

Анонс журнала № 1 «Проблемы недропользования» за 2025 год

Уважаемые читатели журнала,

представляем анонс нашего первого выпуска журнала «Проблемы недропользования» за 2025 год. Номер посвящен итогам XIX Всероссийской молодежной научно-практической конференции «Проблемы недропользования». Конференция призвана способствовать междисциплинарному диалогу в области недропользования для создания прорывных технологий, а также стать площадкой для повышения квалификации молодых специалистов производства, молодых ученых, аспирантов и студентов!

Конференция прошла в очном формате в Институте горного дела УрО РАН, а также в дистанционном формате на площадках в городах Апатиты, Хабаровске, Перми, Новосибирске и Якутске, объединенных посредством телемоста.

Основная цель конференции — междисциплинарный диалог в области недропользования для создания прорывных технологий. Кроме того, конференция стала площадкой для повышения квалификации молодых специалистов производства, молодых ученых, аспирантов и студентов по вопросу импортозамещения в недропользовании.

Исследованиям в данном направлении посвящен наш номер, тематика которого освещает, кроме того, основные рубрики журнала и знакомит читателя с результатами исследований ученых в области теории проектирования, геотехнологических проблем отработки месторождений, геомеханических и геодинамических процессов при освоении месторождений, экологических проблем горнопромышленных комплексов и природопользования, обогащения полезных ископаемых, методов исследования.

Тематика статей освещает следующие вопросы:

ТЕОРИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОТРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

- Проблема обеспечения качества продукции горного дела всегда являлась наиболее важной и затрагивала интересы почти всех перерабатывающих производств. На каждом предприятии данная проблема решается индивидуально, но обычно сводится к применению программных модулей для оптимизации рудопотоков. Такие модули обычно представляют собой интеграционное решение объединяющее, имеющиеся на предприятии, систему диспетчеризации и систему горно-геологического обеспечения. Учитывая активное внедрение в технологические процессы горного производства различных автоматизированных систем, было бы актуальным представить место процесса управления качеством руды, на новом этапе развития горного производства, т.е. на полностью роботизированном предприятии. В статье проведен анализ распространенных проблем, связанных с усреднением качества руды на современных горнодобывающих предприятиях, выявлены основные принципы работы интеграционных решений для оптимизации подачи руды на обогащение на современных горнодобывающих предприятиях, составлена схема потоков данных и схема процесса оптимизации подачи руды на обогащение на цифровом горнодобывающем предприятии.

Автор: Возняк М.Г. (Горный институт КНЦ РАН, г. Апатиты). «Процесс управления качеством руды на роботизированном горном предприятии».



ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ И ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ОСВОЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

- Данное исследование посвящено анализу прочностных и деформационных характеристик горных пород Баженовского месторождения хризотил-асбеста, имеющих ключевое значение для эффективной и безопасной разработки. Работа основана на лабораторных испытаниях образцов пяти основных литологических типов пород (габбро, перидотиты, диориты, тальк-карбонатны и серпентиниты), отобранных в 2023 – 2024 годах. Целью исследования было уточнение прочностных характеристик, необходимых для расчёта параметров взрывной подготовки массива, а также сопоставление полученных результатов с данными предыдущих исследований. В работе подробно описана методика подготовки образцов, включающая отбор штуфного материала, изготовление цилиндрических образцов и их испытания на одноосное сжатие и растяжение. Представлены результаты анализа, демонстрирующие изменчивость прочностных свойств пород, причём наибольшая изменчивость наблюдается у серпентинитов и тальк-карбонатных пород, что связано с их структурной неоднородностью и степенью серпентинизации. Проведен сравнительный анализ полученных данных с результатами исследований 2005 и 1984 годов. Выявлено, что образцы, отобранные в 2023 – 2024 годах, имеют несколько сниженные прочностные характеристики, что объясняется наличием микротрещин, вызванных взрывными работами. С учётом этих факторов, а также влияния параметров образцов, наблюдается хорошая сходимостъ результатов с данными прошлых исследований. Также отмечено, что пределы прочности на сжатие и растяжение у пород с Южного карьера в некоторых случаях выше, чем у пород с Центрального карьера. В заключение делается вывод о необходимости мониторинга прочностных свойств горных пород с использованием экспресс-методов в связи с их изменчивостью при ведении горных работ.

Авторы: Корнилков С.В., Харисов Т.Ф., Масальский Н.А., Коптяков Д.А. (ИГД Уро РАН, г. Екатеринбург). «Исследования физико-механических свойств пород прибортового массива карьера ПАО «УРАЛАСБЕСТ».

- Песчанское месторождение включает несколько рудных залежей: Северопесчанская, Южная, Северная и Новопесчанская залежи. Месторождение разрабатывается подземным способом с 1968 года. При разработке Северопесчанской и Южной залежей процесс сдвижения развивался аномальным образом: имели место случаи сильного сдвижения лежачего бока и выхода обрушения на поверхность от одной камеры с глубины 450 м. Ожидаемые параметры процесса сдвижения на объекте приходилось неоднократно пересматривать, поскольку в каждый момент времени исследователи, в силу объективных причин, вынуждены были оперировать малыми наборами данных. На данном этапе начаты работы по отработке запасов предохранительного целика под промплощадку шахты «Северопесчанская». В связи с этим для охраны объектов промплощадки реконструирована наблюдательная станция и начаты наблюдения за процессом сдвижения. Для поиска возможных предикторов аномального развития сдвижения создана база данных, которая охватывает наблюдения с 1974 года. В научный оборот был введен массив данных наблюдений, ранее анализировавшийся лишь фрагментарно в силу достаточности 3–4 серий для удовлетворения требований нормативных документов

Авторы: Усанов С.В., Коновалова Ю.П., Ногин С.А., Зотов Д.С. (ИГД Уро РАН, г. Екатеринбург). «Систематизация данных многолетнего мониторинга развития сдвижения на Песчанском скарново-магнетитовом месторождении».

- Приведены результаты моделирования методом конечных элементов напряженно-деформированного состояния массива горных пород, обрабатываемого выработками полигональной формы с закладкой выработанного пространства. Моделирование проводилось при разных гипотезах горного давления: гидростатической и геостатической, на разных стадиях отработки рудного массива. Установлены параметры изменения НДС горного и закладочного массива на разных стадиях отработки выработками полигональной формы, расположенных в шахматном порядке.

Автор: Ушаков Е.М. (ИГД Уро РАН, г. Екатеринбург). «Исследование зон концентрации напряжений на контуре очистных выработок полигональной формы при отработке мощных рудных месторождений».

- При анализе авторы использовали традиционный подход, рекомендованный МПР России, для технологической оценки запасов угольных пластов в Терсинском геолого-экономическом районе Кузбасса. Дополнительно рассмотрены вопросы метода доступа к георесурсам и создания производственной инфраструктуры угледобывающего комплекса «Увальный» Терсинского ГЭР. Запасы угля, технологическая оценка, Терсинский геолого-экономический район., метод доступа к георесурсам.

На основании выполненных исследований установлено что состояние и воспроизводство ресурсной базы в угольной промышленности Кузбасса достаточно надежны, однако для эффективного развития угледобычи и обеспечения конкурентоспособности угля на внутреннем и внешнем рынках в ближайшие годы необходима переоценка сырьевого потенциала действующих шахт и резервных участков для нового шахтного строительства. Существуют проблемы, связанные с территориальным размещением, марочным составом углей и особенно с технологической оценкой отработки пластов угля в Кузбассе при применении новых технологий угледобычи. Для анализа распределения угольных пластов по геолого-экономическим районам Кузбасса использована электронная база данных д.г.-м.н. Юзвického А.З., в создании которой принимали непосредственное участие сотрудники Института угля ФИЦ УУХ СО РАН, Геолого-промышленная карта Кузнецкого бассейна создана с пакетом прикладных информационных программ по марочному составу угля (ГОСТ 25543-88). геологической изученности, особенностях геологического строения, угленосности, перспективного освоения и воспроизводства угольной сырьевой базы Кузнецкого бассейна. По качественным характеристикам запасы угля для подземного способа разработки разделяются на 3 группы: высокотехнологичные, технологичные и нетехнологичные. Из общего резерва выделяются, с одной стороны, категории наиболее рентабельных, или технологичных запасов и, с другой – категории нерентабельных, или нетехнологичных, запасов. Повышение планки группы высокотехнологичных запасов по мощности пластов до 7 метров, а в отдельных случаях до 8,4 метра (в один слой) связано с новым очистным оборудованием в длинном забое (Eickhoff SL 1000) с месячной производительностью до 1 млн. т угля или с комплексом выпуска угля подкровельной толщи роботизированным комплексом . В практике угледобычи пласты мощностью более 3,5 м (для подземного способа) и более 4,5 м (для открытого) считаются мощными.

Автор: Федорин В.А., Шишков Р.И., Татарина О.А. (Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово). **«Анализ геотехнологической оценки запасов угольных месторождений Терсинского ГЭР Кузбасса».**

- Освоение месторождений твердых полезных ископаемых на современном этапе происходит в постоянно усложняющихся горно-геологических и геомеханических условиях и сопровождается проявлением таких опасных геодинамических явлений как горные удары, внезапные выбросы породы и газа, техногенные землетрясения, часто имеющих катастрофические последствия. В статье представлены результаты исследований динамических проявлений горного давления и удароопасности за период с января по ноябрь 2024 года на полиметаллических рудниках Дальневосточного региона, включая Южное и Николаевское месторождения. Объектом анализа стала геомеханическая обстановка, характеризующаяся высокой интенсивностью сейсмоакустической активности и частыми проявлениями горного давления. Основное внимание уделено геомеханическому мониторингу с применением автоматизированной системы контроля горного давления (АСКГД) «Prognoz-ADS», обеспечивающей регистрацию параметров акустической эмиссии в диапазоне 0,5–12 кГц. Анализ данных позволил выявить пространственно-временные закономерности сейсмоакустической активности и определить ключевые факторы, влияющие на удароопасность. Установлено, что наибольшее число динамических проявлений связано с пересечением крупных тектонических разломов, таких как разлом «Рудный», с зонами разрывных нарушений, а также с накоплением сжимающих напряжений вблизи рудных тел. Напряженно-деформированное состояние массива Южного месторождения осложняется наличием оставленных целиков забалансовых руд, межэтажных целиков и непогашенного выработанного пространства, что создает условия для реализации горно-тектонических ударов. Предложены рекомендации по дальнейшему совершенствованию системы мониторинга и управления рисками, связанными с динамическими проявлениями. Выводы подчеркивают необходимость комплексного подхода,

включающего инструментальный мониторинг, моделирование напряженно-деформированного состояния и регулярный прогноз удароопасности. Эти меры направлены на повышение безопасности ведения горных работ и минимизацию рисков на месторождениях, характеризующихся высокой сейсмоакустической активностью.

Авторы: *Ломов М.А., Бурдинская А.А. (ИГД ДВО РАН г. Хабаровск).* «Экспериментальные исследования удароопасности на рудниках Дальневосточного региона».

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

- В приведенной статье представлены данные геодинамического наблюдения за горным отводом шахты «Антрацит», проводимого в условиях неконтролируемого поступления шахтных вод в выработанное пространство и горные выработки. Добыча полезных ископаемых, в частности, каменного угля, приводит к формированию обширных территорий земной поверхности с повышенной техногенной нагрузкой. Данная тенденция характерна для различных месторождений, будь то Кузнецкий, Печерский или Донецкий угольные бассейны.

Среди наиболее актуальных проблем, вызванных подъемом уровня грунтовых вод и затоплением выработанных пространств в связи с прекращением работы шахтных водоотливов, создающими угрозу безопасности людей и сохранности имущества, можно выделить следующие:

- подтопление застроенных территорий и сельскохозяйственных угодий, приводящее к их заболачиванию;
- проникновение газа в подвалы жилых зданий и подземные сооружения промышленных объектов.;
- перемещение токсичных веществ и высокоминерализованной шахтной воды в подработанных горных породах с последующим выходом их на земную поверхность;
- возобновление процессов сдвижения горных пород над выработками, что приводит к образованию провалов земной поверхности в тех районах, где подобные процессы давно завершились.

При выполнении работы, произведены расчеты и картографирование приповерхностных зон, характеризующихся повышенной провалоопасностью, как по нормативной методике, так и с применением нейронного алгоритма. Использование нормативного подхода позволило определить 21 зону, представляющую опасность в части образования провалов земной поверхности. Учитывая тот факт, что значительная часть выявленных зон располагается на территориях жилой застройки или сельскохозяйственных угодий, был осуществлен прогноз их провалоопасности с использованием нейросетевого моделирования. Результаты прогноза показали сокращение количества зон, опасных по возникновению провалов в течение ближайших 20 лет до 11, а также уменьшение их общей площади в 2.5 раза. Данный прогноз позволяет оптимизировать расходы на реализацию мероприятий по защите земной поверхности от негативного воздействия горных работ.

Авторы: *Дрибан В.А., Хохлов Б.В., Антипенко А.В. (ФГБНУ «РАНИМИ», г. Донецк).* «Оценка рисков провалообразования при затоплении угольных шахт».

- В статье представлены результаты исследования по применению методов кластерного анализа для решения задачи выделения акустически активных зон на удароопасных месторождениях. Данные, полученные с помощью сейсмоакустической системы «Prognosz-ADS», использовались для анализа процессов разрушения в породном массиве, которые проявляются в повышенной концентрации событий акустической эмиссии. Основным инструментом анализа выбран алгоритм DBSCAN, позволяющий идентифицировать кластеры произвольной формы с учетом пространственно-временных характеристик событий. Для оптимизации параметров алгоритма был применен индекс Дэвиса-Болдина, что позволило определить оптимальный радиус окрестности событий (7 м) и минимальное количество соседей (13). В результате проведенного анализа данных месторождения Южное было выделено 20 акустически активных зон, характеризующих участки повышенного горного давления. Анализ кластеров по временным и пространственным характеристикам позволил исключить из рассмотрения события, связанные с ошибками локации и техногенными помехами, а также выявить закономерности развития очагов разрушения.

Разработанные программно-методические средства обеспечивают качественную идентификацию зон разрушения с точным определением границ и наблюдение за их развитием. Выделенные зоны рекомендованы для приоритетного мониторинга, что позволит минимизировать риски аварийных ситуаций. Разработанный подход доказал свою универсальность и может быть применен для анализа сейсмоакустических данных других удароопасных рудниках. Практическая значимость работы заключается в возможности своевременного прогнозирования и предотвращения опасных динамических проявлений горного давления. Работа подчеркивает важность сочетания современных методов кластеризации и инструментов геомеханического мониторинга для повышения безопасности горных работ.

Авторы: Константинов А.В., Ломов М.А. (ИГД ДВО РАН, г. Хабаровск). «Применение методов кластерного анализа для выделения акустически активных зон».

- Исследование углеводородов и их производных в углекислых минеральных водах представляет значительный интерес, так как углекислый газ, находясь в сверхкритическом состоянии, может формировать уникальный состав органического вещества в подземных водах. В настоящей работе состав органических компонентов средней летучести в углекислых минеральных водах рассматривается на примере Шмаковских источников, которые находятся в Приморском крае (Дальний Восток России). Методом твердофазной экстракции, которая осуществлялась на месте отбора при помощи полевой установки, и капиллярной газовой хроматографии в сочетании с масс-спектрометрией в Шмаковских минеральных углекислых водах были найдены разнообразные углеводороды и их производные. Установленные соединения обладают молекулярной массой от 90 до 550 а.э.м. и летучестью от 70 до 550 °С. Среди идентифицированных компонентов преобладают алифатические углеводороды, представленные в основном нормальными и разветвленными алканами. Кислородсодержащие органические соединения (карбоновые кислоты, эфиры, альдегиды и спирты) имеют подчиненное значение, а ароматические углеводороды, включающие арены, полициклические ароматические углеводороды и гетероароматические соединения, распространены не значительно. Установленные органические соединения, вероятно, имеют бактериальное происхождение, включая трансформацию остатков органической природы микробиологического генезиса под действием сверхкритического флюида CO₂. Кроме этого, минеральные воды Восточно-Уссурийского участка, предположительно, испытывают на себе антропогенное влияние. На это указывает присутствие в составе органического вещества хлор-углеводородов и фталатов, особенности молекулярно-массового распределения нормальных алканов и микробиологические исследования, которые были проведены ранее другими исследователями. Полученные результаты могут быть использованы бальнеологическими службами для определения соединений, благотворно влияющих на организм человека или наносящих вред. Кроме этого, данные анализов органических микропримесей могут быть оценены для выявления техногенного загрязнения минеральных вод, используемых для лечения людей.

Автор: Потурай В.А. (Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН, г. Биробиджан). «Состав углеводородов в углекислых минеральных водах».

- Отработка главного месторождения Накынского кимберлитового поля – трубки «Нюрбинская» сопряжена со вскрытием коллекторов верхнекембрийских водоносных комплексов, являющихся источником поступления в карьер высокоминерализованных природных рассолов. Технические решения, реализованные в процессе добычи алмазов, оказывают влияние на гидродинамический режим водоносных комплексов: регионального подмерзлотного верхнекембрийского и спорадически распространенного межмерзлотного верхнекембрийского. Моделирование гидродинамического режима является важным методом, применяемым для обработки информации и выполнения прогноза, и позволяющим разработать технические меры, способствующие эффективному осушению месторождения. При этом важно принимать во внимание динамику изменения уровня режима непосредственно в районе карьера, учитывая особенности местной геологии и криогидрогеологии. Прогноз изменения гидродинамического режима осуществлялся при помощи программы гидрогеологического моделирования (ПО Feflow). При построении гидродинамической модели была проведена детализация гидрогеологических

характеристик межмерзлотного верхнекембрийского и подмерзлотного верхнекембрийского водоносных комплексов. В результате была получена новая информация по локальному изменению гидродинамического режима вскрываемых карьером водоносных комплексов. Представлены карты-схемы пьезометрических поверхностей, прослежено развитие депрессионной воронки.

Авторы: Янников А.М., Янникова С.А., Корепанов А.Ю. (Институт «Якутнипроалмаз», АК «АЛРОСА» ПАО, Республика Саха (Якутия) г. Мирный; Воронежский государственный университет, г. Воронеж). **«Моделирование гидродинамического режима верхнекембрийских водоносных комплексов в процессе эксплуатации трубки «Нюрбинская» (Западная Якутия)»**

ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

- Проведены исследования по обжигу медно-никелевых аллювиальных техногенных песков месторождения р. Наледная (Норильский район). Для проведения экспериментов из общей массы песков отделяли класс –100 мкм, содержания никеля и меди в классе составили 0.32 и 0.22%, соответственно. В ходе работы был исследован вещественный состав исходных песков и экспериментальных образцов, а также подобран оптимальный режим их переработки методом низкотемпературного обжига с сульфатом аммония. Для этого образцы песков смешивали с сульфатом аммония, затем обожженную смесь выщелачивали в воде в течение 40 минут при постоянном перемешивании с интенсивностью 230 мин⁻¹. Для песков характерно значительное количество сростков, содержащих множественные рудные включения. Свободных от сростков сульфидов около 1%, пирротин в значительной степени окислен. Методом рентгенофазового анализа среди сульфидов, помимо пирротина, отмечено наличие халькопирита. Максимальное извлечение металлов было достигнуто при температуре 400 °С и массовом соотношении песков и сульфата аммония 1:3, извлечение никеля составило 73.2%, меди – 71.6%.

Автор: Горячев А.А. (КНЦ РАН г. Анапты). **«Извлечение цветных металлов из аллювиальных техногенных песков методом низкотемпературного обжига с сульфатом аммония».**

- В данной статье представлено исследование влияния различных реагентных режимов на флотационное извлечение полезных компонентов из золотосульфидных руд месторождения Маломыр. Актуальность работы обусловлена сложностью обогащения руд, содержащих тонковкрапленное золото и углистое вещество, что негативно сказывается на эффективности флотации. Целью работы является оптимизация реагентных режимов флотационного обогащения для повышения извлечения золота. Для достижения этой цели проведены лабораторные испытания с использованием различных реагентов, включая собиратели, депрессоры и вспениватели. Исследования включали 13 серий экспериментов с двумя принципиальными схемами флотации: выделение углистого концентрата в начале процесса и депрессия углистого вещества. Результаты показали, что применение оптимальных реагентных режимов и предварительное выделение углистого концентрата значительно повышают извлечение золота из руды. Работа представляет интерес как для научного сообщества, так и для практиков в области горнодобывающей промышленности, предлагая эффективные подходы к переработке сложных золотосодержащих руд.

Авторы: Драпей А. В., Козловская М.М., Мисютинская В.А., Прохоров К.В. (ФГБОУ ВО Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск). **«Исследование влияния различных реагентных режимов на флотационное извлечение полезных компонентов из пробы руды месторождения МАЛОМЫР».**

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

- Одной из задач маркшейдерской службы горного предприятия является съемка горных выработок. Среди различных инструментов, используемых для решения этой задачи, выделяется аэрофотосъемка с последующей фотограмметрической обработкой. Применение аэрофотосъемки и фотограмметрии упрощается за счет доступности беспилотных летательных аппаратов (далее – БПЛА) и современного программного обеспечения (далее – ПО). Преимуществом методики является большой охват съемки и относительно небольшие трудозатраты. Однако проведение

аэрофотосъемки по-прежнему требует предварительной расстановки и привязки опознаков что приводит к большим затратам времени на полевые работы. Эта проблема актуализирует вопросы поиска методик, позволяющих сократить необходимое для точного построения фотограмметрической модели числа опознаков. Основная цель исследований – оценка влияния числа опознаков на точность фотограмметрии с использованием БПЛА в условиях горного предприятия. По результатам аэрофотосъемки было построено 13 фотограмметрических моделей карьера. Каждая из них отличается числом и расстановкой опознаков. Точность построения была оценена по среднеквадратическим ошибкам в координатах контрольных точек, которые в построении не участвовали. Для оценки взаимосвязи между величиной погрешности и числом опознаков применялись элементы регрессионного анализа. Установлено, что с увеличением количества используемых при построении опознаков величины погрешностей уменьшаются. Наименьшая величина ошибок как в плане, так и по высоте наблюдалась для случая с наибольшим числом опознаков и составляет 0,031 м и 0,028 м соответственно.

Автор: Хасанов Д.Н. (ИГД УрО РАН, г. Екатеринбург). **«Методы повышения точности фотограмметрии открытых горных работ».**

- В статье проводится анализ эффективности систем охлаждения катушек электромагнитного молота, имеющего металлический корпус. Исследованы различные варианты заполнения свободного пространства между поверхностью катушек и корпусом: воздух, трансформаторное масло, компаунд «Силагерм-2113» и активное охлаждение катушек трансформаторным маслом по замкнутому контуру. Моделирование тепловых процессов выполнено в программе конечноэлементного анализа FEMM 4.2. Установлено, что наибольшей эффективностью обладает активное масляное охлаждение. При невозможности организации такового, наиболее эффективным вариантом является размещение слоя компаунда «Силагерм-2113» между поверхностью катушек и корпусом молота. При этом, другие полости конструкции должны быть заполнены трансформаторным маслом.

Авторы: Леуткин А.А., Кордубайло А.О. (Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск). **«Анализ эффективности систем охлаждения электромагнитного молота».**

Читайте новый выпуск журнала на нашем сайте, переходя по ссылке:

[Проблемы недропользования \(igduran.ru\)](http://igduran.ru)