

Рациональное освоение минерального сырья предусматривает максимально возможное извлечение, как полезных, так и сопутствующих минералов, использование его технологических свойств, обоснование технологий добычи и переработки руд и (или) горных пород, расширение и укрупнение минерально-сырьевой базы действующих и проектируемых горно-обогатительных предприятий, ликвидацию последствий горно-металлургического производства.

Сегодня разрабатываются и широко внедряются в практику геологоразведочных работ геотехнологии, направленные на полное и комплексное освоение месторождений полезных ископаемых, учитывающее в перспективе воспроизводство минерально-сырьевой базы и ликвидацию последствий промышленного освоения объекта, в первую очередь негативного влияния на окружающую среду. В связи с этим технологические аспекты минералогического изучения твердых полезных ископаемых существенно расширились и стали не только доминирующими, но и приобрели новое содержание, что обусловило интенсивное развитие прикладной минералогии в целом.

Оценка качества минерального сырья, в первую очередь прогнозная проведенная на ранних стадиях геологического изучения рудопроявления (месторождения) в дальнейшем оптимизирует управление технологическими процессами при его освоении, способствует созданию оптимальных комплексных экологически сбалансированных геотехнологий. Поэтому совершенно очевидна необходимость системного подхода к минералого-аналитическим исследованиям на разных стадиях

изучения сырьевого объекта.

Вся информация должна сохраняться, накапливаться и анализироваться во всей совокупности по мере детализации. Как показывает опыт, минералогическая информация, полученная на разных стадиях геологоразведочных работ, оказывается весьма полезной при решении технологических и горнотехнических проблем, возникающих при его отработке или геолого-экономической переоценке.

Достоверность результатов минералогических исследований определяется соблюдением требований системы контроля их качества, которая охватывает основные элементы метрологического обеспечения аналитических (в том числе минералогических) работ: требования к лабораториям, требования к качеству пробоподготовки, требуемую точность анализов, методики выполнения измерений, стандартные образцы фазового состава и свойств минералов, процедуры и нормы внутреннего и внешнего контроля.

Важным моментом минералогических исследований являются научно-обоснованные методические документы, обеспечивающие единство и требуемую точность измерений, достоверные результаты при минимуме материальных затрат. Все определения независимо от степени сложности объекта должны выполняться в соответствии с методическими документами, излагающими методику выполнения анализа.

**М.С. Колкова**

*ООО «ИТМ», г. Магнитогорск, Россия*

**Е.А. Горбатова**

*ФГБУ «ВИМС», г. Москва, Россия*

## **МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТИТАНОМАГNETИТОВЫХ И ИЛЬМЕНИТ- ТИТАНОМАГNETИТОВЫХ РУД МЕДВЕДЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ С ПОЗИЦИИ ИХ ОСВОЕНИЯ**

Большая часть запасов титана российских магматогенных месторождений в габброидах представлена ильменит-титаномагнетитовыми рудами. Преобладание титаномагнетита в рудах является основной причиной их низкой востребованности, из-за отсутствия эффективных технологий извлечения диоксида титана из титаномагнетита. Поэтому к наиболее перспективным месторождениям с высокой долей диоксида титана относятся ильменит-титаномагнетитовые, апатит-ильменит-титаномагнетитовые и ильменит-магнетитовые месторождения.

Медведевское месторождение в основном представлено вкрапленными титаномагнетитовыми и ильменит-титаномагнетитовыми рудами, отличающимися минералого-геохимическими характеристиками

– химическим, минеральным и гранулярным составами, степенью преобразования рудных и нерудных составляющих в зависимости от их геолого-структурной позиции оруденения.

Перераспределение сидерофильных элементов (железа, титана, ванадия, марганца) по минералам руд отражает их генетические особенности, что в конечном итоге является определяющим фактором для выбора направления технологических решений.

Вкрапленные руды характеризуются незначительным разнообразием текстурного рисунка за счет неравномерного распределения вкрапленников и типов сростаний с нерудными минералами. Структура силикатной составляющей руды средне-мелкозернистая, замещения, рудной – мелко-среднезернистая, интерстиционная, сидеронитовая, перекристаллизации. Среди более распространенных вторичных процессов выделяются амфиболитизация и сосюритизация. Уровень и характер перекристаллизации микроагрегатов магнетита и ильменита (титаномагнетита) определяются различной генетической природой, что предопределяет качество самих руд.

Изменение рудных и нерудных минералов различное, в титаномагнетитовых рудах главные рудообразующие минералы изменены в меньшей степени, чем в ильменит-титаномагнетитовых, что наиболее четко просматривается по взаимосвязи удельной магнитной восприимчивости, микротвердости и гранулярного состава минеральных сростков и оказывает существенное влияние на выбор параметров рудоподготовки и методов обогащения.

**Ю.П. Галченко, А.Н. Прошляков**  
*ИПКОН РАН, г. Москва, Россия*

## **НОВЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ СУБМИКРОННЫМИ МИНЕРАЛЬНЫМИ ЧАСТИЦАМИ В ПРОЦЕССЕ ТЕХНОГЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ НЕДР**

В работе рассмотрены новые экологические риски, обусловленные формированием потока субмикронных частиц в процессе техногенного изменения недр. Предложен дифференцированный подход к рассмотрению механизмов сверхтонкого разрушения пород, как процессов, в которых разрушение пород спровоцировано перераспределением горного давления, сдвигом пород и т.п., и процессов, в которых разрушение пород связано с локальным динамическим воздействием на породу бурового инструмента или взрыва[1]. Представлена схема возможных источников наноразмерных частиц при разработке месторождений.

Установлено, что массовая доля высокодисперсных частиц в значительной степени зависит от фрактальной размерности раздробленного материала, которая, в свою очередь, зависит от схемы

процесса дезинтеграции. Обозначена проблема по раскрытию механизмов образования наноразмерных минеральных частиц.

Выполненные с помощью метода «случайных балансов» оценки результатов многочисленных натурных и лабораторных экспериментов, показывают, что при взрывном разрушении скальных пород доля субмикронных фракций в объеме дроблёного материала может находиться в пределах от 0,01 до 0,1 процента в зависимости от типа и минерального состава разрушаемой горной породы. При ударно-вращательном и ударно-поворотном бурении этих пород доля этих фракций в два-четыре раза выше, чем при взрывном разрушении [2].

Дано новое представление о структуре понятия экологии горного производства. Рассмотрены особенности транзита и депонирования наночастиц в атмосфере Земли, а также в шахтной атмосфере. Оценено влияние наночастиц на здоровье человека с учетом их минерального состава.

### **Список литературы**

1. Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П., Бурцев Л.И. Экологические проблемы освоения недр при устойчивом развитии природы и общества. // М., Научтехиздат. – 2003 - 262 с.
2. Чантурия В.А., Трубецкой К.Н., Викторов С.Д., Бунин И.Ж. Наночастицы в процессах разрушения и вскрытия геоматериалов // М. ИПКОН РАН - 2006 – 219 с.

**А.Б. Юн, О.М. Синянская**

*ТОО «КазГидроМедь», г. Караганда, Казахстан*

**О.Е. Горлова**

*ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия*

## **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ СМЕШАННЫХ МЕДНЫХ РУД ИЗ ОТВАЛОВ**

В современных условиях развитие рудной базы медной отрасли связывается не столько с введением в эксплуатацию новых месторождений, но и с вовлечением в переработку низкосортного медьсодержащего сырья в виде отвалов бедных сульфидных, окисленных и смешанных руд, вскрышных минерализованных пород, потерянных запасов в недрах месторождений, хвостов обогащения, отходов металлургического производства и т.п. При этом наиболее трудными объектами для рентабельной переработки являются смешанные медные руды, заскладированные в отвалах на большинстве медных месторождений, в том числе и в Казахстане. Это обусловлено многообразием и отличающимися флотационными свойствами различных минеральных форм меди смешанных медных руд,

являющихся вторичными медными образованиями в результате окисления сульфидов меди, тонкой структурой руд, значительной каолинизацией и серитизацией вмещающих пород, большим содержанием охристо-глинистых шламов. Особенности вещественного состава и технологических свойств материала отвалов определяют построение технологической схемы их переработки на основе комбинирования процессов флотации сульфидных и выщелачивания окисленных минералов меди для наиболее полного использования запасов меди.

Комбинированная технология переработки смешанных медных руд разработана для руд, заскладированных в отвале месторождения Таскора (Республика Казахстан), как для наиболее типичных труднообогатимых смешанных руд (53% отн. меди в сульфидных, 47% отн. в окисленных минералах). Технология предусматривает сульфатно-аммонийное выщелачивание окисленных медных минералов с подачей растворителя сульфата аммония на стадию мокрого измельчения руды перед флотацией, флотационное извлечение сульфидных минералов, гидрометаллургическую переработку продуктивных растворов выщелачивания, получаемых отделением жидкой фазы пульпы от концентрата и хвостов флотации.

Обоснованы режим и параметры комбинированной флотационно-гидрометаллургической технологии переработки смешанной медной руды: измельчение руды до 85% класса  $-0,071$  мм с подачей сульфата аммония и его концентрацией в жидкой фазе  $133$  г/дм<sup>3</sup>, флотация измельченной руды при расходе ксантогената  $60$  г/т, пенообразователя  $35$  г/т, рН среды  $7,6$  ед. по схеме основной, контрольной флотации и двух перечистных операций медного концентрата, извлечение меди из продуктивного раствора выщелачивания сорбцией на катионите Lewatit TP 209 XL, десорбция меди с насыщенного катионита обезмеженным до концентрации меди  $30-35$  г/дм<sup>3</sup> электролитом, поступающем с электролиза меди, электролиз насыщенного до концентрации меди  $45-50$  г/дм<sup>3</sup> медного электролита при плотности тока  $250-300$  А/м<sup>2</sup> и напряжении на ванне  $2,0-2,5$  В. Опытные промышленные испытания технологии переработки отвальной смешанной медной руды показали ее высокую технологическую эффективность – суммарное извлечение меди в медный концентрат и катодную медь превысило  $87\%$ .

Новый технологический уклад, направленный на комплексное освоение и сохранение ресурсов земных недр, на ресурсосбережение и ресурсовоспроизводство, предполагает разработку и внедрение новых инновационных технологий переработки природного и техногенного минерального сырья. Для труднообогатимых смешанных медных руд из отвалов такой технологией может быть разработанная и успешно апробированная комбинированная флотационно-гидрометаллургическая технология.

## РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПОТЕРИ ТЕПЛОТЫ ВНУТРИ ШТАБЕЛЯ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

Важными, взаимодействующими в процессе кучного выщелачивания, параметрами являются температура и частота снабжения воздухом, а также скорость его передвижение в штабеле кучного выщелачивания. В работе представлены исследования по выявлению наиболее эффективных технологических параметров при кучном выщелачивании золотосодержащих руд. Были предложены основные технологические решения проблемы потери теплоты внутри штабеля КВ в тропических местностях.

Основными факторами, влияющими на интенсификацию растворения металлов [2; 5] являются концентрация выщелачивающих растворов, температура, pH (более 9 для цианидного выщелачивания и менее 2 для кислотного), кислород, присутствие других металлов и ионов в растворе. Среди них можно, главным образом, выделить существенное важность взаимосвязанных параметров интенсификации процесса кучного выщелачивания металлов «температуры и кислорода», которые влияют на скорость растворения металла из руд.

Фактор температуры имеет важное значение, поэтому в процессах КВ стараются поддержать оптимальное ее значение (15-25°C) в выщелачивающих растворах и внутри штабеля КВ (рис.).

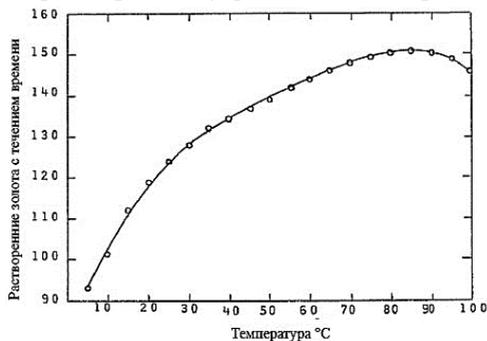


Рисунок 1 – Влияние температуры на ускорение процесса выщелачивания золота [6]

На золотом руднике Veladero (границы Аргентины и Чили) при заглублении эмиттеров на глубину 150 мм, было установлено, что температура выходящего раствора равнялась 10-20°C, в основном из-за накопления теплоты в штабеле КВ с течением времени.

Температуры выше 50°C позволяют извлекать золота из руды, содержащей 2,6 % сульфидов (пирита и халькопирита), а температуры

выше 60°C растворить золото из сульфидных золотых руд с содержанием 6% сульфидных примесей [7]. Это объясняется тем, что растворимость металлов увеличивается с повышением температуры. Однако с увеличением температуры растворов, при открытых способах орошения, повышается степень их испарения. Кроме того, необходимо поддержать баланс между температурой штабеля и растворов и поданным кислородом воздуха.

Увеличение скорости орошения также может ускорить насыщение технологического раствора в штабелях КВ. Однако высокие темпы орошения могут вызывать существенным потери теплоты. Отношение скорости орошения к скорости аэрации также влияет осевую температуру.

Подача достаточного объема воздуха позволяет обеспечить непрерывное окисление металлосодержащих сульфидов (пирита). В тоже время чрезмерное увеличение скорости аэрации способствует повышенному значению потери теплоты из-за газовой адвекции с верхней части штабеля КВ. Так, для сохранения теплоты в выщелачивающих растворах и рудном штабеле в условиях тропиков необходимо осуществлять следующие операции:

- ориентировать направление размещения штабеля для уменьшения воздействия радиации, ветра и потоков дождливой воды;
- закрыть штабель и заглубить трубопроводы и шланги под слоем геоматериала (песка, глины, геомембраны и т.п.);
- использовать теплоизоляционные материалы (естественные или искусственные в зависимости от их экономической целесообразности);
- вести контроль над тепловым балансом в растворах и штабеле.

Таблица – Основные технологические решения проблемы потери теплоты внутри штабеля КВ условиями тропиков

№	Наименование	Достоинства	Недостатки
1	Теплоизоляция кучи		
	Применение теплоизоляционного материала	Сохранение и поддержание температурного режима в штабеле	Дороговизна материала
	Полная или частичная теплоизоляция массива штабеля КВ	Нет необходимости специальной подготовки кучи к дождливому сезону, дополнительное извлечение металла	Возможное снижение теплоизоляционной способности со временем и ухудшение проницаемости раствора
2	Поддержание температуры рабочих растворов		
	Закрывать штабель и заглубить трубопроводы и шланги под слоем геоматериала	Экономия затрат на удержание теплового режима	Незначительное увеличение производительности промышленного периода в сезоне дождей

При осуществлении круглогодичных мероприятий кучного выщелачивания, капитальные затраты на экранирование штабелей (для поддержания теплоизоляции, создания барьера для управления влиянием дождей, а также снижения испарения (табл.)) существенно увеличиваются [3; 4].

В климатических условиях Африки, применяемые в холодных регионах [1] технологические решения по подогреву технологических растворов и самого штабеля КВ не требуются. К тому же, они дорогостоящие и экономически нецелесообразные.

Таким образом, было показано, что повышение температуры, а также увеличение концентрации кислорода с одной стороны существенно увеличивают скорость растворения металлов.

С другой стороны, повышение температуры приведет к уменьшению количества кислорода, которое необходимо для протекания реакции растворения между раствором и металлом.

### **Список литературы**

1. Воробьев А.Е., Чекушина Т.В., Каргинов К.Г. и др. Технология выщелачивания золота при отрицательной температуре окружающей среды / Под ред. проф. А.Е. Воробьева. – М.: Изд-во РУДН, 2003. – 95 с.

2. Воробьев А.Е., Тчаро Х. Основные факторы, определяющие эффективность орошения штабеля КВ // Вестник Евразийской науки, 2019, №1, Том 11, <https://esj.today/PDF/51NZVN119.pdf>.

3. Воробьев А.Е., Тчаро Х. Развитие применяемых при кучном выщелачивании покрытий и экранов // Вестник Евразийской науки, 2019, №6, Том 10, <https://esj.today/PDF/97NZVN618.pdf>.

4. Ковлеков И.И., Шерстов В.А., Князев Л.Н., Варлаков П.С., Дмитриев А.А. Кучное выщелачивание золотосодержащих руд в условиях севера // [http://www.giab-online.ru/files/Data/2005/2/36\\_Kovlekov21.pdf](http://www.giab-online.ru/files/Data/2005/2/36_Kovlekov21.pdf).

5. Тчаро Хоноре. Изучение процесса извлечения золота и серебра при цианировании XV Международная конференция Ресурсовоспроизводящие малоотходные и природоохранные технологии освоения недр» в рамках симпозиума "Восстановление национальной экономики Сирии". М.: Изд-во РУДН. 2016. С. 182-183.

6. Julian, H.F., Smart, E., 1903, Cyaniding gold and silver ores: Griffen, London (3rd ed., 1922).

7. Robertson S.W., van Staden P.J., Seyedbagheri A. Advances in high-temperature heap leaching of refractory copper sulphide ores // Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy vol.112 n.12. 2012.

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ РУДНОЙ МАССЫ ПРИ ВОВЛЕЧЕНИИ В РАЗРАБОТКУ БЕДНЫХ РУД КОМБИНИРОВАННЫМИ ГЕОТЕХНОЛОГИЯМИ\*

Высокие темпы освоения месторождений полезных ископаемых определяют интенсивное истощение запасов месторождений, расположенных на малых и средних глубинах [1]. Большая часть перспективных месторождений твердых полезных ископаемых характеризуются низким качеством руд, сложной структурой рудных тел, отдаленной географией и расположением рудных залежей на больших глубинах. Повсеместно переход на большие глубины связан с развитием горных работ – от открытых к подземным, внедрением различных сочетаний физико-технических и физико-химических геотехнологий [1-3]. Изменение горно-геологических и горнотехнических условий горного предприятия, развитие методов комбинированной геотехнологии [4] определяют необходимость перехода на новый технологический уклад [5]. Опираясь на проведенные исследования [6-10], сделан вывод, что одним из наиболее эффективных решений существующей проблемы является метод подземной предварительной концентрации руд на базе применения сенсорных геотехнологий. Наиболее распространена крупнопорционная сортировка, значимость которой возрастает [11]. Среди новых решений выделяются технологии компании MineSense, одна из которых - ShovelSense - позволяет анализировать состав руды оперативно в режиме реального времени путем оснащения ковшей погрузочно-доставочных машин высокочастотными электромагнитными и рентгенофлуоресцентными сенсорами [12]. Другая технология BeltSense дает возможность модифицировать непрерывную конвейерную ленту таким образом, чтобы мгновенно получать телеметрические данные о составе транспортируемой руды в процессе ее движения по участковым или магистральным конвейерам из подземного рудника на поверхность [13].

Вместе с тем, до настоящего времени не находит широкого промышленного применения внутрирудничная покусковая сепарация. В ходе аналитического обзора выявлено лишь несколько передовых рудников, применяющих и/или испытывающих эту технологию. Идея предварительной покусковой концентрации не нова и широко поддерживается различными сообществами, вплоть до проектных проработок [14], которые базируются на научных исследованиях возможности применения данного метода в различных горнотехнических условиях [14-17]. Во всех случаях испытания указывают на возможное сокращение эксплуатационных затрат, энергетических потребностей, а

---

\* Аналитический обзор выполнен при поддержке гранта РФФИ №18-05-00114

также повышение эффективности производства. Вместе с тем, требуется переход подземного рудника на новый технологический уклад, что весьма проблематично ввиду консервативности и инерционности горного производства.

Аналитический обзор методов управления качеством рудной массы показывает, что существует множество вариантов предварительной концентрации ценных компонентов, каждый из которых имеет ряд преимуществ с точки зрения производительности, диапазона размеров кусков, капитальных затрат и эксплуатационных расходов. Для подземной сепарации предпочтительны технологии, способные сортировать куски крупных размеров и требующие минимальной производственной инфраструктуры и технологического пространства. Анализ современного сепарационного оборудования показал, что в условиях подземного рудника наиболее успешно применяются рудосортировочные линии, основанные на использовании сенсоров. Современное компактное оборудование передовых компаний, выявленное в ходе аналитического обзора, дает возможность проводить подземную предварительную сепарацию руды на основе оптических свойств, рентгеноабсорбционных свойств, а также в ближнеинфракрасном излучении. Для подземных условий освоения рудных месторождений наиболее приемлема X-ray технологии. В докладе представлен обзор опыта применения методов сепарации для различных типов минерального сырья.

Модернизация систем открытой и подземной разработки путем интеграции этих передовых геотехнологий управления качеством и транспортировки рудной массы позволит в значительной мере увеличить производственную мощность и эффективность функционирования горных предприятий, повысить эффективность последующих стадий процесса обогащения, а также снизить затраты на электроэнергию, воду, реагенты, транспортирование и хранение хвостов обогащения, повысить экологичность горных работ.

### **Список литературы**

1. Каплунов Д.Р., Рубан А.Д., Рыльникова М.В. Комплексное освоение недр комбинированными геотехнологиями // М.:Недра-XXI, 2010. -304 с.
2. Каплунов Д.Р., Калмыков В.Н., Рыльникова М.В. Комбинированная геотехнология. М.: «Руда и металлы», 2003. -560 с.
3. Golik, V.I., Razorenov, Y.I., Lyashenko, V.I. Conditions of leaching non-ferrous metals from non-commercial reserves // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering, 2018. 329(6), pp. 6-16.
4. Комбинированная геотехнология / Терминологический словарь «Горное дело». М.: Горная книга, 2016. - С. 210.
5. Kaplunov D.R., Rylnikova M.V., Radchenko D.N. The new wave of technological innovations for sustainable development of geotechnical systems // 7th International Scientific Conference ""Problems of Complex Development of

Georesources""", PCDDG 2018; E3S Web of Conferences, 2018. V. 56, article number 04002.

6. Kaplunov, D.R., Radchenko, D.N. Design philosophy and choice of technologies for sustainable development of underground mines //Gornyi Zhurnal, 2017. -№11. pp. 52-59.

7. Bamber, A.S. Integrated mining, pre-concentration and waste disposal systems for the increased sustainability of hard rock metal mining. University of British Columbia. 2008.

8. Peters, O., Scoble, M., Schumacher, T., 1999, The technical and economic potential of mineral processing underground. Annual General Meeting, Can. Inst. Min. Metall., Calgary, CD ROM, p.9.

9. Scoble, M., Klein, B., Dunbar, W.S., 2000, Mining waste: Transforming mining systems for waste management, 6th Int Conf on Environmental Issues and Mining Production, Calgary, pp. 333-340.

10. Klein B., Hall, R., Scoble M., Morin, M., 2003, Total Systems Approach to Design for Underground Mine-Mill Integration, CIM Bulletin, Vol 97, No. 1067, pp 65-71.

11. Dalm, M. Sensor-based sorting opportunities for hydrothermal ore deposits: Raw material beneficiation in mining. Delft University of Technology, 2018. -317 p.

12. Preetham, N. Real-time grade estimation and online acceptance or rejection of mined material. University of British Columbia. 2015.

13. Электронный ресурс. Режим доступа <https://minesense.com/beltsense/> Дата обращения 11.03.2019.

14. Юн А.Б. Разработка и обоснование параметров горнотехнической системы комплексного освоения Жезказганского месторождения в условиях восполнения выбывающих мощностей рудников / Научн. рукль проф. М.В. Рьльникова. -Караганда, 2016. -333 с.

15. Bamber, A.S., 2004, Development of an Integrated Underground Mining and Processing System at INCO's McCreedy East Mine, Unpublished MASc Thesis, University of British Columbia, December 2004.

16. Bamber, A.S., Weatherwax, T.W., Pakalnis, R., Klein, B., 2006, Composite Fill Technologies for the Disposal of Waste Rejects from the Underground Pre-concentration of Ore, Proc., 2nd Int. Conf. on Deep and High Stress Mining, Quebec, October 2006.

17. Buksa, H., Paventi, M., 2002, McCreedy East 153 OB Rock Sorting Investigation, INCO Mines Research Internal Report, March 2002.

## **ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ОГРАЖДАЮЩЕЙ ДАМБЫ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРИЕМНОЙ ЕМКОСТИ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА КАРЬЕРА №2 ГАЙСКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА**

В связи с исчерпанием полезной емкости карьера №2 Гайского горно-обогатительного комбината и тем, что горнотехническая рекультивация карьера № 2 не может быть закончена текущими хвостами обогатительной фабрики, подаваемыми в виде пульпы с весовым соотношением Т:Ж=1:8 и выше, без изменения сложившегося гидрогеологического режима курорта «Гай» и существенного увеличения водопритоков в подземный рудник ПАО «Гайский ГОК», появляется необходимость поиска альтернативных решений, заключающихся в увеличении приемной емкости выработанного пространства карьера №2 для размещения хвостов обогащения. Кроме того, возможность рекультивации карьера №1 обуславливается необходимостью подготовки его выработанного пространства к размещению продукта сгущения текущих хвостов обогащения путем формирования искусственного охранного целика на дне и параллельной ликвидации накопленных пустот, имеющих связь с карьером. Основными условиями, обеспечивающими возможность рекультивации карьера № 1 продуктом сгущения, являются комплекс мероприятий, призванных перекрыть крупные гидравлические каналы, по которым продукт сгущения хвостов может попасть в охраняемые подземные выработки[1].

С учетом обозначенной цели предложен способ увеличения приемной емкости карьера №2 для полной его рекультивации за счет размещения в нем продукта сгущения хвостов обогащения на период подготовки карьера №1. В качестве технического решения предложено формирование по периметру карьера №2 ограждающей дамбы с отметкой гребня 380м. С целью обеспечения экологических требований, связанных с предотвращением попадания продукта сгущения и вод с рекультивируемой, в пределах карьера №2, территории, в конструкции ограждающей дамбы предусмотрено глиняное ядро. Противофильтрационные и прочностные характеристики формируемой конструкции обеспечиваются послойным возведением дамбы с принудительным уплотнением глиняного материала и отсыпкой лежалых хвостов в контактной со скальными породами зоне.

В качестве гидроизоляционного материала предусмотрено использование глиняных пород из внешних отвалов. Основное тело дамбы предусмотрено формировать из скальных пород внешних отвалов.

С целью обеспечения минимальных объемов материалов, необходимых для формирования дамбы, и максимальной вместимости приемной емкости, исходя из морфометрических характеристик территории, вдоль верхней бровки карьера №2 проведено моделирование пространственного положения и параметров ограждающей дамбы с учетом действующей автодороги вдоль восточного борта карьера [3]. Для обеспечения минимальных работ по переносу действующей автодороги в плане на участке, где ограждающий вал частично размещается на ней, предложено решение, предусматривающее увеличение абсолютной отметки дорожного полотна на величину не более 5 м с организацией кривой в плане с радиусом 30м. Данное решение потребует ограничения движения по указанной автомобильной дороге на срок не более двух недель. С целью проведения экологического мониторинга на юго-востоке предусматривается сеть наблюдательных скважин[2].

Таким образом, предложенная конструкция, схема и календарный график формирования ограждающей дамбы позволяет увеличить приемную емкость карьера №2 в период его рекультивации вплоть до первоначальных отметок рельефа при соблюдении экологических требований. При этом появляется возможность осуществить мероприятия по подготовке выработанного пространства карьера №1 для проведения горнотехнического этапа его рекультивации с использованием продукта сгущения текущих хвостов обогащения.

### **Список литературы**

1. Пыталев И.А. Обоснование параметров карьеров и отвалов, формируемых в виде емкостей для размещения промышленных отходов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Магнитогорск, 2008.
2. Цыганов А.В., Осинцев Н.А., Гавришев С.Е., Рахмангулов А.Н. Формирование технологических схем безопасной работы карьеров. Монография / Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Магнитогорск, 2014.
3. Зотеев В. Г., Зотеев О.В., Тарасов Е. Б. Методика построения поверхностей скольжения при расчете устойчивости ограждающих дамб накопителей жидких промышленных отходов. Научная статья/ Известия высших учебных заведений. Горный журнал. Уральский государственный горный университет. Екатеринбург, 2005.

## **СПОСОБЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ ПРИ ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОМ ФОРМИРОВАНИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОГЕННЫХ ЕМКостей ВЫРАБОТАННЫХ КАРЬЕРОВ**

Разработка мероприятий, обеспечивающих восстановление земель, нарушенных горными работами, является неотъемлемым условием лицензий на право пользования участком недр. Наиболее перспективным направлением с технологической, экономической и экологической точек зрения в промышленно развитых регионах страны является складирование в выработанном пространстве карьера промышленных отходов и продуктов их переработки. Эффективность реализации данного направления определяется целенаправленным формированием техногенных емкостей в карьере непосредственно в процессе ведения горных работ. Кроме того, данное решение позволяет полностью или частично осуществить горнотехнический этап рекультивации.

В зависимости от класса опасности и фазового состояния складироваемых материалов в выработанном пространстве карьера, обеспечение требований экологической безопасности может быть достигнуто различными способами создания противодиффузионных экранов. Традиционно и широко применяемые гидроизоляционные экраны на основе глины или синтетических полимеров имеют ряд технологических ограничений по функционированию их в карьере по причине необходимости сооружения инженерных систем защиты на откосах значительной площади с величиной углов от 15 до 75 градусов [1].

В качестве альтернативных способов обеспечения экологических требований при создании техногенных емкостей на базе выработанных пространств карьеров предлагается рассматривать современные гидроизоляционные материалы, а также продукты, полученные на основе текучих отходов обогатительных фабрик.

Современные гидроизоляционные материалы, выполненные в виде сухой смеси состоят из цемента, минерального заполнителя, армирующего волокна и модифицирующих добавок. При смешивании с необходимым количеством воды образует высокопрочный безусадочный тиксотропный раствор. Гидроизоляция на основе таких смесей производится методом сухого и мокрого торкретирования откосов с углами до 90 градусов.

Получение гидроизоляционного материала на основе текучих хвостов обогащения обеспечивается их сгущением с применением флокулянтов. Результаты испытаний данного материала для условий ГОКов Южного Урала показывают, что характер деформирования продукта сгущения

хвостов обогащения под нагрузкой аналогичен деформированию водонасыщенных суглинков: низкая водоотдача при высокой пористости вследствие того, что при образовании флокул происходит адсорбция макромолекул флокулянта на нескольких частицах с образованием между ними полимерных мостиков, способствующих увеличению скорости осаждения частиц. При этом коллоидные частицы захватывают молекулы воды, которые грунт не может отдать до разрушения флокул. При этом, в зависимости от гранулометрического состава исходных хвостов и применяемого флокулянта может быть получен коэффициент фильтрации продукта сгущения, равный 0,00036 м/сут, даже при нагрузках от 0,05Мпа [2]. Данная величина коэффициента фильтрации значительно ниже рекомендуемой СП 127.13330.2017, в котором она для подстилающих пород должна быть не более 0,00086 м/сут. Поскольку в соответствии с ГОСТ 25100-2011 грунт с коэффициентом фильтрации 0,005 м/сут является водонепроницаемым, продукт сгущения хвостов обогащения при соответствующей технологии их обезвоживания является гидроизолирующим материалом с практически нулевой фильтрацией.

Таким образом, при целенаправленном формировании выработанного пространства карьера с целью создания техногенных емкостей для последующего размещения промышленных отходов и продуктов их переработки помимо зарекомендовавших противofильтрационных экранов, необходимо создание системы инженерной защиты окружающей среды с использованием современных гидроизоляционных материалов и продуктов, получаемых путем сгущения хвостов обогащения [3]. При этом последний вариант обеспечивает возможность одновременного решения вопроса, связанного с размещением текучих хвостов обогатительной фабрики.

### **Список литературы**

1. Гидравлическое складирование хвостов обогащения: Справочник: В.И. Кибирев, Г.А. Райлян, Г.Т. Сазонов и др. – М.: Недра, 1991. – 207 с.
2. Павич М.П., Балыков Б.И. Методы определения коэффициента фильтрации грунта – Л.: Энергия, 1976.
3. Характерные области применения материалов торговой марки «КТрон»: Техническое описание № 1024-654 – Екатеринбург: «КТрон», 2013.

## ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ДВИЖЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ВЫВОДЫ ИЗ ПРАКТИЧЕСКОГО ОПЫТА

Внедрение новых технологий ведет к увеличению глубины разработки и масштабов подземной и открытой добычи. Специалисты компании Itasca имеют опыт работы на крупнейших объектах горной добычи, таких как железорудный карьер Сайшен (Южная Африка), медный рудник Чукикамата (Чили), алмазный рудник Венеция (Южная Африка), медный рудник Резолюшн (США), алмазный рудник Виктор (Канада) и алмазный карьер Джваненг (Ботсвана). Огромные масштабы горных работ на подобных объектах требуют высочайшей точности оценки как производительности систем водоотведения с целью нейтрализации притоков и предупреждения затопления выработок, так и режимов осушения и поддержания устойчивости бортов карьера.

В докладе рассматриваются современные подходы к числовому моделированию движения подземных вод в контексте открытой и подземной разработки месторождений. Анализ практического опыта Itasca позволяет продемонстрировать важность следующих аспектов гидрогеологического моделирования:

1. Взаимодействие профильных специалистов в области гидрогеологии, геотехники и планирования горных работ.
2. Разработка концептуальной гидрогеологической модели.
3. Подбор программ, алгоритмов и подходов к моделированию.
4. Моделирование хода подземных и открытых горных работ.
5. Моделирование блочного обрушения.
6. Калибровка моделей стационарных и переходных процессов.
7. Моделирование динамики образования карьерных озер.
8. Предсказательное моделирование движения подземных вод в связи с планируемыми в будущем горными работами и их прекращением.

Также будут затронуты такие актуальные темы, как разумные требования к ожидаемой достоверности моделирования, практическое применение его результатов для проектирования скважин систем водоотведения и осушения и увязка данных геомеханического и гидрогеологического моделирования в процессе расчета устойчивости бортов карьера и моделирования поведения пород в условиях блочного или подэтажного обрушения.

И наконец, будут рассмотрены проблемы изменения распределения напряжений в прибортовых массивах в процессе осушения, требующие параллельного моделирования деформации пород и движения подземных вод.

## **ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ ГЕОФИЛЬТРАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ ПРИ ВЕДЕНИИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ**

Актуальность работы обусловлена разработкой открытым способом месторождений алмазов в Архангельской области. Гидрогеологические условия данной территории оцениваются как сложные, что связано со вскрытием карьером нескольких водоносных горизонтов и комплексов, суммарной проводимостью более 400 м<sup>2</sup>/сут. Основную роль в обводнении карьеров играют подземные воды падунского водоносного комплекса, сложенного слоистыми профильно-неоднородными анизотропными отложениями позднего венда, представленные переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов. В подобных условиях, учитывая значительную глубину карьеров (проектная глубина более 400 м), особое внимание стоит уделить защите горных выработок от подземных вод.

На месторождении им. В. Гриба, принимая во внимание высокие значения фактических водопритоков в горные выработки и фильтрационную анизотропию пород, дренажную систему, состоящую из вертикальных водопонижающих скважин и карьерного водоотлива, дополнили горизонтальными дренажными скважинами. Основной целью строительства горизонтальных скважин является снижение напоров подземных вод в прибортовом массиве вблизи подошвы карьера, где в разрезе начинают преобладать алевролиты и аргиллиты.

С целью прогноза изменения техногенного режима подземных вод, в изменившихся условиях дренирования массива, были выполнены численные геофильтрационные эксперименты с использованием программном комплексе Visual Modflow.

Как правило горизонтальные дрены применяются в основном в условиях круто-наклонного и вертикального залегания слоёв, поэтому применение данного метода в условиях горизонтальной слоистости само по себе является новым и требует разработки специальной методики моделирования, с целью получения корректного результата прогнозов, при использовании численного геофильтрационного моделирования.

В работе представлены результаты численных экспериментов, выполненных на программе Visual Modflow, направленных на корректную имитацию условий работы горизонтальных дренажных скважин на конечно-разностных сетках. Определены основные факторы, влияющие на формирование притока к горизонтальной дренажной скважине, выполнен анализ влияния пространственной разбивки модели на величину дебита дренажной скважины. Выданы рекомендации по повышению надёжности прогнозных расчётов работы горизонтальных

дрен, с применением численного геофильтрационного моделирования.

### **Список литературы**

1. Котлов С.Н., Володченко К.Е. Использование имитационного моделирования для планирования и интерпретации опытно-фильтрационных работ при разведке месторождений твёрдых полезных ископаемых / Записки Горного института. 2011. Т. 189, с. 38-41.

2. Котлов С.Н., Шамшев А.А. Совершенствование методики оценки фильтрационных параметров анизотропных слабопроницаемых отложений на основе опытно-фильтрационных наблюдений / Горный информационно-аналитический бюллетень (ГИАБ), №10/2017, М., изд. «Горная книга», 2017, с.194-204.

3. Норватов Ю.А., Петрова И.Б., Котлов С.Н. Особенности гидрогеоэкологических условий разработки открытым способом алмазного месторождения им. В. П. Гриба / Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геоэкология. 2011. №5, с. 426-430.

**В.Е. Махонин, Д.О. Чулков, Е.А. Шабельников**  
*ИГД им. Д. А. Кунаева, г. Алматы, Казахстан*

## **КОНЦЕПЦИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПЕРСОНАЛА И ПОДВИЖНОЙ ТЕХНИКИ В ШАХТАХ**

Исходя из анализа существующих систем обеспечения промышленной безопасности и появления на рынке новых электронных компонентов определяются требования к основным сегментам и подсистемам системы позиционирования персонала и подвижной техники в шахтах.

Концепция функционирования системы сводится к построению высоко надежной безотказной адаптивной системы сбора, обработки, передачи, отображения данных и управления процессами.

Система позиционирования персонала и подвижной техники в шахтах представляет собой аппаратно-программный комплекс, обеспечивающий непрерывный мониторинг местонахождения персонала и внутришахтной техники на территории рудника, а также выполняющий ряд вспомогательных функций, отвечающих за безопасность персонала и организацию коммуникаций в подземных выработках.

### **Список литературы**

1. Жуков М.О, Иванов А.Е., Мацко А.В, Меркулов И.В., Нарымский Б.В. Система наблюдения и оповещения персонала угольных шахт. Состояние и перспективы развития. // Вычислительные технологии Том

18, Специальный выпуск, 2013 с.107-112

2. Проблемы передачи информации в инфокоммуникационных системах [Текст]: сборник докладов и тезисов VII Всероссийской. науч.-практ. конф., г. Волгоград, 20 мая 2016 г. / ФГАОУ ВО «ВолГУ» ; редкол.: Е.С. Семенов (пред.) [и др.]. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2016. – 177 с.

3. Махонин В.Е., Чудников В., Рудаков И.В. Метод определения координат мобильных абонентов в RTLS системах // **Беспроводные технологии**, №1, 2018. –С. 12-14.

4. Грачев А.Ю., Новиков А.В., Паневников К.В., Терехов Д.Б. МФСБ в угольной шахте – позиционирование и оповещение персонала // Научно - технический журнал ВЕСТНИК №2 2016 –С. 121–129.

5. B. Dewberry, M. Einhorn. Indoor Aerial Vehicle Navigation Using UWB Active Two-Way Ranging.

**М.Ю. Лискова**  
*ПНИПУ, г. Пермь, Россия*

## **АЭРОГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В КАЛИЙНЫХ РУДНИКАХ ПРИ РЕВЕРСИРОВАНИИ ВЕНТИЛЯТОРА ГЛАВНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ**

Аварийная ситуация, когда возникает необходимость реверсирования общерудничной вентиляционной струи, - это пожар в воздухоподающем стволе, в околоствольном дворе воздухоподающего ствола или в главных воздухоподающих выработках. В данном случае для предотвращения заполнения пожарными газами выработок рудника в большинстве рабочих зон, вентиляционную струю реверсируют за счет изменения режима работы вентилятора главного проветривания (переход от нагнетательного способа проветривания к всасывающему и наоборот).

Как показали расчеты, переходный процесс при реверсии общерудничной вентиляционной струи может длиться достаточно долго. Можно сделать следующие выводы:

- выработанные пространства шахт и рудников влияют на длительность перехода на реверсивный или нулевой режим вентиляции при возникновении аварий, создавая аэродинамические переходные процессы в вентиляционных сетях;

- переходный процесс в ветвях вентиляционной сети после реверсирования вентилятора главного проветривания может длиться от 20 до 90 мин., а скорость изменения давления при этом будет убывать пропорционально отношению разности давлений между конечным и текущим значением к периоду релаксации давлений.

Практическое значение работы состоит в том, что полученные научные результаты позволяют оценить аэрогазодинамическую

обстановку при аварии и длительность переходного периода аварийной вентиляции, выбрать наиболее рациональный аварийный режим и наметить наиболее безопасные пути эвакуации рабочих из аварийных участков.

### **Список литературы**

1. Лискова М.Ю.. Безопасность эвакуации горнорабочих с аварийных участков шахт и рудников с большим объемом выработанных пространств // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Безопасность и управление рисками. – 2016. – № 4. – с. 36-42.

2. Лискова М.Ю. Влияние выработанных пространств на режимы работы главных вентиляционных установок // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. – 2014. – № 1. – с. 34-39.

3. Постникова М.Ю. Влияние выработанных пространств на аэрогазодинамические процессы при аварийных режимах вентиляции рудников: Дис. ... канд.техн. наук / ТулГУ .- Тула, 2010 .- 191.

**М.В. Цупкина, В.В. Гавриленко, Е.А. Князькин**  
*ИПКОН РАН, г. Москва, Россия*

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПАРАМЕТРОВ ОСУШЕННОГО МАССИВА ЛЕЖАЛЫХ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ МЕДНОКОЛЧЕДАНЫХ РУД\***

В ходе комбинированной разработки [1] Сибайского месторождения сформированы крупномасштабные техногенные образования – хвостохранилища, занимающие обширные территории. Отходы обогащения прошлых лет, складированные в техногенных образованиях, имеют достаточно высокие содержания полезных компонентов, поэтому исследования, направленные на изучение состава, состояния и характеристик данных объектов, всегда имели большую актуальность [2-7]. В последние годы на фоне истощения балансовых запасов руд осваиваемых медноколчеданных месторождений, актуальность освоения хвостохранилищ переросла в настоятельную необходимость.

Новый технологический уклад комбинированной разработки рудных месторождений предполагает вовлечение техногенного сырья в разработку в рамках единой системы комплексного освоения участка недр. Анализ ранее разработанных и апробированных решений по вовлечению в промышленную эксплуатацию хвостов Сибайской фабрики показал низкую эффективность технологии обогащения руд и несоответствие требованиям промышленной безопасности ввиду крайней обводненности техногенного массива по глубине и площади [8].

---

\* Исследования выполнены при поддержке «Программы Президиума РАН 39, Раздел 2»

В рамках исследований 2018-2019 гг. изучены параметры осушенного массива лежалых хвостов Сибайского ГОКа, занимающего территорию около 2 км<sup>2</sup> и имеющего невыдержанную мощность 5-20 м. В ходе геолого-оценочных работ в летний период 2018 г. экскаватором были пройдены шурфы до глубины 6 м, каждый из которых был опробован по глубине с интервалом 1 м. Результаты опробования подтвердили высокое содержание ценных компонентов в массиве хвостохранилища, что явилось заделом для его дальнейшей разведки. В ходе исследований техногенного объекта выявлены закономерности изменения основных характеристик, определяющих выбор технологии его разработки: рН, влажности и содержаний ценных компонентов с глубиной. Для повышения информативности и детализации разведки было принято решение провести опробование в зимний период времени, так как при низких температурах несущая способность грунтов поверхности хвостохранилища значительно выше, что обеспечивает возможность перемещения бурового оборудования по поверхности хвостохранилища.

В марте 2019 г. в ходе исследований массива хвостохранилища установлено, что несущая способность массива не выдержана, а эксплуатация горной техники возможна только на ограниченных площадях. С помощью буровой установки на базе Урал УРБ-2А2 было пробурено 8 скважин на всю мощность хвостохранилища по его периметру. Определено, что повышение кислотности до 1,5 фиксируется в верхней части толщи на глубину от 1,5 до 3 м от поверхности, что повышает риск коррозии технологического оборудования. Также в ходе бурения скважин установлено, что с глубины 13 м на отдельных участках массива выделяются весьма обводненные отложения. Эти факторы значительно усложняют работу горнопроходческой и буровой техники, что требует дифференцированных подходов к выбору способов опробования и последующей разработки техногенного образования.

Для выбора технических решений по освоению хвостохранилища проведен анализ и предложены альтернативные способы разработки техногенных образований и типов механизации выемочно-погрузочных работ, а также определены наиболее перспективные варианты транспортирования хвостов до места их переработки.

### **Список литературы**

1. Комбинированная (совмещенная) разработка. Горное дело. Терминологический словарь. М.: Горная книга, 2016. -635 с.
3. Пучков В.Н., Салихов Д.Н., Абдрахманов Р.Ф., Беликова Г.И. Сульфидсодержащие отвалы и хвостохранилища – опасные техногенные загрязнители окружающей среды горнорудных районов Башкортостана // Геоэкология. М: Российская академия наук. № 3. 2007. С. 238-247.
4. Шадрюнова И.В., Сизиков А.В., Сыромятникова Н.В. и др. Закономерности формирования технологических свойств хвостов обогащения медно-цинковых руд при их хранении // Горный

информационно-аналитический бюллетень, 2002. -№ 4. -С. 191-195.

5. Маляров И.П., Сизиков А.В., Бишев Л.З. Разработка техногенных месторождений. Магнитогорск: МГТУ, 2002. – 147 с.

6. Фаткуллин И.Р. и др. Оценка техногенных ресурсов горнорудных предприятий республики Башкортостан. Уфа, 2001. -201 с.

7. Шевелева Л.Д., Абакумов В.В., Коркин Б.И., Бишев Л.З., Каравайко Г.И.

Разработка новой технологии переработки отвалных хвостов обогатительной фабрики // Цветные металлы. – 1995. - №2. – С. 31-33.

8. Коротков А.А., Гиниятуллин И.А.. Безопасная отгрузка пиритного концентрата // Горный журнал. – 1989. - №3. – С. 15.

**Л.А. Гаджиева**

*ИПКОН РАН, г. Москва, Россия*

## **РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА СОДЕРЖАНИЯ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ В ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНАХ**

Современные исследования показывают, что в условиях стремительного развития нанотехнологий наноразмерные структуры являются не только основным прорывом в области высоких технологий, но и одной из причин загрязнения окружающей среды [1]. Согласно классификации, представленной в работе [2], к наночастицам относятся ультрадисперсные аэрозоли, размер которых находится в диапазоне 0,001–0,01 мкм. Причем, некоторые ультрамелкие вдыхаемые нерастворимые частицы могут быть более токсичными, чем более крупные аналогичного состава [3-10]. Из этих работ известно, что часть таких аэрозолей в природе образуются в результате естественных процессов и, уравниваясь общим круговоротом веществ в природе, не вызывают глубоких экологических изменений. Часть ультрадисперсных аэрозолей образуется в результате деятельности человека, являясь, по нашему мнению, главными факторами ухудшения среды его обитания. Вместе с тем, в настоящее время в России отсутствует стандарт, устанавливающий предельно допустимые концентрации таких наноаэрозолей в воздушной среде. В 2012 году был утвержден ГОСТ Р 54597-2011, целью которого являлось предоставление пользователям необходимой исходной информации о наноаэрозолях до того, как будут разработаны и внедрены конкретные предельно допустимые уровни воздействия и эталоны [11].

Новый технологический уклад, развитие которого связано в том числе с созданием новых приборов и методов экологического контроля, предусматривает новый подход к мониторингу условий труда на горнодобывающих предприятиях.

Для этого разработана методика содержания ультрадисперсных аэрозолей в районах интенсивной разработки месторождений полезных

ископаемых [11].

Ввиду отсутствия достоверных данных о предельно допустимой концентрации наночастиц в атмосфере горнопромышленных регионов и прилегающих зонах урбанизации, основные показатели, характеризующие степень загрязнения воздуха наноаэрозолями, согласно методике, могут быть выявлены путем сопоставимой оценки.

В ходе исследований, проведенных с использованием диффузионного классификатора DISCmini лаборатории ЭКОН ИПКОН РАН [13], определено содержание ультра- и высокодисперсных аэрозолей в атмосфере горнопромышленных регионов КМА и Южного Урала [14,15]. За «эталонные» регионы для сравнительной оценки выбраны урбанизированные территории, характеризующиеся отсутствием горнопромышленных предприятий (г. Москва и г. Долгопрудный Московской области). По результатам измерений установлено, что средняя концентрация ультрадисперсных частиц в Москве в 2,3 раза меньше, чем максимальные значения в горнопромышленных регионах южного Урала и региона КМА. Сравнительная оценка с содержанием в воздухе ультрадисперсных аэрозолей в районе ММК г.Магнитогорска показала, что максимальная концентрация составляет 121453,485 см-3, что превышает максимальные значения в горнопромышленных регионах КМА и Южного Урала, в 4,4 раза, а значения, измеренные в г. Москве, в 10 раз.

Целью проводимого мониторинга состояния среды обитания человека является не просто констатация факта ее загрязнения. Аналогичные исследования в других горнопромышленных центрах России, а также последующее изучение механизмов образования наночастиц будут способствовать разработке инновационных технологий устойчивого экологически сбалансированного освоения рудных месторождений [16-18], снижающих негативное воздействие геотехнологий на человека.

### **Список литературы**

1. Gwinn, MR; Vallyathan, V. Nanoparticles: Health effects - Pros and cons // *Environmental Health Perspectives*, 114(12), 2006, pp.1818-1825.
2. Хмелев, В.Н. Ультразвуковая коагуляция аэрозолей: монография // В.Н. Хмелев, А.В. Шалунов, К.В. Шалунова, С.Н. Цыганок, Р.В. Барсуков, А.Н. Сливин; Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2010. 235 с.
3. G., Gelein, R.M., Ferin, J. and Weiss, B. Association of particulate air pollution and acute mortality: involvement of ultrafine particles? *Inhal. Toxicol.*, 1995, №7, pp.111-124
4. G. Toxicology of ultrafine particles: in vivo studies//*Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. Series A* 358, 1775, 2000. pp.2719-2740.
5. Donaldson, K., LI, X.Y. and MacNee, W. Ultrafine (nanometer) particle mediated lung injury//*Journal of Aerosol Science*, 1998, 29 (5-6), pp.553-560.
6. Donaldson, K., Stone, V., Gilmore, P.S., Brown, D.M. and MacNee, W. Ultrafine particles: mechanisms of lung injury. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond., Series A* 358, 2000, pp.2741-2749.

7. Brown, D.M., Wilson, M.R., MacNee, W., Stone, V. and Donaldson, K. Size-dependent proinflammatory effects of ultrafine polystyrene particles: A role for surface area and oxidative stress in the enhanced activity of ultrafines. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 175 (3), 2001, pp.191-199.

8. Tran, C.L., Buchanan, D., Cullen, R.T., Searl, A., Jones, A.D. and Donaldson, K. Inhalation of poorly soluble particles. II. Influence of particle surface area on inflammation and clearance. *Inhal. Toxicol.*, 12 (12), 2000, pp.1113-1126.

9. Dick, C.A.J., Brown, D.M., Donaldson, K. and Stone, V. The role of free radicals in the toxic and inflammatory effects of four different ultrafine particle types. *Inhal. Toxicol.*, 15 (1), 2003, pp.39-52.

10. MacNee, W. and Donaldson, K. Mechanism of lung injury caused by PM10 and ultrafine particles with special reference to COPD. *Eur. Resp. J.*, 21, 2003, pp.47S-51S.

11. ГОСТ Р 54597-2011. Воздух рабочей зоны. Ультрадисперсные аэрозоли, аэрозоли наночастиц и наноструктурированных частиц. Определение характеристик и оценка воздействия при вдыхании. М., 2012. 40 с.

12. Radchenko D.N., Gadzhieva L.A., Gavrilenko V.V. Monitoring of the content of ultradispersed aerosols in the air of the mining industrial region // В сборнике: Актуальные проблемы экологии и природопользования. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. РУДН: 2017, pp. 206-211.

13. Rynnikova, M.V., Radchenko, D.N. Creating research center for the environmentally sound and comprehensive utilization of hard minerals in Russia // *Gornyi Zhurnal*. 2014. №12. С.4-7.

14. Radchenko D.N., Gadzhieva L.A., Gavrilenko V.V. Monitoring sodержaniya ul'tradispersnyh aehrozolej v vozduhe gornopromyshlennogo regiona [Monitoring of the content of ultradispersed aerosols in the air of the mining industrial region]. *Vestnik RUDN*, 2017, no.4, pp.520-528.

15. Radchenko, D.N., Gadzhieva, L.A., Gavrilenko, V.V. Research of Concentrations of Ultrafine and Finely Dispersed Aerosols in the Atmosphere of a Southern Urals Mining Region. *3rd International Innovative Mining Symposium*. IIMS 2018; E3S Web of Conferences, 2018. V. 41, article number 01035.

16. Kaplunov, D.R., Radchenko, D.N. Design philosophy and choice of technologies for sustainable development of underground mines // *Gornyi Zhurnal*, 2017. -№11. P. 52-59. DOI: 10.17580/gzh.2017.11.10

17. Khasheva Z.M., Golik V.I. The ways of recovery in economy of the depressed mining enterprises of the russian Caucasus. *International Business Management*. 2015. T. 9. № 6. С. 1210-1216.

18. Golik V.I., Razorenov Yu.I., Efremkov A.B. Recycling of metal ore mill tailings // *Applied Mechanics and Materials*. 2014. T. 682. С. 363-368. Doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.682.363.

## **ПРОЕКТНОЕ ФИНАНСИРОВАНИЕ - ОСНОВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОВОКУПНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОРЕСУРСОВ**

Реализация крупномасштабных проектов в области недропользования, особенно в современных условиях, требует поиска особых подходов к поиску источников их финансирования. Одним из современных, но положительно зарекомендовавшим методом является проектное финансирование. Данный метод, основываясь на организации привлечения инвестиций в реальный сектор экономики, позволяющих поддерживать его взаимодействие с финансово-банковским сектором, обеспечивает возможность участия неограниченного количества инвесторов на различных стадиях реализации проекта. Это особенно важно в условиях реализации идеи совокупного использования природных и техногенных георесурсов, при которой подразумевается использование в процессе освоения участка недр не только запасов полезных ископаемых, но и формируемых техногенных сооружений в рамках функционирующей горнотехнической системы. При этом целенаправленное формирование конкретного техногенного объекта определяет потребность в нем как в краткосрочной, так и долгосрочной перспективе.

Мониторинг потребностей региона в техногенных объектах, которые могут быть сформированы в процессе ведения горных работ, является неотъемлемой частью эффективности освоения участка недр. При этом создаваемый объект может являться самостоятельным хозяйствующим субъектом, не связанным с добычей полезных ископаемых [1]. Поэтому, метод проектного финансирования способствует увеличению в долгосрочной перспективе конкурентоспособности хозяйствующих субъектов, что обуславливает рост экономики государства, в рамках которого реализуется проект совокупного использования природных и техногенных георесурсов с учетом возможных рисков.

Таким образом, в современных условиях повышение эффективности реализации крупномасштабных проектов по освоению недр на основе применения методов проектного финансирования выступает особо актуальным направлением, поскольку использование данного механизма обеспечивает инвестиционную привлекательность сферы недропользования, а также способствует оптимальному распределению проектных рисков, присущих деятельности всех горных предприятий, функционирующих в зоне повышенной технологической и финансовой опасности. Достижение инвестиционной привлекательности и последующей инвестиционной активности содействует экологической

эффективности горного производства и региональному развитию при освоение недр [2]. При этом изучение общих методов стимулирования проектного финансирования способствовало разработке представленной авторской методики, учитывающей индивидуальность каждого инвестиционного проекта при отсутствии универсальной методики.

### **Список литературы**

1. Никонова, И.А. Проектный анализ и проектное финансирование / И.А.Никонова. М.: Альпина Паблишер, 2012.
2. Смирнов, А.Л. Проектное финансирование: инструменты и технологии: монография / А.Л. Смирнов. М.: МАКС Пресс, 2013.

**Г.В. Михайлова**

*ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И.Носова», г. Магнитогорск, Россия*

## **К ВОПРОСУ НОРМИРОВАНИЯ ТРУДА РАБОЧИХ ПРИ ПРОХОДКЕ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

Одним из основных критериев эффективности работы горнодобывающего предприятия является рост производительности труда. Совершенствование технологии проведения и крепления горных выработок, внедрение адаптивных средств механизации и автоматизации труда в сочетании с современными методами регулирования трудовой деятельности позволяют значительно повысить производительность труда данного технологического процесса.

Вопросам нормирования труда посвящено много исследований и накоплен большой опыт в отечественной и зарубежной практике. С достаточной детальностью изучены особенности расчета технической и эксплуатационной производительности буровых, погрузочных и транспортных машин в зависимости от физико-механических свойств горного массива, выявлены факторы, снижающие производительность техники и труда в целом. Однако отсутствует современная нормативная база, позволяющая нормировать основные технологические операции.

В настоящий момент единственным официальным документом, позволяющим определить расчетные нормы времени и выработки, является Постановление Минтруда РФ от 21.04.1993 года № 89 «Об утверждении Укрупненных нормативов времени на горнопроходческие и нарезные горные работы шахт и рудников горнодобывающей промышленности и в геологоразведке» (далее – «Укрупненные нормативы»).

Область применения показателей норм времени и выработки достаточно широка: от разработки внутрифирменных норм и расчета плановых заданий при сдельной системе оплаты труда, до подбора состава комплекса механизации и планирования производственных показателей при разработке проектов.

Предложенная в Постановлении методика расчета показателей удобна

и информативна, однако не учитывает многообразие горно-геологических факторов, оказывающих влияние на производительность оборудования.

Расчет норм выработки по операциям проходческого цикла с целью оценки целесообразности их корректировки производилась на основании сопоставления показателей, рассчитанных по нормативным документам и фактическим, а также путем анализа условий проведения исследования на одном из Уральских подземных рудников.

На основе фотографий рабочего времени (ФРВ) были рассчитаны нормы выработки для основных технологических операций.

Были использованы для сравнения и анализа три группы показателей, расчет которых был произведен по методике, предложенной в сборнике Укрупненных нормативов:

- норма времени и норма выработки, рассчитанные по данным, приведенным в сборнике Укрупненных нормативов,
- тоже, рассчитанное по данным ФРВ без учета времени простоев,
- тоже, рассчитанное по данным ФРВ, но с учетом времени простоев.

По всем операциям, подвергнутым анализу и обсчету было выявлено превышение показателей норм времени планируемых над фактическими (без учета простоев): от 3% на бурении шпуров при проходке восстающих, до 275% на бурении шпуров в забое. Данные, рассчитанные с учетом времени простоев и без него, отливаются в разы, что свидетельствует о наличии большого резерва повышения производительности труда за счет совершенствования организационной работы и уменьшения времени простоев. Это было указано в рекомендациях предприятию.

Учитывая вышесказанное, становится очевидной необходимость получения более полной информации о возможной производительности единиц техники в различных горно-геологических условиях, о влиянии различных факторов на производительность техники с целью актуализации данных Укрупненных нормативов.

### **Список литературы**

1. Калмыков В. Н., Григорьев В. В., Волков П. В. Изыскание вариантов систем разработки для выемки прибортовых запасов при комбинированной геотехнологии//Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2010. № 1. С. 17-22.

2. Калмыков В. Н., Волков П. В., Зубков А. А., Красавин А. В., Михайлова Г. В. Оценка эффективности применения механизированных комплексов мокрого набрызгбетонирования в условиях строительства глубоких горизонтов Гайского подземного рудника//Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2015. том 1. №3. С. 26-33.

3. Калмыков В. Н., Хазеев Р. С., Латкин В. В., Волков П. В. Промышленные испытания новых материалов для крепления горных выработок набрызгбетоном//Горный информационно-аналитический

бюллетень. 2015. № S4-2. С. 216-222.

4. Калмыков В. Н., Гибадуллин З. Р., Зубков А. А., Неугомонов С. С., Волков П. В., Пушкарев Е. И. Разработка технологии механизированного крепления горных выработок методом «мокрого» набрызгбетонирования на подземных рудниках ОАО «Учалинский ГОК»//Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 54. С. 64-70.

**НАУЧНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ПРАКТИЧЕСКОЕ  
ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ И УСТУПОВ  
КАРЬЕРОВ, РАЗРЕЗОВ, ОТВАЛОВ**



## ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ БОРТОВ КАРЬЕРОВ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ РИСКОВ

Любое нарушение устойчивости в карьере должно быть контролируемым в разных масштабных уровнях - уступы, группы уступов между транспортными съездами, борт карьера в целом, так как это влияет на технологические процессы, экономическую эффективность предприятия и безопасность труда.

Риск возникновения деформаций откосов возникает ввиду неопределенности или высокой неоднородности исходных данных, к которым относятся геологические тела и структуры, геомеханические характеристики, гидрогеологические условия, а также допущения, присутствующие в расчетных методах и моделях.

Для учета влияния неопределенности или вариативности исходных данных на прогнозное состояние устойчивости откоса вводится понятие вероятности обрушения.

Вероятность обрушения откоса определяется путем многократного определения коэффициента запаса при различных входных параметрах внутри их диапазона значений, подбираемых методом Монте-Карло. В результате данного анализа вероятность обрушения откоса определяется долей коэффициента запаса меньше 1 ко всему объему:  $PoF = P[FoS \leq 1]$ , %.

Управление устойчивостью откосов базируется на понятии риска обрушения, который зависит от вероятности обрушения и тяжести последствий от обрушения откоса:  $R = PoF \times (\text{Последствия})$ .

На основании этого, оптимизировать конструкцию откосов и снизить риски от негативных последствий обрушения можно путем влияния на оба эти параметра:

- снижение вероятности обрушения достигается улучшением достоверности исходных данных, детализацией расчетных моделей с вовлечением в них максимального числа влияющих факторов (что позволяют осуществлять современные программные комплексы), дренаж, изменение конфигурации откосных сооружений.

- негативные последствия от обрушений зависят от наличия внутрикарьерной инфраструктуры, расположения съездов и рабочих площадок и масштаба деформаций. Их влияние уменьшается за счет технических мероприятий (крепление, мониторинг, проектирование широкой улавливающей бермы, резервного транспортного съезда и др.), организационных мероприятий по обеспечению безопасности персонала и горной техники при работе в потенциально опасных участках, ведение риск-

менеджмента и др.

Минимизация риска обрушений позволяет применять более оптимистичные стратегии по оптимизации откосных сооружений.

**С.В. Цирель, А.А. Павлович**  
*ФГБОУ ВО «СПГУ», г. Санкт-Петербург, Россия*

## **ПУТИ СБЛИЖЕНИЯ РОССИЙСКИХ И ЗАРУБЕЖНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ КАРЬЕРОВ И УСТУПОВ**

Эксплуатация карьеров большой глубины, проектирование и строительство сверхглубоких карьеров в сложных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях предъявляет высокие требования к исходным данным и методам геомеханического обоснования параметров бортов карьеров и уступов.

На сегодняшний день, на первый взгляд, между российскими и зарубежными подходами к оценке устойчивости бортов и уступов карьеров существуют большие различия. Тем не менее, при этом глубокие карьеры с крутыми бортами эксплуатируются не только в западных странах, но и в России. Для анализа и сопоставления российских и западных подходов были проанализированы два основных этапа в развитии методики оценки устойчивости бортов и уступов карьеров, базирующиеся на совершенствовании методов определения прочностных и деформационных свойств массива горных пород и методов оценки устойчивости уступов и бортов карьеров и разрезов.

Несмотря на ряд расхождений между российскими и западными подходами, в скальных массивах параметры бортов и уступов достаточно близки по значениям. Это связано, во-первых, с тем, что в скальных массивах результирующий угол наклона борта карьера зависит от количества уступов, их параметров и ширины берм. Во-вторых, на предельные параметры бортов важнейшее влияние оказывает структурное строение массива (наличие тектонических нарушений). При этом учет в расчетах поверхностей ослабления осуществляется достаточно схожими методами, поэтому и параметры бортов оказываются близки по величине.

Важно отметить, что в последнее время все наметилось стремление к синхронизации российских и зарубежных подходов. Все шире в России применяется зарубежное программное обеспечение. Поэтому уже сегодня осуществляется интегрированный подход с использованием двух отличающихся научных школ. Таким образом, при создании Федеральных норм и правил «Правила...» в приложениях по определению свойств горных пород и проведению расчетов устойчивости откосов применен

комбинированный подход. За основу принимаются уже принятые в российских стандартах подходы, которые дополнены разработками последних лет, программным обеспечением, хорошо зарекомендовавшим себя на Западе. Таким образом, приложения будут соответствовать как российским, так и зарубежным стандартам, но с учетом российской специфики.

**И.С. Ливинский**

*ISRM SRK Consulting, г. Москва, Россия*

## **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СБОРА ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

В эпоху современных компьютерных технологий большими шагами движется прогресс по развитию технологий изучения массива горных пород. За последние несколько десятков лет компьютерные технологии дошли от вычислительных машин, занимающих целые комнаты и этажи до устройств, помещающихся в кармане.

Несомненно, объектом изучения остаются все те же породы и их свойства, однако способы и методы развиваются в сторону безопасности, скорости сбора и обработки и сбора большой статистической выборки.

В настоящее время в руках инженеров-геомехаников существуют такие приспособления как:

- Механические и электронные приспособления для ориентирования керна скважин;
- Устройства и программное обеспечение для съемки стенок скважин (акустические и оптические);
- Устройства и программное обеспечение для фотограмметрической съемки откосов (Sirovision, беспилотные летательные аппараты);
- Лазерное сканирование для изучения структурного строения;
- Мониторинговое оборудование (радарные, оптические, лазерные системы, скважинные датчики), работающее в дистанционном режиме (без присутствия исполнителя в опасной зоне) и с автоматическим сбором данных;
- Устройства для виртуального сбора информации (находятся в состоянии перспективной разработки).

Применение всех этих систем делает сбор геомеханических данных более безопасным, ускоряет процесс сбора и обработки и увеличивает объем собираемых данных. Использование традиционных методов, при этом, остается как средство верификации собираемых данных.

## **К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ, ИХ УЧАСТКОВ, УСТУПОВ КАРЬЕРОВ И ОТВАЛОВ**

Основной характеристикой оценки геомеханической устойчивости откосов бортов карьера, определяющей (обеспечивающей) безопасность и эффективность ведения горных работ, является коэффициент запаса устойчивости (КЗУ), рекомендуемые значения которого при отработке месторождений определяются нормативными документами, требующими пересмотра и актуализации [1].

Несмотря на то, что основные факторы, влияющие на величину коэффициента запаса устойчивости откосов, хорошо известны, значения КЗУ, рекомендуемые действующей нормативной литературой, не обладают достаточной степенью детализации по срокам службы объектов, стадиям освоения месторождения, а также способу получения исходных характеристик. Также не обоснованы возможность и границы применения метода аналогий, требует отдельного рассмотрения характеристика прибортового массива участок борта – группа уступов, оконтуренная общей поверхностью скольжения, по которой выполняется оценка (прогноз) устойчивости всей группы откосов, не рассматриваются карьеры, сложенные массивом многолетнемерзлых пород.

Настоящая работа посвящена устранению части этих недостатков. Приведенные в ней рекомендуемые величины коэффициентов запаса могут быть скорректированы для конкретных условий, даны рекомендации по корректировке.

Следует учесть, что критерии оценки геомеханической устойчивости борта карьера могут изменяться вместе с развитием технологий мониторинга и политикой безопасности горнодобывающих компаний, что нашло отражение в международном подходе к оценке устойчивости бортов карьера [2].

### **Список литературы**

1. Рыльникова М.В., Зотеев О.В., Никифорова И.Л. Развитие нормативной базы в области обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов // Горная промышленность. – 2018. – № 3. – С. 95–106.
2. А.М. Мочалов, К.В. Морозов, Ю.А. Норватов и др. Сопоставление российских и международных подходов к оценке устойчивости откосов бортов карьера // сб. докл. «Глубокие карьеры» – Апатиты: Санкт-Петербург, 2012. С. 340-352.

## **УЧЕТ ОСОБЕННОСТЕЙ КОМБИНИРОВАННОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ В ФЕДЕРАЛЬНЫХ НОРМАХ И ПРАВИЛА В ОБЛАСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ «ПРАВИЛА ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ И УСТУПОВ КАРЬЕРОВ, РАЗРЕЗОВ И ОТВАЛОВ»**

Особое значение решение проблемы обеспечения устойчивости откосов имеет при проектировании комбинированных геотехнологий в связи с необходимостью совершенствования схем взаимодействия открытых, открыто-подземных и подземных горных работ в существенно изменяющихся горно-геологических, горнотехнических и экологических условиях [1-3].

Для обеспечения требуемого уровня безопасности горных работ и полноты освоения недр оценка устойчивости откосов бортов карьеров и разрезов при комбинированной разработке месторождения должна выполняться с учетом: необходимости поддержания охраняемых горных выработок и иных сооружений на весь период отработки запасов месторождения; изменения прочностных характеристик пород под воздействием подработки открытыми и подземными выработками; влияния взрывов, выветривания; необходимости сохранности участков бортов карьеров на период открыто-подземной и/или подземной отработки запасов за предельным контуром карьера.

При комбинированной геотехнологии формируется сложная геомеханическая система, поэтому напряженно-деформированное состояние массива горных пород необходимо определять с учетом совместного влияния открытых и подземных работ.

В разрабатываемых правилах будет рассмотрена методика определения параметров зоны влияния подземных разработок, величин и характера деформирования горного массива и продолжительности процесса сдвижения горных пород и земной поверхности. Кроме того, особое внимание уделено учету специфики природно-климатических условий, криогенности горного массива, обводненности, сейсмического воздействия взрывов, собственной сейсмической активности региона, вплоть до землетрясений; статических и динамических нагрузок горнотранспортного оборудования; геодинамического районирования участка недр в соответствии с условиями управления состоянием массива горных пород при открытой и комбинированной (открыто-подземной) разработке месторождений.

Рассмотрены технологические методы управления геомеханическими процессами, обеспечивающие безопасное ведение горных работ при

комбинированной геотехнологии. Представлены особенности организации мониторинга геомеханического состояния массива в комплексе с технологическими решениями по обоснованию безопасной технологии горных работ.

Реализация требований новых ФНП позволит расширить область применения комбинированных геотехнологий, обеспечить безопасное и эффективное освоение недр.

### **Список литературы**

Каплунов Д. Р., Рыльникова М. В. Комбинированная разработка рудных месторождений. – М.: Горная книга. – 2012. 344 с.

Трубецкой К.Н. Развитие ресурсосберегающих и ресурсовоспроизводящих геотехнологий комплексного освоения месторождений полезных ископаемых / М.: ИПКОН РАН. – 2014. 196 с

Рыльникова М. В., Зотеев О. В., Никифорова И. Л. Развитие нормативной базы в области обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов // Горная промышленность. – 2018. – №3. С.95-98.

**А.А. Панжин, Н.А. Панжина**

*ИГД УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ И СТРУКТУРЫ ПОРОДНОГО МАССИВА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ И УСТУПОВ КАРЬЕРОВ**

Одним из приоритетных направлений развития горнодобывающего комплекса является повышение эффективности и безопасности извлечения полезных ископаемых. Важная роль в решении этой проблемы принадлежит геомеханическому обеспечению технологии разработки месторождений полезных ископаемых. Основным источником данных об исходном и техногенно измененном напряженно-деформированном состоянии массива горных пород являются натурные измерения параметров процесса сдвижения прибортового массива.

Основными факторами, определяющими формирование напряженно-деформированного состояния массива горных пород, являются:

- иерархически блочное строение;
- постоянная подвижность;
- вторичное структурирование;
- концентрация современных геодинамических движений на границах вторичных структурных блоков.

Под их воздействием в реальном массиве горных пород формируется мозаичное, относительно однородное по своим усредненным интегральным

параметрам, напряженно деформированное состояние. Для выявления параметров и закономерностей формирования исходного напряженно-деформированного состояния массива горных пород необходимо:

- оценить экспериментально уровень современных геодинамических движений и параметры формируемого ими напряженно-деформированного состояния, изменяющегося во времени;

- исследовать степень неоднородности напряженно-деформированного состояния, обусловленную вторичным структурированием массива горных пород под влиянием современных геодинамических движений и формирования вторичного поля напряжений в области влияния горных работ.

Таким образом, необходимо получение инструментальным путем двух основных видов информации: параметров интегрального движения массива, вызванных природными и техногенными факторами, а также данных об иерархически блочной структуре горного массива и его изменениях во времени. Эти данные возможно получить как прямыми маркшейдерско-геодезическими методами, так и косвенными геофизическими. Среди прямых методов необходимо отметить дистанционные, при которых не происходит непосредственного контакта с исследуемым объектом.

**А.В. Шахов, М.М. Караблин**

*ОАО «Кузбассгипрошахт», г. Кемерово, Россия*

## **ОБ ЭТАПНОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД ДЛЯ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ**

Одним из проблемных вопросов при выполнении инженерных изысканий для проектной документации на строительство (реконструкцию) угольных разрезов является отсутствие нормативных требований к составу и объему изысканий для горных объектов (карьерной выемки и отвалов вскрышных пород). Данный вопрос будет решён в разрабатываемых в настоящее время Федеральных нормах и правилах «Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов» (далее – «Правила...»).

Целесообразно разделить работы, проводимые геологоразведочными и изыскательскими организациями (подразделениями). Основной объект исследования первых – полускальные и скальные горные породы, вторых – дисперсные грунты (и первые метры полускальных, скальных пород). Соответственно, указанные виды организаций имеют разное оборудование и кадровый состав, и, в конечном итоге, - отличающуюся на порядок среднюю стоимость работ и время выполнения работ. Объединяет эти организации в части геологии одна наука – инженерная геология. И первые, и вторые выполняют инженерно-геологические исследования. Геологоразведочные организации – для промышленной оценки и освоения месторождения, изыскательские – для архитектурно-строительного проектирования (в

основном – для выбора и расчетов фундаментов зданий и сооружений).

Дополнительно к этому специализированные в области геомеханики организации выполняют отбор проб из уступов действующих разрезов, дополнительные лабораторные исследования (определение прочностных свойств горных пород методом сдвига со сжатием, определение прочностных свойств контактов пород).

На каждом последующем этапе работы (разведка, изыскания, дополнительные исследования) сокращаются затраты времени и финансов на выполнение инженерно-геологических исследований. Если для геологической разведки приемлемым считается время работы порядка года, то на этапе разработки заключения по обоснованию параметров устойчивых бортов и отвалов средние временные затраты составляют порядка месяца.

Для предотвращения непроизводительных затрат (дублирования буровых работ) на получение исходных данных для геомеханических расчетов новые работы по геологической разведке (доразведке) угольных месторождений должны включать в себя не только традиционные исследования прочностных свойств скальных и полускальных горных пород методом одноосного сжатия и растяжения, но и новые виды и объекты исследований - определение деформационных свойств горных пород, определение прочностных свойств горных пород методом сдвига со сжатием («косой срез»), определение прочностных свойств контактов пород.

Имеет смысл добавить определения терминов геологической разведки и изысканий в разрабатываемые «Правила...» в соответствии с существующей нормативно-правовой базой и практикой работы соответствующих организаций. Существует геологическая разведка месторождений полезных ископаемых, под которую полностью подходит имеющийся в текущей редакции «Правил...» термин «инженерно-геологические изыскания месторождений полезных ископаемых». Соответственно, тот объём инженерно-геологических исследований, который предлагается выполнять как инженерно-геологические изыскания месторождений полезных ископаемых, должен быть выполнен на этапе геологической разведки (доразведки) геологического месторождения (участка).

В разделе 3 «Требования к инженерно-геологическому изучению и районированию массива горных пород» целесообразнее оперировать термином «инженерно-геологические исследования», а не изыскания, так как действующая правовая база вкладывает в термин изыскания более узкий смысл. Исследования включают в себя геологоразведочные работы, изыскательские работы и дополнительные работы специализированных организаций с области геомеханики на этапе разработки заключения.

На этапе инженерно-геологических изысканий горных объектов (карьерной выемки и отвалов вскрышных пород), если геологическая разведка выполнена качественно в соответствии с разрабатываемыми «Правилами...», исследуются дисперсные грунты на территории будущей карьерной выемки. Для внешних отвалов глубина скважин ограничивается дисперсными грунтами с заглублением на 1-3 метра в полускальные грунты. После бурения первых скважин (в комбинации со статическим

зондированием) на всю глубину дисперсных грунтов, целесообразно проводить предварительные геомеханические расчёты и, в зависимости от полученных результатов, более точно определять сферу взаимодействия внешнего отвала и основания.

Для обеспечения возможности использования современных геомеханических программ изыскания (также как и геологоразведка) должны проводиться по отдельным профилям, расположенным в разных геоморфологических зонах (участки отрицательных форм рельефа, водоразделы, склоны, равнинные участки).

Рациональная организация инженерно-геологических исследований на всех стадиях жизненного цикла горного предприятия, начиная от геологической разведки и заканчивая консервацией (ликвидацией) горного предприятия, позволит оптимальным образом получать полноценный пакет инженерно-геологической информации, необходимой для использования новых методов и алгоритмов расчетов согласно разрабатываемым Федеральным нормам и правилам «Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов».

**С.Н. Жариков, В.А. Кутуев**

*ИГД УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия*

## **ОГРАНИЧЕНИЯ ПО СЕЙСМИЧЕСКОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ ВЗРЫВА В ПРИКОНТУРНОЙ ЗОНЕ КАРЬЕРА ПРИ ОТКРЫТОЙ И КОМБИНИРОВАННОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

При одновременном ведении горных работ в карьере и подземном руднике в одной вертикальной плоскости должны соблюдаться следующие условия: оставление предохранительного целика, обеспечивающего устойчивость массива и бортов карьера; применение систем разработки, исключающих сдвигание (разрушение) массива предохранительного целика; ограничение мощности массовых взрывов и их сейсмического воздействия на целики, потолочины и уступы бортов.

При комбинированной разработке месторождения фронт ведения горных работ в карьере располагается в направлении навстречу фронту развития подземных очистных работ. При подземных очистных работах фронт развивается в направлении от массива к карьере [1, 2].

Взрывные работы в карьере необходимо вести таким образом, чтобы скорость сейсмических колебаний пород в районе подземной выработки не превышала предельно допустимых по устойчивости значений. Для определения допустимого значения скорости сейсмических колебаний необходимо установить допустимое динамическое напряжение в массиве. Допустимый динамический предел прочности находится в соответствии с условием сейсмостойчивости выработки:

$$[\sigma_{ст}] + [\sigma_{дин}] \leq \sigma_{дин}$$

где  $[\sigma_{ст}]$  – статическое напряжение в массиве, окружающей выработку,

$[\sigma_{\text{дин}}]$  – динамическое напряжение в массиве (около выработки),  $\sigma_{\text{дин}}$  – допустимый динамический предел прочности около выработки.

Величины пределов прочности на растяжения для образца и массива пород существенно отличаются (в 5 – 10 и более раз). Достоверно оценить величину статического предела прочности массива можно только экспериментально, что невозможно на начальных стадиях проектирования. В некоторых случаях возможен приближённый расчёт с учётом среднего коэффициента структурного ослабления и на основе паспорта прочности горных пород. В приближении за допустимый динамический предел прочности пород  $\sigma_{\text{дин}}$  можно принимать статический предел прочности пород на растяжение  $\sigma_p$  увеличенный на 10 - 30%.

### **Список литературы**

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при взрывных работах». Утверждены Приказом Ростехнадзора от 16.12.2013 № 605. – Екатеринбург: ТД «УралЮрИздат», 2018. – 244 с.
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твёрдых полезных ископаемых». Утверждены Приказом Ростехнадзора от 11.12.2013 №599. – Екатеринбург: ТД «УралЮрИздат», 2018. – 208 с.