

На правах рукописи



ОЛИСАЕВ Аслан Сергеевич

**РАЗРАБОТКА ОТКРЫТОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ ОТРАБОТКИ
НАГОРНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДОЛОМИТА С
ПРИМЕНЕНИЕМ КОМБИНИРОВАННОГО СПОСОБА
ДЕЗИНТЕГРАЦИИ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД**

Специальность 25.00.22 – «Геотехнология
(подземная, открытая, строительная)»

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Владикавказ - 2020

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)» на кафедре «Горное дело»

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор

ГАБАРАЕВ Олег Знаурович

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информационных технологий в управлении техническими системами, директор научно-образовательного центра автоматизации геотехнологических систем ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова»

ХАКУЛОВ Виктор Алексеевич

кандидат технических наук, директор ООО ПСК «ГИДРОСРОЙ» (г.Новороссийск), доцент кафедры «Горное дело» ФГБОУ ВО «ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова»

ЗЕМЛЯНОЙ Михаил Александрович

Ведущая организация:

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

(г. Екатеринбург)

Защита диссертации состоится 27 июня 2020 г. в 10-00 часов на заседании диссертационного Совета Д212.246.02, созданного на базе Северо-Кавказского горно-металлургического института (государственного технологического университета), по адресу: 362021, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Николаева, 44, факс 8(8672) 40-72-03,
E-mail: info@skgmi-gtu.ru , Gegelashvili@mail.ru .

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «СКГМИ (ГТУ)» по адресу <http://www.skgmi-gtu.ru/ru-ru/postgraduates/dissertation> .

Автореферат разослан 10 мая 2020 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор технических наук, проф.



М.В. Гегелашвили

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Запасы разведанных месторождений карбонатных пород Республики Северная Осетия - Алания удовлетворяют промышленным требованиям и используются в стекольной промышленности и строительной индустрии в виде кускового доломита, доломитовой муки и щебня. Однако, для повышения эффективности работы горнодобывающих предприятий необходимо расширение ассортимента их товарной продукции.

Расширение ассортимента продукции требует применения более гибких технологий, позволяющих наиболее эффективно использовать запасы полезных ископаемых и получать более качественную продукцию. Для этого требуются технологии разработки месторождений, сохраняющие природное качество полезных ископаемых, оказывающих влияние на ассортимент конкурентоспособной продукции карьера.

Наиболее актуально сохранение природных свойств доломитов, используемых в качестве строительного и облицовочного камня. Наиболее распространенный способ рыхления доломитов с применением взрыва приводит к снижению их прочностных и декоративных свойств, вследствие сейсмического воздействия взрыва на массив горных пород.

Расширение ассортимента выпускаемой продукции карьеров нерудной промышленности возможно за счет внедрения комбинированного способа дезинтеграции массива горных пород, сочетающего использование безвзрывных и традиционных технологий разрушения массива. Широкое применение этого способа сдерживается отсутствием апробированных методов обоснования параметров и достаточных сведений об изменении качественных характеристик и структуры пород под воздействием открытой геотехнологии. Поэтому исследования, направленные на обоснование параметров открытой разработки доломитовых месторождений с применением комбинированного способа дезинтеграции массива горных пород на основе комплексной оценки качества месторождений для расширения ассортимента выпускаемой продукции, являются актуальными.

Цель работы - разработка открытой геотехнологии отработки нагорных месторождений доломита с применением комбинированного способа дезинтеграции массива горных пород для

расширения номенклатуры товарной продукции путем управления качеством горной массы.

Идея работы: управление качеством горной массы для расширения номенклатуры товарной продукции основано на районировании месторождения по степени структурной нарушенности с первоочередной выемкой взрывными технологиями пород с повышенной трещиноватостью с использованием экранирующих щелей для минимизации разрушающего воздействия взрывных работ на продуктивные слои блочных нетрещиноватых доломитов, извлекаемых в последующем с применением высокоэффективных безвзрывных технологий.

Задачи исследования:

- системный анализ теории и практики открытой разработки нагорных месторождений карбонатных пород;
- исследование трещиноватости и блочности рудовмещающего массива;
- обоснование параметров открытой геотехнологии разработки месторождений с применением комбинированного способа дезинтеграции массива;
- разработка технологических рекомендаций и оценка их экономической эффективности.

Предмет исследования - геотехнология открытой разработки нагорных месторождений с применением комбинированного способа дезинтеграции массива карбонатных пород.

Методы исследования. Для достижения поставленной цели использован комплексный метод исследований, в том числе: анализ и обобщение опыта открытой разработки нагорных месторождений карбонатных пород на отечественных и зарубежных предприятиях, геофизические исследования состояния рудовмещающего массива, натурные исследования трещиноватости и блочности массива, лабораторные исследования свойств невзрывчатых разрушающих средств и действия взрыва на техногенную нарушенность массива горных пород, опытно-промышленные испытания, статистическая обработка результатов.

Научные положения, защищаемые в работе:

1. Выбор открытой геотехнологии разработки нагорных месторождений доломита следует производить на основе

районирования массива месторождения по степени структурной нарушенности с выделением участков нарушенных пород для первоочередной выемки с применением взрывной подготовки массива с использованием экранирующей щели для последующего извлечения за ее пределами товарных блочных доломитов с применением безвзрывной технологии на основе использования невзрывчатых разрушающих средств - расширяющейся смеси из высокоактивного оксида кальция, сульфатно-дрожжевой бражки и борной кислоты.

2. Величина зоны техногенной нарушенности горных пород от поверхности откоса в глубину массива по горизонтали при буровзрывной подготовке доломитовых пород к выемке связана с высотой рабочего уступа полиномиальной зависимостью, при высоте уступа 14 м в призабойной зоне трещиноватость доломитов в 1,85 раза выше, чем на удалении 10 м от откоса вглубь массива.

3. Для уменьшения зоны техногенной нарушенности массива взрывом на 1,8 - 2,5 м и снижения разрушающего действия взрывных работ на продуктивные слои блочных доломитов в 2,3-2,6 раза при использовании комбинированного способа дезинтеграции массива горных пород предварительно, перед проведением массового взрыва на участке нарушенных доломитов, формируется специальная экранирующая щель по контуру массового взрыва путем взрывания скважин. длиной не менее 6 м с углом наклона 60° при удельном расходе эталонного взрывчатого вещества не более 0,5 кг/м³.

Научная новизна работы:

1. Методика обоснования параметров открытой геотехнологии обработки нагорных месторождений природного камня, предусматривающая районирование массива месторождения по степени структурной нарушенности с определением участков первоочередной выемки доломитов для применения буровзрывных работ с созданием экранирующих щелей с заданными параметрами, обеспечивающих сохранение приконтурного массива крупноблочного камня для извлечения безвзрывными технологиями с применением невзрывчатых разрушающих средств.

2. Закономерности формирования зон техногенной трещиноватости при применении щадящих технологий буровзрывных работ, включающие полиномиальную зависимость влияния параметров уступа на суммарную длину техногенных

трещин $\Sigma L = -0,1226 + 1,612 l - 0,9852 H_v - 0,0126 l H_v$ (где H_v – высота уступа, м; l - расстояние от откоса уступа, м) и экспоненциальную зависимость скорости сейсмоколебаний V , м/с, от расстояния до центра взрыва r , м: $V = 3209,9r^{-1,74}$, что позволяет определить область применения безвзрывной технологии извлечения блочного камня.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечиваются надежностью и представительностью исходных данных, сопоставимостью результатов теоретических, экспериментальных и опытно-промышленных исследований, обработанных методами математической статистики с использованием современного оборудования и апробированных методик, их качественной и количественной сходимостью с практикой эксплуатации карьеров и результатами других работ.

Практическая значимость работы: заключается в разработке практических рекомендаций по технологии открытой разработки нагорных месторождений доломита с расширением перечня номенклатуры товарной продукции: кускового доломита, доломитовой муки, щебня и высококачественного блочного камня - за счет применения комбинированного способа дезинтеграции массива горных пород, используемого при проектировании и производстве выемочных работ на карьерах нерудных строительных материалов, в частности, на Боснинском месторождении ОАО «Кавдоломит».

Реализация работы. Основные научные положения и практические рекомендации, изложенные в диссертационной работе, использованы при подготовке и реализации проектов обработки Боснинского месторождения доломитов ОАО «Кавдоломит». Методы обоснования параметров открытой геотехнологии разработки месторождений с применением комбинированного способа дезинтеграции массива использованы в учебном процессе в ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)» для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело», при изучении курсов «Открытая геотехнология» и «Комбинированная разработка месторождений полезных ископаемых».

Личный вклад соискателя заключается в участии во всех этапах исследования: выборе цели и постановке задач исследования, проведении экспериментально-аналитических и натурных

исследований, обосновании методики расчета параметров и разработке технологических рекомендаций, обобщении результатов исследований, формулировании выводов.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на Международных научных симпозиумах «Неделя горняка» (Москва, 2016-2018гг.), VIII Всероссийской научно-практической конференции «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-востока России» (Якутск, 2018г.), Всероссийской научно-практической конференции «Геонауки: проблемы, достижения и перспективы развития» (Якутск, 2018г.), X Международной конференции «Комбинированная геотехнология: переход к новому технологическому укладу» (Магнитогорск, 2019г.), Всероссийской научно-практической конференции «Золото. Полиметаллы. XXI век» (Челябинск, 2019г.), IX международной научной конференции «Горные территории: приоритетные направления развития» (Владикавказ, 2019г.), Международном научном форуме «Наука и инновации - современные концепции» (Москва, 2020г.), ежегодных научно-технических конференциях СКГМИ (ГТУ) (Владикавказ, 2015-2019гг.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 11 печатных работ, из них 3 в рецензируемых изданиях, включенных в перечень ВАК РФ.

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав и заключения, изложенных на 117 с. машинописного текста, содержит 40 рис., 24 табл., список использованной литературы из 121 наименования и включает 2 приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Изучение вопроса обоснования параметров открытых горных работ при комплексном освоении месторождений показало, что все предложенные идеи, подходы и решения ведущих отечественных ученых академиков: М.И. Агошкова, Н.В.Мельникова, В.В. Ржевского, К.Н. Трубецкого; чл.-корр. РАН: Д.Р. Каплунова, В.Л. Яковлева; профессоров: Ю.И. Анистратова, А.И. Арсентьева, С.Е.Гавришева, В.А.Галкина, О.В. Зотеева, П.Э. Зуркова, С.А. Ильина, В.Н.Калмыкова, А.И. Косолапова, С.В. Корнилкова, В.А. Кузнецова, Ю.И.Лель, В.В.Мельника, В.Н. Игнатова, С.А. Ильина, М.В. Рыльниковой, Г.Г. Саканцева, А.В.Соколовского, В.И. Супруна,

П.И. Томакова, В.А. Хакулова, Г.А.Холоднякова, В.С. Хохрякова и других - внесли значительный вклад в развитие науки и производства. Обзор теоретических взглядов, анализ практики открытой разработки нагорных месторождений карбонатных пород на отечественных и зарубежных предприятиях, показывает, что, наряду с преимуществами, технологии ведения открытых работ с подготовкой массива к экскавации буровзрывным способом имеют ряд недостатков: сейсмическое воздействие на законтурный массив, вызывающее дополнительную техногенную нарушенность; ввиду сильной техногенной трещиноватости массива горных пород карбонатные породы не подходят для производства облицовочных и строительных изделий. Разработка месторождений руд строительных материалов механическими способами, несмотря на снижение законтурного разрушения массива горных пород и сохранение целостности блочного камня, не обеспечивает необходимой производительности карьера по добыче полезной массы при неоднородности массива. Технологии добычи доломитовых блоков, обеспечивающие максимальное сохранение природных свойств геометрических параметров геологических отдельностей, извлекаемых из горного массива нуждаются в совершенствовании, а качественные характеристики и структуры карбонатных массивов требуют дополнительного изучения.

Цель работы - разработка открытой геотехнологии отработки нагорных месторождений доломита с применением комбинированного способа дезинтеграции массива горных пород для расширения номенклатуры товарной продукции путем управления качеством горной массы. Объектом исследования является технология открытой разработки нагорных месторождений карбонатных руд, которую целесообразно рассмотреть на примере отработки Боснинского месторождения доломитов. Балансовые запасы Боснинского месторождения составляют 242 млн. тонн, мощность рудного тела 40-420 м, угол падения 30-60⁰. Доломитовые породы месторождения относятся к группе полускальных с коэффициентом крепости 5-7.

Проектом ОАО «Союзгипронеруд» ведется отработка месторождения транспортной системой разработки со скважинной отбойкой руды. Оработка карьера ведется уступами сверху вниз, направление горных работ на уступе от центра к флангам пятнадцатиметровыми заходками по всей ширине уступа. Высота

уступа 10-15 м и диаметр скважины 150 мм. Отбитая горная масса перемещается бульдозерами в центральный лог и сбрасывается на уровень горизонта 980м, где осуществляют погрузку экскаваторами в автосамосвалы.

Для определения технологических решений по способам и порядку разработки месторождения было проведено инженерно-геологическое районирование месторождения по степени структурной нарушенности. Измерение размера элементарного структурного блока определялось как расстояние между соседними трещинами каждой системы, а степень трещиноватости пород выражалась величиной среднего поперечника естественной отдельности, как среднеарифметическая величина из всех замеров по системам трещин. Исследования показали, что по величине площадей участков пород различной блочности установлено, что на Боснинском месторождении доломитов преобладают крупноблочные породы (42 %), а весьма крупноблочные и исключительно крупноблочные породы составляют соответственно 20,8 и 7,2 % (рисунок 1). Среднеблочные породы составляют 22,2 %, мелкоблочные породы распространены незначительно (7,8 %).

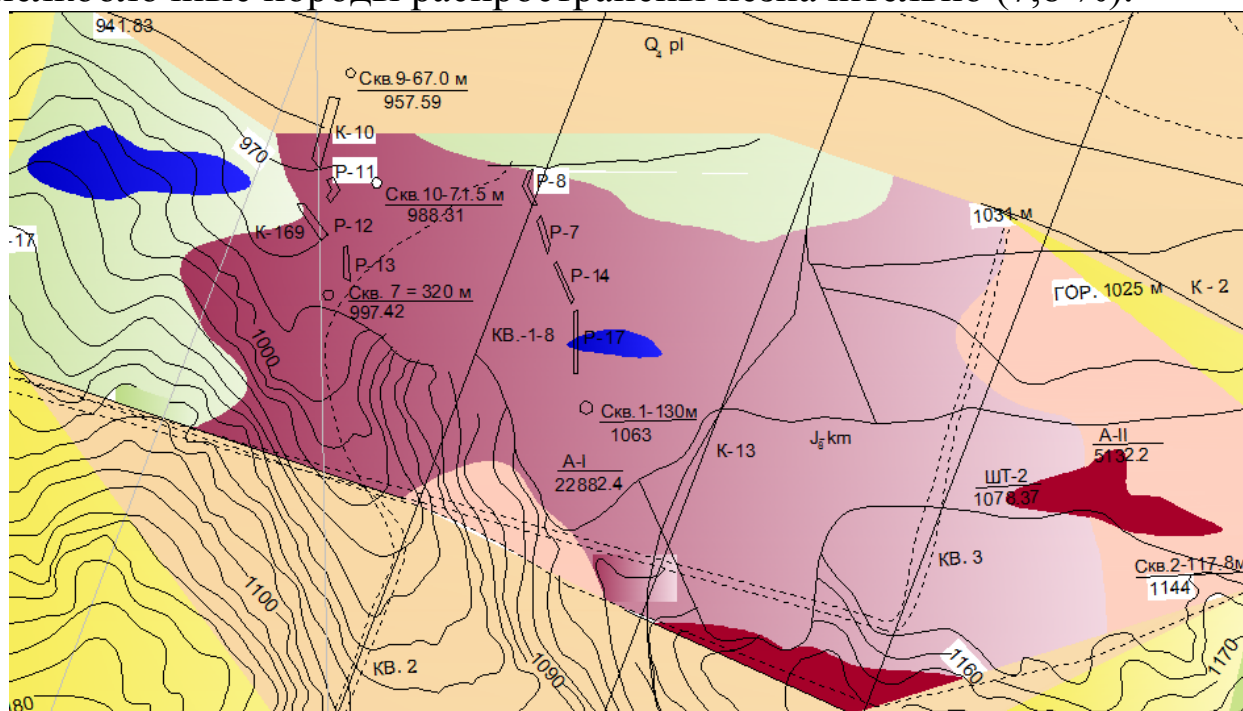







Рисунок 1 – Схема районирования карьерного поля по блочности

- | | | | |
|---|---------------------------------|---|---|
|  | I - мелкоблочные < 0,1 м |  | IV - весьма крупноблочные 1,0 - 1,5 м |
|  | II - среднеблочные 0,1 - 0,5 м |  | V - исключительно крупноблочные > 1,5 м |
|  | III - крупноблочные 0,5 - 1,0 м | | |

Районирование месторождения показывает, что в массиве выделяются два крупных типа доломитов: подверженные дезинтеграции приповерхностные породы; нетронутые процессами ниже залегающие породы. Такое размежевание свойств доломитов может быть использовано для технологической диверсификации производства доломита. Наряду с продукцией, где сырьем являются мелкие фракции доломитов, может выпускаться товары на основе крупных фракций, например, блочный камень.

Массовые взрывы, заряды которых измерялись тоннами, и проводимые сосредоточенными зарядами, генерировали сейсмические колебания, которые провоцировали дополнительную техногенную нарушенность массива, движение обвалов и камнепадов на карьере. Внешний вид бортов рабочих уступов после взрывных работ представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Фрагмент натуральных исследований структуры массива

Для исследования техногенной нарушенности массива была проведена съемка на основе сплошной геологической документации уступов. С помощью цифрового фотоаппарата с борта карьера производилась съемка геологического маршрута через каждые 2 м. Для всех выделенных на зарисовке структурных элементов проводилось измерение их ориентировки гироскопическим трещиномером ГТ-3М по методике ВИОГЕМ. По данным замеров трещин на плоскостях обнажений установлена суммарная длина техногенных трещин в зависимости от высоты и расстоянии от откоса уступа. Исследованиями установлены полиномиальные зависимости влияния высоты и расстояния от откоса уступа на суммарную длину техногенных трещин (рисунок 3):

$$L \text{ (при высоте уступа 10м)} = 0,016l^2 - 0,429l + 2,777, \quad (1)$$

$$L \text{ (при высоте уступа 12м)} = 0,017l^2 - 0,454l + 2,972, \quad (2)$$

$$L \text{ (при высоте уступа 14м)} = -0,000l^3 + 0,037l^2 - 0,680l + 3,831, \quad (3)$$

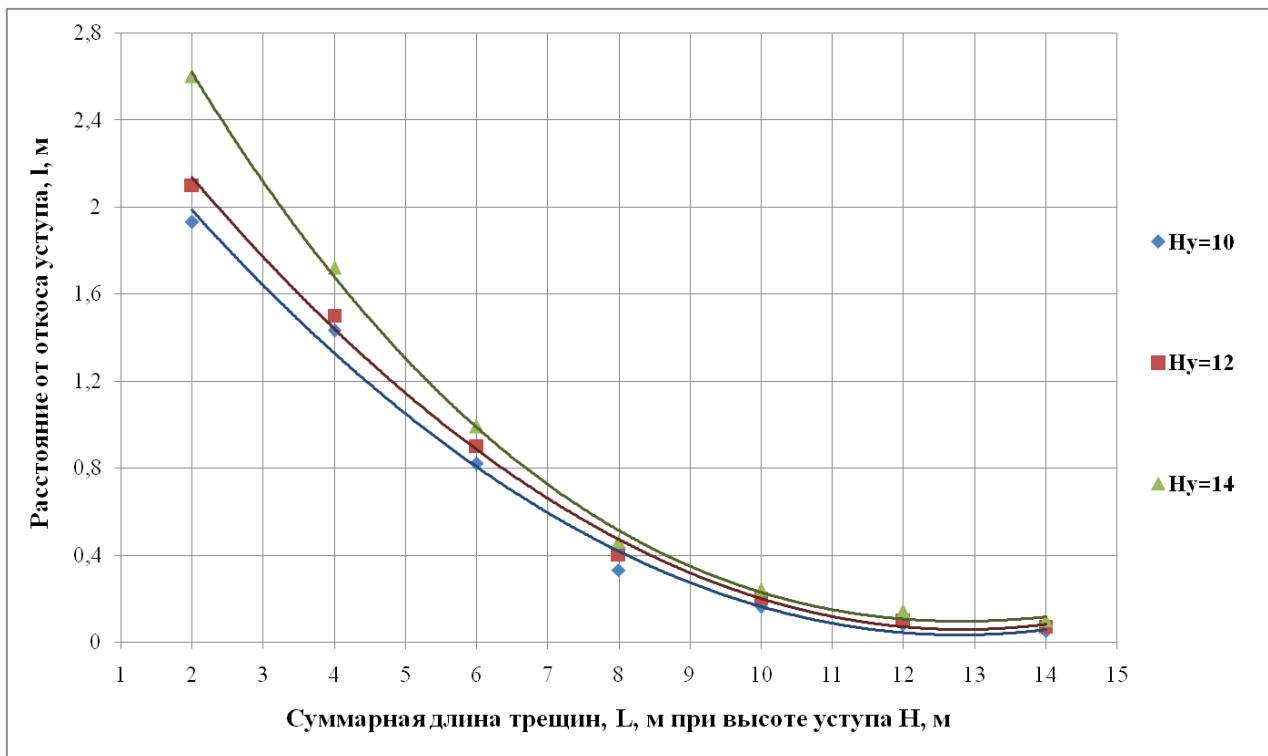


Рисунок 3 - Изменение суммарной длины техногенных трещин в зависимости от высоты и расстояния от откоса уступа

Получение математической модели зависимости суммарной длины техногенных трещин от высоты и расстояния от откоса уступа выполнено на основе полного двухфакторного эксперимента. В качестве независимых переменных были избраны: x_1 – расстояние от откоса уступа, l , м; x_2 – высота уступа H_y , м. Аппроксимацией математической модели является линейное уравнение регрессии в натуральном масштабе:

$$\Sigma L = -0,1226 + 1,612 l - 0,9852 H_y - 0,0126 l H_y \quad (4)$$

Исследованиями установлено, что процесс техногенного трещинообразования в массиве горных пород зависит, в первую очередь, от параметров буровзрывных работ и рабочего уступа. Величина зоны техногенной нарушенности горных пород от поверхности откоса в глубину массива по горизонтали при буровзрывной подготовке доломитовых пород к выемке связана с высотой рабочего уступа полиномиальной зависимостью, при высоте

уступа 14 м в призабойной зоне трещиноватость доломитов в 1,85 раза выше, чем на удалении 10 м от откоса вглубь массива.

Для определения параметров зон неуправляемого разрушения при взрывных работах были проведены исследования с использованием сейморазведочной аппаратуры на карьере, в качестве регистрирующих приборов использовали осциллографы РИНТЕК FS-409, а в качестве приемников сейсмоколебаний - датчики типа СВ-20, СМВ-30. Скорость сейсмоколебаний при отбойке руды на рабочих уступах скважинными зарядами определена в 50 точках. Масса одновременно взрываемого ВВ во время замеров колеблется в пределах 300-450 кг, в одном замедлении вес достигает 100кг.

Зависимость скорости сейсмоколебаний от расстояния до центра взрыва значения представлена на рисунке 4.

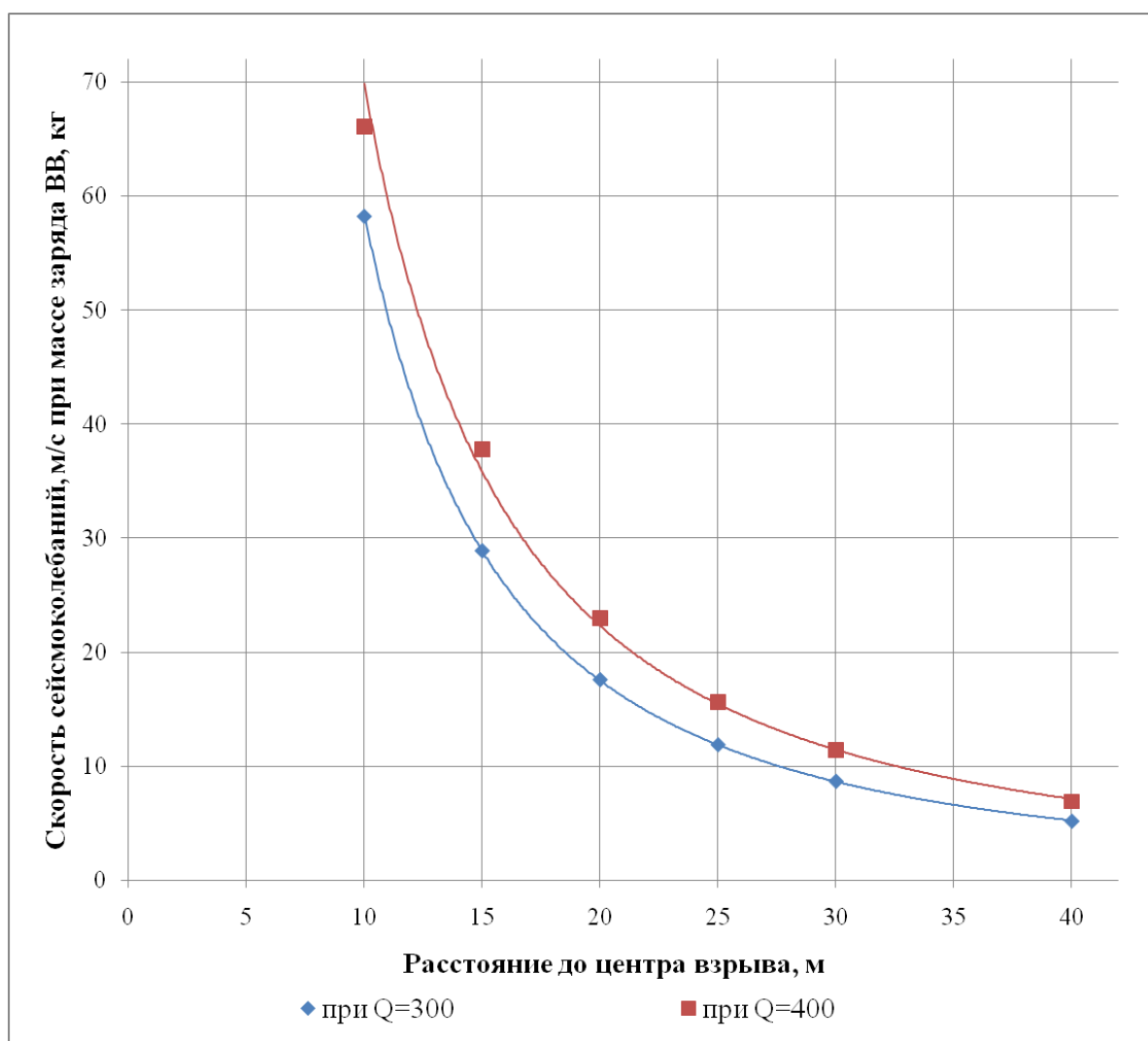


Рисунок 4 - Зависимость скорости сейсмоколебаний от расстояния до центра взрыва: 1 –при Q = 300 кг; 2 –при Q = 400 кг.

Полученные путем обработки экспериментальных данных экспоненциальные зависимости скорости сейсмоколебаний от расстояния до центра взрыва, имеют вид:

$$V(\text{при при массе заряда ВВ } 300 \text{ кг}) = 3209,9r^{-1,74} \quad (5)$$

$$V(\text{при при массе заряда ВВ } 400 \text{ кг}) = 3089,3r^{-1,646} \quad (6)$$

В результате проведенных исследований установлено, что при незначительном удалении от центра взрыва менее 10-15 м скорость сейсмических колебаний практически не зависит от расстояния, горные породы на этом участке подвержены упруго-пластическим деформациям.

Для снижения разрушающего действия взрывных работ на продуктивные слои блочных доломитов разработаны технологические решения по экранированию участков по выемке блочного камня от воздействия взрывных работ. Основным методом управления параметрами сейсмических волн является регулирование граничных условий на внешнем и внутреннем контурах разрушения, которое основано на принципе отражения волн от границы раздела двух сред с различными акустическими жесткостями $A_1 = \rho_1 C_{p_1}$, $A_2 = \rho_2 C_{p_2}$. Изменяя акустическую жесткость среды, примыкающей к разрушаемой, существенно изменяют параметры отраженной и преломленной волн, или параметры вторичного поля напряжений. Акустическая жесткость образованного экрана:

$$A_2 = A_1(1 - 0,5q_э), \text{ кг/м}^3 \cdot \text{ м/с}, \quad (7)$$

где $q_э$ – удельный расход ВВ, затраченный на образование экрана, кг/м^3 ; 0,5 – минимальный удельный расход зарядов рыхления, кг/м^3 ; A_1 – акустическая жесткость массива.

Энергия отраженной волны на внутреннем контуре:

$$W_{\text{отр}} = W_0 \left[\frac{4(1-0,5q_э)^4}{1+(1-0,5q_э)^4} \right]^2, \text{ Дж}; \quad (8)$$

а энергия преломленной волны:

$$W_{\text{пр}} = W_0 \frac{4(1-0,5q_э)^4}{[1+(1-0,5q_э)^4]^2}, \text{ Дж} \quad (9)$$

Эффективность экранирования зависит от совместного действия продольных и поперечных волн. Время, в течение которого фронт продольной и поперечной волны движется совместно, не должно превышать времени нарастания напряжений от нуля до максимума:

$$\Delta t = \left(\frac{R}{c_s} - \frac{R}{c_p} \right) \cdot 10^6, \text{ с}, \quad (10)$$

Время нагружения:

$$t_H = \frac{54}{K_1} \sqrt{R^{2-\gamma}} \cdot Q^{0.2}, \text{ с}, \quad (11)$$

Где $\gamma = \frac{\mu}{1-\mu}$ - показатель степени затухания; K_1 - модуль объемного сжатия; μ - коэффициент Пуассона:

$$K_1 = \frac{\rho}{g} \left(c_p^2 - \frac{4}{3} c_s^2 \right) \cdot 10^{-4} \quad (12)$$

Решая равенства совместно, определяют расстояние, на котором возможно максимально-эффективное экранирование продольных и поперечных волн:

$$R_3 \leq \left(\frac{18 \cdot 10^6}{A_1} \right) \sqrt[5]{Q}, \text{ м}, \quad (13)$$

где R_3 - расстояние до экрана, м; Q - вес ВВ в одном замедлении, кг.

Способ взрывания с формированием специальной экранирующей щели по контуру массового взрыва путем взрывания скважин длиной не менее 6 м с углом наклона 60° при удельном расходе эталонного взрывчатого вещества не более $0,5 \text{ кг/м}^3$ позволяет эффективно гасить сейсмоколебания на их пути к участку добычи блочного камня, обеспечивая при этом уменьшение доли прошедшей через щель энергии сейсмической волны в 2-3 раза.

Выбор эффективной технологии отработки месторождения производят на основе районирования массива месторождения по степени структурной нарушенности с выделением участков нарушенных пород для первоочередной выемки с применением взрывной подготовки массива с использованием экранирующей щели для последующего извлечения за ее пределами товарных блочных доломитов с применением безвзрывной технологии на основе использования невзрывчатых разрушающих средств. Отработку запасов ведут транспортной системой разработки заходками по 15-20 м с высотой уступа 10 м (рисунок 5). Отбойку горной массы для добычи доломитового щебня ведут буровзрывным способом с диаметром скважин 150 мм.

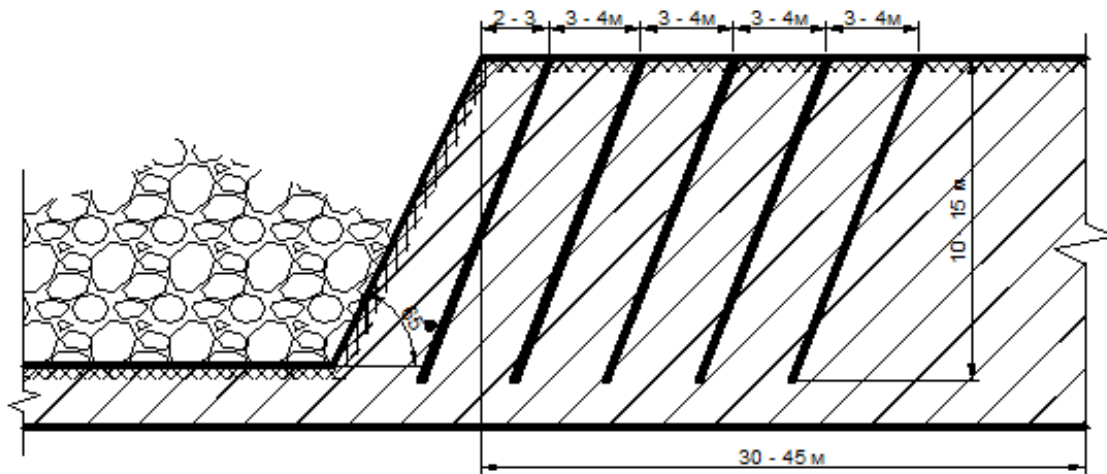


Рисунок 5 - Схема отбойки руды на уступах при транспортной системе разработки

Для предупреждения разрушения горных пород, на приконтурных с зоной выемки блочного камня участках карьера, по проектному контуру бурят скважины экранирующей щели под углом наклона 60° глубиной не менее 6 м с расстоянием между скважинами 1,5-2 м (рисунок 6).

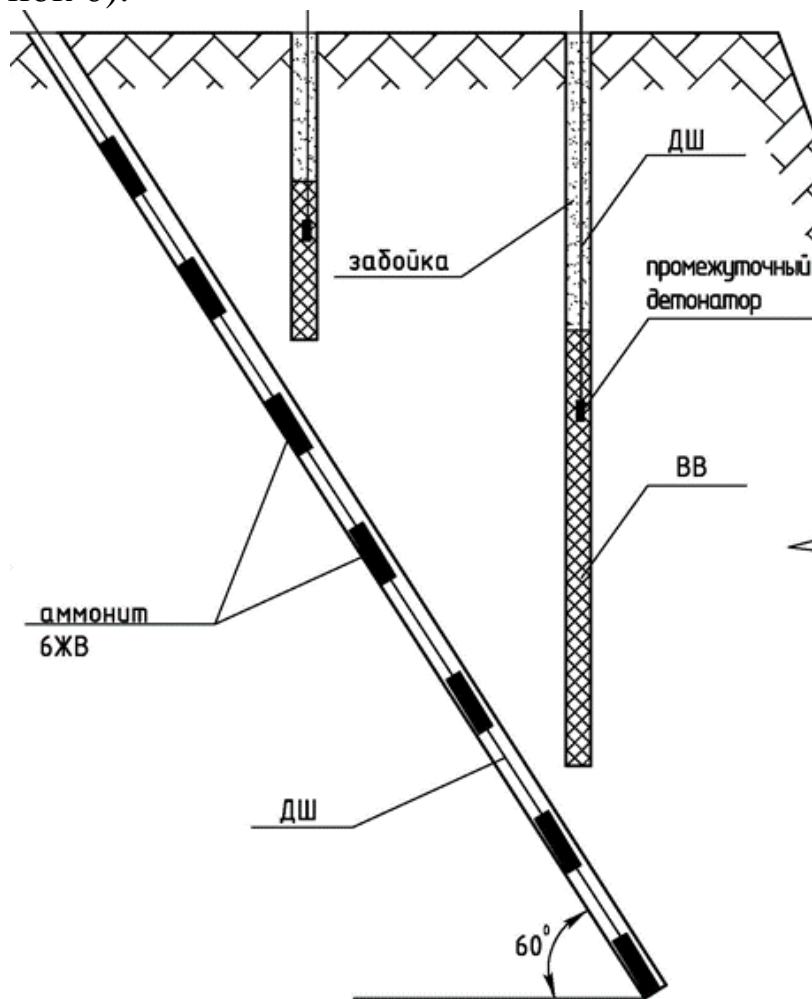


Рисунок 6 - Схема расположения контурных скважин на уступе

Бурение первого и последующих рядов в пределах приконтурной зоны осуществляют вертикальными скважинами. Расстояние между скважинами первого ряда от контура уменьшают на 10 %, а удельный расход ВВ в первом ряду на 20 % относительно расчетного. Взрывание блока приконтурной зоны производят после взрывания скважин заоткоски. Распространения фронта волны при падении ее на границу раздела массив горной породы - щель в процессе взрыва скважинных зарядов ВВ снижает сейсмическое воздействие на приконтурный горный массив в зоне выемки блочного доломитового камня. Отсутствие взрывного воздействия на массив доломитовых пород позволяет повысить качество блоков, поступающих на камнеобработку, что увеличивает выход готовой продукции. Для повышения целостности доломитовых блоков рекомендуется технология выемки с использованием невзрывчатых разрушающих средств.

Далее приступали к выемке блочного доломитового камня. Размеры подготавливаемых к выемке блоков принимают равными длине – 250 см, ширине - 150 см, высоте – 250 см, разбивая таким образом рабочий уступ по высоте на 4 подступа. В проектном контуре размещают рабочие и холостые ослабляющие шпуры диаметром 42 мм. Глубину шпуров принимают равной высоте раскалываемого камня – 2,5 м, при расстоянии между шпурами – 250 мм.

Сырьевая смесь для приготовления разрушающего средства включает обожженные при температуре 1400-1450°C известняк, фосфогипс и диоксид кремния. В качестве добавок используют борную кислоту и сульфатно-дрожжевую бражку. Приготовленную рабочую смесь заливают в шпуры на всю глубину, ускоряя время заливки. Процесс гидратации расширяющего состава при водопорошковом отношении 0,35 начинается сразу же после их перемешивания. Время схватывания размолотого комплексного расширяющегося состава 30 мин. Образовавшийся «каркас» с плотностью 1,4-1,6 т/м³ развивает через 72 часа давление расширения σ_0 не менее 50 МПа.

На рисунке 7 представлены результаты испытаний разработанной сырьевой смеси для приготовления разрушающего средства.

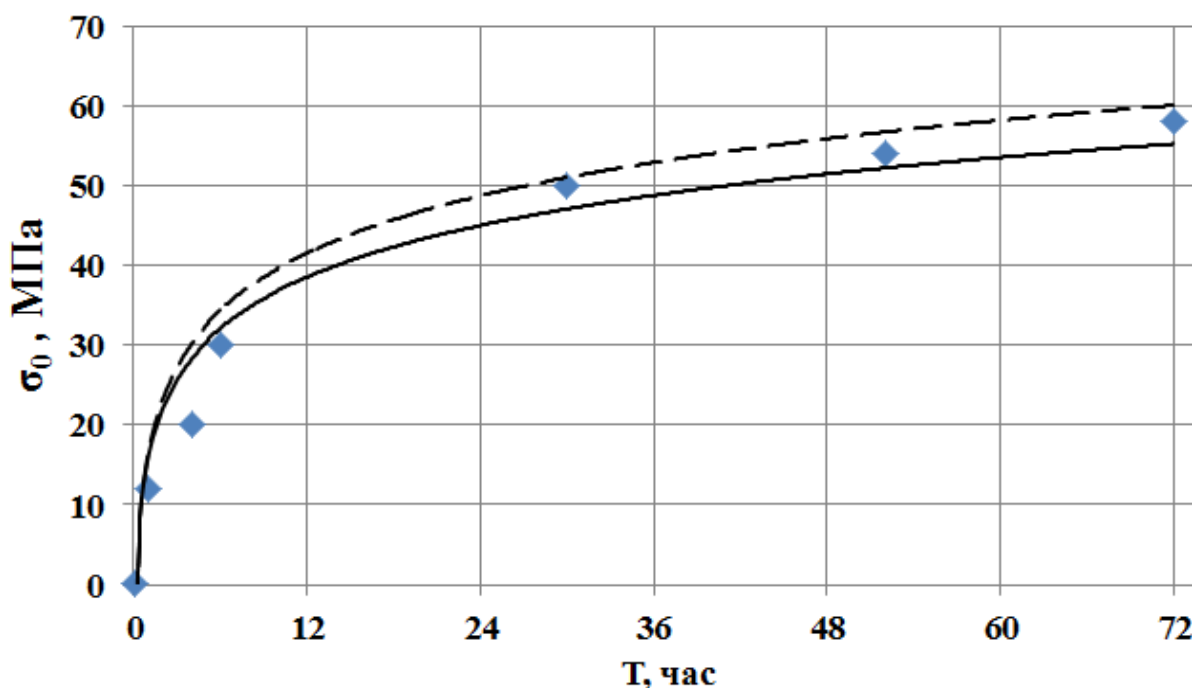


Рисунок 7 - Динамика нарастания напряжений в стенках шпура

При равномерно распределенных вокруг шпура радиальных трещинах, когда длина трещин ($l_{тр}$, м) превосходит радиус шпура, коэффициент интенсивности напряжений (K_I) равен:

$$K_I = \sigma_c \sqrt{2\pi l_{тр}(1 - \mu^2)}, \quad (14)$$

где σ_c – напряжение, необходимое для разрушения трещин, МПа.

В таблице 1 приведены расчетные параметры образования и роста магистральной трещины.

Таблица 1- Параметры развития магистральной трещины

Наименование показателей	Коэффициент интенсивности напряжений				
	7,7	6,8	5,8	5,1	3,7
Напряжение, σ_c , МПа	50	45	40	35	30
Длина трещины, $l_{тр}$, м,	0,13	0,10	0,07	0,06	0,03

С увеличением коэффициента интенсивности напряжений увеличивается длина магистральной трещины с 0,03 до 0,13 м.

Опытно-промышленные испытания показали высокую эффективность геотехнологии: эксплуатационные потери полезного ископаемого составили 1,2 %, разубоживание породами внутренней вскрыши - 1,5 %, обеспечение изменения структуры товарной продукции при росте объемов производства высококачественного блочного камня на 75 %.

Оценку эффективности использования разработанной технологии открытой разработки нагорных месторождений доломитов производим с использованием показателей чистого дисконтированного дохода по общепринятой методике. Результаты оценки разработанных в диссертационной работе решений представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Основные сравнительные технико-экономические показатели

Показатели	Варианты технологии разработки		
	Буровзрывная	С использованием невзрывчатых разрушающих средств	С комбинированным способом дезинтеграции массива
Производственная мощность карьера, тыс. м ³ /год	300	300	300
Себестоимость добычи, руб./м ³	304	1182	463
Капитальные затраты, млн. руб.	269	272	289
ЧДД, млн. руб.	83,2	73,1	103,7
Индекс доходности	1,25	1,2	1,35

Использование разработанных технологий открытой разработки нагорных месторождений доломитов с применением комбинированного способа дезинтеграции массива позволит увеличить годовой доход карьероуправления «Кавдоломит» на 20,4 млн. руб., повысить конкурентоспособность горного предприятия, благодаря расширению номенклатуры и повышению качества товарной продукции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой на основе выполненных автором исследований решена актуальная научно-практическая задача - разработана открытая геотехнология отработки нагорных месторождений доломита с применением комбинированного способа дезинтеграции массива горных пород, позволяющая расширить номенклатуру товарной продукции за счет управления качеством горной массы на всех стадиях добычи, что имеет существенное значение для развития горнодобывающей промышленности.

Основные научные и практические результаты, выводы и рекомендации заключаются в следующем:

1. Для условий разработки Боснинского месторождения доломитов проведено инженерно-геологическое районирование массива по степени структурной нарушенности и выделены участки пород для извлечения буровзрывным способом с щадящим воздействием на крупноблочный массив и для выемки блочного доломитового камня с применением невзрывчатых разрушающих средств - расширяющейся смеси из высокоактивного оксида кальция, сульфитно-дрожжевой бражки и борной кислоты. В результате районирования 70 % балансовых запасов месторождения, ранее предназначенных для производства доломитовой муки и щебня, определены для добычи ценного природного блочного камня, что позволит увеличить стоимость реализованной продукции предприятия в 2,6 раза.

2. Установлены закономерности формирования зон техногенной трещиноватости при применении щадящих технологий буровзрывных работ, включающие полиномиальную зависимость влияния параметров уступа на суммарную длину техногенных трещин $\Sigma L = -0,1226 + 1,612 l - 0,9852 H_y - 0,0126 l H_y$ (где H_y – высота уступа, м; l - расстояние от откоса уступа, м) и экспоненциальную зависимость скорости сейсмоколебаний V , м/с, от расстояния до центра взрыва r , м: $V = 3209,9 r^{-1,74}$, что позволило определить область применения безвзрывной технологии извлечения блочного камня.

3. Доказано, что для уменьшения зоны техногенной нарушенности массива взрывом на 1,8 -2,5м и снижения разрушающего действия взрывных работ на продуктивные слои блочных доломитов в 2,3-2,6 раза предварительно перед проведением массового взрыва на участке нарушенных доломитов формируется специальная экранирующая щель по контуру массового взрыва путем взрывания скважин. длиной не менее 6 м с углом наклона 60° при удельном расходе эталонного взрывчатого вещества не более 0,5 кг/м³.

4. Определена длина развития магистральной трещины на контуре шпура в зависимости от параметров напряжений расширяющейся смеси из высокоактивного оксида кальция, сульфатно-дрожжевой бражки и борной кислоты при выемке блочного доломитового камня.

5. Разработана технология отработки нагорных месторождений доломита с применением комбинированного способа дезинтеграции массива горных пород, сочетающая использование безвзрывных и взрывных технологий дезинтеграции массива горных пород. Опытно-промышленные испытания показали высокую эффективность геотехнологии: эксплуатационные потери полезного ископаемого составили 1,2 %, разубоживание породами внутренней вскрыши - 1,5 %, обеспечено изменение структуры товарной продукции при росте объемов производства высококачественного блочного камня на 75 %.

6. Внедрение выводов и разработанных рекомендаций позволит увеличить годовой доход карьероуправления «Кавдоломит» на 20,4 млн. руб., повысить конкурентоспособность горного предприятия, благодаря расширению номенклатуры и повышению качества товарной продукции.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

в издании, рекомендованном ВАК РФ

1. **Олисаев А.С.** К диверсификации технологий разработки Боснинского месторождения доломитов / Олисаев А.С., Гарифулина И.Ю., Гашимова З.А. // Известия Тульского государственного

университета. Науки о Земле. – 2020. – № 1. – С. 253-265.
(индексирована в базах **Web of Science**)

2. **Олисаев А.С.** Проблемы рекультивации угольных шахт Донбасса / Мадаева М.З., Хадзарагова Е.А., Келехсаев В.Б., Олисаев А.С. // Устойчивое развитие горных территорий. – 2019. – №1. – С. 55-65. (индексирована в базах **Scopus**)

3. **Олисаев А.С.** Направления совершенствования механохимических процессов при утилизации хвостов обогащения руд / Голик В.И., Келехсаев В.Б., Майстров Ю.А., Олисаев А.С. // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. –2018. –№19. –С.365-377.

в прочих изданиях

4. **Олисаев А.С.** Закономерности бурения скважин в техногенно разрушенных карбонатных породах / Габараев О.З., Гуриева Е.В., Олисаев А. С., Гарифулина И. Ю. // Сборник научных статей по итогам работы Международного научного форума: Наука и инновации - современные концепции. Москва, –2020. – С. – 182-187.

5. **Олисаев А.С.** Технология отработки маломощных участков золоторудного месторождения с селективной отбойкой руд и пород / Олисаев А.С., Гарифулина И.Ю., Гасымов В.Ф., Габараев Г.О. // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2020. – №6. – С. 43-49.

6. **Олисаев А.С.** Технология добычи блочного доломитового камня открытым способом / Олисаев А.С., Семелиди А.Х., Радченко Р.В., Габараев Г.О. // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2019. – №5. – С. 50-55.

7. **Олисаев А.С.** Актуальные аспекты экономической модернизации и индустриализации экономики РСО-А / Сопоева И.А., Олисаев А.С. // В сборнике: Экономико-правовые и социально-культурные аспекты взаимодействия и сотрудничества в интеграционном обществе Сборник статей Международной научно-практической конференции. Под редакцией Г.Б. Клейнера. Москва–2019. – С. 144-149.

8. **Олисаев А.С.** Эффективность недропользования при добыче руд / Голик В.И., Келехсаев В.Б., Мадаева М.З., Олисаев А.С. // Эффективность недропользования при добыче руд // В сборнике: социально-экономические проблемы развития Южного макрорегиона. Краснодар, – 2018. – С. 87-95.

9. **Олисаев А.С.** Методика экономической оценки уровня добычи руд / Голик В.И., Мадаева М.З., Келехсаев В.Б., Олисаев А.С. // В сборнике: социально-экономические проблемы развития Южного макрорегиона. Краснодар. – 2018. – С. 96-103.

10. **Олисаев А.С.** Резерв расширения сырьевой базы строительной индустрии / Савелков В.И., Олисаев А.С., Дзапаров В.Х. // Строительство: новые технологии - новое оборудование . – 2018. – № 8. – С. 72-77. 79.

11. **Олисаев А.С.** Государственно-частное партнерство как фактор устойчивого развития горных территорий/ Олисаев А.С. // В сборнике: Сборник материалов XXV научно-технической (научно-практической) конференции «НТК-2014» Минобрнауки РФ. – Владикавказ, – 2014. – С. 88-89.