

---

---

УДК 622.001.5+620.9+502

**Булат А.Ф.**, акад. НАНУ, д-р техн. наук, профессор  
**Четверик М.С.**, д-р техн. наук, профессор  
(ИГТМ НАН Украины)

## **ПРОБЛЕМЫ ГОРНОГО ДЕЛА, ЭНЕРГЕТИКИ И ЭКОЛОГИИ**

**Булат А.Ф.**, акад. НАНУ, д-р техн. наук, професор  
**Четверик М.С.**, д-р техн. наук, професор  
(ИГТМ НАН України)

## **ПРОБЛЕМИ ГІРНИЧОЇ СПРАВИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ**

**Bulat A.F.**, Acad. NASU, D. Sc. (Tech.), Professor  
**Chetverik M.S.**, D.Sc. (Tech.), Professor  
(IGTM NAS of Ukraine)

## **MINING, POWER ENGINEERING AND ECOLOGICAL PROBLEMS**

**Аннотация.** Горнодобывающая промышленность находится в тесной взаимосвязи с производителями электрической энергии и экологией. В производственном процессе между этими огромными комплексами возникают противоречия, и только совместное их разрешение позволяет определить рациональные, экологически обоснованные, экономичные направления развития. Рассмотрена взаимосвязь проблем горного дела, энергетики и экологии. Проведен анализ производства электрической энергии в мире. Приведены проблемы тепловой энергетики Украины: добычу угля производят на все более глубоких горизонтах шахт, что приводит к увеличению себестоимости угля, нарушению природной среды: атмосферы, земли, воды. Приведены данные о сырьевой базе Украины по добыче урановой руды. Рассмотрены технологии добычи урановых руд подземным способом и подземного выщелачивания. Рассмотрены основные направления развития атомной энергетики, создание атомных электростанций с мало-модульными реакторами.

В статье приведены направления исследований ИГТМ НАН Украины в области добычи полезных ископаемых на больших глубинах и вклад ведущих ученых в решение проблем горного дела, энергетики и экологии. Изложены работы ИГТМ НАН Украины в области повышения эффективности работы ТЭС.

**Ключевые слова:** проблемы, горное дело, энергетика, экология, ИГТМ

**Введение.** Одной из главных проблем развития мировой экономики является обеспечение ее сырьевыми энергетическими ресурсами, в которых постоянно ощущается недостаток в связи с повышением энерговооруженности хозяйственной деятельности и населения. Основные из них: нефть, уголь, газ, сырье для атомных электростанций извлекают из недр земли. Проблема усугубляется, как нежеланием развитых стран мира содержать горнодобывающую промышленность на своей территории, так и необходимостью добывать полезные ископаемые на глубоких горизонтах шахт и карьеров.

Переход к рыночной экономике, острая потребность в энергообеспечении украинской промышленности и населения определяют необходимость их решения. Горнодобывающая промышленность находится в тесной связи с производителями электрической энергии и экологией. В производственном процессе между этими огромными комплексами возникают противоречия, и только совместное их разрешение позволяет определить рациональные, экологически обоснованные, экономичные направления развития.

Производство электрической энергии атомными и тепловыми электростанциями, которые занимают ведущее положение в мире, основывается на использовании добытого минерального сырья – урана, угля. Добыча минерального сырья, его обогащение и подготовка для производства электрической энергии, а также непосредственное производство электрической энергии приводят к определенным негативным экологическим последствиям. Проблемные вопросы добычи сырья, производства электрической энергии, экологические последствия взаимосвязаны, и их необходимо рассматривать во взаимосвязи.

Ниже рассматривается взаимосвязь проблем горного дела, энергетики и экологии.

### **1. Производство электрической энергии в Мире.**

По данным лаборатории Observ'ER (Франция) основное производство электрической энергии в Мире, которое составляет около 3283 ТВт·ч, производят тепловыми электростанциями - 66,4 %. При этом используют уголь и др. горючие ископаемые. Выработка электроэнергии атомными электростанциями составляет около 15,2%, а гидроэлектростанциями – 16,2 %. Большая доля электроэнергии в мире, вырабатываемая на ТЭС, приводит и к наибольшим вредным выбросам в атмосферу. Так, на их долю приходится примерно 25% всех вредных выбросов, поступающих в атмосферу от промышленных предприятий. За 20 лет с 1970 по 1990 гг. в мире было сожжено 90 млрд. т угля. Кроме того, следует учесть также большое накопление отходов сгорания в виде золошлаковых (ЗШО) отвалов.

Одним из показателей экономического и социального уровня развития страны является производство электрической энергии на душу населения: в регионах Центральной Африки и Южной Азии он составляет только около 526 - 566 кВт·час, а в Северной Америке - 15000 кВт·час, что свидетельствует о различии их уровней развития. В странах СНГ на душу населения производят около 5000 кВт·час. Производство электроэнергии на единицу валовой продукции в странах СНГ составляет 0,72 кВт/долл., а в Центральной Европе и Северной Америке - 0,42 кВт/долл. Это показывает о существенно завышенном потреблении электроэнергии в технологических процессах при производстве продукции в странах СНГ, свидетельствует об их несовершенстве.

### **2. Производство электрической энергии в Украине.**

В состав энергетической системы Украины входят: 8 гидроэлектростанций (ГЭС), 44 тепловых электростанции (ТЭС), 4 мощные атомные электростанции (АЭС): Запорожская, Южно-Украинская, Ровенская, Хмельницкая. Установленная мощность электростанций объединенной энергосистемы Украины со-

ставляет 53,2 ГВт. Общее производство электроэнергии в Украине составляет 198 млрд. кВт-год (2012 г.), при этом тепловыми электростанциями произведено 96,4 млрд. кВт-год., атомными - 90,1 млрд. кВт-год., а гидроэлектростанциями - 10,0 млрд. кВт-год. В соответствии с проектом обновленной Энергетической стратегии Украины до 2030 года предусматривается увеличить производство электрической энергии до 282 млрд. кВт-год; в 2015 году до 215 млрд. кВт-год.

### **2.1. Экспорт электрической энергии.**

Электроэнергия Украины является одним из главных видов экспорта. По итогам 2012 г. экспортировано электроэнергии в страны ЕС, Молдову и Беларусь до 9,745 млрд. кВт/ч; на 0,6 млрд. долл. Энергетический холдинг ДТЭК планирует в 2013 г. увеличить экспорт электроэнергии до 10 млрд. кВт/ч. Для сравнения отметим, что экспорт железорудной продукции в это же время составил 35, 1 млн. тонн, на 3,1 млрд. долл., то есть в 5 раз больше. Но производство электроэнергии в Украине предусматривают увеличить в 1,6 раза, а дальнейшее увеличение выпуска железорудной продукции затруднено и не будет на нее такого спроса, как на электроэнергию.

Обращаем внимание на следующее. В странах ЕС, особенно в Германии, предусматривается переход автомобильного транспорта на использование электроэнергии. В то же время, некоторые страны ЕС отказываются от атомной энергетики, а производительность тепловых электростанций находится на пределе. Поэтому спрос на электрическую энергию будет возрастать.

### **2.2. Производство электроэнергии тепловыми электростанциями.**

Энергетика Украины включает крупные тепловые электростанции (ТЭС) – Приднепровскую, Змиевскую, Углегорскую, Бурштынскую, Зуевскую и др., которые используют, в основном, угольное топливо. Производство электрической энергии тепловыми электростанциями в Украине имеет ряд особенностей.

*Первая.* Сырьевая база: добычу угля производят на все более глубоких горизонтах шахт, что неизбежно приводит к увеличению его себестоимости, а, следовательно, и производимой электроэнергии. В связи с разработкой угольных пластов малой мощности и несовершенством технологии их выемки, происходит ухудшение качества углей, что приводит к увеличению отходов.

*Вторая.* Существенное нарушение окружающей природной среды: атмосферы, земли, воды. Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ в виде сернистых, азотистых и др. соединений, пыли. В отвалах украинских ТЭС накоплено 358,8 млн. т золошлаковых отходов (ЗШО) на площади 3170 га. Среднегодовой выход золошлаков достиг 14 млн. т. Влияние ТЭС на водную среду проявляется в двух видах: сброс в водоемы вредных веществ и тепловой нагрев воды. При промывке поверхностей нагрева котлоагрегатов блоков ТЭС образуется до 10000 м<sup>3</sup> разбавленных растворов соляной кислоты, едкого натрия, аммиака, солей аммония. Сточные воды ТЭС содержат ванадий, никель, фтор, фенолы и нефтепродукты. От электростанций в водоёмы непрерывно поступает поток воды с температурой на 8-12°С превышающей температуру воды в водоёме. Крупные ТЭС сбрасывают до 90 м<sup>3</sup>/с нагретой воды. Тепловое загрязнение

водоёмов приводит к нарушению их состояния. Необходимо, чтобы нагрев воды в любом месте реки не повышался от уровня его природного состояния больше чем на 3°C.

*Третья.* Практически все украинские ТЭС требуют реконструкции, замене оборудования.

Реконструкция позволяет увеличить мощность энергоблоков и улучшить экологическое состояние, так как в соответствии с соглашениями, Украина к 2017 году должна всю свою теплоэнергетику привести к нормам Евросоюза в отношении вредных выбросов. Примером такой реконструкции может быть техническое переоснащение энергоблока №3 Криворожской ТЭС (г. Зеленодольск, Днепропетровская обл.). Реконструкция позволила увеличить установленную мощность на 18 МВт - с 282 до 300 МВт. Реконструкция электрофильтров позволила повысить эффективность очистки дымовых газов до 99,75%, а ожидаемые значения концентрации пыли в уходящих газах – 50 мг/м<sup>3</sup>, что соответствует требованиям Европейского Союза.

*Четвертая.* При подземной добыче угля также происходят существенные нарушения окружающей среды, что нужно учитывать.

*Пятая.* Проблемным вопросом является сжигание в котлоагрегатах низко-реакционных энергетических углей. Оно сопровождается существенным механическим и химическим недожогом угля, необходимостью использования природного газа, большими выбросами загрязняющих веществ в атмосферу.

### **2.3. Производство электрической энергии атомными электростанциями.**

На украинских АЭС эксплуатируют 15 энергоблоков суммарной установленной мощностью 13,8 ГВт. Для обеспечения их работы ежегодно необходимо около 2,5 тыс. т. урана. Оптовая цена на уран находится примерно на уровне 136 долл. за фунт. Тариф электроэнергии, вырабатываемой АЭС, на 59 % ниже, чем произведенный на тепловых электростанциях (ТЭС).

#### **2.3.1. Экологические проблемы ядерной энергетики.**

Важной экологической проблемой ядерной энергетики является загрязнение окружающей среды радиоактивными изотопами (около 250), которые попадают в окружающую среду в результате работы ядерных реакторов. При работе АЭС образуется тритий или радиоактивный водород. Он способен замещать части молекул воды в живых организмах, что может поражать генетический аппарат клеток. Опасно - загрязнение биосферы плутонием. У него низкая температура плавления – всего 640 °С, он способен к самовозгоранию при наличии кислорода. Важнейшей проблемой ядерной энергетики является утилизация и захоронение радиоактивных отходов. На 424 гражданских ядерных энергетических реакторах, работающих во всем мире, ежегодно образуется большое количество низко-, средне- и высокорadioактивных отходов. Проблемой также является вывод выработавших ресурс реакторов. Однако, если сравнить те экологические проблемы, которые создают тепловые электростанции, те огромные площади нарушенных земель отходами ТЭС и предприятиями по добыче угля, нарушения водной и воздушной среды, то они намного больше, чем возникающие в процессе производства электроэнергии атомными электростанциями.

### **2.3.2. Сырьевая база атомной энергетики.**

Для атомной энергетики основным видом сырья является уран. Украина входит в десятку стран мира по добыче урановых руд (данные 2010 г.), в тыс.т.: Канада -11,6; Австралия- 9,5; Казахстан -4,4; Россия- 3,4; Намибия-3,1; Нигер-3,1; Узбекистан-2,3; США -1,06; Украина-1,05; Китай -0,75. Наиболее крупный рудник мира по добыче урана Макартур-Ривер, находится в Канаде и производит около 17 % мировой добычи. Эффективно перерабатывать руды с содержанием оксида урана 0,05–0,07 %. Применяют комплексную переработку урановых руд с попутным извлечением компонентов: фосфор, ванадий, сера, молибден, железо, медь, золото, редкоземельные элементы. Добычу производят подземным (38 %) и открытым (30 %) способами, способом подземного выщелачивания (СПВ) (21 %), попутная добыча (11 %).

### **2.3.3. Сырьевая база урана в Украине.**

Сырьевая база урана в Украине представлена коренными месторождениями различных формаций и россыпными. Добыча ведется на шахтах Ингульская и Смолинская, пущена в эксплуатацию Новокопачевская. В Николаевской области предусматривается отработка россыпных гидрогенных месторождений методом скважинного подземного выщелачивания: изучается Братское месторождение, подготавливается к отработке Сафроновское. Годовая добыча на Сафроновском месторождении составит 100-150 т. уранового концентрата. Разведанные общие запасы месторождений этого типа оцениваются около 70 тыс.т. урана. Добычу урановой руды осуществляют в объеме около 40 % от потребности АЭС Украины. Предусматривается до 2015 г. обеспечить ураном все действующие энергоблоки АЭС, а в период до 2030 г. - увеличить производство урана до 6,4 тыс. т. в год. Значительную часть добычи урана предусматривается осуществлять на Новокопачевском руднике при уровне его производительности 1,5 тыс. т., с наращиванием до 2,5 и затем до 3,5 тыс.т.

Разведанные запасы урана в Украине составляют около 131 тыс. т., а прогнозные - около 200 тыс. т. Крупнейшие из них расположены в Кировоградском рудном районе. О масштабах их распространения можно судить исходя из геологической карты Кировоградского рудного района (рис. 1).

### **2.3.4. Подземная добыча урановых руд.**

Следует остановиться на особенностях разработки урановых руд на Новокопачевском руднике. Залегание разрабатываемого пласта составляет около 50°. Для отбойки и выпуска руды предусмотрено применять очистные камеры высотой 120-180 м. При таких параметрах камер будут происходить большие потери руды или ее разубоживание. Для этих условий рационально применить технологию предобогащения руды непосредственно в подземных условиях, к тому же опыт сепарирования отвальных пород на ВостГОКе имеется. Не менее важным является изучение проявления горного давления, сдвижения горных пород и земной поверхности, несмотря на применение технологии горных работ с закладкой выработанного пространства.

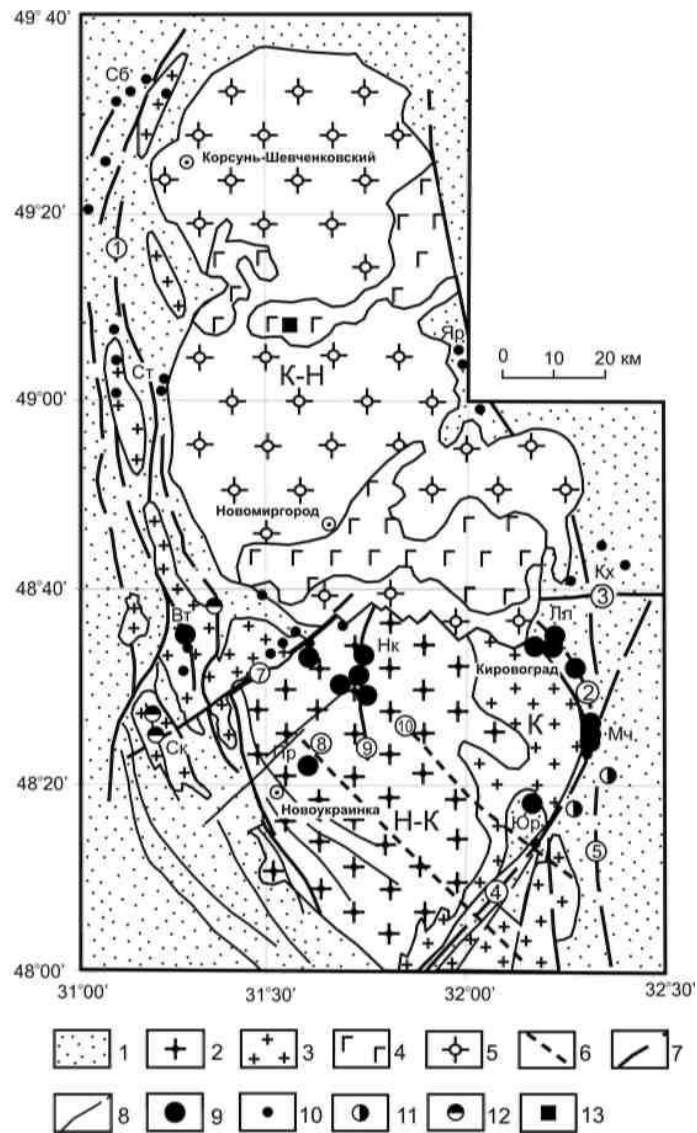


Рис. 1 – Геологическая карта Кировоградского рудного района. Составлена по материалам КП «Кировгеология» (По данным [1,2].)

- 1 – стратифицированная ингуло-ингулецкая серия; 2, 3 – Новоукраїнсько-Кіровоградський (Н-К) гранитоїдний масив: 2 – диорит-монцонітова формація, 3 – граніт-мігматитова формація; 4, 5 – Корсунь-Новомиргородський (К-Н) рапаківі-анортозитовий масив: 4 – габбро-анортозитова формація, 5 – рапаківі-гранітна формація; 6 – дайковий комплекс; 7, 8 – розломи: 7 – головні, 8 – второстепенні; 9 – уранові родовища; 10 – уранові рудопроявлення

### 2.3.5. Добыча урановых руд способом подземного выщелачивания.

Необходимость скорейшего обеспечения потребности АЭС Украины в урановом сырье требует разработки небольших по запасам и капитальным вложениям гидрогенных месторождений песчаникового типа способом подземного выщелачивания (СПВ). Опыт применения этой технологии на Девладовском месторождении (годы отработки 1962 – 1982) свидетельствует о более низкой себестоимости добычи урана и небольших капитальных вложениях.

На этом месторождении применялась сернокислотная, так называемая, «твердая» технология выщелачивания. Образовался ореол загрязнения площа-

дью 1,2 млн.м<sup>2</sup>. Этот ореол, содержащий сульфат-ион и другие загрязняющие вещества, по прогнозам [5] самоочистится к 2130 г. Он перемещается со скоростью примерно 90-100 м/год с практически неизменной концентрацией загрязняющих веществ.

Широкое применение получает слабокислотное и водное выщелачивание урана, которое разработано и применяется в Узбекистане и Казахстане. При этом методе, после извлечения урана из недр, показатели качества подземных вод (общая минерализация, кислотность, содержание микрокомпонентов) находятся в пределах фоновых значений.

### **3. Перспективные направления в горном деле и использования атомной энергетики.**

Одним из направлений в атомной энергетике является создание и использование мини атомных электростанций - мало-модульные реакторы (ММР). Повышение требований к обеспечению безопасности и контроля увеличивает капитальные затраты, что может привести к нерентабельности мощных атомных электростанций. Кроме того, удаленность, например, горных объектов или других предприятий от мощных энергетических центров требуют их автономного обеспечения электроэнергией. Это также обеспечит снижение стоимости электроэнергии. Мощность энергоблоков атомных электростанций постоянно возрастала, достигнув в настоящее время 1000-1600 МВт. Интенсивное увеличение капитальных затрат при реализации крупных энергетических объектов, подорожание энергоносителей и рост тарифов на электроэнергию привели к повышенному спросу на достаточно мощные, но компактные и недорогие атомные электростанции. Атомные электростанции мощностью 1000 МВт и менее называют «мини». Для сравнения следует отметить, что мощность Приднепровской ТЭС составляет 2400 МВт., что соответствует 2,5 атомным электростанциям «мини». Примером такой станции может быть Билибинская АЭС (Россия), состоящая из четырех блоков по 12 МВт (построена в 1974-1976 гг.). Она снабжает теплом и электроэнергией г. Билибино на Чукотке и местные горнодобывающие предприятия.

Горнодобывающая промышленность является одной из наиболее энергоемких отраслей. Причем затраты на электроэнергию и на энергоносители составляют существенную величину в себестоимости продукции. Особенно ощутимо это при добыче железных руд, где для производства конечного продукта осуществляют дробление руды, ее измельчение. Карьеры во многих случаях находятся на значительных удалениях от селитебной зоны. Поэтому рационально для условий горных предприятий создание атомных электростанций с мало-модульными реакторами. Возможно их применение и в сталелитейном производстве.

### **4. Вклад Института геотехнической механики им. Н.С. Полякова в решение проблем горного дела, энергетики и экологии.**

В 1962 г. решением Государственного комитета по науке и технике при СМ СССР был создан Институт геотехнической механики им. Н.С.Полякова Академии наук Украины для решения фундаментальных проблем добычи полезных ископае-

мых на больших глубинах.

Основными направлениями научной деятельности ИГТМ являются: изучение физики и механики горных пород; изыскание и разработка новых эффективных методов разрушения горных пород; управление напряженно-деформированным состоянием пород и массивов; разработка методов управления аэрогазодинамическими процессами; изучение физических основ и научное обоснование создания прогрессивных методов, техники, технологии и технических средств добычи и переработки полезных ископаемых; процессы и технологии энергопреобразований угля и шахтного метана; параметры функционирования и структура энергетических комплексов; энергосбережение и надежность горного производства; решение проблем экологического состояния горнодобывающих регионов.

За почти полувековой период деятельности института внесен существенный научный вклад в развитие вышеназванных направлений [5]. Среди важнейших и наиболее значимых разработок ИГТМ следующие: технология поиска, добычи и утилизации шахтного метана, его естественных и техногенных скоплений на углегазовых месторождениях; нетрадиционные технологии добычи угля на больших глубинах с использованием энергии горного давления; способы предотвращения внезапных выбросов угля, породы и газа; способы отработки выбросоопасных угольных пластов; циклично-поточная и поточная технологии разработки разрушенных взрывом пород комплексами машин циклического и непрерывного действия; новые конструкции крепления, средства и методы виброакустической и ультразвуковой диагностики состояния и свойств горных пород и массива; параметрический ряд динамично активных резиновых резонирующих ленточно-струнных сит для классификации полезных ископаемых и многие другие.

Значительная часть работ института направлена на решение проблем энергетики: разработан концептуальный подход к проблеме реструктуризации угольной отрасли, основанный на диверсификации деятельности угольных шахт в направлении углубленной переработки угля в тепловую и электрическую энергию путем создания теплоэнергетических комплексов; создан ряд программ и проектов развития малой энергетики

В ИГТМ НАНУ выполнен ряд работ, направленных на повышение эффективности работы тепловых электростанций.

1. Разработан реактор и технология сжигания низкорекреационных энергетических углей. Сущность технологии заключается в скоростном нагреве потока аэрозми в специальном аэродинамическом реакторе, где частицы угольной пыли разогреваются до температуры воспламенения. Происходит воспламенение частиц угля без добавления природного газа или мазута [6].

2. Предложена технология складирования отходов ТЭС в отработанных карьерах с одновременным извлечением угля и других полезных компонентов, накапливающихся в результате сегрегации, которая позволяет решить проблему загрязнения окружающей среды.

Рассмотрим ее на примере Приднепровской ТЭС. На территории города Днепропетровска находится Приднепровская ТЭС. В связи с устаревшей технологией возле нее накопилось большое количество отходов, которые не исполь-



зуются и являются источником загрязнения окружающей среды. Образующиеся новые отходы некуда складировать, что препятствует нормальной работе станции.

На расстоянии 5 км от Приднепровской ТЭС расположен Рыбальский карьер, в котором производилась добыча гранита для производства строительной продукции. Работы на данном карьере приостановлены. Он также является одним из объектов нарушения природной среды. Зола уноса Приднепровской ТЭС содержит обломки несгоревшего угля (недожог). Его содержание изменяется от 12,0 до 23,6% и составляет в среднем 17,8%. Общий объем золы уноса в золошлаковом отвале ТЭС составляет более 20 млн.т. При размещении золоотходов Приднепровской ТЭС с использованием гидротранспорта (рис.2) в Рыбальском карьере, в результате сегрегации смеси при складировании, можно получить около 20 млн.т. угля и большое количество магнетита.

Кроме того, это позволит получить свободные площади для складирования отходов и обеспечения нормальной работы станции.

Для реализации научных разработок, их координации среди научно-исследовательских академических, отраслевых, учебных, проектных институтов и предприятий Институт геотехнической механики на протяжении всей своей плодотворной научной деятельности организовывал совместно с другими учреждениями и проводил Всесоюзные семинары, конференции, совещания, симпозиумы. Так, например, в 1969-1970 г.г. были проведены: Всесоюзный семинар по борьбе с выбросами породы, по механике горных пород (май 1969 г.), конференция по проведению, креплению и охране горных выработок (ноябрь 1969 г., г. Тбилиси), по термомеханическому разрушению горных пород (май 1969 г.), по глубоким карьерам (май 1970 г.), по горной механике (июнь 1970 г.), Всесоюзное совещание по борьбе с выбросами угля, газа и пород (май 1970 г., МакНИИ).



Рис.2 – Схема гидротранспорта золоотходов Приднепровская ТЭС - Рыбальский карьер

Одной из основных задач, проводимых конференций, совещаний и симпозиумов, являлось принятие решений о направлении дальнейших исследований и включение их в государственные планы новой техники для реализации. Кроме того,

разрабатывались рекомендации по стратегическим направлениям исследований и развития промышленности, которые направлялись в Совет Министров СССР и УССР. В работе, конференций, симпозиумов обычно принимало большое количество участников. Так, например, 9-14 июня 1969 г. проходил, организованный ИГТМ АН УССР, Всесоюзный симпозиум по реологии горных пород «Научные основы прочности и пластичности». В работе симпозиума приняло участие 250 представителей союзных, республиканских Академий наук и других учреждений из городов: Днепропетровск, Москва, Ленинград, Новосибирск, Киев, Алма-Ата, Ташкент, Фрунзе, Прокопьевск, Ростов-на-Дону, Донецк, Кривой Рог, Караганда, Ивано-Франковск, Кишинев, Воронеж, Кемерово, Пермь, Орджоникидзе, Шахты, Тбилиси, Севастополь, Брянск, Рига.

При становлении Украины как самостоятельного государства и переходе к рыночной экономике наряду с решением проблем добычи полезных ископаемых на больших глубинах возникли и другие. Главная из них – выполнение работ, направленных на повышение энергетического обеспечения государства. В ИГТМ НАН Украины разработана концепция комплексной дегазации и утилизации шахтного газа – метана. Она основывается на организационном разделении во времени и подземном пространстве добыче двух энергоносителей – угля и метана. Создана технология дегазации «Газовый горизонт», которая предусматривает опережающую дегазацию угольных пластов. Это позволило получать дополнительно метан высокого качества.

Проблемы добычи шахтного метана, его утилизации, запасы, способы и методы дегазации рассматриваются на проводимых институтом с 2000 г. международных научно-практических конференциях «Метан вугільних родовищ».

Основным направлением развития потенциала института является привлечение молодых специалистов, для стимулирования деятельности которых с 2003 г. проводятся ежегодные конференции молодых ученых «Геотехнические проблемы разработки месторождений».

С 1993 г. институт издает межведомственный сборник научных трудов «Геотехническая механика», который отображает научные разработки и достижения.

Дальнейшая деятельность Института геотехнической механики им. Н.С. Полякова будет также направлена на решение проблем горного дела, энергетики и экологии.

### **Выводы**

1. Более низкая себестоимость электроэнергии, производимой атомными электростанциями, возможный переход в будущем к широкому использованию мало-модульных реакторов, может привести к нерентабельности тепловых электростанций, несмотря на их реконструкцию (которую к 2017 г. закончить на 44 электростанциях вряд ли удастся). Такое положение может привести к закрытию шахт, добывающих энергетические угли. Это может улучшить экологическое состояние регионов, но приведет к социальным проблемам.

2. Снижение затрат на производство уранового концентрата, повышение его конкурентной способности возможно по двум направлениям: применения тех-

нологии предобогащения добытой руды непосредственно в шахте с размещением отходов в выработанном пространстве и применения автономного электрообеспечения.

3. Одним из направлений, позволяющим повысить эффективность добычи полезных ископаемых, улучшить экологическое состояние природной среды наряду со снижением энергетических затрат в технологических процессах, является использования более дешевой электроэнергии, производимой автономно.

4. Извлечение из недр горючих полезных ископаемых и использовании их на ТЭС для производства электрической энергии, большое количество отходов, которые постоянно увеличиваются, приводят к существенным нарушениям окружающей среды, что требует создания более совершенного энергообеспечения.

---

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Старостенко, В. И. От поверхностных структур к интегральной глубинной модели Кировоградского рудного района (Украинский щит), I / В.И. Старостенко, В. И. Казанский, Н.И. Попов и др. // Геофиз. журн. – 2010. – Т. 32. № 1. – С. 3-33.

2. Казанский, В. И. Глубинное строение и металлогения Кировоградского полиметалльного рудного района (Украинский щит): корреляция геологических и сейсмических данных / В.И. Казанский, О.Ф. Макивчук, Н.И. Попов и др. // Геология рудн. месторожд. – 2012. – Т. 54. № 1. – С. 22-48.

3. Истомин, В.П. Определение режимов подземного выщелачивания при разработке уранового месторождения Тохумбет / В.П. Истомин, С.В. Скрипко // Горный журнал. – 2009. – № 4. – С.62-64.

4. Моніторинг природного середовища після добування урану способом підземного вилугування / В. Шумлянський, М.Макаренко, І Колябіна [та ін.]. – К.:Логос, 2007. – 212 с.

5. Булат, А.Ф. Окремі сторінки історії і сьогодення діяльності інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України /А.Ф. Булат // Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. праць / ІГТМ НАН України. - Дніпропетровськ, 2012-Вип.100.(ювілейний). – С.4-26.

6. Волошин, А.И. Основные достижения в области геотехнологий, систем трубопроводного пневмотранспорта, теплоэнергетики и контроля герметичности полых изделий / А.Ф. Булат // Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. праць / ІГТМ НАН України.-Дніпропетровськ, 2012. – Вип.100.(ювілейний). – С.79-91.

#### REFERENCES

1. Starostenko, V.I., Kazansky, V.I. and Popov, N.I. (2010) "Of surface structures to the integrated model of deep Kirovograd ore district (Ukrainian Shield), I" *Geofizicheskiy zhurnal*, vol. 32, no. 1, pp. 3 – 33.

2. Kazansky, V.I., Makivchuk, O.F. and Popov, N.I. (2012) "Deep structure and metallogeny of the Kirovograd polymetallic ore district (Ukrainian Shield): correlation of geological and seismic data" *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*, vol. 54, no. 1, pp. 22 – 48.

3. Istomin, V.P. and Skripko, S.V. (2009) "Determination of regimes of in-situ leaching in the development of uranium deposit Tohumbet" *Mining Journal*, no. 4, pp. 62 – 64.

4. Shumlyansky, V., Makarenko, M., Kolyabina, I. and others (2007) *Monitoryng pryrodnogo seredovyshecha pislya dobuyannya uranu sposobom pidzemnogo vylugovuvannya* [Monitoring of the environment after mining of uranium with method of underground leaching], Logos, Kiev, Ukraine.

5. Bulat, A.F. (2012) "Several pages about history and current activity of the M.S Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine" *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics], no. 100, pp. 4-26.

6. Voloshin, A.I. (2012) "The main achievements in the field of geo-technologies, systems of pipeline pneumatic transport, Heat and Power Engineering and control of tightness of hollow articles" *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics], no. 100, pp. 79-91.

---

#### Об авторах

**Булат Анатолий Федорович**, Академик Национальной академии наук Украины, доктор техни-

ческих наук, профессор, директор института, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, igtmnanu@yandex.ru.

**Четверик Михаил Сергеевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом Геомеханических основ технологий открытой разработки месторождений, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, chetverik.mihail@inbox.ru.

#### **About the authors**

**Bulat Anatoly Fedorovich**, Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Technical Sciences (D. Sc), Professor, Director of the Institute, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, igtmnanu@yandex.ru.

**Chetverik Mikhail Sergeevich**, Doctor of Technical Sciences (D. Sc), Professor, Head of Department of Geomechanics of Mineral Opencast Mining Technology, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, chetverik.mihail@inbox.ru.

---

**Анотація.** Гірничодобувна промисловість знаходиться в тісному взаємозв'язку з виробниками електричної енергії та екологією. У виробничому процесі між цими величезними комплексами виникають протиріччя, і тільки спільне їх вирішення дозволяє визначити раціональні, екологічно обгрунтовані, економічні напрями розвитку. Розглянуто взаємозв'язок проблем гірничої справи, енергетики та екології. Проведено аналіз виробництва електричної енергії у світі. Наведено проблеми теплової енергетики України: видобуток вугілля здійснюється на все більш глибоких горизонтах шахт, що призводить до збільшення собівартості вугілля, порушення природного середовища: атмосфери, землі, води. Наведено дані про сировинну базу України з видобутку уранової руди. Розглянуто технології видобутку уранових руд підземним способом і підземного вилуговування. Розглянуто основні напрями розвитку атомної енергетики, створення атомних електростанцій з мало-модульними реакторами.

У статті наведено напрямки досліджень ІГТМ НАН України у галузі видобутку корисних копалин на великих глибинах і внесок провідних вчених у вирішення проблем гірничої справи, енергетики та екології. Викладено роботи ІГТМ НАН України в галузі підвищення ефективності роботи ТЕС.

**Ключові слова:** проблеми, гірнича справа, енергетика, екологія, ІГТМ.

**Abstract.** Mining industry is closely connected with electric energy production and environmental protection. Usually, in the course of production process, serious contradictions arise between these huge complexes, and only their joint efforts could determine rational, environmentally sound and cost-effective trends of the industries development. In this paper, interdependency between mining, energetic and ecological problems are described. Power generation in the world is analyzed. Problems of thermal energy production in Ukraine are represented: today, coal is mined at increasingly deeper horizons resulting in increased coal cost and disturbed natural environment: atmosphere, earth and water. Data on Ukrainian resources for uranium ore extraction are viewed including different underground practices for uranium ore extraction and underground leaching. Key trends of nuclear power development and establishment of nuclear power plants with small-modular reactors are analyzed.

The paper also presents research schools of the IGTM, NAS of Ukraine, in the field of mining at great depths and contribution of leading researchers of the IGTM in solving mining, energetic and environmental problems. Works of the IGTM, NASU, in the field of improving of thermal power plants efficiency are set forth.

**Keywords:** problems, mining, energy, environment, IGTM

*Статья поступила в редакцию 30.09.2013  
Рекомендовано к публикации д.т.н. А.П. Круковским*