

скорости развития деформаций в массиве со скоростью проведения горных работ. Во многих случаях этот процесс рассматривается как стационарный.

В связи с образованием в результате добычи и обогащения полезных ископаемых в геологической среде значительных по площади и глубине пространств нарушенных и техногенных сред, необходимо детальное изучение характера взаимодействия этих сред, так как это является одним из основных факторов, влияющих на развитие негативных процессов (подтопление, оседание, оползни и др.). Установление закономерностей взаимодействия природной, нарушенной и техногенной геологических сред и параметров технологий их образования позволит разработать эффективные технические решения по восстановлению свойств геологической среды до состояния, близкого к естественному и, соответственно, снизить риск возникновения опасных экзогенных процессов.

Добыча полезных ископаемых будет производиться на все больших глубинах. Поэтому важным является разработка новых технологий и учет последствий этой человеческой деятельности.

**УДК [622.02:539.2.8].001.5**

Отдел механики горных пород,

зав. отделом, д-р техн. наук, С.И. Скипочка

## **ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ ОТДЕЛА МЕХАНИКИ ГОРНЫХ ПОРОД**

Викладено історію створення, розвитку та найсуттєвіші наукові і прикладні результати, які отримано у відділі механіки гірських порід за часи його існування. Відмічено, що відділ перетерпів багато змін, змінилося декілька завідуючих відділом, але науковий напрямок залишився. Це – динамічні явища у гірничих масивах під час прогнозування зон, небезпечних по виникненню несподіваних викидів при проведенні виробок, вдосконаленню методів прогнозу стійкості гірничих виробок, проявлення гірського тиску під час ведення очисних робіт.

## **HISTORY AND DEVELOPMENT OF ROCK MECHANICS DEPARTMENT**

History of creation is laid out, development and the most substantial scientific and applied results which are got in the department of mechanics of mountain breeds in times of his existence. It is marked, that a department suffered a lot of changes, a few managers changed by a department, but scientific direction remained. This are the dynamic phenomena in mountain ranges during prognostication of areas dangerous after the origin of the unexpected troop landings during conducting of making, to perfection of methods of prognosis of firmness of the mountain making, display of mountain pressure during the conduct of cleansing works

Создание и развитие отдела теснейшим образом связано с созданием Института геотехнической механики АН УССР.

Еще при комплектовании научными сотрудниками первых 4-х отделов организованного в марте 1962 года Отделения горнорудных проблем (ОГРП) института электротехники АН УССР (первой официальной стадии создания ИГТМ) его руководитель, член-корреспондент АН УССР, профессор Н.С. Поляков вел переговоры с руководителями кафедр Днепропетровского горного института по подбору специалистов для проведения исследований физико-

механических свойств горных пород. Зав. кафедры «Шахтного строительства и буровзрывных работ» профессор Ф.А. Белаенко предложил кандидатуру выпускника аспирантуры кафедры Глушко Василия Трофимовича.

В феврале 1963 года кандидат технических наук В.Т. Глушко был избран по конкурсу на должность старшего научного сотрудника лаборатории новой технологии открытых горных работ ОГРП, руководимой профессором М.Г. Новожиловым.

В дальнейшем подбор специалистов для решения задач в области механики горных пород и создания будущего отдела руководитель Отделения Н.С. Поляков осуществлял с участием В.Т. Глушко.

В 1963-1964 г. г. были приняты на работу инженеры Ваганов И.И., Безазьян А.В., Усаченко Б.М., Гончаров Л.Б., Гордон-Яновский Ф.А., Ильенко А.В., Нудный И.А., Овчаренко В.И., кандидат технических наук Сивко В.И., механики Коваленко Б.А., Угрюмова Е.А. и другие.

После преобразования ОГРП ИЭ АН УССР в Днепропетровский филиал института механики АН УССР (Постановление Совета Министров УССР № 1408 от 28.11.1963 г.) в структуре филиала произошли изменения. Лаборатория редких и рассеянных элементов, руководимая членом-корреспондентом АН УССР, профессором А.З. Широковым, преобразуется в лабораторию механики горных пород, в которую передается группа сотрудников, возглавляемая к.т.н. В.Т. Глушко. Перед лабораторией были поставлены задачи: исследование механических характеристик горных пород, физико-химических свойств и состава горных пород, изучение закономерностей их изменения в различных горно-геологических условиях. В лаборатории создаются две научные группы. Одна – по изучению физико-механических свойств горных пород и условий поддержания горных выработок, руководимая В.Т. Глушко, вторая – по изучению физических свойств и вещественного состава горных пород, возглавляемая С.М. Седемко. К этому времени было окончено строительство жилого дома Филиала института механики по ул. Полигонной (ныне Погребняка), 25, что позволило разместить сотрудников группы механики горных пород в полуподвальном помещении дома и выделить площади во временном сооружении (бытовка строителей) для оборудования лаборатории.

За очень небольшой промежуток времени сотрудниками группы была создана небольшая реологическая лаборатория, оборудованная уникальной аппаратурой для исследования деформирования пород во времени и позволяющая производить одновременно испытания большого количества образцов. Сотрудники группы В.И. Сивко, И.И. Ваганов, А.В. Безазьян, Б.М. Усаченко и другие под руководством В.Т. Глушко, не считаясь со временем, буквально за несколько месяцев организовали изготовление уникальных пружинных прессов и своими силами смонтировали их. Одновременно была разработана методика испытаний образцов (кернов) горных пород на одноосное сжатие нагрузочным устройством с регулируемой жесткостью в режиме управляемого деформирования. Первые испытания позволили получить информацию о характере развития процесса разрушения, о деформационных свойствах пород Донецкого бас-

сейна как «до», так и «после» достижения предельных напряжений на различных стадиях развития разрушения. Наличие таких средств позволило организовать массивные испытания образцов горных пород различных районов Донбасса. Организация доставки и подготовки проб горных пород была возложена на специально организованную бригаду, состоящую из лаборантов, механиков и слесарей под руководством, сегодня уже ветерана Института, инженера Б.А. Коваленко.

Параллельно с лабораторными начали развиваться натурные экспериментальные исследования, для чего на ряде шахт была оборудована сеть наблюдательных станций. Одновременно с привлечением ученых кафедры высшей математики ДГИ, возглавляемой профессором М.И. Розовским, велись аналитические исследования по деформированию горных пород, находящихся в сложном напряженном состоянии. По объему и значимости проводимых исследований, а также по своей численности возглавляемый В.Т. Глушко коллектив к концу 1965 года превратился в крупное научное подразделение. Учитывая это, при упорядочении структуры Днепропетровского филиала института механики АН УССР, Президиумом Академии наук УССР в марте 1966 года из лаборатории механики горных пород было создано два отдела: отдел механики горных пород (ОМГП) и отдел вещественного состава горных пород. Исполняющим обязанности заведующего отделом механики горных пород был назначен кандидат технических наук В.Т. Глушко, избранный затем на эту должность по конкурсу. Утвержденная научная направленность работ отдела была сформулирована как: исследование горного давления, разработка теории прогноза устойчивости капитальных и подготовительных выработок на больших глубинах и развитие теории управления горным давлением.

После создания ОМГП возрастает объем и глубина исследований, увеличивается численность сотрудников, принимаются на работу специалисты с университетским и техническим образованием. Среди них, ставшие в последствие крупными специалистами, Б.В. Васильев, Г.Т. Кирничанский, И.С. Кравцов, А.В. Мещеряков, Б.С. Усатенко и другие. В течение 2-х лет численность отдела возросла до 40 человек.

К концу 1966 года началось поэтапное освоение площадей неоконченного строительства главного корпуса будущего Института. Коллектив отдела проводит колоссальную работу по перебазированию лабораторной базы в полуподвальное помещение главного корпуса, а по существу создает новую уникальную лабораторию по исследованиям физико-механических свойств горных пород, которая и в настоящее время является одной из лучших в Украине.

В июле 1967 году после преобразования Филиала института механики АН УССР в Институт геотехнической механики АН УССР Постановлением Президиума АН УССР отделу механики горных пород было утверждено скорректированное научное направление, исходя из задач, поставленных перед институтом. Были поставлены задачи по изучению динамических явлений в горных массивах, по их прогнозированию при проведении горных выработок, а также по теории управления горным давлением на больших глубинах и разработке

методов расчета крепи, по изучению напряженного состояния и смещений массива горных пород и их взаимодействия с креплением выработок.

В этот период на основе теоретических и экспериментальных исследований были разработаны рекомендации по выбору крепи и способов охраны подготовительных, капитальных выработок и околоствольных дворов в условиях глубоких шахт Донбасса и шахт Западного Донбасса. Наряду с выполнением задач государственного плана в отделе активно ведется работа по научному росту кадров: зав. отделом В.Т. Глушко в 1968 году успешно защищает в Ленинградском горном Институте диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук. Отдел начинает прием в аспирантуру (первым аспирантом становится Б.М. Усаченко). По материалам исследований реологических свойств горных пород Донбасса, прогноза проявлений горного давления по данным разведочного бурения и исследований смещений контуров подготовительных выработок Марьяновского и Лисичанского районов Донбасса защитили кандидатские диссертации И.И. Ваганов, А.В. Безазьян и Б.М. Усаченко.

Расширение задач потребовало дополнительного привлечения в отдел специалистов, имевших опыт исследовательских работ по шахтному строительству, а также специалистов – физиков с университетским образованием.

По конкурсу на должность старшего научного сотрудника принимается кандидат технических наук А.В. Зорин. Пришли в отдел выпускники Днепропетровского Госуниверситета А.А. Яланский, В.В. Виноградов, Г.Т. Рубец, В.П. Чередниченко, В.Г. Колесников, Н.Т. Бобро, Т.А. Паламарчук, С.И. Скипочка и другие.

В отделе, помимо расширения экспериментальных исследований свойств горных пород, углубляются теоретические исследования, в том числе с использованием ЭВМ, направленные на прогноз устойчивости горных выработок, разработку методов прогнозирования горного давления и управления породным массивом в процессе ведения очистных горных работ на больших глубинах, а также организуются исследования свойств напряженных выбросоопасных песчаников и углей.

Для проведения научных экспериментальных исследований и контроля в шахтных условиях свойств горных пород и состояния массива создается научная группа по разработке и изготовлению специальной геофизической аппаратуры. Создаются также научная группа по разработке и созданию средств крепления горных выработок и управления горным давлением.

Дальнейшее развитие теоретических исследований и совершенствование лабораторной базы отдела шло в направлении изучения закономерностей протекания процессов деформирования, разупрочнения и разрыхления горных пород в ненарушенном, вязконарушенном и нарушенном состояниях с целью разработки теоретических основ управления горным давлением в капитальных и подготовительных выработках глубоких шахт.

За небольшой промежуток времени был разработан ультразвуковой метод оценки напряженного состояния и трещиноватости горного массива, созданы приборы для его реализации. Эти разработки и результаты их использования

легли в основу кандидатской диссертации А.А. Яланского, защищенной им в 1973 году.

При исследованиях динамических явлений, проявляющихся внезапными выбросами пород, изучалась физическая сущность этих процессов, на базе чего была разработана методика прогнозирования зон, опасных по внезапным выбросам породы. Учитывая важность этой проблемы и необходимость расширения исследований по единому координационному плану (в Институте по проблеме внезапных выбросов работало 6 отделов), направленных на борьбу с внезапными выбросами угля при ведении очистных работ, а также по изысканию более совершенных систем разработки угольных пластов на больших глубинах, при отделе в 1970 году создается неструктурная лаборатория «Физико-технических проблем подземной разработки полезных ископаемых на больших глубинах». Заведующим лабораторией назначается старший научный сотрудник, кандидат технических наук А.Н. Зорин. Лаборатория комплектуется сотрудниками, как работавшими в отделе (В.Г. Колесников, В.П. Савинов, Н.А. Цап, Е.Д. Ковтун), так и переведенными из других отделов (А.Ф. Булат, В.Г. Журба), а также вновь принятыми (К.К. Софийский, О.И. Бобров, У.С. Васильева).

После создания лаборатории в отделе расширились изыскания способов предотвращения внезапных выбросов породы при проведении выработок, а также исследования по разработке теории внезапных выбросов угля, породы и газа. При этом установился тесный контакт совместной работы с другими отделами и рядом академических и отраслевых институтов СССР. В частности, был испытан на шахте «Петровская-Глубокая» безвзрывной способ проведения выработки комбайном конструкции НИГРИ. Положительные результаты испытания способа позволили выдать исходные данные для создания специального полусферического рабочего органа к проходческому комбайну «Ясиноватец» и по результатам его испытания разработать технологию проведения выработок по выбросоопасным песчаникам. По итогам исследований выбросов пород и разработанным методам их прогноза, а также способам предотвращения кандидат технических наук А.Н. Зорин в 1974 году успешно защитил докторскую диссертацию.

В 1975 г. с целью сосредоточения усилий ученых на решении задач, позволяющих шире реализовать полученные результаты решением Ученого совета Института и Бюро отделения математики, механики и кибернетики на базе неструктурной лаборатории был создан научный отдел управления динамическими проявлениями горного давления. Заведующим отдела утвержден доктор технических наук А.Н. Зорин. В созданный новый отдел переводятся почти все сотрудники, работавшие в лаборатории. В отделе механики горных пород оставлена только руководимая А.Ф. Булатом группа, проводившая исследования по механизации очистных работ.

В 70-е годы в отделе были расширены теоретические исследования по механике горных пород, направленные на совершенствование методов прогноза устойчивости горных выработок, проявлений горного давления при очистных ра-

ботах, широко начали применяться методы математического моделирования с использованием ЭВМ. Как отдельное направление получили развитие исследования в области разработки методов горной геофизики и научного приборостроения для контроля свойств и диагностики состояния массивов горных пород. В частности, были созданы средства оперативного контроля свойств керна и других образцов горных пород, диагностики нарушенности и устойчивости углепородного массива, в том числе и для угольных шахт, опасных по газу и пыли. Были разработаны методы, алгоритмы и программы расчета и прогноза устойчивости капитальных горных выработок в сложных горно-геологических условиях на примерах конкретных районов Донбасса, а также методы прогнозирования проявлений горного давления с использованием установленных закономерностей деформирования и разрушения горных пород во времени и за пределом их прочности. Получена обширная информация о деформационных, реологических и других физико-механических свойствах пород Донбасса, а также разработаны рекомендации по выбору типов крепей и охраны горных выработок (капитальных и подготовительных). Разработаны и предложены средства для упрочнения пород вокруг выработок. Одновременно с проведением исследований исполнители этих работ В.В. Виноградов, В.П. Чередниченко и Г.П. Шестаков подготовили и в течение 1975-1979 г. г защитили кандидатские диссертации.

В эти же годы проводились исследования по изучению процессов проявления горного давления и управления поведением горного массива в процессе ведения очистных работ. Были установлены аналитические зависимости между упругими, вязкими и акустическими свойствами напряженных слоистых горных пород. Разработан метод расчета напряжений в массиве по деформации стенок буровых скважин. Разработаны горнотехнические параметры крепи, а также разработаны и созданы гидравлические стойки с диафрагменными уплотнениями и газовыми предохранительными клапанами. Все это способствовало повышению эксплуатационных показателей при разработке крутых выбросоопасных угольных пластов. По результатам этих исследований в 1979-1980 годах защитили кандидатские диссертации А.Ф. Булат, Т.А. Паламарчук и А.Т. Курносов.

С 1972 года при отделе начинает работать конструкторское подразделение – отдел средств контроля и управления горным давлением СКТБ института, возглавляемое кандидатом технических наук В.И. Сивко, основной задачей которого было синтезировать научные разработки ОМГП с опытно-конструкторскими работами. Результативность исследований отдела в области механики горных пород, проводившихся в основном для угольной и горнорудной промышленности и, в первую очередь, для условий больших глубин обратила внимание специалистов Министерства строительных материалов УССР, которые в 1976 году обратились к руководству Института с просьбой об оказании помощи в проведении исследований по повышению устойчивости горных выработок при камерной системе разработки гипсовых месторождений в Донбассе. Идя навстречу этому предложению, в феврале 1976 года решением Уче-

ного совета Института из состава отдела вычленяется неструктурная лаборатория «Проблем разработки месторождений нерудных материалов». Заведующим лабораторией назначается кандидат технических наук Б.М. Усаченко, а научным консультантом доктор технических наук А.Н. Зорин.

В октябре 1981 года в связи с уходом доктора технических наук В.Т. Глушко на преподавательскую работу в ВУЗ, обязанности заведующего отделом возлагаются на Б.М. Усаченко.

В этот период в отделе получают дальнейшее развитие методы математического моделирования для прогнозирования устойчивости выработок, методы вероятностно-статистической оценки прочности пород и массивов. Проводятся исследования сейсмоакустической активности выбросоопасных угольных пластов с целью контроля в них трещинообразования. Разрабатываются способ и средства локализации структурных неоднородностей горного массива сейсмoeлектрическим методом. Ведутся исследования, направленные на разработку и создание технологии и средств возведения породобетонных крепей для условий слабых вмещающих пород, а также по созданию крепи использующей несущую способность нарушенных пород в приконтурной зоне.

По результатам этих работ в течение 1981-1986 г. г. защищают кандидатские диссертации В.К. Хохолев, Г.Т. Рубец, А.В. Штепа, С.И. Скипочка и Б.С. Усаченко.

В начале 80-х годов в отделе значительно расширились исследования по управлению горным давлением по очистной выемке угля на шахтах Центрального района Донбасса и, в первую очередь, на выбросоопасных пластах. С целью концентрации усилий на выполнение этих задач в августе 1982 года решение Ученого совета института при отделе создается неструктурная лаборатория «Управления горным давлением при очистной выемке». Заведующим лабораторией назначается кандидат технических наук А.Ф. Булат. Учитывая результативность работы коллектива этой лаборатории по развитию исследований управления состоянием горного массива в сложных горногеологических условиях, а также необходимость активизации работ в институте по борьбе с внезапными выбросами угля и газа Распоряжением Президиума АН УССР в 1984 г. на базе неструктурной лаборатории отдела, была создана структурная лаборатория «Проблем разработки угля в сложных горногеологических условиях». Заведующим лабораторией назначен ученый секретарь института, кандидат технических наук А.Ф. Булат.

Коллектив лаборатории внес значительный вклад в решение проблемы борьбы с внезапными выбросами угля и газа при разработке крутопадающих угольных пластов. Были разработаны инженерные методы определения критериев выбросоопасности и расчета параметров локальных способов предотвращения внезапных выбросов угля и газа. Предложено циклическое воздействие крепию на призабойную часть угольного пласта, как локального способа предотвращения внезапных выбросов. Разработаны рациональные параметры средств механизированной отработки крутых пластов при больших нагрузках на очистной забой в сложных горногеологических условиях. Разработаны на-

учные основы технологии активного управления состоянием горного массива с аналитическим описанием его напряженно-деформированного состояния в окрестности очистной выработки с учетом геологических нарушений. Разработанные методы и некоторые средства для управления горным давлением с целью предотвращения внезапных выбросов, по рекомендации Центральной Комиссии по борьбе с внезапными выбросами угля, породы и газа использовались шахтами в процессе ведения добычных работ.

По результатам исследований зав. лабораторией, кандидат технических наук А.Ф. Булат подготовил и в 1989 году на Ученом совете Института проблем комплексного освоения недр АН СССР защитил докторскую диссертацию. В это же время под его научным руководством была подготовлена и защищена кандидатская диссертация инженером И.И. Ивановым.

В июле 1990 года лаборатория была введена в состав отдела проблем разработки месторождений на больших глубинах, заведующим которого был назначен доктор технических наук А.Ф. Булат.

В 1986 году после защиты докторской диссертации заведующим отдела механики горных пород утверждается Б.М. Усаченко, а руководимая им межотраслевая лаборатория в начале 1987 года вводится в состав отдела. В этот период в отделе углубляются работы по изучению и математическому моделированию процессов деформирования и разрушения горных пород с разработкой аналитических и численных методов расчета напряженно-деформированного состояния горного массива, прогнозом проявлений горного давления в выработках глубоких шахт. С использованием аналитических методов изучается динамика протекания процессов разрушения горных пород при их деформировании после достижения предельных состояний, при этом была оценена роль эффекта разупрочнения на характер проявления горного давления.

По результатам работ этого направления кандидат технических наук В.В. Виноградов в 1989 году защитил докторскую диссертацию. В 1990 году в отделе была создана структурная лаборатория «Геомеханика предельно напряженных сред», а ее заведующим избран доктор технических наук В.В. Виноградов.

В 90-е годы в отделе продолжают работы по разработке новых методов геофизического контроля состояния горных пород в массиве. Создаются новая аппаратура и методики исследований свойств горных пород за пределом прочности, разрабатываются электро- и радиоаппаратура для решения разведочно-геофизических, геологических и горнотехнических задач. По своему назначению создаваемая аппаратура подразделялась для научных исследований и для массового технологического контроля работниками. Первая изготавливалась в институте в виде единичных образцов или отдельных партий, вторая – доводилась до серийного производства на специализированных заводах. Одновременно с изготовлением аппаратуры велась работа по теоретическому обоснованию методов оперативного контроля кровли горных выработок и состояния массива горных пород на основе акустической и электромагнитной эмиссии, состояния потолочин длительно эксплуатируемых выработок большой высоты, методик расчета целиков с учетом свойств пород и условий нагружения на рудных и не-

рудных шахтах, а также поисково-разведочных работ на Северо-Уральском бокситовом руднике.

По результатам этих работ в 1986-1993 годах В.П. Низкошапкой, М.Д. Хаитом, А.В. Бойко, В.Л. Приходченко и В.Н. Сергиенко были защищены кандидатские диссертации, а кандидатом технических наук А.А. Яланским в 1995 г. защищена докторская диссертация.

В сентябре 1994 года в связи с назначением доктора технических наук В.В. Виноградова заведующим отделом горной термодинамики и автоматизированных систем лаборатория геомеханики предельно напряженных пород была выведена из состава ОМГП и с сотрудниками в количестве 8 человек передана в возглавляемый им отдел.

После 2000-го года в отделе было подготовлено и защищено 3 докторские диссертации кандидатами технических наук С.И. Скипочкой (2001 г.), Ю.И. Кияшко (2001 г.) и Т.А. Паламарчук (2002 г.).

С 2004 г. отделу было поручено и под руководством доктора технических наук С.И. Скипочки развивается еще одно направление – атомарно молекулярные исследования угольного вещества. Основная задача этих работ – установить источники, причины и механизмы аномальных газовыделений в угольных шахтах. Для выполнения этих работ при отделе в 2008 г. была создана структурная лаборатория «Горной геофизики» (зав. лаб. Скипочка С.И.) и привлечены специалисты и оборудование ряда ведущих вузов страны и академических институтов.

С декабря 2010 г. отдел возглавляет д.т.н., проф. Скипочка С.И.

В настоящее время ОМГП работает в 3-х ключевых направлениях:

в области механики горных пород и массивов применительно к задачам охраны и поддержания подземных объектов различного назначения;

в области создания методов и средств контроля свойств пород и диагностики состояния горного массива, а также подземных геотехнических сооружений;

в области атомарно-молекулярных исследований угольного вещества.

Перечисленные задачи отдел решает в рамках этапов комплексных госбюджетных тем.

### ВАЖНЕЙШИЕ ДОСТИЖЕНИЯ ОТДЕЛА.

Отдел с первых дней создания заявил о себе как ведущий в изучении свойств горных пород в предельном и запредельном состояниях, в разработке способов и средств геофизического контроля свойств и диагностике состояния сложно-структурного массива горных пород. В отделе разработаны и обоснованы теоретические основы управления горным давлением в капитальных, подготовительных и очистных выработках глубоких шахт путем активного использования несущей способности, направленного изменения свойств и вида напряженного состояния нарушенных пород вблизи выработок.

В 1992 году за цикл работ по геомеханике и управлению высвобождения энергии массива горных пород при разработке полезных ископаемых А.Ф. Бу-

лату, В.В. Виноградову и А.Н. Зорину была присуждена Премия НАН Украины им. академика А.Н. Динника.

В 1999 году за цикл работ «Геомеханические основы управления состоянием массива горных пород при разработке мощных пластов и повторном использовании отработанных подземных пространств» Премия НАН Украины им. академика А.Н. Динника присуждена С.Б. Вакарчуку, В.Г. Перепелице и Б.М. Усаченко.

В 2002 году была присуждена Государственная Премия Украины по науке и технике за работу «Розробка і впровадження нових ресурсозберігаючих засобів кріплення та охоронних конструкцій капітальних виробок на підставі геомеханіки системи «кріплення-породний масив», що забезпечують ефективну експлуатацію шахт України». В числе авторов работы премию получил доктор технических наук, профессор Б.М. Усаченко. В рамках данной работы было научно обосновано применение, разработаны и масштабно внедрены на предприятиях угольной отрасли крепи нового технического уровня (экономический эффект более 90 млн. грн.).

В 2008 году была присуждена Государственная Премия Украины по науке и технике за работу «Науково-технологічні основи, розробка та впровадження високоефективного геомеханічного моніторингу підземних геотехнічних систем шахт і рудників». В числе авторов работы премию получили доктора технических наук С.И. Скипочка, А.А. Яланский, Т.А. Паламарчук. В рамках этой работы:

- разработаны теория и методология геомеханического мониторинга геотехнических систем, как многоуровневых и многокомпонентных структур контроля и диагностики;

- обоснованы научные принципы построения диагностических моделей сложных геотехнических систем и геомеханических процессов с учетом взаимодействия контролируемых систем, обеспечивающие высокую эффективность мониторинга;

- обоснованы технические требования к приборным средствам и методологии диагностирования геотехнических систем, которые положены в основу разработанных государственных и отраслевых нормативных документов;

- разработаны научно-технические основы расследования и предупреждение аварий на угольных шахтах путем применения оперативного и долговременного контроля подземных процессов и систем;

- разработаны горнотехнические принципы применения элементов подземного геомеханического мониторинга в угольных, рудных и нерудных шахтах для повышения эффективности и безопасности их функционирования и осуществлено их внедрение в производство.

Совокупное решение указанных задач обеспечило реализацию разработанной авторами концепции, сущность которой определяется предпосылкой – отчленения геотехнической системы для контроля отдельных объектов и процессов к синтезу и дальнейшему геомеханическому мониторингу функционирования производственного цикла всей подземной системы, с принятием руководя-

щих решений и воздействий, обеспечивающих повышение эффективности и безопасности горных работ.

Мониторинг, включающий в себя методы горной геофизики (ультразвуковой, электрометрический, сейсмический, механоэлектрический, сейсмоакустический, электромагнитный, ударно-волновой и др.), а также методы изучения газоносности угольных месторождений, содержания метана и пыли в выработках, методы выявления техногенных зон и научно-технические основы расследования и предотвращения аварий на шахтах, позволяет оперативно определять физико-механические свойства горных пород на образцах и в массиве, оценивать напряженно-деформированное состояние массива горных пород с выявлением параметров аномальных зон (неупругих деформаций, опорного и геостатического давления), обнаруживать структурные неоднородности массива (карсты, тектонические нарушения, зоны обводненности, границы раздела пород с разными физическими свойствами и т.д.), контролировать статические и динамические проявления горного давления (давление в системе “крепь-массив”, газодинамические явления и т.д.), содержание метана и пыли в выработках, прогнозировать возможные негативные процессы в подземной горнодобывающей геотехнической системе.

Экономический эффект от внедрения данной работы составил более 600 млн. грн.

Сотрудниками отдела сделаны 4 научных открытия, зарегистрированных Международной академией авторов научных открытий и изобретений и Международной ассоциацией авторов научных открытий:

**открытие №188.** Явление образования перемещающихся нарушенных зон в напряженных горных породах / В.Я. Кириченко, Е.Л. Звягильский, А.В. Лишин, **Б.М. Усаченко**, Ю.М. Халимендик. - №А-221; Заявл. 23.10.2001; Приоритет 19.02.2001.

Формула открытия: «Экспериментально установлено неизвестное ранее явление образования перемещающихся нарушенных зон в напряженных горных породах, заключающееся в том, что в окрестности движущейся обнаженной поверхности в массиве при прохождении волны изменения напряженного состояния (например, волны Вебера) происходит разрушение массива, обусловленное изменением соотношений компонент напряжений»;

**открытие № 275.** Свойство пород угольных формаций в процессе своего разрушения проявлять дополнительную десорбцию связанных молекул метана / **С.И. Скипочка**, М.А. Ильяшов, **Б.М. Усаченко**, В.В. Назимко, А.В. Мухин. – №А-334; Заявл. 21.07.2004; Приоритет 19.12.2002.

Формула открытия: «Установлено неизвестное ранее свойство пород угольных формаций в процессе своего разрушения проявлять дополнительную десорбцию связанных молекул метана, вследствие активации молекул метана эмитирующими заряженными частицами, обусловленное разрывом двойных электрических слоев трехфазной среды «уголь – вода – газ» и деструкцией молекулярных и кристаллических связей в пьезоактивных включениях»;

**открытие № 318.** Закономерность самоорганизации грунтов и породных массивов вокруг протяженных подземных выработок/ Л.В. Байсаров, М.А. Ильяшов, В.В. Левит, **Т.А. Паламарчук, В.Н. Сергиенко, В.Б. Усаченко, А.А. Яланский.** – Заявлено 20.04.06.

Формула открытия: «Экспериментально установлена неизвестная ранее закономерность самоорганизации грунтовых и породных массивов вокруг протяженных подземных выработок, заключающаяся в том, что при комплексном воздействии случайных и детерминированных природно-технических факторов самоорганизации массивов она реализуется в виде возникающих вокруг протяженных подземных выработок квазипериодических (по времени выстраивания и по расположению относительно сечения и простираания выработок) регулятивных геодилатационных полей и обусловлена саморазрушениями перенапряженных участков этих массивов за счет суперпозиции зон концентрации напряжений вокруг подземных выработок и рекомбинационной смены альтернативных квазистационарных равновесных состояний, соответствующих минимальным значениям потенциальной энергии»;

**открытие №411.** Явление снижения дебита метана в очистную выработку из продуктивного углепородного массива при интенсивной отработке пологих угольных пластов / **С.И. Скипочка, М.А. Ильяшов, А.В. Агафонов, В.Н. Кочерга, А.А. Боднар, В.В. Круковская.** - №А-515; Заявл. 08.09.2010.

Формула открытия: «Установлено неизвестное ранее явление снижения удельного дебита метана в очистную выработку из углепородной толщи с возрастанием нагрузки на лаву при отработке пологих угольных пластов, заключающееся в том, что при увеличении скорости подвигания фронта очистных работ замедляются процессы десорбции метана и фильтрации его в атмосферу очистной выработки, обусловленное замедлением трещинообразования в углепородной толще, уменьшением размеров области фильтрации и проницаемости внутри нее».

Кроме того, сотрудниками отдела впервые:

- установлены закономерности проявлений горного давления в выработках, не подверженных влиянию очистных работ, в зависимости от основных горно-геологических и горнотехнических факторов. Для оценки устойчивости пород в обнажениях предложена классификация осадочных горных пород Западного Донбасса по их реологическим свойствам;

- изучена геомеханика разрушения предельно-напряженных пород, в которой обобщены теоретические и экспериментальные исследования по управлению самопроизвольным разрушением горных пород, выявлены новые закономерности развития разрушения и «запредельного» деформирования горных пород при различных режимах и путях нагружения, разработан новый геомеханический критерий устойчивости горных пород;

- получили дальнейшее развитие существующие представления в области статистической теории прочности горных пород и надежности подземных сооружений. Предложена методика восстановления недостающей информации,

позволяющая в сочетании с неразрушающими методами контроля сократить объем испытаний и повысить на 20-50% достоверность определения прочности;

- установлены закономерности изменения скоростей и коэффициентов затухания упругих волн от напряженного состояния горных пород, которые позволили получить корреляционные зависимости для широкого класса горных пород;

- получены закономерности распространения акустических волн и их рассеивание на сферических включениях и трещинах с учетом потери энергии на вязкое трение, на основе которых определены информативные параметры ультразвукового метода контроля;

- изучены проявления механоэлектрических эффектов в условиях неравнокомпонентного объемного сжатия, установлены экспериментально и подтверждены теоретическими расчетами закономерности, связывающие характеристики механоэлектрических эффектов с параметрами напряженно-деформированного состояния пород. Определены информативные параметры механоэлектрического метода контроля свойств и диагностики состояния массива горных пород;

- выявлено явление усиления динамического пьезоэлектрического эффекта полем сжимающих напряжений в области упругих деформаций и резкого уменьшения амплитуды эффекта предельной области напряжений, определена зависимость спектральных характеристик механоэлектрических эффектов от коэффициента разрыхления породы;

- установлена функциональная связь фазовых характеристик механоэлектрических эффектов с параметрами напряженно-деформированного состояния пород. Показано, что различие фаз между первичным акустическим и индуцированным им электрическим сигналом, пропорционально объемной деформации породы как в допредельной, так в запредельной областях напряжений;

- разработаны научно-технические принципы и методы выбора способов локального воздействия на приконтурные породы; оборудование для выполнения работ по локальному воздействию на приконтурные породы с применением скрепляющих растворов и бетонов, а также способы возведения анкерных крепей и оборудование для их осуществления;

- разработан метод расчета нагружения на крепь, учитывающий идентичность гравитационных сил упругой нити и горного давления, позволяющий учитывать глубину заложения выработок, угол падения пластов, физико-механические свойства пород и параметры месторасположения выработок. Предложенный подход является основой для разработки комплексной методики исследования геомеханических процессов в шахтных условиях;

- установлена взаимосвязь между несущей способностью целиков и комплексом структурных, прочностных и деформационных свойств горных пород, условиями нагружения и разрушения. Решена задача об определении несущей способности целиков, находящихся в зонах геологических нарушений, учитывающая взаимодействие внутри целика горных пород с различными прочностными и деформационными свойствами;

- показано, что условия возникновения резонансных явлений в плоскопараллельных структурах определяются величиной начальных напряжений в массиве, его упругими свойствами, мощностью пласта или отслоения, а также степенью трещиноватости пород;

- установлены закономерности поведения электрического поля в слоистом или трещиноватом массиве горных пород. Показано, что на величину удельного электрического сопротивления влияет как интегральное напряженное состояние исследуемого объекта, так и его составляющая;

- показано, что геомеханические процессы, сопровождающие переход из одного квазистационарного равновесного состояния массива в другое, носят волновой затухающий. Соотношение динамических и кинематических параметров акустических и возникающих при этом электромагнитных полей, является информативным показателем, характеризующем изменение напряженно-деформированного состояния породного массива в пространственно-временном континууме и наиболее вероятное направление освобождения внутренней энергии;

- установлены особенности геомеханики массива неустойчивых пород при высоких скоростях подвигания фронта очистных работ, определены рациональные параметры поддержания и охраны выемочных выработок при их повторном использовании на участках с подвиганием лав со скоростью свыше 5 м/сут., позволяющие повысить устойчивость выработок и сократить затраты на их поддержание;

- экспериментально установлено и теоретически обосновано явление возникновения метаногенерации в угольном пласте, заключающееся в резком увеличении объемов метана и росте его давления, инициируемое техногенными процессами в углепородном массиве, сопровождающееся ведением горных работ, изменением термодинамических параметров массива и инициированием в нем деформационных процессов (с образованием новых фрактальных структур), которые, при наличии катализаторов, приводят к запуску механизма интенсификации химических реакций, сопровождающихся синтезом метана, а дальнейшее разрушение угольного пласта и образование новых трещин вызывают увеличение фрактальных поверхностей, а, следовательно, и увеличение заряженных частиц, что, в свою очередь, приводит к повышению десорбции метана и увеличению его количества в углепородном массиве;

- разработаны теоретические основы геофизической диагностики состояния породного массива на основе учета его кластерно-иерархической структуры, происходящих в нем синергетических процессов и изменения их во времени и пространстве.

К важнейшим прикладным разработкам отдела, помимо нормативно-технических и методических документов, относятся:

- создание комплекса машин и оборудования для тампонажных и набрызгбетонных работ, в частности, технологического оборудования для приготовления и подачи растворов «МББ», машины бетоноукладочной многоцелевой «МБМ», технологического оборудования для электропитания и приборной ди-

агностики железобетонных сооружений и вмещающих грунтов, установки для укрепления и гидроизоляции подземных сооружений ПН-3;

- разработка приборов геофизического контроля свойств и диагностики состояния массива горных пород. В частности шахтного ультразвукового прибора ШУП-1, аппаратуры "Керноскоп" и ее модифицированных вариантов для работы с необработанным керном: «Керноскоп-1», «Керноскоп-2», а также «Керноскоп-3», которые были положены в основу серийной аппаратуры УК-10ПМС. Выпущена серия приборов ударно-волнового контроля различного назначения (Спектр-1М, АВКИ, ИСК-1Ш, ДВШ, ДИКОН, ПВК). Разработаны и выпущены разовыми сериями приборы электрометрического контроля (ШИИС, ОПИР). Для контроля свойств и локации структурных неоднородностей массива разработаны сейсмoeлектрическая аппаратура «Агат-М», приборы ШИЭМС и ДЭ-МОН. Создано ряд систем непрерывного дистанционного контроля состояния потолочин камер гипсовых и других нерудных месторождений;

- разработка диафрагменных резиновых уплотнений, позволяющих получить полную герметичность поршневых стоек в процессе их эксплуатации, а также технологии и оборудования для их изготовления. Создание предохранительного клапана высокой чувствительности с эластичным запирающим элементом;

- разработка геомеханически обоснованного комбинированного способа и механизированных средств поддержания сопряжений лав с выемочными штреками;

- разработка и внедрение устройств бесшпурового анкерования, а также анкерных стяжных и натяжных крепей для поддержания большепролетных камер;

- модернизация навесного оборудования комбайнов 4ПП-2 и ПК-8М, разработка резцов для работы в условиях вязко-пластических пород, а также отработка схем выполнения БВР в слабых породах нерудных месторождений;

- разработка полуавтоматической технологической линии для изготовления ампул на неорганическом вяжущем для анкерной крепи.

За время существования в отделе механики горных пород было подготовлено 9 докторов: Глушко В.Т. (1968), Зорин А.Н. (1974), Усаченко Б.М. (1986), Виноградов В.В. (1989), Булат А.Ф. (1989), Яланский А.А. (1995), Скипочка С.И. (2001), Кияшко Ю.И. (2001), Паламарчук Т.А. (2002) и 30 кандидатов технических наук: Ваганов И.И. (1970), Усаченко Б.М. (1971), Базазьян А.В. (1971), Комаров А.И. (1972), Шумейко В.И. (1972), Яланский А.А. (1973), Борисенко В.Г. (1973), Виноградов В.В. (1975), Гудименко М.Н. (1976), Шестаков Г.П. (1977), Булат А.Ф. (1978), Чередниченко В.П. (1979), Паламарчук Т.А. (1980), Курносоев А.Т. (1980), Хохолов В.К. (1981), Рубец Г.Т. (1983), Штепа А.В. (1983), Скипочка С.И. (1984), Усаченко Б.С. (1986), Низкошапка В.П. (1986), Шевцова Г.М. (1986), Перепелица В.Г. (1987), Иванов И.И. (1987), Хаит М.Д. (1988), Выгодин М.А. (1988), Головчанский И.Е. (1990), Бойко А.В. (1991), Приходченко В.Л. (1991), Сергиенко В.Н. (1993), Мусиенко С.П. (1995).

Результаты научной деятельности отдела нашли отражение в 2-х ГОСТах и 15-ти отраслевых нормативно-технических документах. За время существова-

ния отдела подготовлено и издано 36 монографий, получено около 300 авторских свидетельств на изобретения и патентов, опубликовано более 600 статей в различных научно-технических изданиях. Сотрудники отдела приняли участие в сотнях международных, всесоюзных и республиканских конференций.

На сегодня отдел насчитывает 15 человек, из которых 6 научных сотрудников в т.ч. 3 доктора и 2 кандидата наук, 7 инженерно-технических работников и 2 человека – вспомогательный персонал.

**УДК [622.23:622.236].001.5**

Отдел проблем разрушения горных пород,  
зав. отделом, д-р техн. наук,  
проф. Л.М. Васильев

### **ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ ОТДЕЛА ПРОБЛЕМ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД**

Викладено етапи формування колективу відділу і результати його роботи з 1961 р. по 2012 р. Відділ займався, на етапі становлення, механікою руйнування гірських порід, термічного руйнування гірських порід і комбінованого (термомеханічного) руйнування гірських порід. Це дозволило у подальшому розвинути дослідження в напрямку розробки і створення термобурів для підприємств, а також руйнування міцних порід машинами ударної дії.

### **HISTORY OF CREATION AND DEVELOPMENT OF DEPARTMENT OF PROBLEMS DESTRUCTIONS OF MOUNTAIN BREEDS**

The stages of forming of collective of department and his job performances are laid out with 1961 for 2012 Department got busy, on the stage of becoming, by mechanics of destruction of mountain breeds, thermal destruction of mountain breeds and combined (thermo-mechanics) destruction of mine breeds. It allowed in subsequent to develop research in direction developments and creations of thermo-boors for enterprises, and also destruction of strong breeds by the machines of shock action.

С целью расширения научных исследований в области проблем горнодобывающей промышленности и подготовки к организации института горнорудных проблем Академии наук УССР в г. Днепропетровске, Президиум Академии наук УССР своим Постановлением от 21 июля 1961 года (протокол № 36, § 492) организовал ряд новых лабораторий отдела горнорудных проблем института черной металлургии АН УССР, в том числе лабораторию физических методов разрушения горных пород. При этом были определены и основные задачи лаборатории: развитие существующих и изыскание новых методов разрушения горных пород и руд с использованием новейших достижений физики, химии, механики и других отраслей науки, а также научное обоснование принципиально новых эффективных способов их добычи и дробления. По результатам конкурса на замещение вакантных научных должностей в декабре 1961 года заведующим лабораторией был избран и Президиумом АН УССР утвержден доктор технических наук, профессор Днепропетровского горного института Е.Ф. Эп-