

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Сибирский государственный индустриальный университет»**

**ВК «Кузбасская ярмарка»**



**СибГИУ**  
СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Основан в 1930 г.

ГОРДИМСЯ ПРОШЛЫМ • РАЗВИВАЕМСЯ В НАСТОЯЩЕМ • СОЗДАЕМ БУДУЩЕЕ

**Посвящается 90-летию юбилею СибГИУ**

# **НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**

**№ 6 - 2020**

УДК 622.2

ISSN 2311-8342

ББК 33.1

Н 340

Главный редактор  
д.т.н., проф. Фрянов В.Н.

Редакционная коллегия:

чл.-корр. РАН, д.т.н., проф. Клишин В.И., д.т.н., проф. Никитенко С.М.,  
д.т.н. Павлова Л.Д. (технический редактор), д.т.н., проф. Домрачев А.Н.,  
д.э.н., проф. Петрова Т.В.

Н 340 Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов : науч. журнал / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк, 2020. – № 6. – 461 с.

Рассмотрены аспекты развития инновационных научно-технических технологий диверсификации угольного производства и обобщены результаты научных исследований, в том числе создание роботизированных и автоматизированных угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий, базирующиеся на использовании прорывных технологий добычи угля и метана, комплексной переработке этих продуктов в угледобывающих регионах и реализации энергетической продукции потребителям в виде тепловой и электрической энергии.

Журнал предназначен для научных и научно-технических работников, специалистов угольной промышленности, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

Номер подготовлен на основе материалов Международной научно-практической конференции «Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов», проводимой в рамках специализированной выставки технологий горных разработок «Уголь России и Майнинг» (Новокузнецк, 7-11 сентября 2020 г.).

Основан в 2015 г.  
Выходит 1 раз в год

Учредитель - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Сибирский государственный индустриальный университет»

УДК 622.2  
ББК 33.1

© Сибирский государственный  
индустриальный университет, 2020

|                                                                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1 - Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск, Россия .....                         | 59  |
| 2 - Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, г. Новосибирск, Россия .....                     | 59  |
| 3 - Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия .....                                     | 59  |
| ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ОПИСАНИЮ НАПРЯЖЁННОГО СОСТОЯНИЯ В ПРЕДЕЛЬНОЙ НАПРЯЖЁННОЙ ЗОНЕ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА .....                        | 65  |
| д.т.н. Черданцев Н.В. ....                                                                                                     | 65  |
| Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия .....                                         | 65  |
| ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЧНОСТИ МАССИВА НА КОНТАКТЕ С ПЛАСТОМ НА ПАРАМЕТРЫ ОПОРНОГО ДАВЛЕНИЯ .....                             | 71  |
| д.т.н. Черданцев Н.В. ....                                                                                                     | 71  |
| Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия .....                                         | 71  |
| ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ОПИСАНИЮ ВЫБРОСА ИЗ КРАЕВОЙ ЗОНЫ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА .....                                                     | 75  |
| д.т.н. Черданцев Н.В. ....                                                                                                     | 75  |
| Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия .....                                         | 75  |
| К РАСЧЁТУ ПРОЧНОСТИ УГОЛЬНЫХ ЦЕЛИКОВ МЕТОДАМИ МЕХАНИКИ СЫПУЧЕЙ СРЕДЫ .....                                                     | 80  |
| д.т.н. Черданцев Н.В. ....                                                                                                     | 80  |
| Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия .....                                         | 80  |
| РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВОЙ ТРЕЩИНЫ ГИДРОРАЗРЫВА, РАСПОЛОЖЕННОЙ В ПРОЧНЫХ ПОРОДАХ КРОВЛИ ПЛАСТА ОКОЛО ПЛАСТОВОЙ ВЫРАБОТКИ ..... | 84  |
| д.т.н. Черданцев Н.В. ....                                                                                                     | 84  |
| Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия .....                                         | 84  |
| ПОСТРОЕНИЕ ПОЛЯР ФРОНТОВ РЕАКЦИЙ В ГАЗОВОЗДУШНЫХ ПОТОКАХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ВБЛИЗИ ОЧАГОВ САМОНАГРЕВАНИЯ .....                   | 89  |
| д.т.н. Черданцев С.В., к.т.н. Шлапаков П.А., Лебедев К.С., Ерастов А.Ю., Хаймин С.А., Шлапаков Е.А., Колыхалов В.В. ....       | 89  |
| Научный центр ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности в горной отрасли, г. Кемерово, Россия .....                 | 89  |
| ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОТРАБОТКИ ЗАПАСОВ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ ЦЕЛИКОВ АБАКАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ .....                            | 95  |
| д.т.н. Лобанова Т.В., Трофимова О.Л., Ижболдина С.В., Лобанов С.А. ....                                                        | 95  |
| Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия .....                                             | 95  |
| ВСКРЫТИЕ УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ РАЗРАБОТКЕ ПЛАСТОВ .....                                                  | 100 |
| к.т.н. Сенкус Вал.В., к.т.н. Чаплыгин В.В., д.т.н. Сенкус В.В. ....                                                            | 100 |
| Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия .....                                             | 100 |
| ВЫБОР ВАРИАНТА РАЗРАБОТКИ МАКАРЬЕВСКОГО УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ .....                                                          | 104 |
| Сенкус Вал.В., Чаплыгин В.В., Сенкус В.В. ....                                                                                 | 104 |
| Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия .....                                             | 104 |
| ВСКРЫТИЕ ПЛАСТОВ В БОРТАХ РАЗРЕЗА ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ОТРАБОТКЕ ЗАПАСОВ И ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ ПРОВЕТРИВАНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК .....   | 111 |
| к.т.н. Сенкус Вал.В., к.т.н. Чаплыгин В.В., д.т.н. Сенкус В.В. ....                                                            | 111 |
| Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия .....                                             | 111 |
| СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ РАБОТ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ РАБОТЫ ДЛИННЫХ ОЧИСТНЫХ ЗАБОЕВ .....            | 113 |
| <sup>1</sup> к.т.н. Никитина А.М., <sup>1</sup> Риб С.В., <sup>1</sup> Борзых Д.М., <sup>2</sup> Дадынский Р.А. ....           | 113 |
| 1 - Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк, Россия .....                                          | 113 |
| 2 - ООО «УМГШО», г. Новокузнецк, Россия .....                                                                                  | 113 |
| 320 ЛЕТ СПУСТЯ: ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК .....                                      | 118 |
| к.т.н. Никитина А.М., Ковыршина С.А. ....                                                                                      | 118 |
| Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия .....                                             | 118 |

5. Козовой Г.И. Интенсивные технологии монтажа-демонтажа высокопроизводительного очистного оборудования / Г.И. Козовой, А.М. Рыжов, И.И. Волков. – М.: Изд-во ОО «Международная академия связи», 2005. – 164 с.

6. Ульянов В.В. Разработка технологических схем перемонтажа очистных комплексов для обеспечения ритмичности их работы и повышения эффективности использования в границах шахта-пласта / В.В. Ульянов, А.В. Ремезов, С.В. Новоселов. – Кемерово: КузГТУ, 2011. – 166 с.

7. Супруненко А.Н. Классификация способов строительства демонтажных камер для очистных механизированных комплексов на пологих угольных пластах / А.Н. Супруненко, Д.А. Орлов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. - 2015. - № 2 (108). - С. 73-75.

УДК 622.831 (075)

### **320 ЛЕТ СПУСТЯ: ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

**к.т.н. Никитина А.М., Ковырина С.А.**

**Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия**

***Аннотация.*** Показано развитие горного дела со дня выхода Приказа горных дел. Приведен анализ навыков и приёмов добычи полезных ископаемых в сложных горно-геологических условиях. Предложено геомеханическое обеспечение устойчивости подземных горных выработок в неоднородном углепородном массиве с учетом влияния ослабленных контактов между соседними слоями углепородного массива и разных деформационных свойств пород соседних слоев.

***Ключевые слова:*** развитие горного дела, устойчивость горных выработок, искусственное ослабление, геотехнология, контакты ослабления.

В 2020 году представители горных профессий в России отмечают 320 – летие со дня образования государственной структуры, целью которой являлось разведка и освоение месторождений полезных ископаемых – Приказа горных дел. Так, благодаря Петру 1, интерес к развитию горного дела стал интересом государственным [1].

Общеизвестным является тот факт, что зарождение горного дела, как особой формы жизнедеятельности людей происходило в глубокой древности на этапе завершения антропосоциогенеза. Наиболее достоверные и ранние по времени археологические источники культур периода каменного века обнаружены в Африке, Европе, Азии, медного и бронзового – в странах Средиземноморья, в Малой Азии, на Балканах и в Альпах, на Урале и в Казахстане, периода железных орудий – в странах античного мира, Малой и Средней Азии, Закавказье, Западной Европе, Китае, Японии. Возникновение горного промысла и ремесла, перерастание их в горную промышленность впервые происходит в странах Переднего Востока, античного мира, Западной Европы и др. [1-3].

С развитием горного дела росло число широко используемых полезных ископаемых: олова, меди, золота, нефти.

Одним из важнейших показателей развития горного дела на разных исторических этапах являются орудия горного производства. Аграрная революция, вызванная развитием земледелия и скотоводства, привела к появлению кайла, молота, кирки, клиньев для горных работ. Таким образом, наряду с каменными топорами начинают применяться простейшие механизмы, в дальнейшем появляются первые горные машины, в 16-17 вв. они значительно совершенствуются, с конца 18 в. оснащаются автономным приводом. Формируется древнейшее горное дело как система приёмов применения этих орудий: для добычи кремня выкапываются ямы, канавы, ниши в крутых берегах рек и подземные ходы-выработки. Целые кланы и даже племена могли специализироваться в горном деле. В начале периода основную массу горных орудий по-прежнему составляли каменные топоры и роговые кайла. С расширением объёмов добычи медных руд, усовершенствованием процессов плавки иковки медные и бронзовые орудия постепенно вытесняют каменные. Появляются кайла из меди и бронзы, бронзовые кирки и клинья. Однако высокая крепость рудных тел значительно затрудняла их выемку с помощью и этих простых орудий.

Впервые внедряется способ искусственного ослабления прочности массива с помощью поджога, когда перед плоскостью забоя раскладывали костёр, нагретые породы обливали водой, а в образовавшиеся трещины каменными кувалдами забивали деревянные клинья. Затем клинья смачивали, и при разбухании они отрывали породные глыбы от массива (Лаврионские рудники в Греции).

Складываются навыки и приёмы подготовки руд к плавке, в частности разделение их в водной среде с использованием разности в плотности минералов.

Возникает новая область горного дела – обогащение полезных ископаемых.

Развитие добычи и выплавки железа привело к крупным сдвигам в производительных силах. Ф. Энгельс характеризует железо в этот период как «последнее и важнейшее из всех видов сырья, сыгравших революционную роль в истории» [4]. В этот период рабский труд в горном деле постепенно становится основным. Рост объёмов производства способствовал освоению новых месторождений железных руд и возникновению железоделательных центров.

Разрабатываются методы распознавания местоположения рудных тел по почвам, растительности, вмещающим породам [2].

Современный термин «горное дело» представляет собой широкое понятие, выходящее далеко за рамки общепринятого. Еще М.В. Ломоносов определил горную науку как «науку, которая учит минералы знать, приискивать и приводить в такое состояние, чтобы они в обществе человеческом были угодны». Такая трактовка позволяет считать горную науку наукой синтетической, которая использует достижения как фундаментальных, так и многих технических и общественных наук. Поэтому мы можем говорить о горном деле как о комплексе наук об освоении недр.

В последние годы всему циклу горных наук дано название геотехнология, поскольку именно технология является определяющим моментом всего горного производства. Одной из главных задач горной науки – разработка выгоднейших, безопасных и экологических технологий с обеспечением их оборудованием, приборами и устройствами контроля.

Обратившись к историческому прошлому, мы видим, что первобытный человек в поисках укрытия находил пещеры, своды которой были безопасны для его пребывания. Хозяйственная деятельность в таком жилище – поддержание огня, наскальная живопись говорит о том, что своды пещеры должны были определенным образом выдерживать нагрузку не только извне, но и изнутри.

Поэтому, когда сегодня мы говорим о горном производстве, то в первую очередь – это решение различных задач в области использования новых физических, химических и микробиологических средств воздействия на горную среду. Вот поэтому современные исследования необходимо вести совместно специалистам разных областей науки и техники.

Специфика исследований в горном деле состоит в необходимости проведения опытно-промышленных, экспериментальных работ (что, к сожалению, в настоящее время просто игнорируется в виду недофинансирования).

Поэтому мы можем со всеми основаниями полагать, что развитие геотехнологии приведет к новым результатам как научного, так и практического плана, потому что потребности общества в них чрезвычайно велики. Нам представляется необходимым говорить о том, что уже в ближайшие годы должна быть создана научная и техническая база для развития и внедрения геотехнологических методов добычи многих полезных ископаемых в промышленных масштабах. Во все времена горный инженер – природовед, это был разносторонне подготовленный инженер, который хорошо ориентируется во всем комплексе горных вопросов от разведки до технологии передела, через призму охраны окружающей среды и экономики. Происходящий сейчас шок от столкновения с будущим, столь непредсказуем, что заставляет искать стратегию выживания. Нужны кардинальные меры по перестройке отношения к горно-геологическим наукам, к проблемам комплексного и рационального освоения недр. Одним из основных мероприятий этого плана должно быть создание общегосударственного органа, объединяющего изучение и разработку горных проблем в стране, способного выработать стратегию по организации и финансированию важнейших исследований и повести за собой все научно-исследовательские центры горно-геологического профиля и при необходимости координировать, направлять сотрудничество с зарубежными научно-производственными фирмами [3].

Современное состояние технологии подземной угледобычи характеризуется увеличением пиковых нагрузок на очистной комплексно-механизированный забой и неравномерностью его продвижения, обусловленными внезапными обрушениями пород кровли на сопряжениях очистного забоя и выемочных выработок, снижением несущей способности крепи, в том числе вследствие разрушения рамной крепи, выпадания или срыва гаек анкеров, отжима породных слоев и угольных пачек на боках подготовительных выработок [5].

Существующие методические указания расчета параметров напряженно-деформированного состояния и руководства не обеспечивают необходимую для практики надежность прогноза этих явлений. В проектах не учитывается изменчивость природных условий залегания угольных пластов.

Одной из причин несоответствия прогнозируемых и фактических параметров этих аномалий является представление слоистого углепородного массива в методических указаниях в виде модели сплошной среды, то есть без учета анизотропии, неоднородности и наличия ослабленных контактов между соседними слоями. И, как следствие, при эксплуатации шахты фактические показатели существенно отличаются от проектных [5-8].

Известные способы и средства управления состоянием слоистого углепородного массива, ослабленного по контактам поверхностями ослабления, пока не применяются на практике, так как отсутствуют представительные результаты исследования процессов деформирования слоистого углепородного массива, необходимые для разработки методических рекомендаций для составления паспортов крепления подготовительных выработок. Известные научные разработки в основном посвящены процессу деформирования неоднородных искусственных материалов на микро-, макро- и мезо-уровнях, и весьма ограничены исследования, направленные на установление закономерностей в слоистых углепородных массивах, что подтверждается недостаточной надежностью эффективных способов и средств управления устойчивостью горных выработок угольных шахт [9, 10].

Одной из причин этому является то, что исследователи рассматривают, как правило, сплошную среду в окрестности горной выработки. Но, по-видимому, надежды на то, что решение задачи с учетом анизотропии прочности горных пород, вызываемых упорядоченными по направлению поверхностями ослабления будет получено методами механики деформируемого твердого тела маловероятно, поскольку разрушение поверхностей ослабления нарушает сплошность горных пород и применение основных уравнений механики деформируемого твердого тела становится не правомерным, так как последняя базируется именно на представлениях о сплошности среды. Следовательно, необходимы новые методические подходы для установления закономерностей деформирования пород слоистого углепородного массива в окрестности горных выработок.

Одной из таких является работа [5], в которой слоистый массив горных пород представлен мягкими и жесткими слоями. Мягкие слои имитируют естественные ослабления массива по породным контактам и позволяют моделировать процессы деформирования слоистого массива горных пород, разрыв сплошности и дискретности смещений соседних породных слоев. На рис. 1 представлена структура пород кровли и почвы пласта 29а ОАО «Шахта Есаульская» с учетом контактов ослабления.

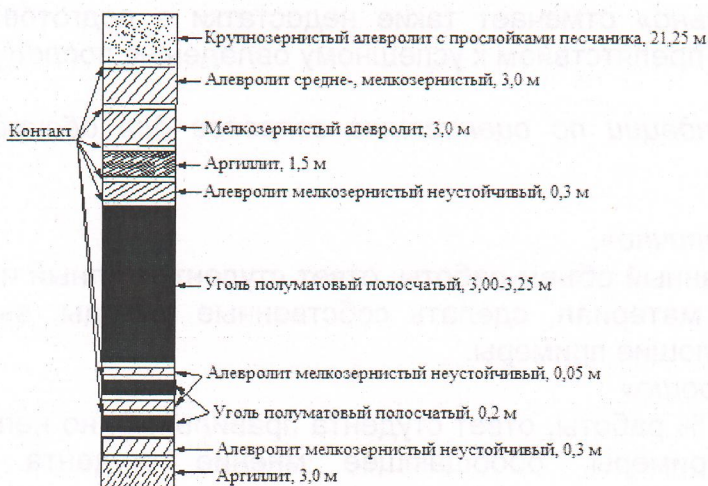


Рис. 1. Структура пород кровли, пласта и почвы [5]

Разработанная методика исследований, рис. 2, позволяет: изучить геомеханические процессы искусственного массива, модель которого идентичная неоднородному углепородному массиву, осложненному природными поверхностями ослабления; оценивать напряженно-деформированное состояние и определять влияние поверхностей ослабления на параметры напряженно-деформированного состояния с учетом влияния горно-геологических и горнотехнических параметров, изменяющихся в широком диапазоне.

Влияние ослабленных контактов изучается посредством сравнения результатов расчета распределения напряжений и деформаций в сплошном и ослабленном мягкими слоями массивах.

Таким образом, применение данной методики геомеханического обеспечения устойчивости подземных горных выработок в современных условиях отработки месторождений полезных ископаемых уменьшит трудозатраты, повысит безопасность ведения горных работ.

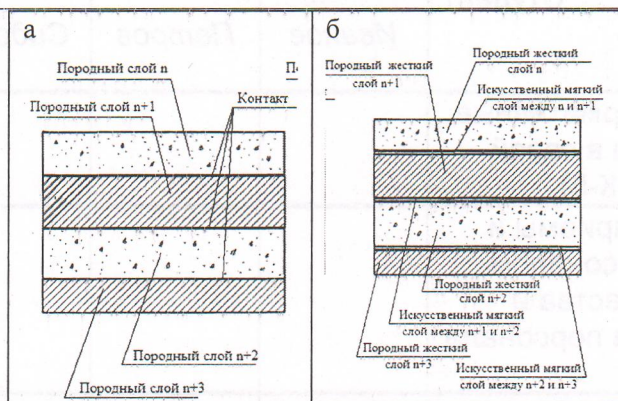


Рис. 2. Слоистый неоднородный углепородный массив с: а - естественными; б - жесткими и мягкими породными слоями, имитирующими естественные поверхности ослабления [5]

**Вывод.** Реализация разработанной методики геомеханического обеспечения устойчивости подземных горных выработок в слоистом неоднородном углепородном массиве в виде программного комплекса позволит повысить уровень информационного обеспечения для разработки методических рекомендаций при составлении паспортов крепления подготовительных выработок, посредством прогноза параметров свода обрушений пород в кровле выработки, отжима угля и пород в боках выработки и зоны пучения пород почвы для выбора длины и плотности установки анкеров и несущей способности рамной крепи.

#### Библиографический список

1. Никиташина С.О. Петр 1 и становление горного дела в России. – Режим доступа: <http://www.cyberleninka.ru/article/n/petr-i-i-stanovlenie-gornogo-dela-v-rosii>.
2. Ребрик Б.М. У колыбели геологии и горного дела / Б.М. Ребрик. - Москва, 1984. - 128 с.
3. Шевкун Е.Б. История горного дела / Е.Б. Шевкун. - Хабаровск: Изд - во Тихоокеанского гос. ун - та, 2015. - 244 с.
4. Энгельс Ф. Происхождение семьи, частной собственности и государства / Ф. Энгельс, К. Маркс. - Соч., т. 21. - с. 163.
5. Геомеханическое обеспечение устойчивости подземных горных выработок в неоднородном углепородном массиве: монография / А.М. Никитина, В.Н. Фрянов. – Новокузнецк: СибГИУ, 2009. – 199 с.
6. Методическое руководство по применению анкерной крепи на шахтах ЗАО УК «Южкузбассуголь» / С.Р. Ногих, П.В. Васильев, В.А. Волошин и др.; под ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк: Изд-во ЗАО УК «Южкузбассуголь», 2002. – 47 с.
7. Никитина А.М. Исследование влияния глубины разработки на распределение напряжений и деформаций в слоистом углепородном массиве в зоне влияния одиночной горной выработки / А.М. Никитина // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов: матер. междунар. научно-практ. конф., 6-9 июня 2006, СибГИУ. – Новокузнецк, 2006. - С. 30 –36.
8. Влияние техногенной структуризации массива в окрестности очистного забоя на периодичность пучений почвы пласта при отработке сближенных лав / Е.Н. Козырева, М.В. Шинкевич, Е.В. Леонтьева // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. - 2016. - №1. - С.55-61.
9. Особенности формирования зон повышенного горного давления при интенсивной разработке сближенных пластов на шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс» / А.И. Пальцев, В.В. Зубков, Н.В. Кротов // Записки Горного института. - 2010. - №188. - С. 54-57.
10. Штумпф Г.Г. Расчет смещений пород и нагрузок на крепи подготовительных выработок / Г.Г. Штумпф // Организационно-технические проблемы шахтного строительства: сб. науч. тр. - Кемерово: КузГТУ, 1992.-С. 56-61.

Научное издание

# **НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**

Под общей редакцией профессора В.Н. Фрянова

Компьютерная верстка Л.Д. Павловой

Подписано в печать 20.06.2020 г.

Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.  
Усл.печ.л. 27,46 Уч.-изд. л. 29,08 Тираж 1000 экз. Заказ 117

Сибирский государственный индустриальный  
университет 654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42.  
Издательский центр СибГИУ