

УДК 339.9:553
ББК 65.5

А.П. СУХОДОЛОВ
доктор экономических наук, профессор, г. Иркутск
e-mail: sibsience@mail.ru

МИРОВЫЕ ЗАПАСЫ УРАНА: ПЕРСПЕКТИВЫ СЫРЬЕВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Представлен краткий анализ мировых запасов урана. Показаны основные страны, обладающие ресурсами урана и добывающие этот вид энергетического сырья.

Ключевые слова: мировые запасы урана, добыча урановой руды, сырьевое обеспечение ядерной энергетики.

A.P. SUKHODOLOV
Doctor of Economics, professor, Irkutsk
e-mail: sibsience@mail.ru

WORLD'S SUPPLY OF URANIUM: PROSPECTS FOR PRIMARY PROVISION OF ATOMIC ENERGY INDUSTRY

A concise analysis of the world's supply of uranium is presented. The main countries that have uranium resources and extract this type of primary energy are shown.

Keywords: world's supply of uranium, extraction of uranic ore, primary provision of atomic energy industry.

Долгосрочные перспективы развития мировой атомной энергетики связаны с наличием экономически эффективных запасов урана. Рассмотрим, каковы эти запасы.

Общие сведения. В ходе масштабных научных и геологических исследований второй половины XX в. установлено, что уран в природе достаточно распространен. По содержанию в кристаллических породах он занимает 48-е место среди других элементов. Его обнаружили даже в морской воде (в концентрации 150 мкг / м³) и в микроскопических количествах — в тканях растений, животных и человека. В земной коре его в тысячу раз больше, чем золота, в 30 раз больше, чем серебра, и почти столько же, сколько свинца и цинка. Он входит в состав примерно 200 различных минералов, а его концентрация в некоторых гранитах может представлять биологическую опасность. В целом же уран сильно рассеян в горных породах, почвах, растворен в микроколичествах в водах морей и океанов. Лишь относительно небольшая его часть сконцен-

трирована в месторождениях, экономически эффективных для промышленной добычи и использования в энергетических целях.

Урановые руды и минералы. Концентрация урана в рудах месторождений — около 0,1–0,5%, а иногда достигает нескольких процентов (например, Саскачеванские месторождения в Канаде). Наибольший интерес представляют руды магматических гидротермальных жил и пегматитов и ряд других с высоким содержанием таких минералов, как уранинит (урановая смолка), карнотит и др. В целом же из всего многообразия (около 200) урановых и урансодержащих руд и минералов только около десяти представляют промышленный интерес. Среди них окислы урана (уранинит и его разновидности), силикаты (коффинит), титанаты (браннерит) и др.

Мировые запасы урана. Месторождения урана открыты более чем в 40 странах мира. Суммарные запасы урана в них оцениваются в 30–40 млн т. При этом экономически эффективные запасы с себестоимостью добычи

уранового концентрата до 80 дол. за 1 кг составляют примерно 3,8 млн т, 130 дол. за 1 кг — около 5 млн т. В настоящее время именно эти наиболее экономически эффективные запасы существующих месторождений являются основным источником добываемого в мире природного урана.

Дополнительная геологоразведка, а также перевод части известных, но экономически нерентабельных запасов в категорию рентабельных в связи с ростом цен на уран увеличивают объем экономически эффективных запасов. (Например, переучет известных мировых запасов урана и включение в категорию рентабельных урановой руды с себестоимостью добычи уранового концентрата 220 дол. за 1 кг увеличивают их объем до 13 млн т.)

Однако, несмотря на возможность прироста запасов, уран является исчерпаемым ресурсом, подобно любому виду ископаемого топлива. Если использовать его только в одном топливном цикле («сжигая» лишь один раз в обычных тепловых реакторах и отправляя ОЯТ в отвал), то известных запасов хватит для работы существующих в мире АЭС примерно на 50–80 лет. Но этот горизонт можно продлить как минимум на порядок, если при производстве электроэнергии перейти на «быстрые реакторы», обладающие гораздо большей эффективностью.

Распределение мировых запасов урана.

Самыми крупными запасами располагают Австралия (27% мировых запасов), Казахстан (17%), Канада (15%), ЮАР (11%), Намибия (8%), Бразилия (7%), Россия (5%), США (4%), Узбекистан (4%).

На территории, которую раньше занимал СССР, сосредоточено более 30% мировых промышленно значимых запасов природного урана (примерно 1,3 млн т с себестоимостью добычи уранового сырья до 130 дол. за 1 кг).

Основные потребители урана (Франция, Япония, Великобритания, Южная Корея, Тайвань) не располагают разведанными эффективными запасами урана и импортируют его. Так, значительная часть урана, используемого во французских реакторах, а ранее применявшегося для создания ядерного оружия, добывалась в Нигере и Габоне (основные рудники в этих странах управлялись фран-

цузской компанией «Кожема»). Британская компания «Рио Тинто Цинк» добывала уран в Намибии. Значительное количество добытого там урана направлялось на осуществление британской программы по созданию ядерного оружия и в гражданскую атомную энергетику Японии.

Мировая потребность в урановом сырье.

Суммарная мощность всех работающих в мире АЭС оценивается в 400 ГВт, а их ежегодная потребность в уране — в 60–70 тыс. т. При этом современная мировая добыча урана составляет около 40 тыс. т в год.

Таким образом, потребность мировой ядерной энергетики в уране в настоящее время лишь на 60% удовлетворяется природным сырьем. Остальное поступает из складских запасов и используется после переработки высокообогащенного оружейного урана в низкообогащенное топливо для ядерных реакторов АЭС. Используется также такой источник, как дообогащение ОЯТ.

Возникает вопрос, достаточно ли складских запасов для удовлетворения перспективных потребностей развивающейся ядерной энергетики. Если уран по-прежнему будут «сжигать» только в тепловых реакторах и только в однократном топливном цикле, этих запасов хватит еще на несколько десятилетий. По данным же Всемирной ядерной ассоциации, запасы коммерческих складов могут быть израсходованы к 2020 г.

При этом необходимо учесть, что к 2025 г. в мире ожидается рост количества АЭС и увеличение их суммарной мощности до 450–530 ГВт. Производство на них электроэнергии также должно вырасти на 22–44%, что неизбежно увеличит ежегодную потребность в уране до 80–100 тыс. т и обострит проблему сырьевого обеспечения. Сегодня практически все промышленно развитые страны вынуждены «проедать» складированные ранее запасы делящихся материалов.

И хотя вторичные источники урана будут по-прежнему необходимы для удовлетворения спроса на него, их значение будет уменьшаться по мере истощения складских запасов. Потребности АЭС придется все больше удовлетворять за счет увеличения добычи, что неизбежно повысит цену на природный уран. Уже сейчас развитие мировой атомной энергетики на фоне не-

достатка уранового сырья в большинстве потребляющих уран стран привело к росту цены на данный ресурс (за период с 2003 по 2008 г. она выросла с 26 до 100 дол. за 1 кг).

Меняющаяся конъюнктура цен открывает возможность для увеличения объемов добычи урановой руды на прежде нерентабельных месторождениях, делает эффективными инвестиции в поисково-разведочные работы. В мире начался рост суммарных расходов на геологоразведку и добычу урана. За указанный пятилетний период инвестиции в эту сферу увеличились в 1,5 раза и оцениваются сейчас в 150 млрд дол.

Быстрый рост цен на урановое сырье делает также рентабельным использование вторичных источников, таких как ОЯТ, стимулирует переход к качественно новым промышленным реакторам на быстрых нейтронах, более эффективно использующим природный уран и некоторые его искусственные изотопы. Рассматривается возможность промышленного использования ядерного топливного цикла на основе тория.

Мировая потребность в уране с учетом дополнительных источников. В качестве дополнительных источников сейчас используются складские запасы высокообогащенного оружейного урана (путем его переработки в низкообогащенный уран по договору ВОУ–НОУ), а также топливо, получаемое при повторной переработке «хвостов» изотопного обогащения. Однако, по оценке МАГАТЭ, к середине 2020-х гг. доля этих источников снизится с 40 до 10 и даже до 5%, что связано с исчерпанием складских запасов. Начиная с 2020-х гг. мировой атомной энергетике будет требоваться все больше природного урана, доля которого вырастет до 90–95%. С учетом прогнозируемого роста мощностей АЭС годовая добыча природного урана в мире в 2030–2050-х гг. должна достигнуть 70–80 тыс. т.

Добыча урановой руды. Как и другие полезные ископаемые, урановая руда извлекается из недр несколькими основными способами: подземным, открытым, выщелачиванием, попутной добычей (табл.). Выбор способа определяется совокупностью геологических, технологических и экономических факторов (глубиной залегания, типом урановой минерализации и т.д.).

Мировая добыча урановой руды различными способами в 2005 г.

Способ	Доля в общей добыче, %
Подземный (шахты)	38
Открытый (карьеры)	30
Подземное выщелачивание	21
Попутная добыча	11

Подземный способ добычи применяется при отработке эндогенных, жильных и штокерковых месторождений, а также пластовых месторождений в плохо проницаемых глинистых и угленосных породах.

Открытый способ предусматривает добычу руды путем разработки открытого карьера.

Подземное выщелачивание (скважинное, кучное) — наиболее прогрессивный и экологичный способ добычи урана. Предполагает «вымывание» урансодержащих минералов путем закачивания в подземные горизонты кислотных или щелочных растворов (тип раствора зависит от вида минерализации). Данный способ, исключая выемку руды, начинает широко применяться в мировой практике. Он эффективен при отработке пластовых экзогенных месторождений (при условии высокой естественной проницаемости рудовмещающей среды). Выщелачивание одного полигона происходит за два-три года. На поверхность для дальнейшей переработки подается только раствор.

Попутная добыча предусматривает получение урана как сопутствующего продукта при разработке медных, золоторудных, фосфатных и других месторождений, где имеется соответствующая минерализация.

Мировой объем добычи урана в 2005 г. оценивался в 41 тыс. т (в начале 2000-х гг. — 35 тыс. т). Основной объем добычи (около 75%) обеспечивают всего несколько стран: Канада (11,4 тыс. т), Австралия (9,1), Казахстан (4,0), Россия (3,6), США (1,2), Украина (0,9), Китай (0,9).

При этом всего две страны (Канада и Австралия) обеспечивают половину мировой добычи.

Сырьевое обеспечение России. Работы по геологоразведке урана были начаты в СССР в апреле 1944 г. специальным постановлением Государственного комитета обороны. (Они были налажены не на пустом месте:

разведка урана осуществлялась еще до революции, хотя о возможности боевого и энергетического применения урана в то время никто не подозревал.) В октябре 1945 г. в рамках «уранового проекта» в системе комитета по делам геологии было организовано специализированное подразделение для руководства поисками и разведкой месторождений радиоактивных руд. Была создана система территориальных экспедиций по поиску урана с главными базами в Новосибирске, Красноярске, Киеве, Иркутске, Свердловске, Алма-Ате, Ленинабаде, Фрунзе, Ессентуках. С тех пор объемы работ по геологоразведке и добыче этого стратегически важного сырья постоянно росли. Все больше урана требовалось не только для военных, но и для энергетических целей (в качестве топлива для строящихся АЭС). Но его постоянно не хватало. Поэтому в первую очередь уран направлялся на удовлетворение нужд оборонного комплекса. Дефицит удалось преодолеть только в 1960-е гг. за счет роста его добычи в СССР, а также поступлений уранового концентрата из соцстран — ГДР, Чехословакии, Венгрии, Румынии, Болгарии, Северной Кореи.

В течение последующих десятилетий масштабная геологоразведка многократно увеличила отечественную урановую минерально-сырьевую базу. Была разработана революционная методика глубинных поисков урановых залежей, открыт целый ряд крупных урановых месторождений в Средней Азии, Казахстане, на Украине, в Восточной Сибири. Уже к 1970 г. оборонные и энергетические потребности страны полностью обеспечивались собственным сырьем. А к середине 1980-х гг. в СССР была сформирована лучшая в мире сырьевая база урана.

Если во второй половине 1940-х гг. было разведано всего пять месторождений с запасами урана в 200 т, то к 1990 г. количество

разведанных месторождений увеличилось до 200 с запасами урана около 2 200 тыс. т (в том числе экономически эффективных — 1,3 млн т). Это треть известных мировых запасов урана! Таких выдающихся результатов удалось достичь благодаря беспрецедентной концентрации финансовых, материально-технических и человеческих ресурсов на решении важнейшей государственной задачи.

В бывшем СССР основной объем добычи урана приходился на союзные республики (Казахстан, Киргизию, Таджикистан, Узбекистан, Украину). Проблема сырьевого обеспечения отрасли обострилась с распадом СССР, когда более 80% запасов урана, в том числе сосредоточенных в крупнейших месторождениях, пригодных для отработки высокорентабельным способом скважинного подземного выщелачивания, оказались за рубежом.

У России остался только детально разведанный к тому времени и действующий Стрельцовский урановорудный район (Забайкальский край), а также залежи урана на Урале и в Бурятии. Начиная с 1990 г. геологоразведка урана была свернута, за это время не было открыто ни одного крупного месторождения.

Развитие ядерно-энергетического комплекса в России требует возобновления масштабных работ по геологоразведке и освоению новых месторождений, прежде всего в Зауральском, Витимском, Эльконском, Восточно-Забайкальском, Карело-Кольском и Восточно-Сибирском регионах, где еще в советское время были выявлены запасы комплексных урановых руд. Наиболее перспективным представляется Эльконский урановорудный район в Южной Якутии. Кроме того, планируются совершенствование технологий добычи, совместная отработка зарубежных месторождений и закупка урана в странах СНГ.