

## **Анонс журнала № 3 «Проблемы недропользования» за 2024 год**

В нашем третьем выпуске журнала за 2024 год мы публикуем статьи по результатам докладов молодых ученых XVII Всероссийской молодежной научно-практической конференции «Проблемы недропользования» (с участием иностранных ученых), проведенной Институтом горного дела УрО РАН. Конференция проходила на шести площадках в таких городах, как Екатеринбург, Апатиты, Хабаровск, Пермь, Новосибирск, Якутск объединенных посредством телемоста.

В рамках конференции молодые ученые и специалисты производства, аспиранты и студенты повысили квалификацию по вопросу импортозамещения в недропользовании.

Новый выпуск журнала знакомит читателя с результатами исследований молодых ученых в области теории проектирования горнотехнических систем, геотехнологических проблем отработки месторождений полезных ископаемых, геомеханики, разрушения горных пород, обогащения, моделирования, а также правовых основ недропользования.



*Тематика статей охватывает основные рубрики журнала и освещает следующие вопросы:*

- **«Исследование параметров и показателей комбинированной системы разработки пологих месторождений в зависимости от мощности залежи».**  
(Авторы: Соколов И.В., Антипин Ю.Г., Никитин И.В., Соломеин Ю.М, ИГД УрО РАН, г. Екатеринбург).

Практика подземной разработки пологих месторождений бедных комплексных руд показала, что применение системы этажного принудительного обрушения с торцовым выпуском руды ведет к большим потерям и разубоживанию руды, что в свою очередь снижает рентабельность предприятия. Предложена комбинированная системы разработки, сочетающая в одном добычном блоке этажно-камерную систему и систему этажного принудительного обрушения с торцовым выпуском руды. Разработаны три варианта комбинированной системы разработки, отличающихся конструкцией днища блока. Технико-экономическая оценка и сравнение вариантов комбинированной системы разработки при мощности залежи от 10 до 25 метров, ширине камеры и междукамерного целика от 8 до 20 м и угле породной выпускной траншеи междукамерного целика от 55 до 65 градусов показало, что максимальная прибыль достигается при варианте, сочетающем камерную выемку с плоским днищем и этажное обрушение междукамерного целика на траншейное днище.

- **«Подводная добыча твердых полезных ископаемых: технологии и перспективы их развития».**  
(Автор: Архипов А. Б., ИГД ДВО РАН, г. Хабаровск).

В настоящее время наряду с добычей полезных ископаемых на материках весьма перспективной становится добыча их со дна континентального шельфа. В связи с этим актуальной становится тема подводной разработки, что требует создания новых технологий и инструментов, обеспечивающих безопасную, эффективную и надежную работу. Обоснована необходимость развития морской горнодобывающей отрасли в России. В статье показано, что богатым природным потенциалом обладают прибрежные зоны морей Дальнего Востока России и одним из основных ресурсов являются месторождения прибрежно-морских ильменит-титаномагнетитовых песков в качестве сырья для получения железа и титана, которые необходимо вовлекать в разработку. Важным направлением

считается разработка россыпей, как например добыча морского песка, так как она сопровождается образованием значительных объемов пустой породы.

Проведен анализ существующих современных методов подводной добычи полезных ископаемых. Разработка месторождений на дне морей и океанов имеет свои особенности и требует применения специальных способов освоения и использования ряда типов горных машин и оборудования. Показано, что перспективным оборудованием для подводной добычи полезных ископаемых, сконцентрированных в залежах малой мощности, являются самоходные дистанционно управляемые выемочные агрегаты, посредством которых может вестись разработка конкреций или песков. В свою очередь, конструкция самоходного выемочного агрегата, оснащенная сортировочным устройством, для отделения из горной массы непродуктивной фракции, позволит уменьшить энергоемкость процесса добычи и подъема полезного ископаемого на поверхность и увеличить рентабельность ведения работ.

- **«Определение первоначальных напряжений массива горных пород в условиях определения первоначальных напряжений массива горных пород в условиях Кызыл - Таштынского месторождения».**

(Авторы: *Сентябов С.В., Ушаков Е. М.*, ИГД УрО РАН, г. Екатеринбург).

Конструктивных элементов камерных систем разработки с обрушением крепких руд необходимо производить при решении геомеханических задач на основе выявленного несоответствия параметров прочностных свойств скальных горных пород, определенных по существующим методикам, их значениям в натуральных условиях. Разница между полученными значениями данных параметров может достигать в 1,8 раза.

В процессе исследований определены параметры природного напряженно-деформированного состояния (НДС) массива горных пород на основе проведенных натуральных исследований в условиях интенсивной разработки Кызыл-Таштыгского месторождения подземным способом.

Исследования направлены на снижение и прогнозирование риска геодинамических явлений при ведении горных работ. Данная задача неосуществима без ведения мониторинга напряженного состояния месторождения, информационного обеспечения недропользователей при геологическом изучении и разработке месторождения полезного ископаемого. Исследования проведены с помощью общепринятых методов и аппаратуры, согласно требованиям инструктивных документов.

Таким образом, расчетный геомеханический прогноз и определение первоначального напряженного состояния на рудниках остаются до настоящего времени весьма актуальными.

- **«Исследование условий возникновения динамических проявлений горного давления на месторождении Южное (Приморский край) с применением цифровых моделей природно-технических систем».**

(Автор: *Ломов М.А.*, ИГД ДВО РАН, г. Хабаровск).

Для предупреждения аварий при добыче полезных ископаемых необходимо своевременно определять зоны, где могут возникнуть проявления горного давления, и разрабатывать эффективные методы управления напряженно-деформированным состоянием горного массива.

В данной работе рассматривается месторождение Южное в Приморском крае, которое с 1986 года отнесено к опасным по горным ударам. Анализ характера возникновения сейсмоакустических событий, основанный на интерпретации данных сейсмического мониторинга автоматизированной системы контроля горного давления «Prognoz-ADS» и визуальных наблюдений, проводился в сочетании с разработанной цифровой моделью природно-технической системы месторождения. В результате работы получены новые данные, которые после дополнительных исследований с помощью системы «Prognoz-ADS» помогут установить факторы удароопасности и разработать необходимый комплекс геомеханических мер для обеспечения безопасности горных работ на нижележащих глубоких горизонтах месторождения Южное.

Анализ данных сейсмоакустического мониторинга показал, что количество АЭ-событий за день до толчков увеличивалось в полтора раза по сравнению с предыдущими днями. Отрабатанный блок №1 между горизонтами +440м и +480м, а также область, где горные выработки пересекаются с зоной разломов Эльдorado и разломом Рудный в районе отрабатанных блоков № 2 и № 3, были признаны самыми опасными для горных ударов в зоне действия сети геофонов.

Количество АЭ-событий за день до толчков увеличивалось в полтора раза по сравнению с предыдущими днями. Удароопасность горного массива месторождения Южное больше зависит от техногенных воздействий, связанных с добычей полезных ископаемых, чем от климатических факторов, которые имеют незначительное влияние. Влияние температуры воздуха и климата в целом на количество проявлений горного давления без привязки к году не прослеживается. Распределение толчков в среднем одинаково каждый месяц. Наибольшая активность наблюдается в июне, июле и октябре.

- **«Анализ результатов определения упругих характеристик горных пород в лабораторных условиях».**

(Авторы: Харисов Т. Ф., Авдеев А.Н., Коптяков Д.А., ИГД УрО РАН, г. Екатеринбург).

В работе описываются и сравниваются методы определения модуля упругости горных пород при их одноосном нагружении. Испытания с предварительным уплотнением образцов, при котором деформации измеряются экстензометрами, как правило, дают наилучшие результаты. Разница между сравниваемыми методами, при определении модуля упругости, достигает 25%. Из анализа результатов было отмечено, что на результаты определения упругих постоянных, при испытаниях в условиях одноосного сжатия, влияет выбор прямолинейного участка кривой напряжение-деформация.

- **«Прогноз образования провалов на подработанных территориях методом искусственного интеллекта на основе нейронных сетей».**

(Авторы: Дрибан В. А., Хохлов Б.В., Антипенко А.В., ФГБНУ «РАНИМИ», г. Донецк).

В статье приведены результаты анализа геомеханической обстановки в пределах горного отвода шахты им. В. М. Бажанова.

В настоящее время, массовое закрытие угольных шахт с их последующим затоплением привело к кардинальному перераспределению гидродинамического режима подземных вод. Это стало причиной активизации геомеханических процессов, в том числе, процессов самоликвидации сохранившихся горных выработок и пустот в горном массиве, вплоть до образования провалов земной поверхности. Как следствие, нарушаются эксплуатационные способности (в некоторых случаях вплоть до разрушения) зданий, сооружений и других объектов, расположенных на земной поверхности, что существенным образом увеличивает риски при ведении хозяйственной деятельности, а также создает угрозу жизни и здоровью людей.

Поэтому, для поля шахты им. В. М. Бажанова, был выполнен прогноз вероятности образования провалов земной поверхности по двум методикам: нормативной и с применением искусственного интеллекта. Представленная нейронная сеть, разработана в отделе горного давления ФГБНУ «РАНИМИ» на основе нормативной методики, с учетом требований нормативных документов и проведенных исследований. Полученная программа способна осуществлять прогноз вероятности образования провалов на земной поверхности над старыми горными выработками с точностью до 94,6% и была опробована на ряде шахт Донецко-Макеевского и Торезско-Снежнянского угленосных районов Донбасса, а также на шахтах Восточного Донбасса.

В результате выполненного анализа, с использованием нейронного алгоритма, установлено, что на территории горного отвода шахты им. В. М. Бажанова вероятность провалообразования в настоящее время сохраняется только в двух нейроронах, на территории которых расположено несколько частных домовладений. При этом, значительные территории земной поверхности в пределах нормативных провалоопасных зон, с расположенными в них зданиями, сооружениями и промышленными объектами определены вполне безопасными, так как процессы провалообразования в них давно завершились.

- **«Повышение эффективности пневмоударного бурения горизонтальных скважин».**

(Авторы: *Чещин Д.О., Данилов Б.Б., Плохих В.В.* Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, Новосибирск).

Сооружение скважин в массиве горных пород ударно-вращательным способом с помощью пневмоударников достаточно распространен как в России, так и за рубежом.

Однако вынос разрушенной породы с помощью энергии воздушной струи накладывает ограничения на предельную длину бурения скважины, вызванное физической природой движения частиц в воздушном потоке. Особенно остро этот вопрос встает при сооружении горизонтальных скважин. В статье рассматривается способ повышения эффективности пневмоударного бурения горизонтальных скважин. Отмечены особенности пневмоударного бурения и сферы его применения. Выявлены недостатки классического способа бурения пневмоударниками, связанные с пневмотранспортированием разрушенной породы по кольцевому каналу. Предложен способ повышения эффективности пневмоударного бурения путем применения кольцевых пневмоударных механизмов и двойной буровой колонны – метода бурения с обратной циркуляцией очистного агента или RC-бурения. В отличие от классического метода бурения пневмоударниками, эффективность транспортирования частиц при RC-бурении не снижается при увеличении диаметра буримой скважины.

Показано, что пневмотранспортирование по вращающемуся каналу позволяет осуществлять удаление разрушенной породы при меньших скоростях воздушного потока. Также путем имитационного моделирования определены скорости потока воздуха для двух систем транспортирования разрушенной породы с аналогичным диаметром бурения: классического пневмоударного бурения и бурения с обратной циркуляцией. В результате проведенного сравнительного анализа скоростей потока воздуха установлено, что скорость воздушного потока в двойной буровой колонне более чем в 2,5 раза выше, чем в классическом пневмоударном бурении, что позволяет увеличить эффективность и предельно возможную длину транспортирования разрушенной породы.

- **«Исследование эффективности конструкции скважинных зарядов при применении расположения точки инициирования по высоте колонки заряда».**

(Авторы: *Галимьянов А.А., Мишнев В.И.*, Институт горного дела ДВО РАН, обособленное подразделение ХФИЦ ДВО РАН, г. Хабаровск).

Нарастающие объемы горных работ выявили ряд задач, одной из которых является разрушение горного массива буровзрывным способом. В настоящее время на открытых горных работах уникальным и практически единственным высокоэффективным способом подготовки горного массива к выемке является его разрушение энергией взрыва при производстве. Выбор вариантов инициирования скважинных зарядов является одной из важнейших задач в горной промышленности. В статье приводится исследование эффективности конструкции скважинных зарядов при изменении расположения точки инициирования по высоте столба заряда в зависимости от параметров буровзрывных работ и свойств горного массива посредством производства экспериментальных взрывов на открытых горных работах. Данное исследование поможет улучшить подготовку горного массива к выемке буровзрывным способом и значительно сократит расходы на проведение взрывных работ.

- **«Об использовании низкотемпературной плазмы диэлектрического барьерного разряда для направленного регулирования кислотно – основных и технологических свойств природных сульфидов железа».**

(Авторы: *Бунин И.Ж., Рязанцева М.В.*, ИПКОН РАН им. академика Н.В. Мельникова, г. Москва).

Работа отражает данные, полученные при изучении взаимосвязи параметров плазменной обработки (НТП), реализуемой в условиях диэлектрического барьерного разряда (ДБР) с кислотно – основными, физико – химическими (сорбционная способность по отношению к бутиловому

ксантогенату калия) и технологическими свойствами (флотационная активность) природных сульфидов железа (пирита и арсенопирита). Установлено, что в результате НТП - обработки происходит усиление акцепторных, снижение электронодонорных свойств поверхности пирита, а также снижении акцепторной способности арсенопирита, что обуславливает рост сорбционной способности по отношению к электронодонорному гидрофобизирующему реагенту и, как следствие, флотационной активности пирита и снижение у арсенопирита.

- **«Роль симплексного планирования эксперимента в совершенствовании прогнозирования и оптимизации составов многокомпонентных систем реагентов-модификаторов при флотации медно – цинковых руд».**

(Авторы: *Хмет Зо У, Чжо Зай Яа, Горячев Б.Е.*, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва).

Проведено изучение возможности повышения эффективности извлечения ценных металлов из медно-цинковых колчеданных руд при их флотации с применением композиций медного, цинкового купоросов и сернистого натрия. В работе предложен подход к совершенствованию технологии флотации медно-цинковых колчеданных руд на основе симплексного планирования экспериментов и последующего математического моделирования составов смесей реагентов-модификаторов. Установлено влияние композиций выбранных модификаторов на флотируемость минералов меди, железа и цинка в концентрат. Представлены результаты экспериментальных исследований флотации медно-цинковой руды, а также выполнено сравнение полученных данных между различными экспериментами. Предложены расчеты коэффициентов уравнения регрессии для построения математических моделей. Разработаны математические модели и определены оптимальные составы смесей реагентов-модификаторов данного процесса. Разработанные математические модели позволяют прогнозировать оптимальные составы смесей реагентов-модификаторов с целью максимизации извлечения меди и цинка при одновременной минимизации извлечения пирита в концентрат. Предложенный подход предоставляет инструментарий для улучшения технологических параметров процесса флотации медно-цинковых колчеданных руд и повышения его эффективности.

- **«Применение комбинированных источников данных для создания цифровой модели рельефа Соколовско-Сарбайского месторождения».**

(Автор: *Смирнов А.Ю.*, ИГД УрО РАН, г. Екатеринбург).

На современном этапе развития горного дела при разработке месторождений широко используются цифровые технологии. Для целей прогнозирования и анализа гидрогеологического режима месторождений применяются численные геофильтрационные модели. В свою очередь, в геофильтрационных моделях широко используются цифровые модели рельефа (ЦМР) в качестве кровли верхнего модельного пласта. Необходимость подготовки цифровых моделей рельефа достаточной точности и требуемого качества является одной из важных проблем геоинформационного моделирования.

В качестве объекта исследования рассмотрено Соколовское железорудное месторождение: территория шахтного поля ш. «Соколовская» и хвостохранилища. Данная территория характеризуется сложными горно-геологическими условиями, развитием воронок обрушения. Мониторинг динамики развития воронок обрушения является важным вопросом безопасности ведения работ. В свою очередь, актуализация цифровой модели рельефа в следствии динамических изменений микрорельефа является важной геоинформационной проблемой.

В данной статье рассмотрен вопрос выбора оптимального источника данных по результатам дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и определения методики дополнительной постобработки таких данных. Разработана методика оценки исходных данных, их корректировки и повышения точности результирующих цифровых моделей рельефа. Отмечено, что использование интерполяции методом кригинга (по сравнению с линейными интерполяторами) позволяет корректно объединить

разнородные по количеству и качеству данные. При этом, наиболее важным этапом данной методики является вариограммный анализ – подбор статистической функции, описывающей закономерность распределения интерполируемого параметра.

- **«Индикативный подход к оценке использования земель при недропользовании на примере Свердловской области».**

(Автор: *Славицкая Ю.О.*, ИГД УрО РАН, г. Екатеринбург).

В статье рассмотрены вопросы диагностики состояния и использования земельных ресурсов, а так же эффективности проводимых природоохранных мероприятий как одного из важнейших критериев оценки состояния окружающей среды на урбанизированных территориях с развитым горнопромышленным комплексом. В современных условиях при сборе и анализе статистических данных применительно к земельным ресурсам существует ряд общепринятых статистических показателей как натуральных, так и стоимостных (площади нарушенных и деградированных земель, химическое загрязнение, инвестиции в охрану и восстановление земель). Традиционные экономические показатели зачастую не отражают экологическую составляющую и их рост может не приводить к желаемому снижению негативного воздействия. В связи с чем складывается насущная необходимость экологически ориентированной корректировки и доработки статистических традиционных экономических показателей с учетом интенсивности негативного воздействия и охраны земель. Поэтому на сегодня вопросы разработки комплексных эколого-экономических индикаторов позволяющих учесть экологический фактор в системе экономических показателей крайне актуальны.

В работе предложен методический подход к оценке уровня интенсивности негативного воздействия и эффективности природоохранной деятельности на основе комплексных эколого-экономических индикаторов применительно к земельным ресурсам при недропользовании. Применение данного подхода позволит производить своевременную диагностику эффективности землепользования территории и выявление негативных тенденций с целью выработки своевременных компенсационных мер. Непосредственная оценка предложенных индикаторов, выполненная на основе данных официальной статистики для условий Свердловской области, как примера горнопромышленного региона, позволила выявить негативные тенденции в землепользовании, свидетельствующие о недостаточности принимаемых мер по минимизации и компенсации негативной нагрузки на земельные ресурсы.

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

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