

пряжением, выше 1000 В; одновременно снижается примерно в 2 раза расход цветных металлов.

При переводе шахтных распределительных сетей с напряжения 380 В на 660 В возможны следующие варианты выбора сечения кабельных линий:

по механической прочности. В этом случае сечение сети не меняется. Следовательно, потери электроэнергии при напряжении 660 В снижаются в 3 раза;

по потере напряжения. В этом случае сечение сети при 660 В снижается в 3 раза, сохраняя на том же уровне потери энергии;

по нагреву. В этом случае сечение сети при напряжении 660В снижается примерно в 2-2,5 раза, а потери энергии уменьшаются соответственно в 1,5-1,2 раза.

Выводы и направление дальнейших исследований. Использование напряжения 660/380 В обеспечивает неоспоримые экономические преимущества по сравнению с напряжением 380/220 В при возможности глобального перевода всех трехфазных нагрузок на напряжение 660 В.

При этом обеспечивается снижение потерь мощности и затрат на пропускную способность сети.

В среднем экономический эффект по зависимой части приведенных затрат составит 73%. Не менее существенны и технические преимущества, даваемые напряжением 660 В.

Они заключаются в обеспечении экономии цветного металла, снижении потерь и режимов напряжения, снижении номинальных потоков нагрузки, возможности укрупнения единиц трансформаторной мощности и мощности токоприемников, а также возможности полного исключения напряжения 6 кВ и замены его напряжением 10 кВ.

Дальнейшие исследования сводятся к совершенствованию тактики оценки эффективности функционирования систем электроснабжения и электропотребления в условиях неопределенности и неполноты информации с целью повышения качества напряжения в шахтных сетях.

Список литературы

1. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий. – М.: Интермет Инжиниринг, 2006. – 672 с., ил.

Рукопись поступила в редакцию 17.02.14

УДК [620.9+622+504.61.004.67]:339. 977

М.С. ЧЕТВЕРИК, д-р техн. наук, проф., ИГТМ им. Н.С. Полякова НАНУ,
О.В. МИШИНА, инженер-экономист, ЧП «Экономика»

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ, ГОРНОМ ДЕЛЕ, ЭКОЛОГИИ И ИХ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

С использованием изменения численности населения Земли выполнен прогноз потребления электрической энергии в мире. Рассмотрено производство электроэнергии тепловыми и атомными электростанциями в Украине. Приведен прогноз производства электрической энергии до 2030г. Изложены перспективные направления в атомной энергетике - создание и использование мини атомных электростанций. Рассмотрена сырьевая база атомной энергетики Украины. Приведены возможные экономические последствия развития технического прогресса в области энергетики.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Переход Украины к рыночной экономике приводит ее, как и все Мировое сообщество, к потрясениям: экономическим кризисам, которые особенно ощутимы на протяжении 2005 -2013 гг. Существует множество рекомендаций по выходу из кризиса. Согласно теории экономического развития общества, подтвержденной историческим опытом, выходу из мирового кризиса предшествует резкий скачок технического прогресса. Он может произойти в какой-либо одной стране или регионе. При этом происходит обновление основных фондов и возникают новые направления в технике и технологии. Происходит переориентация потребностей человечества как в качественном, так и количественных отношениях. Поэтому, для того чтобы выйти из кризиса и быть в лидерах, необходимо определить то главное направление технического прогресса, которое может коренным образом повлиять на экономическую и экологическую ситуацию.

Анализ исследований и публикаций. Проведен анализ производства электроэнергии тепловыми и атомными электростанциями в мире и Украине. Рассмотрены методы прогноза производства электрической энергии до 2030 года. Изучены перспективные направления в атомной энергетике в виде создания и использования мини атомных электростанций. Для этого использованы различные источники (более 100): литература, а также информационные данные интернет - сайтов свободного доступа.

Постановка проблемы. Постоянно увеличивающаяся потребность промышленности и населения в электрической энергии, недостатки существующих комплексов по ее производству, новые направления в энергетическом обеспечении, научные разработки в области создания новых комплексов по производству электрической энергии свидетельствуют о том, что это может быть одним из главных направлений технического прогресса в мире. На основе анализа работы энергетических комплексов Украины, производящих электрическую энергию, необходимо определить основные перспективные направления его развития.

Изложение основного материала и результаты. Основное производство электрической энергии в мире производят тепловыми электростанциями - 66,4 %. 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. На их долю приходится 25 % всех вредных выбросов, поступающих в атмосферу. Кроме того, следует учесть также большое накопление отходов сгорания в виде золошлаковых (ЗШО) отвалов.

Показателем экономического и социального уровня развития страны является производство электрической энергии на душу населения, которое изменяется от 566 до 15000 кВт/ч. Потребность в электрической энергии в перспективе определялась исходя из следующего. Фактором увеличения энергопотребления в мире является повышение энерговооруженности человека, включая как промышленное потребление электроэнергии, так и бытовое. В то же время происходит увеличение народонаселения Земли. Поэтому необходимо определить увеличение населения Земли, а затем выполнить прогноз увеличения энерговооруженности человека. На основании этих данных установить, какое будет потребление электроэнергии в перспективе в мире и на Украине. Численность населения Земли определяли по формуле С.П. Капица [1]: $N = C / \{(T_1 - T)^2 + \tau^2\}$, где $C = 200 \cdot 10^9$, постоянная, с размерностью [человек годы]; время $\tau = T/t$, которое измеряется в условных поколениях $t = 45$ годам. Исходя из предложенной математической модели, прогнозируют увеличение численности населения Земли до 11 млрд к 2150 г. Эти данные близки с расчетами Международного института прикладного системного анализа (IIASA) и ООН (рис. 1).

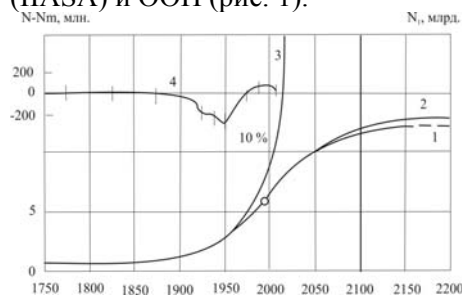


Рис. 1. Рост населения мира с 1750 по 2200 г. 1 - прогноз IIASA, 2 - прогноз по предлагаемой модели; 3 - прогноз по формуле Маккендрика и др. 4 - разница между численностью фактического населения Земли и расчетом по модели, увеличенная в 5 раз. Видны потери населения при Мировых войнах .1913 - 1945 г.г. (по С.П. Капица)

Принимают, что рост системы происходит динамически самоподобно. Развитие само ускоряется, и каждый следующий шаг использует все ранее накопленное человечеством, в первую очередь информацию. К сожалению, предложенная математическая модель С.П. Капицы в своей основе имеет недостатки. Система народонаселения Земли не является самоорганизующейся, автомодельной. Она развивается только в результате разрешения внутренних противоречий, которые в ней возникают в процессе развития. Это то, главное, что приводит к демографическим переходам. Система развивается не само подобно (не фрактально) ни по величине, ни по структуре. Это подтверждается снижением численности населения и изменением его возрастной структуры: часть старшего поколения постоянно увеличивается, что может приводить (и приводит) к острым противоречиям в государствах, входящих в систему. Противоречия, конфликтные ситуации разрешаются иногда не мирным путем - войнами, о чем подтверждает кривая 4 на рис. 1.

Наибольшие противоречия возникают между развитыми и развивающимися странами. Здесь приведены недостатки модели только с точки зрения внутреннего ее состояния. Но немаловажное значение имеет и внешнее влияние на систему, которое, к сожалению, пока не учи-

тывается[2]. Для определения потребления электроэнергии на душу населения по странам мира были приняты страны с большим количеством населения, а также страны с высоким уровнем промышленного производства. Прогноз потребления электроэнергии в мире определяли по формуле

$$\mathcal{E}_n = C / \{(T_1 - T)^2 + \tau^2\} \cdot \{B / (T_1 - T)\}, \quad (1)$$

где $\mathcal{E}_{\text{дн}}$ - потребление электрической энергии на душу населения, кВтч/чел. в год; B - константа, равная, $B = 8400 \cdot 10^3$, с размерностью кВтч/чел. в год; T_1, T - конечный и прогнозируемый годы; $T_1 = 2060$ г.

Как следует из рис. 2, начиная с 2015 г., наблюдается существенное увеличение потребления электроэнергии в Мире.

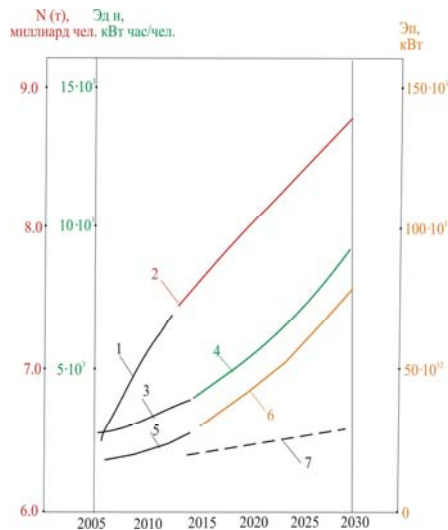


Рис. 2. К определению потребления и производства электрической энергии в Мире: изменение численности населения: 1 - фактическое; 2 - согласно прогнозу С.П. Капица; фактическое потребление электроэнергии на душу населения 3 и прогноз 4; фактическое потребление электрической энергии в мире 5 и прогноз 6; 7 – прогноз потребности в электрической энергии мира, исходя из развития стран регионов (по данным России)

К 2025 г. потребность в электрической энергии мира может увеличиться в 2 раза. Это потребует соответствующего увеличения мощностей по производству электрической энергии. По данным российских исследований, выполненных исходя из развития стран мира, потребность в электроэнергии к 2030 г. увеличится менее существенно [3].

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.

Предусматривается до 2030 г. увеличить производство электрической энергии до 282 млрд кВт-год. Электроэнергия Украины является одним из главных видов экспорта. Экспорт электроэнергии в страны ЕС, Молдову и Беларусь и др. составляет около 10 млрд кВт/ч. Для сравнения отметим, что экспорт железорудной продукции составляет около 35, 1 млн т, на 3,1 млрд долл., т.е. в 5 раз больше. Экспорт сельскохозяйственной продукции составляет свыше 10 млрд.

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 и сельхозпродукцию, рис. 3.

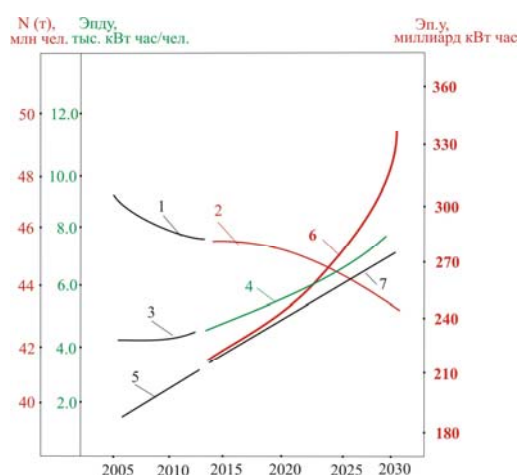


Рис. 3. К определению потребления и производства электрической энергии на Украине в перспективе: изменение численности населения на Украине: 1 – фактическое; 2 – по прогнозу Института демографии и социальных исследований им. Птухи НАНУ; фактическое потребление электроэнергии на душу населения 3 и его прогноз 4; фактическое потребление электрической энергии 5 и прогноз 6; 7 – прогноз потребления электрической энергии по данным Министерства энергетики и угольной промышленности Украины

Производство электрической энергии тепловыми электростанциями в Украине имеет ряд особенностей. Добычу угля производят на все более глубоких горизонтах шахт, что неизбежно приводит к увеличению его себестоимости, 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. 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. Сточные воды ТЭС содержат ванадий, никель, фтор, фенолы и нефтепродукты. От электростанций в водоемы непрерывно поступает поток воды с температурой на 8-12 °С превышающей температуру воды в водоеме. Все украинские ТЭС требуют реконструкции, замены оборудования. В соответствии с соглашениями, Украина к 2017 г. должна привести ТЭС по вредным выбросам к нормам Евросоюза. При подземной добыче угля также происходят существенные нарушения окружающей среды, что нужно учитывать.

На украинских АЭС эксплуатируют 15 энергоблоков суммарной установленной мощностью 13,8 ГВт. Для обеспечения их работы ежегодно необходимо около 2,5 тыс. т урана. Тариф электроэнергии, вырабатываемой АЭС, на 59 % ниже, чем произведенный на тепловых электростанциях. Энергетического угля в Украине добывают около 75 млн т. Чтобы его заменить необходимо 2,5 тыс. т урана. При переходе полностью на АЭС его будет необходимо 5,0 тыс. т.

Важной экологической проблемой ядерной энергетики является загрязнение окружающей среды радиоактивными изотопами, утилизация и захоронение радиоактивных отходов, 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.

При прогнозе производства электроэнергии на Украине учитывали: фактические данные о численности населения, фактическое потребление электроэнергии на душу населения и общее.

Производство электроэнергии на Украине в перспективе определяли по выражению

$$Э_{пу} = N(T) \cdot B_1 / (T_1 - T),$$

где B_1 - постоянная; $B_1 = 235$ с размерностью тыс. кВт·ч/чел.; T_1 - год отсчета; $T_1 = 2060$; N - прогноз изменения численности населения на Украине во времени T по прогнозу Института демографии и социальных исследований им. Птухи НАНУ.

Существующие энергетические мощности недостаточны для возрастающих потребностей в электроэнергии, как в мире, так и на Украине. Тепловые электростанции Украины исчерпали свои возможности, физически изношены и морально устарели, наносят ощутимый вред окружающей природной среде. Их нет смысла реконструировать на старой европейской базе. Атомные электростанции большой мощности требуют больших капитальных вложений и продолжительных сроков строительства. Из этого следует, что необходим переход на новые направления в энергетическом обеспечении стран мира и Украины.

Создание мощных атомных электростанций имеет недостатки: большие капитальные вложения и увеличение стоимости электроэнергии; большие сроки строительства атомных электростанций большой мощности, достигающие 5-10 лет; авария на больших атомных станциях поражает и большое пространство. Это потребовало создания достаточно мощных, но компактных, недорогих атомных электростанций. Развивается направление - создание мини-атомных электростанций - мало-модульные реакторы (АЭС ММР), мощностью около 1000 МВт. Крупные атомные электростанции обладают элементами активной безопасности, требующими для правильного функционирования взаимодействия с человеком. Малые модульные ядерные реакторы обладают элементами пассивной безопасности, основанными на физических законах. Малые модульные ядерные реакторы производят на заводах и транспортируют к месту размещения. Это снижает стоимость и сроки строительства. Их можно применять в следующих направлениях. Замена существующих угольных ТЭС миниатомными модульными электростанциями, состоящими из нескольких блоков. Такую мини атомную электростанцию предусматривает создать американская компания Babco & Wilcox, поставляющая реакторы для военных кораблей. Ее проект **mPower** - это компактный легководный реактор мощностью 125 МВт размером 24 на 6 м и массой (без учета ядерного топлива) 500 т, размещаемый под землей. Его загрузка топливом осуществляется раз в пять лет. Предусматривается строительство электростанции из 4-6 модулей mPower, которая должна заменить закрываемую угольную ТЭС в Ноксвилле, штат Теннесси. Всего в США насчитывается около 100 угольных энергоблоков, которые необходимо будет закрыть в течение ближайшего десятилетия, и мини-АЭС станут для них заменой. Использование мало-модульных реакторов как автономное энергетическое обеспечение отдаленных районов. Так, японская компания Toshiba разработала проект мини-реактора мощностью

10 МВт, получившего название **4S** - Super Safe, Small, Simple (сверхбезопасный, маленький, простой). Это заглубленный в землю на 30 м цилиндр, в который загружается ядерное топливо, состоящее из смеси металлического урана, плутония и циркония. Он может функционировать на протяжении 30 лет на одной "заправке" ядерного топлива. *Использование* мало-модульных реакторов как автономное энергетическое обеспечение предприятий. Для этого направления может использоваться реактор **Hyperion**. Его мощность составляет 70 МВт. Особенность заключается в том, что в нем используют в качестве топлива низко обогащенный уран в форме нитрида, а не традиционного оксида. Теплоносителем выступает свинцово-висмутовый сплав, который применялся в СССР в одной из моделей атомного реактора для подводных лодок. Срок работы реактора Hyperion, который помещается в подземной капсуле, составляет около 10 лет. После чего реактор предполагается вынуть из подземной капсулы и поставить новый.

Для управления им понадобится персонал численностью 25 человек. Строительство мини-реактора может быть завершено в течение нескольких месяцев, а занимаемая им площадь весьма мала. Первый экземпляр предусматривают использовать в Румынии на одном из предприятий чешской компании. Она приобрела шесть реакторов и намерена купить еще 12. Hyperion Power Generation намерена открыть три завода в разных частях света, чтобы до 2023 г. выпустить 4000 таких установок. Разработка реакторов на быстрых нейтронах с замкнутым топливным циклом является одним из перспективных направлений развития ядерной энергетики. Их особенность состоит в том, что они открывают возможность использования изотопов тяжелых элементов, не делящихся в "тепловых реакторах". В частности, может быть использован обедненный уран, остающийся в результате производства обогащенного ядерного топлива. Россия является страной, эксплуатирующей коммерческий реактор на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем БН-600. Выполнен проект и предусматривается создание более совершенного атомного реактора - БН -1200.

Для атомной энергетики основным видом сырья является уран. Украина входит в десятку стран мира по добыче урановых руд (данные 2010 г.). Суммарная добыча урана в мире составляет около 54 тыс. т. На первом месте - Казахстан - 19,5 т. Затем 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 %). Сырьевая база урана в Украине представлена коренными месторождениями различных формаций [4,5] и россыпными. 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 Новокопальском руднике при уровне его производительности 1,5 тыс. т, с наращиванием до 2,5 и затем до 3,5 тыс.т. Следует остановиться на особенностях разработки урановых руд на Новокопальском 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. 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).

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. Опыт применения этой технологии на Девладов-

ском 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 площадью 1,2 млн м². Этот ореол, содержащий сульфат-ион и другие загрязняющие вещества, по прогнозам [6] само очистится 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 [7].

Развитие технического прогресса в области атомной энергетики приведет к определенным экономическим последствиям, которые можно спрогнозировать исходя из рыночной экономики мира. *Замена существующих угольных ТЭС мини атомными модульными электростанциями*, состоящими из нескольких блоков, может привести к следующим ситуациям.

С целью неснижения объемов добычи угля, страны, которые производят их добычу с низкой себестоимостью, будут экспортировать уголь в другие страны, где добыча угля отсутствует или его добывают с высокой себестоимостью.

Так, например, если мировая добыча угля составляет около 6,5 млрд т в год, то в США добывают свыше 1,1 млрд т в год.

При замене 100 угольных энергоблоков мини атомными, как планируется, часть угля, добываемого в США, возможно, будет направлена на экспорт, и, наверное, и в Украину.

Это приведет к нерентабельности угольных шахт Украины и их закрытию.

Произойдет снижение потребности в металле, электроэнергии, объемах транспортных перевозок. Возникнет существенная безработица.

Если в Украине также будут заменять угольные энергоблоки ТЭС на мини-атомные, то это тоже приведет к закрытию шахт со всеми вытекающими выше изложенными последствиями.

Но в этом случае, электростанции Украины будут реконструированы на принципиально новой технической базе.

Такая же участь может постигнуть и другие страны, что приведет к неравновесной экономической системе.

Согласно теории Карла Маркса [8], в процессе нового витка технического прогресса происходит и наибольшая безработица, некоторые страны становятся экономически отсталыми.

Использование «мини» атомных электростанций - мало-модульных реакторов (АЭС ММР) как автономное энергетическое обеспечение отдаленных районов в Украине может использоваться как энергетическое обеспечение в отдельных горных областях, и, возможно, в степной зоне.

Использование мало-модульных реакторов (АЭС ММР) как автономного энергетического обеспечения предприятий может найти широкое применение в горнодобывающей промышленности, электрометаллургии, в отраслях, где происходит большое потребление электроэнергии.

Использование «мини» атомных электростанций как автономного обеспечения предприятий электроэнергией приведет к снижению себестоимости продукции и очередному неравновесному скачку конкуренции.

Переход Украины на применение АЭС с мало модульными реакторами и закрытие ТЭС позволит существенно улучшить экологическое состояние природной среды: атмосферы, земли, воды.

Будут исключены (как этого требует Евросоюз) выбросы в атмосферу загрязняющих веществ в виде сернистых, азотистых и др. соединений, пыли.

Можно будет рекультивировать отвалы на большой площади по разработанной технологии с восстановлением водообменных процессов в техногенной геологической среде [9].

Уменьшится загрязнение водной среды: будет отсутствовать сброс в водоемы вредных веществ и тепловой нагрев воды.

Выводы и направления дальнейших исследований. Более низкая себестоимость электроэнергии, производимая атомными электростанциями, возможный переход в будущем к широкому использованию АЭС с мало-модульными реакторами на ТЭС в ряде стран приведет к

импорту в Україну более дешевого энергетического угля.

Такое положение может привести к закрытию шахт Украины, добывающих энергетические угли. В перспективе возможно переоборудование украинских ТЭС также на АЭС с маломодульными реакторами. Что также приведет к закрытию шахт, добывающих энергетические угли. При обоих случаях это может улучшить экологическое состояние регионов, но приведет к крупным социальным проблемам.

Все же более предпочтительный вариант, если тепловые электростанции Украины будут реконструированы на принципиально новой технической базе.

Снижение затрат на производство уранового концентрата, повышение его конкурентной способности возможно по двум направлениям: применения технологии предобогащения добытой руды непосредственно в шахте с размещением отходов в выработанном пространстве и применения автономного электроснабжения.

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.

Список литературы

1. Капица С.П. Общая теория роста населения Земли. "Наука", М. 1999.
2. Четверик М.С., Перегудов В.В., Романенко А.В., Левицкий А.П., Удод Е.Г., Федин К.А. Циклично-поточная технология на глубоких карьерах. Перспективы развития. Дионис (ФЛ-П Чернявский Д.А.), Кривой Рог: 2012.-356с.
3. Байков Н., Безмельницына, Гринкевич //Перспективы развития мировой энергетики до 2030 г. Мировая экономика и международные отношения, № 5, Май 2007.
4. 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.
5. 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.
6. Моніторинг природного середовища після добування урану способом підземного вилуговування / В. Шумлянський, М.Макаренко, І. Колябіна [та ін.]. – К.:Логос, 2007. – 212 с.
7. 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.
8. К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 23, стр.659.
9. Четверик М.С. Ворон Е.А. Перспективы использования земельных ресурсов горнорудных предприятий Кривбасса для производства биотоплива. Металлургическая и горнорудная промышленность. Днепропетровск, 2012. - № 3. С.71-75

Рукопись поступила в редакцию 17.02.14

УДК 553.93

В.С. БІЛЕЦЬКИЙ, д-р техн. наук, проф., Ю.Г. СВІТЛИЙ, канд. техн. наук, доц.

Донецький національний технічний університет

ГІДРАВЛІЧНИЙ ТРАНСПОРТ СОЛОНОГО ВУГІЛЛЯ

Досліджено процес гідравлічного транспортування солоного вугілля і на основі одержаних експериментальних даних запропонована методика розрахунку критичних швидкостей і питомих втрат напору при його транспортуванні.

Ключові слова: солоне вугілля, гідравлічне транспортування, методика розрахунку.

Постановка проблеми та стан її вивчення. Проблеми переробки солоного і, як правило, малометаморфізованого вугілля, для якого характерним є підвищений до десятків відсотків вміст оксиду натрію (Na₂O) у золі, вивчають в Україні і за кордоном ряд наукових і наукововиробничих організацій [1]. вугілля такого типу розповсюджене у Європі (Німеччина, Чехія, Польща, Велика Британія, Росія, Україна), Америці (США), Азії (Казахстан, Росія), Австралії.

В Україні відомі значні поклади солоного вугілля: Новомосковське (Дніпропетровська об-