



В. Н. Захаров // V. N. Zakharov
Direct.coal@mail.ru

д-р техн. наук, чл.-корр. РАН, директор ФГБУН «Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук» (ИПКОН РАН), Россия, 111020, г. Москва, Крюковский тупик, 4
doctor of technical sciences, correspondent member of RAS, director of FGBUN "Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources" named after academician N.V. Melnikov of the Russian Academy of Sciences" (ICEMR RAS), Russia, 111020, Moscow, Kriukovsky tupik, 4



А. З. Варганов // A. Z. Vartanov
Direct.coal@mail.ru

канд. техн. наук, заместитель директора ФГБУН «Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук» (ИПКОН РАН), Россия, 111020, г. Москва, Крюковский тупик, 4
candidate of technical sciences, deputy director of FGBUN "Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources" named after academician N.V. Melnikov of the Russian Academy of Sciences" (ICEMR RAS), Russia, 111020, Moscow, Kriukovsky tupik, 4



О.Н. Малинникова // O.N. Malinnikova
Direct.coal@mail.ru

д-р техн. наук, заведующая лабораторией ФГБУН «Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук» (ИПКОН РАН), Россия, 111020, г. Москва, Крюковский тупик, 4
doctor of technical sciences, laboratory head of FGBUN "Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources" named after academician N.V. Melnikov of the Russian Academy of Sciences" (ICEMR RAS), Russia, 111020, Moscow, Kriukovsky tupik, 4



И. В. Петров // I. V. Petrov
Direct.coal@mail.ru

д-р экон. наук, ведущий научный сотрудник ФГБУН «Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук» (ИПКОН РАН), Россия, 111020, г. Москва, Крюковский тупик, 4
doctor of economic sciences, leading researcher of FGBUN "Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources" named after academician N.V. Melnikov of the Russian Academy of Sciences" (ICEMR RAS), Russia, 111020, Moscow, Kriukovsky tupik, 4



А. В. Федаш // A. V. Fedash
Direct.coal@mail.ru

д-р техн. наук, руководитель отдела ФГБУН «Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук» (ИПКОН РАН), Россия, 111020, г. Москва, Крюковский тупик, 4
doctor of technical sciences, department head of FGBUN "Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources" named after academician N.V. Melnikov of the Russian Academy of Sciences" (ICEMR RAS), Russia, 111020, Moscow, Kriukovsky tupik, 4

УДК 622.8

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРНЫХ РАБОТ – ЗАДАЧА ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ И ПРИКЛАДНОЙ НАУКИ MINING OPERATIONS' SAFETY PROVISION – FUNDAMENTAL AND APPLIED SCIENCE TASK

Рассмотрены этапы становления современной российской научной школы комплексного освоения недр, основные направления которой сконцентрировались в Институте проблем комплексного освоения недр. Представлены основные направления научной деятельности ИПКОН и наиболее важные результаты фундаментальных и прикладных исследований, которые являются научной базой современных исследований связанных с обеспечением безопасности недропользования. Выделена важность исследования взаимодействия угля с метаном, газодинамических явлений в угольных шахтах, технологий дегазации угольных пластов и утилизации шахтного метана, математического моделирования и решения задач в области напряженно-деформированного состояния, прочности, механики разрушения, теплопроводности, гидромеханики, вынужденных колебаний и т.п. Проведен анализ результативности совместных усилий государства, академических и отраслевых научных центров, вузовской науки, проектных организаций и

горнопромышленников по снижению производственного травматизма в горнодобывающем секторе экономики России. Определена необходимость целенаправленных мер по переходу на новый технико-технологический и нормативный уровень ведения горных работ, позволяющий предотвращать аварийность с массовым смертельным травматизмом. Решение этих задач возможно только путем объединения усилий профильных институтов Российской академии наук, отраслевой науки, университетов и горнодобывающих компаний через реализацию Комплексного плана научных исследований «Безопасность горных работ», координатором которого является ИПКОН РАН.

The stages of the modern Russian scientific school of comprehensive exploitation of mineral resources formation, the main directions of which were concentrated in the Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources are considered. The main directions of ICEMR scientific activity and the most important results of fundamental and applied research are presented, which are the scientific basis of modern research related to the safety of mineral reserves use provision. The importance of studying the coal and methane interaction, gas dynamic phenomena in coal mines, coal seam degassing technologies and mine methane utilization, mathematical modeling and solving problems in the field of stressed-deformed state, strength, fracturing mechanics, thermal conductivity, hydromechanics, forced vibration, etc. are outlined.

The effectiveness analysis of the state, academic and industrial branch scientific centers, university science, design organizations and mining companies joint efforts to reduce industrial injuries in the mining sector of the Russian economy is conducted. The need for targeted measures to move to new technical-technological and regulatory levels of mining, allowing to prevent the accidents with massive fatal injuries, was determined. The solution of these tasks is possible only by combining the efforts of the specialized institutes of the Russian Academy of Sciences, of the branch science, of universities and mining companies through the implementation of the "Mining Safety" Scientific Research Comprehensive Plan, coordinated by ICEMR RAS.

Ключевые слова: БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРНЫХ РАБОТ, НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ, МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ КОМПЛЕКС, ДЕГАЗАЦИЯ, МЕТАН, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА, РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД, ГОРНЫЙ АУДИТ, НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ
Key words: MINING SAFETY, SCIENTIFIC RESEARCH, MINERAL RESERVES USE, MINERAL-RAW MATERIAL COMPLEX, DEGASSING, METHANE, MATHEMATICAL MODELLING, SCIENTIFIC AND TECHNICAL EXPERTISE, RISK-ORIENTED APPROACH, MINING AUDIT, NORMATIVE-LEGAL REGULATION

Проблемы обеспечения безопасности горных работ всегда стояли перед Российскими учеными, и начиная с 1934 года, когда в рамках Технического совета была создана Горнорудная секция Академии наук СССР, которую возглавил профессор и будущий академик А. М. Терпигорев, они стали решаться в рамках фундаментальных научных исследований, связанных с разработкой месторождений полезных ископаемых. В 1935 году в рамках деятельности Группы горного дела, председателем которой становится Академик

А.А. Скочинский, проводились работы по накоплению и обобщению практического опыта горнодобывающей промышленности в стране и за рубежом, обоснованию направлений и методов исследований на предприятиях по сокращению потерь при добыче и переработке полезных ископаемых, проблемам управления кровлей, предотвращению рудничных пожаров, исследованию причин внезапных выбросов угля и газа, изучению газообильности угольных шахт.

15 октября 1938 года Президиум Академии наук принял решение об организации в составе Отделения технических наук на базе Группы горного дела Института горного дела АН СССР (ИГДАН) с направлениями исследований

в области: методов извлечения полезных ископаемых, тепловых и пирогенных процессов в подземных выработках, рудничной аэрологии и вентиляционных процессов, механики горных пород и горной механики. Директором института был избран академик А.А. Скочинский, многократно переизбиравшийся на этот пост до своей кончины в 1960 году.

Институт горного дела АН СССР занял ведущее положение в стране в области горных наук, а горные науки были признаны одной из важнейших отраслей знаний и заняли достойное место в академической системе. Это явилось основанием для создания институтов горного профиля в филиалах АН СССР, а также республиканских академиях наук. Создание горно-геологических институтов в Уральском, Западно-Сибирском филиалах АН СССР, а также в академиях наук Грузии, Казахстана, Киргизии, Украины способствовало повышению уровня и расширению научных исследований в области горных наук.

В 1967 году Государственный комитет по науке и технике СМ СССР принял предложения АН СССР о проведении дополнительных научно-исследовательских работ в области физико-технических горных проблем, которые были поручены

чены Институту физики Земли им. О.Ю. Шмидта АН СССР, где постановлением Президиума АН СССР 20 апреля 1967 года был организован Сектор физико-технических горных проблем. Инициатором создания, основным организатором и руководителем Сектора был академик Н. В. Мельников. Большое участие в его формировании также приняли академик М. А. Садовский и член-корр. АН СССР В. В. Ржевский. Президиум Академии наук СССР постановлением от 15 сентября 1977 года организовал при Отделении геологии, геофизики и геохимии АН СССР Институт проблем комплексного освоения недр АН СССР на базе Сектора физико-технических горных проблем Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта АН СССР и утвердил основные направления научных исследований Института.

Обладая высококвалифицированным составом научных руководителей, сотрудников и современной исследовательской базой, ИПКОН в короткие сроки поднялся до уровня высокоавторитетного научного центра по проблемам горных наук. Научная деятельность ИПКОН строилась исходя из приоритетных направлений, в том числе программы базового финансирования «Недра Земли» РАН, по которым проводятся исследования в следующих областях:

- геомеханическое преобразование недр и предупреждение техногенных катастроф;
- нетрадиционные экологически безопасные методы разрушения массивов горных пород;
- аэрогазопылединамическое обеспечение комплексного и безопасного освоения месторождений твердых полезных ископаемых;
- методы проектирования, факторный анализ и прогноз освоения месторождений;
- методы равновесного (экологически сбалансированного) природопользования и разработка природоподобных геотехнологий освоения недр;
- определение экономических параметров и комплексная оценка геосистем;
- новые информационные технологии в изучении недр;
- оптимизация параметров геотехнологий при комплексном освоении и сохранении недр, в том числе с роботизированной высокочемкой доставкой горных пород;
- проблемы безопасности производства со взрывоопасной атмосферой;
- новые экологически безопасные процессы и технологии комплексной переработки труднобогатых руд и минерального сырья;
- физические и химические процессы водоподготовки и извлечения полезных компонен-

тов из при-родных и техногенных вод.

Коллективом ученых ИПКОН РАН получены важные результаты фундаментальных исследований в области горных наук, оказывающие прямое влияние на решение проблем безопасности горных работ.

В области геомеханики выявлены закономерности распределения напряжений и перемещений пород в зонах влияния отработанных участков массива в условиях неравнокомпонентного исходного горного давления. Созданы научные основы и разработаны способы техногенного воздействия на породный массив с целью направленного изменения его состояния для обеспечения безопасного и эффективного освоения недр, дана классификация способов управления геомеханическими процессами.

В результате исследований процесса разрушения массивов горных пород под действием взрывных нагрузок разработаны методы управления распределения энергии взрыва в отбиваемом массиве. На основе теоретических разработок создана эффективная технология взрывной отбойки руды пучковыми рядами при подземной добыче.

Выявлен механизм и составлена модель процесса разрушения горных пород струями химически активных и магнитных жидкостей, что послужило базой для создания нетрадиционных высокоэффективных способов и технологий выемки твердых полезных ископаемых.

В области горной аэрогазопылединамики разработана методология прогнозирования газоносности угольных пластов, рудоносных формаций и вмещающих пород, геологической и технологической приуроченности аномальных по составу и интенсивности выделений взрывоопасных газов при освоении месторождений твердых полезных ископаемых.

Установлено новое физическое явление – свойство органического вещества каменного угля образовывать с метаном метастабильные однофазные системы по типу твердых растворов, что позволяет по-новому подойти к оценке выбросоопасности газоносных пластов и разработке эффективных средств и мероприятий дегазации. Обоснованы принципы и параметры целенаправленного управления искусственной дегазацией выбросоопасных угольных пластов.

Установлены закономерности пылесвязывающих свойств воды и гидрообеспылевающих процессов, выявлены возможности физических методов для измерения запыленности атмосферы и определения пылевой нагрузки на человека.

Разработаны принципы системного подхода и теоретического моделирования при проектировании подземных рудников в условиях комплексного освоения недр; созданы научные основы рационального освоения и охраны недр, сформулированы показатели полноты и комплексности извлечения твердых полезных ископаемых из недр; предложена система оценок техногенной нагрузки на окружающую природную среду и экологической опасности такой нагрузки; построены программные макеты автоматизированных информационных систем для решения геолого-маркшейдерских задач и планирования горных работ [3-5].

В области геотехнологии созданы научные основы малоотходных, ресурсосберегающих и ресурсовоспроизводящих технологий комплексного освоения природных и техногенных минеральных объектов, разработаны новые методы оценки экономической эффективности освоения месторождений и участков недр для подземного строительства с учетом устойчивости создаваемых объектов и предприятий в условиях нехватки финансовых средств и нестабильности спроса на сырьевых рынках [7, 14, 15, 17].

Определена область применения малоотходной технологии с внутренним отвалообразованием на глубоких карьерах. Развита методика оценки устойчивости открытых горных выработок и отвалов с учетом главного влияющего фактора – бокового распора.

Разработаны новые и усовершенствованные существующие методы определения геотехнологических параметров, характеризующих рациональное извлечение запасов из недр; установлены взаимосвязи между параметрами добычных работ, эксплуатационными условиями на минеральное сырье и рациональным уровнем полноты и качества извлечения при отработке запасов, имеющих промышленное значение.

Созданы научные основы проектирования и применения на карьерах нового мобильного оборудования. Разработаны сейсмический способ определения механической рыхлости породных массивов и научно-методические основы цифровой их сейсмометрии. Предложена система автоматизированного проектирования параметров буровзрывных работ на карьерах, базирующаяся на оперативном картировании взрывааемых блоков.

Научно обоснованы эффективные и безопасные технологии добычи руд на больших глубинах на основе принципа активного воздействия на разрабатываемый рудный массив,

придания несущим конструкциям и подрабатываемой толще заданной искусственной податливости. Данный принцип использован при создании вариантов сплошной системы разработки с закладкой, успешно применяемых на рудниках Норильского ГМК.

Создана новая технология выемки раздельных массивов в условиях повышенной удароопасности руд и пород на глубоких рудниках. Дальнейшее развитие получила технология разработки жильных месторождений на базе комплексной механизации работ и вывода человека из опасных по условиям труда зон применительно к золоторудным и плавиковошпатовым месторождениям. Подведена научно-методическая база под определение рациональных параметров и схем вскрытия жильных месторождений.

Обоснованы приоритетные направления фундаментальных исследований и научно-технического прогресса в процессах добычи и переработки угля на перспективу. Разработаны основные положения методологии комплексного освоения угольных месторождений, предусматривающей технико-экономическую оптимизацию объемов и номенклатуры готовой продукции из извлекаемых георесурсов и использование вновь создаваемых ресурсов недр [16, 18, 19].

В целом можно констатировать, что в настоящее время сформировался особый стиль деятельности ИПКОН РАН – уникальность тематики решаемых проблем и методов исследований, сочетание научно-методологических подходов с широким выходом на практику, комплексность в изучении технологических, экологических, экономических и других проблем освоения недр Земли. Эти результаты явились научной базой современных исследований Института в направлении обеспечения безопасности ведения горных работ и участия ученых ИПКОН РАН в разработке информационно-технических справочников наилучших доступных технологий добычи и обогащения минерально-сырьевых ресурсов [6, 7].

В настоящее время наибольший интерес представляют исследования взаимодействия угля с метаном, динамики газоотдачи угля при сбросе давления метана, определения отличий в структуре выбросоопасных и невыбросоопасных углей и др. исследованиям в области борьбы с газодинамическими явлениями в угольных шахтах – внезапными выбросами угля и газа, борьбе с рудничными газами, работы по обоснованию технологий дегазации угольных пластов и утилизации шахтного метана [20-22, 8].

Важность этих направлений обусловлена тем, что современные шахты характеризуются высокой скоростью проходки подготовительных горных выработок и подвигания очистных забоев, что существенно осложняет общую обстановку на газоносных угольных пластах [9]. При высокой скорости отработки призабойная зона пласта не успевает дегазироваться, основное газовыделение происходит при отбойке и продолжается еще некоторое время, что повышает опасность загазирования выработок, приводящего к угрозе взрывов в угольных шахтах. Кроме того, интенсификация ведения очистных и проходческих работ существенно повышает выбросоопасность забоев горных выработок, при этом одним из важнейших мероприятий снижения выбросоопасности остается предварительная дегазация массива.

Под руководством чл.-корр. РАН А. Д. Рубана в 2007-2012 г.г. была проведена большая работа «Разработка интегрированной технологии извлечения и утилизации шахтного метана в процессе разработки высокогазоносных угольных пластов подземным способом» с СУЭК-Кузбасс. Был разработан «Промышленный регламент интегрированной технологии извлечения и утилизации шахтного метана» [1]. Проверка положений, изложенных в Промышленном регламенте, выполнена на шахте им. С. М. Кирова (ОАО «СУЭК-Кузбасс») при отработке пластов Болдыревский и Поленовский. В результате на шахте им. С. М. Кирова была внедрена комплексная система дегазации источников метановыделения на выемочных полях с использованием новых способов дегазации разрабатываемых и сближенных угольных пластов, обеспечивающих эффективность дегазации участка 60-70 %, и в результате утилизации каптированного метана был погашен постоянно горящий факел. Теперь весь извлеченный из угля метан сжигается в котельной, при этом шахта получает тепло и электроэнергию.

В этот же период были существенно развиты направления геофизических методов контроля состояния массива горных пород. Была разработана усовершенствованная версия автономного шахтного регистратора РСШ. Регистратор прошел испытания, получено заключение о соответствии требованиям безопасности. Новая версия позволяет создавать многоканальные сейсморазведочные станции на базе РСШ с возможностью наращивания до 1000 и более каналов. Таким образом, без прокладки кабельных линий и измерительных кос появилась возможность реализации абсолютно произвольных

схем наблюдений. Компактность и малый вес обеспечивают мобильность измерений, и не требуются транспорт для доставки к месту проведения работ, что существенно расширяет потенциал исследовательской деятельности. Областью применения регистратора РСШ являются горные выработки, в том числе опасные по газу и пыли [2].

В 2011-2014 г.г. разработана и внедрена на шахтах Воркуты и Кузбасса «Многофункциональная геофизическая система контроля геодинамического и газодинамического состояния массива горных пород «МГСК». Система МГСК предназначена для автоматического контроля геодинамического и газодинамического состояния массива горных пород, контроля и прогноза внезапных выбросов и горных ударов в режиме реального времени на основе непрерывного анализа сейсмической, тензометрической и терморadiационной информации, получаемой от соответствующих первичных преобразователей [10].

Новым направлением стало математическое моделирование на базе программного комплекса ANSYS (продукт фирмы ANSYS Inc.), позволяющее решать инженерные краевые задачи в области напряженно-деформированного состояния, прочности, механики разрушения, теплопроводности, гидромеханики, вынужденных колебаний и т.п. Математической основой, на которой построен вычислительный аппарат этого программного продукта, является метод конечных элементов. С помощью математического моделирования были решены многочисленные задачи оценки изменений напряженно-деформированного состояния и смещений в массивах при техногенном воздействии, начиная от оценок проседания грунта под фундаментом при строительстве высотного здания в Москве [11] до сложных систем выработок, целиков и открытых горных работ над ними, пересеченных разломами; а также динамические задачи по распространению взрывной волны в массиве или определению условий начала движения оползня в районе строительства олимпийских объектов в Сочи [12,13].

Благодаря совместным усилиям государства, академических и отраслевых научных центров, вузовской науки, проектных организаций и горнопромышленников удалось сформировать устойчивую тенденцию снижения производственного травматизма в горнодобывающем секторе экономики России, что особенно заметно в угольной промышленности. Смертельный травматизм в долгосрочной ретроспективе сни-

жается как в абсолютных, так и в относительных значениях. В целом по отрасли число травм со смертельным исходом на 1 млн т добычи угля снижено с 1 случая в 1993 года до 0,07 в последние годы, или в 14 раз.

В то же время на шахтах и рудниках России сохраняются высокие риски возникновения крупных аварий. Если посмотреть динамику смертельного травматизма прошлых лет, то явно видна цикличность аварий с большим количеством погибших:

- 1997 год. Шахта «Зырянская», причина аварии - взрыв газа, погибло – 67 чел.
- 1998 год. Шахта «Центральная», причина аварии - взрыв газа, погибло – 27 чел.
- 2007 год. Шахта «Ульяновская», причина аварии - взрыв газа, погибло – 110 чел.
- 2007 год. Шахта «Юбилейная», причина аварии - взрыв газа, погибло – 38 чел.
- 2010 год. Шахта «Распадская», причина аварии - взрыв газа, погибло – 91 чел.
- 2016 год. Шахта «Северная», причина аварии - взрыв газа, погибло – 36 чел.
- 2017 год. Рудник «Мир», причина аварии - разрыв вмещающих пород, погибло – 8 чел.

Эти проблемы усугубляются тем, что в настоящее время:

- происходит рост интенсивности ведения горных работ, новые технологии не увязываются с требованиями безопасности;
- многие вопросы требуют детального изучения и научно-методического сопровождения горных геотехнологий;
- не оцениваются риски негативных техногенных процессов.

В этих условиях необходимы целенаправленные меры по переходу на новый технико-технологический и нормативный уровень ведения горных работ, позволяющий, безусловно, предотвращать аварийность с массовым смертельным травматизмом.

Приоритетными направлениями данной деятельности являются:

1. Разработка роботизированных и автоматизированных геотехнологий с минимальным присутствием людей в зонах ведения горных работ.
2. Разработка геотехнологий комплексного освоения и сохранения недр Земли с замкнутыми циклами процессов добычи, переработки и консервации горных и перерабатывающих предприятий.
3. Разработки технологий переработки техногенных образований горнопромышленных, металлургических, энергетических предприятий

и бытовых отходов с получением полезных продуктов.

Решение этих задач возможно только путем объединения усилий профильных институтов Российской академии наук, отраслевой науки, университетов и передовых горнодобывающих компаний, предприятий смежных отраслей промышленности.

В соответствии с пунктом 17 протокола совещания у Председателя Правительства Российской Федерации от 04.04.2016 № ДМ-П9-24пр «О состоянии и перспективах развития угольной промышленности Российской Федерации» в настоящее время под эгидой Федерального агентства научных организаций (ФАНО) реализуется Комплексный план научных исследований (КПНИ) «Безопасность горных работ».

В соответствии с Концепцией программного управления реализацией научных исследований, осуществляемых в соответствии с Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук (ПФНИ ГАН) на 2013–2020 годы, целями формирования КПНИ являются:

- выполнение в полном объеме ПФНИ ГАН;
- закрепление ответственности и ресурсов за конкретными федеральными государственными учреждениями, подведомственными ФАНО, являющимися исполнителями ПФНИ ГАН;
- создание системы проектного управления ПФНИ ГАН, в том числе путем образования органов управления КПНИ и разделения между ними функциональных обязанностей;
- создание условий для формирования междисциплинарных, межотраслевых и интеграционных проектов, являющихся основой для программно-целевого метода планирования и выполнения научных исследований в рамках сети федеральных государственных учреждений, подведомственных ФАНО;
- создание системы эффективного управления научной деятельностью федеральных государственных учреждений, подведомственных ФАНО;
- создание условий для научных организаций, способных формировать КПНИ и осуществлять проектное управление их выполнением;
- построение системы трансфера результатов фундаментальных и поисковых исследований в прикладные научные исследования, опытно-конструкторские и опытно-технологические работы.

Цель реализации КПНИ «Безопасность горных работ» – обеспечение эффективности

междисциплинарных исследований в области безопасности горных работ, проводимых в научных организациях, подведомственных ФАНО России, на основе интеграции кадровых, материальных и интеллектуальных ресурсов участников и партнеров КПНИ.

Участники реализации проектов:

1. ФГБУН Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н. В. Мельникова Российской академии наук;
2. ФГБУН Горный институт Уральского отделения Российской академии наук;
3. ФГБУН Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук;
4. ФГБУН Горный институт Кольского научного центра Российской академии наук;
5. ФГБУН Институт горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук;
6. ФГБУН Институт горного дела Севера им. Н. В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук;
7. ФГБУН Институт горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук;
8. ФГБУН Институт динамики геосфер Российской академии наук;
9. ФГБУН Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук;
10. ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Единая геофизическая служба РАН»;
11. ФГБУН Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РПН;
12. ФИЦ угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук.

В настоящее время к КПНИ активно присоединяются профильные университеты, отраслевые научные центры, проектные, консалтинговые и сервисные компании, горнопромышленники. В качестве приоритетных направлений исследований и проектов по обеспечению безопасности горных работ на предприятиях минерально-сырьевого комплекса России выделяются:

- приоритетные направления исследований и проектов по обеспечению горно-геологиче-

ской безопасности разработки месторождений минерального сырья;

- приоритетные направления исследований и проектов по обеспечению технологической безопасности эффективной добычи минерального сырья и освоения подземного пространства (доступные геотехнологии, инновационные технологические процессы);

- приоритетные направления исследований и проектов по обеспечению экологической безопасности при освоении месторождений полезных ископаемых;

- обоснование мероприятий по обеспечению импортонезависимости по оборудованию, комплектующим, программным средствам и услугам, оказывающим влияние на безопасность горных работ;

- приоритетные направления исследований и проектов по организационно-управленческому и экономическому обеспечению безопасности горных работ;

- оценка рисков в случае нереализации приоритетных направлений исследований и проектов по обеспечению безопасности горных работ на предприятиях минерально-сырьевого комплекса России.

Проведенные исследования свидетельствуют, что для обеспечения безопасности горных работ необходимо риск-ориентированное обоснование независимой научно-технической экспертизы принимаемых проектных решений и сопровождения (горного аудита) процессов эксплуатации по объектам и видам работ, характеризующихся высоким уровнем риска. Результатом выполнения КПНИ станут рекомендации по совершенствованию нормативного регулирования обеспечения безопасности горных работ на предприятиях минерально-сырьевого комплекса России и экономического стимулирования фундаментальных и прикладных научных исследований в приоритетных областях. Данные рекомендации могут стать основой разработки Стратегии развития горнопромышленной деятельности и обеспечения безопасности горных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артемьев В.Б., Рубан А.Д., Забурдяев В.С., Ютяев Е.П. Промышленный регламент технологии извлечения и утилизации шахтного метана в процессе разработки высокогазоносных угольных пластов подземным способом. Уголь, 2010, № 2, с.18-20.
2. Белоусов Ф.С. Регистратор сейсмоакустический шахтный / Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых: мат-лы 11 Международной научной школы молодых ученых и специалистов 24-28 ноября 2014 г. – М.: ИПКОН РАН, 2014. С. 99.
3. Вартанов А.З., Петров И.В., Федаш А.В. Научно-методические основы принятия проектных решений по комбинированной отработке пластов длинными и короткими забоями на угледобывающих предприятиях // Уголь.

2015. № 10. С. 30-34.
4. Вартанов А.З., Петров И.В., Федаш А.В. Основные тенденции подземного строительства и освоения недр городов и проблемы проектирования подземных объектов в мегаполисах и зонах градопромышленных агломераций // ГИАБ. 2015. № 10. С. 160-164.
 5. Вартанов А.З., Петров И.В., Федаш А.В. Современное состояние и направления проектирования инновационных геотехнических систем на угледобывающих предприятиях // Научное состояние технологий разработки и использования минеральных ресурсов. 2015. № 2. С. 39-44.
 6. Вартанов А.З., Петров И.В., Кобяков А.А., Романов С.М., Федаш А.В. Эколого-экономические аспекты перехода горнодобывающих предприятий на принципы наилучших доступных технологий // ГИАБ. 2016. № S1. С. 511-521.
 7. Вартанов А.З., Зайцев С.П., Калачева Л.В., Петров И.В., Федаш А.В. Практические рекомендации по мониторингу и эколого-экономическому управлению рисками для повышения энергоэффективности и развития энергетики России // Мониторинг: Наука и технологии. 2017. № 2 (31). С. 29-35.
 8. Захаров В.Н., Малинникова О.Н. Исследование структурных особенностей углей выбросоопасных пластов / Записки горного института. СПб.: Изд.: СПб горный университет, 2014. Т. 210. С.43-52.
 9. Захаров В.Н., Малинникова О.Н., Фейт Г.Н. Особенности изменения напряженного состояния и разрушения призабойной зоны угольных пластов / Деформирование и разрушение материалов с дефектами и динамические явления в горных породах и выработках: Материалы XXIV Международной научной школы им. академика С.А. Христиановича. Симферополь, 2014. С.71-74.
 10. Захаров В.Н. Геоинформационное обеспечение и комплексный мониторинг гео- и газодинамических процессов при высокоинтенсивной подземной угледобыче / Неделя горняка – 2012: Труды научного симпозиума // ГИАБ. Отдельный выпуск № 1. С. 32–43.
 11. Захаров В.Н., Малинникова О.Н., Ковпак И.В., Филиппов Ю.А. Геопространственное моделирование взаимодействия высотных зданий и сооружений с массивом горных пород // ГИАБ. Отдельный выпуск № 11. 2008. С.59–66.
 12. Захаров В.Н., Малинникова О.Н., Аверин А. П. Моделирование вибрационно-колебательных процессов в призабойной зоне угледобывающего массива при техногенном воздействии // Горный журнал. 2016. № 12. С. 28–31.
 13. Захаров В.Н., Малинникова О.Н., Трофимов В.А., Филиппов Ю.А. Оценка устойчивости оползневого склона и развития его деформаций во времени // ФТПРПИ. 2014. № 6. С. 11–22.
 14. Иватанова Н.П., Ле Б.З., Стоянова И.А., Петров И.В., Чан Т.Б. Научные основы инновационной деятельности угольных предприятий по сохранению и восстановлению качества окружающей среды. Москва – Тула, 2016.
 15. Казаков В.Б., Калачева Л.В., Петров И.В., Сурат И.Л. Развитие угольной промышленности в условиях создания высокопроизводительных рабочих мест, перехода на наилучшие доступные технологии и импортозамещения // Уголь. 2017. № 6 (1095). С. 48–50.
 16. Калачева Л.В., Петров И.В., Савон Д.Ю. Обеспечение промышленной и экологической безопасности на угольно-добывающем предприятии как путь к созданию высокопроизводительных рабочих мест // ГИАБ. 2015. № 4. С. 276–282.
 17. Петров И.В., Секистова Н.А. Механизм обоснования эколого-экономических мер по регулированию недропользования на предприятиях угольной промышленности // ГИАБ. 2010. № 1. С. 314–322.
 18. Петров И.В., Стоянова И.А. К вопросу о повышении обеспечения экологической и технической безопасности действующих и закрываемых угольных предприятий // Мониторинг: Наука и технологии. 2014. № 2. С. 54–58.
 19. Петров И.В., Секистова Н.А., Харьков А.И. Вопросы экологической безопасности в новых условиях формирования взаимоотношений в угольной промышленности // ГИАБ. 2009. № 6. С. 261–263.
 20. Трубецкой К.Н., Рубан А.Д., Викторов С.Д., Малинникова О.Н., Одинцов В.Н., Кочанов А.Н., Учаев Д.В., Фрактальная структура нарушенности каменных углей и их предрасположенность к газодинамическому разрушению / Доклады АН, 2010. Т. 431. № 6. С. 818–821.
 21. Трубецкой К.Н., Рубан А.Д., Забурдяев В.С. Особенности метановыделения в высокопроизводительных угольных шахтах // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2011. № 4. С. 76–85.
 22. Фейт Г.Н., Малинникова О.Н. Особенности и закономерности геомеханических и физикохимических процессов формирования очагов опасности газодинамических явлений в шахтах // ГИАБ. 2007. Т. 13. № 1. С. 192–206.

REFERENCES

1. Artemiev, V. B., Ruban, A. D., Zaburdiaev, V.S., & Yutiaev, Ye.P. (2010). Promyshlennyyi reglament tekhnologii izvlecheniya i utilizatsii shakhtnogo metana v protsesse razrabotki vysokogazonosnykh ugolnykh plastov podzemnym sposobom [Industrial regulations of mine methane extraction and utilization technology in the process of high-gas-carrying coal seams development by an underground method]. *Ugol – Coal*, 2, 18-20 [in Russian].
2. Belousov, F.S. (2014). *Registrator seismoakusticheskii shakhtny [The seismo-acoustic mine recorder]. Proceedings from: The problems of mineral reserves development in the XXI century through the eyes of the young: 11 Mezhdunarodnaia shkola molodykh uchenykh i spetsialistov 24-28 noiabria 2014 goda – 11th International scientific school for young scientists and specialists (p. 99)*. Moscow: ICEMR RAS [in Russian].
3. Vartanov, A.Z., Petrov, I.V., & Fedash, A.V. (2015). Nauchno-metodicheskie osnovy prinyatiya proektnykh reshenii po kombinirovannoi otrabotke plastov dlinnymi i korotkimi zaboyami na ugledobyvayushchikh predpriyatiyakh [Scientific and methodological basis for making design decisions on combined development of seams by long and short faces at coal mining enterprises]. *Ugol – Coal*, 10, 30-34 [in Russian].
4. Vartanov, A.Z., Petrov, I.V., & Fedash, A.V. (2015). Osnovnye tendentsii podzemnogo stroitelstva i osvoeniya nedr gorodov i problemy proektirovaniya podzemnykh ob'ektov v megapolisakh i zonakh gradopromyshlennykh aglomeratsii [The main tendencies of underground construction and development of subsoil of cities and the problems of designing underground objects in megacities and zones of urban industrial agglomerations]. *GIA B*, 10, 160-164 [in Russian].
5. Vartanov, A.Z., Petrov, I.V., & Fedash, A.V. (2015). Sovremennoe sostoyaniye i napravleniya proektirovaniya innovatsionnykh geotekhnicheskikh sistem na ugledobyvayushchikh predpriyatiyakh [Current state and directions

- of innovative geotechnical systems designing at coal mining enterprises]. *Naukoemkie tekhnologii razrabotki i ispolzovaniya mineralnykh resursov - High technology of development and use of mineral resources*, 2, 39-44 [in Russian].
6. Vartanov, A.Z., Petrov, I.V., Kobiakov, A.A., Romanov, S.M., & Fedash, A.V. (2016). Ekologo-ehkonomicheskie aspekty perekhoda gornodobyvayushchikh predpriyatii na printsipy nailuchshikh dostupnykh tekhnologii [Ecological and economic aspects of mining enterprises transition to the principles of the best available technologies]. *GIAB*, S1, 511-521 [in Russian].
 7. Vartanov, A.Z., Zaitsev, S.P., Kalacheva, L.V., Petrov, I.V., & Fedash, A.V. (2017). Prakticheskie rekomendatsii po monitoringu i ehkologo-ehkonomicheskomu upravleniyu riskami dlya povysheniya ehnergoeffektivnosti i razvitiya ehnergetiki Rossii [Practical recommendations on monitoring and environmental and economic risk management for energy efficiency increase and energy development in Russia]. *Monitoring: Nauka i tekhnologii – Monitoring: Science and Technology*, 2 (31), 29-35 [in Russian].
 8. Zakharov, V.N., & Malinnikova, O.N. (2014). Issledovaniie strukturnykh osobennosti uglei vybrosoopasnykh plastov [Outburst hazardous seams coals structural features research]. *Zapiski gornogo instituta –Mining Institute Notes, St Petersburg Mining University*, 210, 43-52 [in Russian].
 9. Zakharov, V.N., Malinnikova, O.N., & Feigt, G.N. (2014). Osobennosti izmeneniya napryazhennogo sostoyaniya i razrusheniya prizabojnoj zony ugolnykh plastov [Features of the stressed state change and destruction of the coal seam face zones]. *Proceedings from: Deformation and destruction of materials with defects and dynamic phenomena in mine rocks and mine openings: Materialy XXIV Mezhdunarodnoi nauchnoi shkoly im. Akademika S.A. Khristianovicha - Materials of the XXIVth academician S.A. Khristianovich International Scientific School*. (pp. 71-74). Simferopol [in Russian].
 10. Zakharov, V.B. (2012). Geoinformatsionnoie obespechenie i kompleksnyj monitoring geo- i gazodinamicheskikh protsessov pri vysokointensivnoj podzemnoj ugledobyche [Geoinformation support and complex monitoring of geo- and gasdynamic processes with high-intensity underground coal mining]. *Proceedings from: Miner's Week - Proceedings of the Scientific Symposium, GIAB. A separate issue number 1*. pp. 32-43 [in Russian].
 11. Zakharov, V.N., Malinnikova, O.N., Kovpak, I.V., & Filippov, Yu.A. (2008). Geoprostranstvennoe modelirovanie vzaimodejstviya vysotnykh zdaniy i sooruzhenij s massivom gornyh porod [High-rise buildings and structures interaction with a rock massif geospatial modeling]. *GIAB. A separate issue number 11*. pp. 59-66 [in Russian].
 12. Zakharov, V.N., Malinnikova, O.N., & Averin, A.P. (2016). Modelirovanie vibratsionno-kolebatelnykh protsessov v prizabojnoi zone ugleporodnogo massiva pri tekhnogennom vozdeistvii [Modeling of vibrational processes in the face zone of a coal-rock bearing massif with anthropogenic impact]. *Gorny zhurnal - Mi- ing Magazine*, 12, 28-31 [in Russian].
 13. Zakharov, V.N., Malinnikova, O.N., Trofimov, V.A., & Filippov, Yu.A. (2014). Otsenka ustoichivosti opolznevoego sklona r razvitiia iego deformatsii vo vremeni [Stability of the landslide slope and the development of its deformations in time assessment]. *FTP RPI*, 6, 11-22 [in Russian].
 14. Ivatanova, N.P., Le, B.Z., Stoianova, I.A., Petrov, I.V., & Chan, T.B. (2016). *Nauchnyie osnovy innovatsionnoi deiatelnosti ugolnykh predpriyatii po sokhraneniyu i vosstanovleniyu kachestva okruzhayushchei sredy [Scientific basis of coal enterprises innovative activity on preservation and recovery of environmental quality]*. Moscow – Tula [in Russian].
 15. Kazakov, V.B., Kalacheva, L.V., Petrov, I.V., & Surat, I.L. (2017). Razvitie ugolnoi promyshlennosti v usloviyakh sozdaniya vysokoproizvoditelnykh rabochikh mest, perekhoda na nailuchshie dostupnyie tekhnologii i importozameshcheniya [Coal industry development in conditions of high-productive workplaces creation, transition to the best accessible technologies and import substitution]. *Ugol – Coal*, 6 (1095), 48-50 [in Russian].
 16. Kalacheva, L.V., Petrov, I.V., & Savon, D.Yu. (2015). Obespechenie promyshlennoi i ekologicheskoi bezopasnosti na ugolno-dobyvayushchem predpriyatii kak put' k sozdaniyu vysokoproizvoditelnykh rabochikh mest [Provision of industrial and environmental safety at the coal-mining enterprise as a way to create high-performance working places]. *GIAB*, 4, 276-282 [in Russian].
 17. Petrov, I.V., & Sekistova, N.A. (2010). Mekhanizm obosnovaniya ehkologo-ehkonomicheskikh mer po regulirovaniyu nedropolzovaniya na predpriyatiyakh ugolnoi promyshlennosti [The mechanism of environmental and economic measures substantiating for regulating subsoil use at coal industry enterprises]. *GIAB*, 1, 314-322 [in Russian].
 18. Petrov, I.V., & Stoianova, I.K. (2014). K voprosu o povyshenii obespecheniya ekologicheskoi i tekhnicheskoi bezopasnosti deistvuyushchikh i zakryvaemykh ugolnykh predpriyatii [On the issue of improving the environmental and technical safety of existing and closing coal enterprises]. *Monitoring: Nauka i tekhnologii – Monitoring: Science and Technologies*, 2, 54-58 [in Russian].
 19. Petrov, I.V., Sekistova, N.A., & Kharkov, A.I. (2009). Voprosy ekologicheskoi bezopasnosti v novykh usloviyakh formirovaniya vzaimootnoshenii v ugolnoj promyshlennosti [Issues of environmental safety in the new conditions of the relationship formation in coal industry]. *GIAB*, 6, 261-263 [in Russian].
 20. Trubetskoi, K.N., Ruban, A.D., Viktorov, S.D., Malinnikova, O.N., Odintsev, V.N., Kochanov, A.N., & Uchiaev, D.V. (2010). Fraktalnaya struktura narushennosti kamennykh uglei i ikh predraspolzhennost' k gazodinamicheskomu razrusheniyu [Fractal structure of coal disturbance and their predisposition to gas-dynamic destruction]. *RAS papers, Volume 431*, 6, 818-821 [in Russian].
 21. Trubetskoi, K.N., Ruban, A.D., & Zaburdiaev, V.S. (2011). Osobennosti metanovydeleniya v vysokoproizvoditelnykh ugolnykh shakhtakh [Features of methane emission in high-performance coal mines]. *Fiziko-tekhnicheskiiye problem razrabotki poleznykh iskopaemykh – Physico-technical problems of mineral reserves development*, 4, 76-85 [in Russian].
 22. Feit, G.N., & Malinnikova, O.N. (2007). Osobennosti i zakonomernosti geomekhanicheskikh i fizikokhimicheskikh protsessov formirovaniya ochagov opasnosti gazodinamicheskikh yavlenii v shakhtakh [Features and regularities of geomechanical and physicochemical processes of gas dynamic phenomena spots formation danger in mines]. *GIAB, Vol. 13, 1*, 192-206 [in Russian].