

Булат А. Ф. /д. т. н./, Четверик М. С. /д. т. н./

Институт геотехнической механики
им. Н. С. Полякова НАН Украины

Перспективные направления добычи урановых руд

Приведен прогноз потребности в электроэнергии Мира и Украины. Изложены недостатки тепловых и атомных электростанций первого поколения. Показано, что удовлетворить возрастающую потребность Мира в электроэнергетическом обеспечении можно путем использования атомных электростанций малой мощности. Смена энергетических систем приведет к большим изменениям в энергетике, промышленности, экономике; социальном состоянии общества, проявляющимся в безработице. Рассмотрена сырьевая база урана Мира и Украины, а также способы добычи урановых руд. Ил. 6. Табл. 2. Библиогр.: 10 назв.

Ключевые слова: электроэнергия, тепловые и атомные электростанции, уран, выщелачивание, безработица

World and Ukrainian electrical demand forecast is given. Disadvantages of thermal and nuclear energy station of the first generation are stated. It is shown that it is possible to satisfy increasing world want of electro-energy support by means of usage of low capacity nuclear power plants. Change of electrical systems will lead to great changes in energetic, industry, economy; social state showed in unemployment. Uranium raw material resources base of the world and Ukraine as well as production techniques of uranium ore are considered.

Keywords: electric energy, heat and atomic powerplants, uranium, leaching, unemployment

Постановка проблемы

Одной из главных проблем развития мировой экономики является ее электроэнергетическое обеспечение. Исходя из этого, необходимо рассмотреть потребность в электрической энергии, возможность ее обеспечения существующими энергетическими системами, перспективные направления в энергетике. Прогнозируют интенсивное развитие атомной энергетики, что вызовет соответствующее ее обеспечение сырьевыми ресурсами, главным образом, добычей и переработкой урановых руд.

Развитие мировой энергетики

Важнейшим показателем уровня развития страны и Мира в целом является производство электрической энергии, которое взаимосвязано с горным делом и экологией [1]. Интенсивное производство и потребление электроэнергии обусловлено развитием энергоемких отраслей. Производство электроэнергии в Море развивается неравномерно. Так, стремительное развитие промышленности Китайской Народной Республики, рост потребления электроэнергии населением с учетом его увеличения, умелое сочетание государственного планирования и рыночных отношений, государственного и частного капитала позволили КНР стать ведущей страной Мира по производству электроэнергии (рис. 1).

Производство электроэнергии в КНР за пять лет (с 2005 по 2010 г.) достигло уровня США, а затем его существенно превзошло. В других

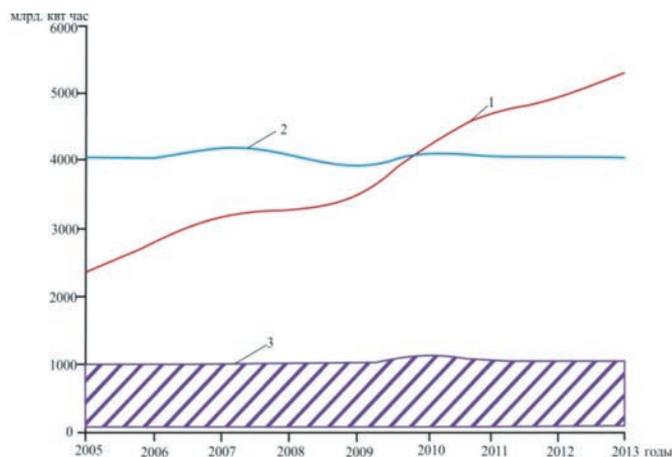


Рис. 1. Производство электроэнергии в мире:
1 – КНР; 2 – США; 3 – Россия, Индия, Япония, Канада, Германия, Франция, Бразилия, Республика Корея, Украина, Казахстан

странах такое развитие энергетики отсутствует. США являются второй энергетической державой Мира. Уровень производства электроэнергии в КНР и США на данный период недостижим для других стран. Чем же обусловлен такой большой успех КНР? Госплан КНР постановил выпускать базовые блоки только с единичной мощностью 600 МВт. Это позволило предприятиям и проектным институтам перейти на производство типовых решений и обеспечить выпуск оборудования без привязки к какой-либо конкретной местности. Тогда строительно-монтажные организации сократили сроки пуска в эксплуатацию новых электро-

станций. Производство типовых блоков позволило предприятиям увеличить выпуск основного энергетического оборудования более чем в 3 раза. В планах развития китайской энергетики на период до 2020 г., большая доля отводится ядерной. К 2020 г. в Китае планируют построить 32 атомные электростанции. Быстрый рост экономики Китая обусловил развитие топливно-энергетического комплекса, а также направленность и интенсивность внешнеэкономических связей в этой сфере, определяемых энергетической стратегией страны.

Прогноз потребности в электроэнергии в Мире и в Украине

На основании прогноза увеличения населения Мира и его уменьшения в Украине, а также роста потребления электроэнергии на душу населения [2] выполнен прогноз потребности в электроэнергии Мира и Украины.

Производство и прогноз электрической энергии в Мире и Украине

Показатель	Мир	Украина
Производство электрической энергии (в 2014 г., приближенно), кВт×час	25×10 ¹²	210×10 ⁹
Прогноз потребности в электрической энергии в 2030 г., кВт×час	75×10 ¹²	330×10 ⁹
Мощность электростанций по производству электрической энергии (факт, приближенно), кВт	7,5×10 ⁹	55×10 ⁶
Необходимая мощность электростанций в 2030 г., кВт	18,7×10 ⁹	82,5×10 ⁶

Энергетическая стратегия Украины на период до 2030 г. предполагает наращивание установленной мощности АЭС страны с нынешних 13,835 ГВт до 29,5 ГВт. До 2030 г. в Украине должно быть введено 20-21 ГВт замещающих и новых атомных мощностей.

Основное энергетическое обеспечение в Мире осуществляют тепловыми электростанциями (рис. 2). Для производства электроэнергии тепловыми электростанциями в Мире требуется более 6,5 млрд т угля. Из них Китай добывает 3 млрд т и около одного млрд т добывают в США.

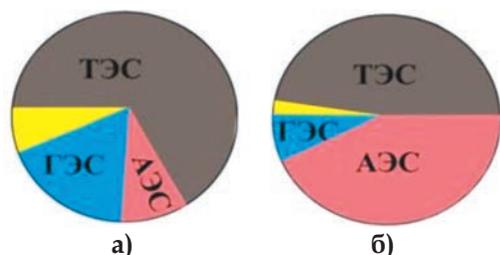


Рис. 2. Производство электрической энергии в мире (а) и Украине (б):

ТЭС – тепловые электростанции; АЭС – атомные электростанции; ГЭС – гидроэлектростанции

Следует отметить, что в КНР стоимость электроэнергии вдвое выше среднемировой, обусловленная большой себестоимостью угля.

Недостатки тепловых электростанций

Главнейшей проблемой Мира является ускоренное изменение климата планеты, обусловленное повышением температуры воздуха у поверхности Земли. Основной вклад в этот процесс вносит энергетический комплекс в виде тепловых электростанций. По оценкам Международного энергетического агентства, выбросы углекислого газа составляют свыше 31 гига-тонны. Выбросы CO₂ в атмосферу обусловлены сжиганием угля на тепловых электростанциях (около 45 %), использованием нефтепродуктов (около 35 %), газа (около 20 %). В течение предыдущего столетия средняя температура у поверхности Земли поднялась на 0,74 °С. Дальнейшее «потепление» может привести к катастрофическим экологическим последствиям. При производстве электроэнергии, добыче угля (доля электроэнергии в себестоимости добычи угля составляет 35-40 %) расходуется значительное количество электроэнергии, металла, происходят существенные транспортные расходы. Нарушения окружающей среды (геологической, водной, атмосферы) настолько велики, что они приняли необратимый характер. Особенно это характерно для Украины, где получил развитие мощный горнодобывающий комплекс. С 60-х гг. темпы эффективного применения ТЭС стали снижаться. Они достигли предела своего совершенства, определяемого законами термодинамики и свойствами материалов, из которых изготавливают котлы и турбины. С начала 70-х гг. прошлого столетия эти технические факторы усугубились в связи с ростом капитальных затрат, увеличением сроков строительства электростанций, повышением требований к защите окружающей среды от вредных выбросов. В результате стоимость производства электроэнергии из угля резко возросла. Поэтому с 2010 г. началось постепенное затухание применения ТЭС. Что касается тепловых электростанций Украины, то их технический уровень не соответствует мировому. Кроме того, добычу угля (с маломощных пластов) производят на глубоких горизонтах шахт, что неизбежно приводит к снижению его качества, повышению себестоимости, а соответственно и себестоимости производимой электроэнергии. Происходят существенные выбросы в атмосферу, водную среду, накапливаются золошлаковые отходы и отвалы шахтных пород [1]. Одной из мер по снижению интенсивного повышения температуры воздуха у поверхности земли признано более широкое использование атомной энергетики и возобновляемых источников энергии.

Недостатки атомных электростанций первого поколения

Создание мощных атомных электростанций имеет недостатки: большие капитальные вложения, продолжительные сроки строительства, которые достигают 5-10 лет. Из-за этого увеличивается себестоимость электроэнергии. Кроме того, авария на крупных атомных электростанциях охватывает и большее пространство загрязнением. Что касается других источников получения электрической энергии, то они могут увеличить баланс в производстве электроэнергии, но в связи с большим ростом в ее потребности не могут быть главными.

Таким образом, потребность Мира и Украины в электроэнергии до 2030 г. не может быть обеспечена путем использования существующих энергетических систем.

Новые направления в атомной энергетике

После аварий на крупных атомных станциях в Чернобыле, Фокусима в Японии и др. в энергетическом обеспечении появилось новое направление: разработка, создание атомных электростанций средней и малой мощности. Атомные электростанции, которые продолжительный период применяли на атомных подводных лодках, кораблях-ледоколах и др., предусматривают применять в широком диапазоне в промышленности, в отдаленных районах, для отдельных энергоемких предприятий. Мощность таких электростанций составляет 10-1000 МВт – атомные электростанции малой мощности (АЭСММ). Переход на новые виды энергетического обеспечения является неизбежным и происходит ускоренными темпами. Проведенный анализ атомных реакторов, их параметров России, других стран (Южная Корея, Китай, США, Япония, Франция и др.) свидетельствует о следующем: в атомной энергетике развиваются два главных направления. Первое – **разработка и создание атомных реакторов на быстрых нейтронах** (вместо реакторов на тепловых нейтронах, которые используют в существующих АЭС). Применение таких АЭС позволяет более эффективно использовать ядерное топливо и уменьшить образование отходов. Второе – **создание и использование атомных электростанций малой мощности (АЭСММ)**. Крупные атомные электростанции обладают элементами активной безопасности, требующими для правильного функционирования взаимодействия с человеком. Малые модульные ядерные реакторы обладают элементами пассивной безопасности, основанные на физических законах. Модульные ядерные реакторы производят на заводах и транспортируют к месту размещения. Это снижает стоимость и сроки строительства. Та-

ким образом, ядерная энергетическая мощность может быть увеличена так же, как в КНР была увеличена общая мощность тепловых электростанций, т. е. путем создания АЭСММ непосредственно на заводах без привязки к местности. Большие успехи в создании АЭСММ достигнуты в России, США, КНР, Японии, Кореи и др. странах. Использование АЭСММ возможно в таких направлениях: *энергетическое обеспечение отдаленных районов; автономное энергетическое обеспечение предприятий; замена существующих угольных ТЭС атомными модульными электростанциями, состоящими из нескольких блоков*. Эти направления обеспечивают существенное уменьшение капитальных затрат (главным образом на строительство) и снижение сроков строительства АЭСММ. Перспективным, на наш взгляд, может быть замена существующих угольных ТЭС атомными электростанциями малой мощности. По данным вице-президента КАЕРИ по перспективным реакторам **доктора Jaejoon Ha** в мире эксплуатируют около 127 тысяч тепловых электростанций, из них 18,5 тысяч требуют замены в связи со сроком их службы более 30 лет и низким техническим уровнем. Тепловые электростанции от 600 МВт до 1000 и более считаются электростанциями большой мощности; средней – от 300 до 600 МВт; малой мощности – менее 250-300 МВт. Структура тепловых электростанций Мира такова: малой мощности – 96,5 %, средней – 3 %; большой мощности – 0,5 %. Замена тепловых электростанций атомными может привести к следующей ситуации. Для поддержания объемов добычи угля, страны, в которых добывают его с низкой себестоимостью, будут экспортировать уголь в другие страны, где добыча угля отсутствует или его добывают с большей себестоимостью. Такое положение может обусловить закрытие шахт, добывающих энергетические угли. В перспективе возможно переоборудование всех ТЭС также на АЭС с мало-модульными реакторами. Что также приведет к закрытию шахт, добывающих энергетические угли. Так, например, в Польше около 80 % электроэнергии производят на угольных ТЭС. Поступление более дешевого угля или замена ТЭС на АЭСММ приведет к закрытию шахт. При закрытии шахт снизится потребность в металле, электроэнергии, железнодорожных перевозках и др. Возникнет существенная безработица (рис. 3).

В то же время переход на применение АЭСММ и закрытие ТЭС позволит существенно улучшить экологическое состояние природной среды: атмосферы, земли, воды (рис. 4). Можно будет рекультивировать отвалы на больших площадях по разработанной технологии с вос-

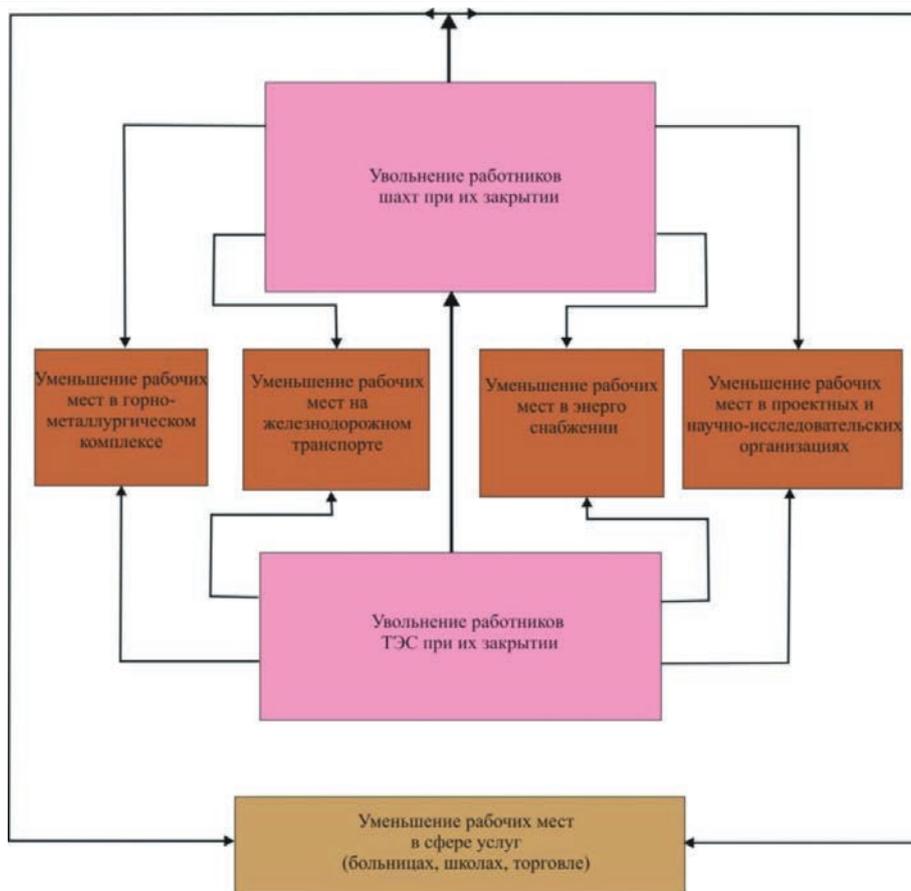


Рис. 3. Возможная вспышка безработицы при закрытии тепловых электростанций и угольных шахт

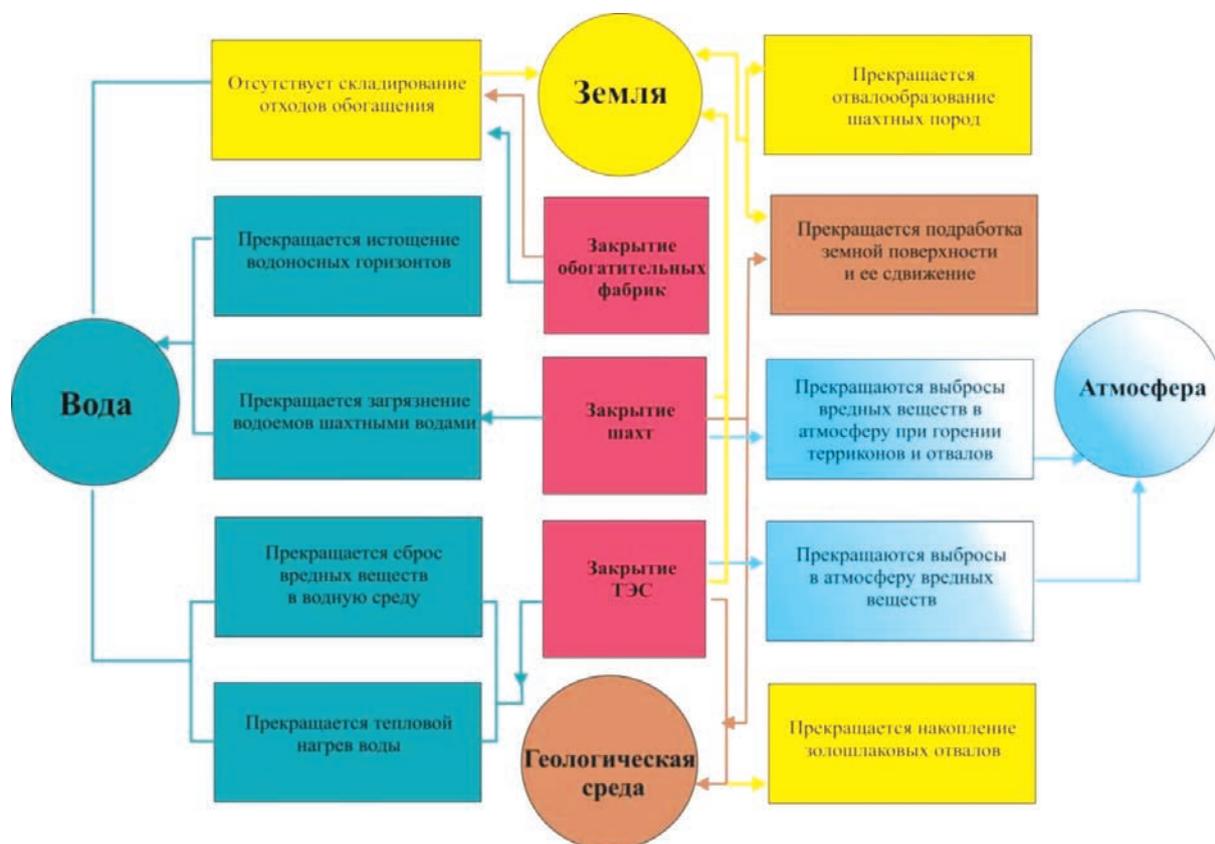


Рис. 4. Улучшение экологического состояния природной среды при закрытии ТЭС и шахт, добывающих энергетические угли

становлением водообменных процессов в техногенной геологической среде [3]. Будут исключены выбросы в атмосферу загрязняющих веществ: сернистых, азотистых соединений, пыли и др. Уменьшится загрязнение водной среды: будет отсутствовать сброс в водоемы вредных веществ и тепловой нагрев воды.

Таким образом, **интенсивное развитие атомной энергетики потребует соответствующего ее обеспечения ядерным топливом – ураном.**

Сырьевая база урана Мира

По данным Всемирной ядерной ассоциации суммарные данные по добыче урана в мире составляют около 54 тыс. т. На первом месте Казахстан – 19,5 т, затем Канада – 11,6; Австралия – 9,5; Россия – 3,4; Намибия – 3,1; Нигер – 3,1; Узбекистан – 2,3; США – 1,06; Украина – 1,05; Китай – 0,9. Наиболее крупный рудник мира по добыче урана – Макартур-Ривер, находится в Канаде и производит около 17 % мировой добычи. Мировые разведанные запасы урана составляют более 6,5 млн т. По странам они распределены следующим образом, в тыс. т: Монголия – 1475, Австралия – 1234, Казахстан – 817, Россия – 548, ЮАР – 435, Канада – 423, США – 342, Бразилия – 278, Намибия – 275, Нигер – 274, Украина – 200. Следует отметить, что качество запасов, с точки зрения эффективной разработки, не равноценно. Так, разведанные запасы урана в Монголии представлены гидрогенными месторождениями. Их разработка производится путем скважинного подземного выщелачивания. Этот способ разработки экономичный и экологически безопасный. Другим важным показателем является содержание урана в руде. Наиболее богатые руды урана в Канаде, где содержание урана в рудах составляет до 12-15 %. Эффективно перерабатывать руды с содержанием оксида урана до 0,05-0,07 %. Применяют комплексную переработку урановых руд с попутным извлечением компонентов: фосфор, ванадий, сера, молибден, железо, медь, золото, редкоземельные элементы.

Сырьевая база урана в Украине

Сырьевая база урана в Украине представлена коренными месторождениями различных формаций и россыпными. Добыча ведется на шахтах Ингульская, Смолинская, Новоконостантиновская. В Николаевской области предусматривается отработка россыпных гидрогенных месторождений методом скважинного подземного выщелачивания, например, Сафоновское месторождение. Годовая добыча на Сафоновском месторождении составит 100-150 т уранового концентрата. Предусматривается обеспечить ураном все действующие энергоблоки АЭС; в период до 2030 г. – увеличить производство урана до

6,4 тыс. т в год. По данным ВостГОКа в Украине распространены, кроме типа несогласия, гидротермальные, жильные месторождения урана. На некоторых месторождениях содержание урана составляет от 0,2-0,7 до 4,0-6,0 %. Всего известно до 75 рудопроявлений. Разведанные запасы урана в Украине составляют около 131 тыс. т, а прогнозные – около 200 тыс. т. Крупнейшие из них расположены в Кировоградском рудном районе. Месторождения урана в Украине открыты в кристаллических породах фундамента, в осадочных породах чехла и Днепровско-Донецкой Низменности (ДДН) [4] (табл. 1).

Добыча урановых руд

Добыча урана в мире способом подземного выщелачивания по данным МАГАТЭ достигла около 45 %, подземным – 25 %, открытым – 25 %, попутной добычей – 5 %. Увеличение разведанных запасов урана, пригодных для скважинного подземного выщелачивания, рост добычи урана этим способом привели к снижению его цены на мировых рынках.

Подземная добыча

Значительную часть добычи урана предусматривается осуществлять на Новоконостантиновском 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 этом 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. Не менее важным является изучение проявления горного давления, сдвижения горных пород и земной поверхности, несмотря на применение технологии горных работ с закладкой выработанного пространства.

Добыча урановых руд способом скважинного подземного выщелачивания

Необходимость скорейшего обеспечения 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 серноокислотная, «твердая» технология выщелачивания. Образовался ореол загрязнения площадью 1,2 млн м². Этот ореол, содержащий

Перспективные месторождения урана Украины

Наименование месторождения	Геолого-промышленный тип оруденения	Количество урана, т	Содержание урана в руде, %
Адамовское	урано-битумный в песчаниках ДДН	1000-2500	0,10-0,20
Берекское	урано-битумный в песчаниках ДДН	500-1000	0,10-0,20
Червонярьське	песчаный у платформенном чехле	500-1000	0,05-0,1
Центральное (в разработке)	метасамотичной урановой формации	50 000-100 000	0,1-0,2
Калиновское	интрузивный калий-урановой формации	5000-10 000	0,05-0,1
Красноскольское	урано-битумный в песчаниках ДДН	500	0,1 -0,2
Лозоватское	интрузивный калий-урановой формации	1000-2500	0,05-0,1
Марковское	песчаниковый в отложениях ДДН	1000-2500	0,05-0,1
Николаевское	песчаниковый в слоистых отложениях ДДН	1000-2500	0,05-0,1
Николо-Козельское	в древних кварцево-гальковых конгломератах	1000-2500	0,03-0,05
Новогурьевское	песчаный в платформенном чехле	1000-2500	менее 0,03
Подгайцевское	метасамотичное урановой формации	10 000-25 000	0,1-0,2
Садовое	песчаный в платформенном чехле	500-1000	0,03-0,05
Сафоновское	песчаный в платформенном чехле	2500-5000	менее 0,03
Севериновское	метасамотичное урановой формации	25 000-50 000	0,05-0,1
Сурское	песчаный в платформенном чехле	1000-2500	менее 0,03
Южное	интрузивный калий-урановой формации	5000-10 000	0,05-0,1

сульфат-ион и другие загрязняющие вещества, по прогнозам [5] сам 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 [6-8].

Кислотное выщелачивание урановых руд на месте их залегания с использованием подземных выработок

Одним из негативных процессов при подземной добыче урановых руд является необходимость сооружения хвостохранилищ для складирования радиоактивных отходов обогащения. Так, например, значительное количество радиоактивных отходов накоплено в балке Щербаконская. Согласно выполненным исследованиям, радионуклиды могут достичь р. Желтая к 2025 г. На Новоконстантиновском руднике предусматривается использование отходов обогащения как закладочный материал. При этом происходят их большие транспортные перемещения. Этого можно избежать при создании и эксплуатации подземного горнообогатительного комплекса, предложенного в ИГТМ АН УССР академиком АН УССР Поляковым Н. С. Это

предложение было развито в работах профессоров Кармазина В. И., Борисенко С. Г. и Четверика М. С. На этом основании институт Механобрчермет выполнил проект создания подземного горнообогатительного комплекса на одном из рудников Кривбасса. При добыче урана способом выщелачивания с использованием подземных выработок необходимо создание высокой проницаемости руд, в том числе и взрывными работами. Такая технология также может быть применена при добыче медных руд [9]. Подземное выщелачивание урановой руды с последующим использованием отходов как закладочного материала может повысить эффективность добычи и переработки урановых руд.

Использование урановых отходов путем их выщелачивания в хвостохранилищах

Важнейшей проблемой является ликвидация радиоактивного загрязнения в результате накопления радиоактивных отходов в хвостохранилищах при обогащении урановых руд. При добыче урана для производства атомного оружия, производства радиоактивного горючего для атомных электростанций накопилось в хвостохранилищах огромное количество радиоактивных отходов. Особенно их много расположено возле г. Днепродзержинска [10]. Они занимают территорию 2,68 млн м². В них накоплено около 42,2 млн тонн радиоактивных отходов (табл. 2). Одним из путей восстановления территории и улучшения состояния окружающей среды яв-

ГОРНОРУДНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

ляется извлечение отходов и их использование с дальнейшим захоронением. Как показывает практика, вторичная переработка урановых отходов может улучшить состояние окружающей среды и быть экономически выгодной.

8 ч из раствора извлекается 84 % урана. Применение сорбционного выщелачивания позволяет дополнительно извлечь из отходов до 15 % урана. Проведенными исследованиями указанных авторов показана принципиальная возмож-

Таблица 2

Параметры хвостохранилищ радиоактивных отходов

№ п/п	Название хвостохранилища	Период эксплуатации	Содержание радиоактивных отходов			Максимальная мощность дозы гамма излучения, мкР/час	Общая активность, Ки
			Масса, млн т	Объем, млн м ³	Площадь, тыс. м ²		
1	«Центральный яр»	с 1949 по 1954 г.	0,22 ТРО	0,1	24	4400	2800
2	«Западное»	с 1951 по 1954 г.	0,77 ТРО	0,35	60	2500	4900
3	«Юго-восточное»	с 1956 по 1980 г.	0,33 ТРО	0,15	18	3000	1800
4	«Днепровское»	с 1954 по 1968 г.	более 12,0 ТРО	5,84	730	1300	17000
5	«Сухачевское», «С» - 1-я секция	с 1986 по 1983 г.	19,0 РАО	8,5	600	1600	18500
6	«Сухачевское», «С» - 2-я секция	с 1983 г. по настоящее время	9,6 РАО	3,7	390	500 (на поверхности)	8000

Возможные пути извлечения урана из радиоактивных отходов хвостохранилищ

Центром радиоэкологического мониторинга (г. Желтые Воды) совместно с ИГТМ НАНУ, Приднепровским научным центром кандидатами технических наук Сорока Ю. Н., Коровин В. Ю. и др. произведена оценка возможности доизвлечения урана из радиоактивных отходов хвостохранилища «Западное». Определен объем запасов, которые составляют 106 т урана. Изучен процесс выщелачивания урана из РАО серной кислотой в присутствии окислителя – азотной кислоты. На рис. 5 представлена кинетика выщелачивания РАО раствором 15 % H₂SO₄ + 1,5 % HNO₃ при температуре 70 °С и соотношении твердой и жидкой фаз 1:1.

При температуре 70 °С в течение 6 ч извлекается 70-80 % урана. Установлено, что в течение

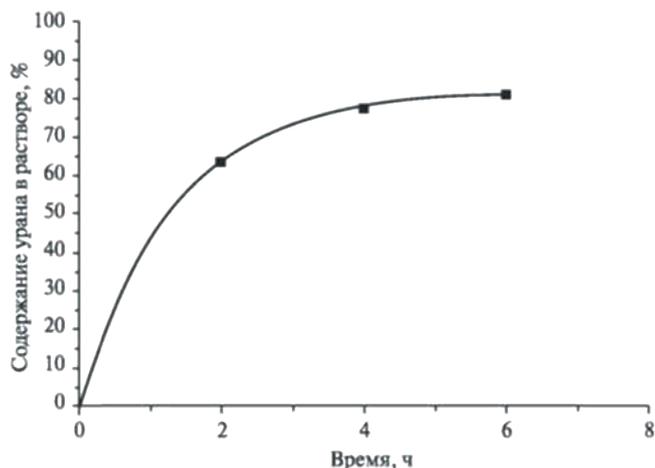


Рис. 5. Кинетика выщелачивания урана (по Сороке Ю. Н., Коровину В. Ю. и др.)

ность переработки отходов хвостохранилища «Западное» сернокислотным методом с применением сорбционного выщелачивания урана из пульпы и использованием анионита АМП.

Особую опасность по возможному загрязнению реки Днепр имеет хвостохранилище «Днепровское» (рис. 6).

Приднепровским научным центром НАН Украины, Днепропетровской областной администрацией и др. (Коровин В. Ю., Шматков Г. и др.) были исследованы условия залегания отходов хвостохранилища «Днепровское». Хранилище создано путем сооружения замкнутого контура ограждающих дамб высотой 6,0-11,8 м (рис. 6). Складирование отходов проводилось гидро-намывным способом. Затем поверхность перекрыта фосфогипсом, отходами коксохимического и металлургического производств.

В его основании лежат аллювиальные отложения. Ниже – кристаллические породы (граниты). Гидрогеологические условия характеризуются наличием техногенного горизонта шламовых вод в чаше хвостохранилища и гидравлически связанного с ним водоносного комплекса. Он распространен в аллювиальных песках и трещиноватой зоне кристаллических пород. Средняя мощность толщи РАО в хвостохранилище «Д» составляет 8,0 м. По физическим свойствам РАО являются водонасыщенными (80-100 % объема пор) супесями текучей консистенции. Характерно слоистое строение с чередованием различных литологических прослоев. По свойствам РАО близки к илам. Состав РАО обусловлен ураном и продуктами его распада. Хвостохранилище «Днепровское» по геологическим

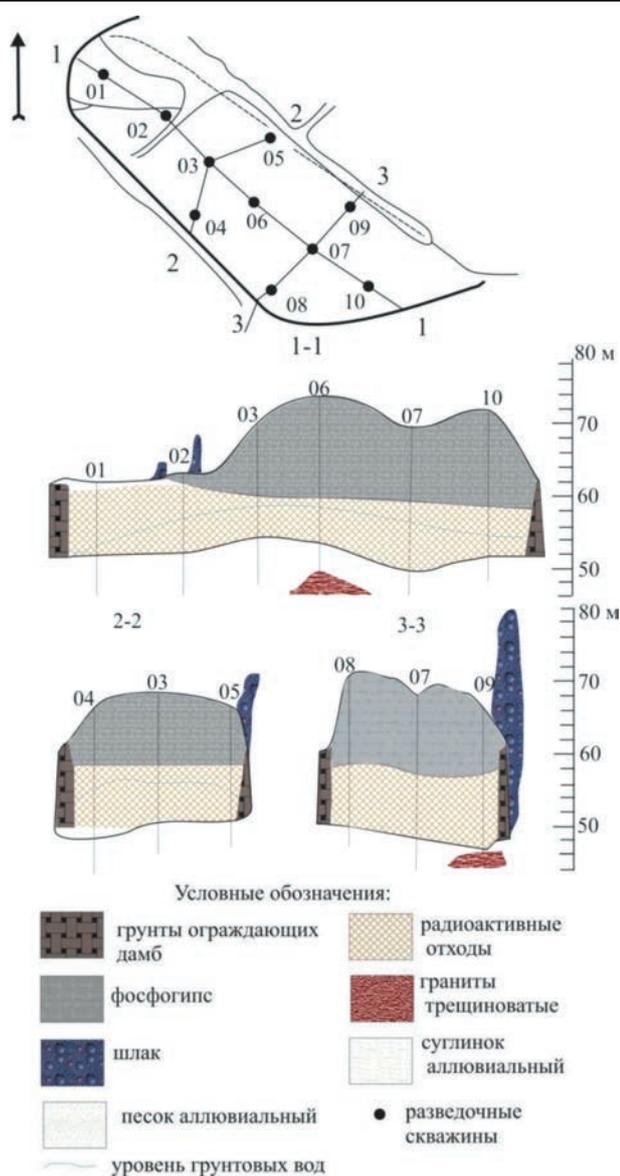


Рис. 6. План и разрезы хвостохранилища «Днепровское» (по Коровину В. Ю., Шматкову Г. Г и др.)

условиям и свойствам РАО обрабатывать путем применения, например, скважинного выщелачивания затруднительно, в связи с низкой проницаемостью илов. Для извлечения радионуклидов может быть использована, разработанная в НИЦ Харьковского физико-технического института, установка и метод сверхкритической флюидной экстракции углекислым газом. Для осуществления этого способа необходима разработка технологии и оборудования, их опытно-промышленная проверка.

Выводы и направления дальнейших исследований

1. Тепловые электростанции, которые занимают доминирующее положение в Мире, совместно с горными разработками по добыче угля, являются одним из основных источников

загрязнения окружающей среды, приводят к повышению температуры у поверхностного слоя Земли. Их применение приводит к загрязнению геологической, водной среды и атмосферы. Тепловые электростанции достигли предела своего технического совершенства и замена их другими видами энергетического обеспечения неизбежна.

2. Основным направлением, которое позволит удовлетворить возрастающую потребность Мира в электроэнергетическом обеспечении, является использование атомных электростанций малой мощности. Смена энергетических систем приведет к большим изменениям в энергетике, промышленности, экономике, социальном состоянии общества.

3. Наиболее экономичным и экологически безопасным способом добычи урана является скважинное подземное выщелачивание. Необходимо разработка технологий добычи урановых руд выщелачиванием в кристаллических породах непосредственно в зонах их распространения.

4. Учитывая низкую проницаемость отходов обогащения, необходима разработка и совершенствование технологий по извлечению радионуклидов из шламохранилищ, как основной метод улучшения состояния окружающей среды и повышения ресурсного потенциала страны.

Библиографический список

1. Булат А. Ф. Проблемы горного дела, энергетики и экологии / А. Ф. Булат, М. С. Четверик // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць / НАН України, Інститут геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова. – Дніпропетровськ, 2013. – Вип. 110. – С. 3-13.
2. Четверик М. С. Розвиток енергетичних систем світу та їх вплив на стабільний стан економіки і суспільства / М. С. Четверик, О. В. Мішина // Розробка родовищ 2014: щорічний науково-технічний збірник / редкол.: В. І. Бондаренко та ін. – Д.: ТОВ «Лізунов Прес», 2014. – С. 519-526.
3. Четверик М. С. Перспективи використання земельних ресурсів горнорудних підприємств Кривбасса для виробництва біотоплива / М. С. Четверик, Е. А. Ворон // Металург. і горноруд. пром-сть. – 2012. – С. 71-75
4. Енергетичні ресурси геологічного середовища (стан та перспективи) / за ред. Г. І. Рудька. – Чернівці: Букрек, 2014. – Т. 2. – 520 с.
5. Моніторинг природного середовища після добування урану способом підземного вилуговування / В. Шумлянський, М. Макаренко, І. Колябіна [та ін.]. – К.: Логос, 2007. – 212 с.

6. Остапенко Н. С. До питанья зниження екологічного навантаження на територію при розробці уранових родовищ / Н. С. Остапенко, О. К. Тяпкін, В. А. Кириченко, Л. В. Бондаренко, С. О. Кравець // Екологія і природокористування. – 2010. – Вип. 13. – С. 118-131.

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. Ценджав Л. Технология разработки урановых месторождений Монголии методом скважинного подземного выщелачивания / О. Е. Хоменко, Л. Ценджав // Зб. наук. праць НГУ. – Д.: РИК НГУ. – 2013. – № 42. – С. 74-80.

9. Четверик М. С. Разработка Удоканского месторождения при открыто-подземных горно-обогачительных работах / М. С. Четверик, В. В. Кармазин // Цветная металлургия. – 1988. – № 11.

10. Шматков Г. Г., Кошик Ю. И., Коровин Ю. Ф., Шекутин Н. С., Рябошапка С. И., Семенец Г. А., Коровин В. Ю., Меркулов В. А. Радиоактивное загрязнение территории в результате переработки урановых руд. // III Всеукр. науч.-метод. конф. «Экология и инженерия. Состояние, последствия, пути создания экологически чистых технологий» Днепродз. 23-26 окт. 2000 р. Сб. техн. докл. ДзГТУ. – С. 191-193.

Поступила 20.04.2015



УДК 622.235.5

Производство

Ищенко К. С. /к. т. н./, Кратковский И. Л. /к. т. н./
ИГТМ НАН Украины

Коновал С. В.

Черкасский государственный
технологический университет

Мазур А. Н., Нашеда В. К.
ПрАО «Укргровзрывпром»

Эффективность взрывной отбойки сложноструктурных горных пород комбинированными зарядами на нерудных карьерах

Приведены результаты промышленных испытаний по обоснованию рациональных параметров буровзрывных работ с использованием новых способов отбойки сложноструктурных горных пород. Предложены методы учета и оценки структуры горного массива для корректировки параметров взрывания, а также новые конструкции комбинированных скважинных зарядов различной формы поперечного сечения. Проведена оценка эффективности предложенных способов взрывной отбойки пород на нерудных карьерах и даны рекомендации по их применению. Ил. 3. Табл. 2. Библиогр.: 8 назв.

Ключевые слова: скважина, взрыв, комбинированный скважинный заряд, поверхность уступа, трещиноватость

Results of industrial tests to substantiate the rational parameters of blasting with new ways of breaking of rocks with complex structure. The methods of accounting and valuation of the rock mass structure to adjust the parameters of explosion, as well as new designs combined hole charges of different cross-sectional shapes. Assessed the effectiveness of the proposed methods for blasting rocks and aggregates quarries recommendations for their use.

Keywords: blast hole, explosion, combined down hole charge, a shoulder surface, fracturing

Проблема повышения интенсивности дробления горных пород с использованием энергии взрыва взрывчатых веществ является весьма актуальной для специалистов, занимающихся вопросами разрушения скальных горных пород. Решение этой проблемы неразрывно связа-

но с увеличением доли энергии взрыва, трансформируемой в разрушаемую часть массива.

Как известно, значительная часть энергии взрыва затрачивается в зоне, непосредственно примыкающей к зарядной полости (обычно 2-3 радиуса заряда), где происходит переиз-