

УРАН: ЗАПАСЫ, ДОБЫЧА, ПЕРСПЕКТИВЫ, ПРОБЛЕМЫ

Д.В. Сондор, магистрант
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
г. Томск, Россия
dvsondor@gmail.com

Современная цивилизация немыслима без электрической энергии. Выработка и использование электричества увеличивается с каждым годом, но перед человечеством уже маячит призрак грядущего энергетического голода из-за истощения месторождений горючих ископаемых.

Энергия, выделяющаяся в ядерных реакциях, в миллионы раз выше, чем та, которую дают обычные химические реакции (например, реакция горения), так что теплотворная способность ядерного топлива оказывается неизмеримо большей, чем обычного топлива. Использовать ядерное топливо для выработки электроэнергии – чрезвычайно заманчивая идея.

Долгосрочные перспективы развития мировой атомной энергетики связаны с наличием экономически эффективных запасов урана и совершенствованием ядерно-топливного цикла.

Элемент № 92 занимает в современной жизни особое место. Главный элемент атомной энергетики и сырье для получения другого главного энергетического элемента – плутония, он причастен ко многим большим открытиям XX в. Уран оказал серьезное влияние и на многие аспекты нашего бытия, далекие от науки, в частности на международную политику.

Первая важная дата в истории урана – 1789 г., когда Мартин Генрих Клапрот восстановил извлеченную из саксонской смоляной руды золотисто-желтую «землю» до черного металлоподобного вещества и назвал его ураном. Лишь спустя пол века в 1841 г. француз Эжену Пелиго удалось получить настоящий уран – тяжелый металл серо-стального цвета. [1]

Важный шаг в изучении урана-элемента сделал в 1874 г. Д.И. Менделеев. Опираясь на разработанную им периодическую систему, он поместил уран в самой дальней клетке своей таблицы. Прежде атомный вес урана считали равным 120. Великий химик удвоил это значение. Через 12 лет предвидение Менделеева было подтверждено опытами немецкого химика Циммермана.

Систематические исследования урана начались с 1896 г., после открытия радиоактивности Анри Беккерелем.

Вскоре Беккерель, а затем и другие физики установили, что интенсивность излучения пропорциональна числу атомов урана, содержащихся в препарате, и не зависит от того, в какое химическое соединение они входят.

В 1899 г. Резерфорд обнаружил, что излучение урановых препаратов неоднородно, что есть два вида излучения – альфа- и бета-лучи. Они несут различный электрический заряд; далеко не одинаковы их пробег в веществе и ионизирующая способность. Чуть позже, в мае 1900 г., Поль Вийар открыл третий вид излучения – гамма-лучи.

В 1934 г. Энрико Ферми начал систематически бомбардировать химические элементы нейтронами. В результате этой операции в уране появлялись неизвестные прежде радиоактивные вещества.

16 января 1939 г. в английском журнале «Nature» появилось письмо Лизе Майтнер и Отто Фриша. В нем говорилось о распаде ядра на две части, впервые были начертаны слова «деление ядер», оценивалась энергия, освобождающаяся в процессе развала атомного ядра. [3]

Одним из первых к практической оценке энергии распада приступил Фредерик Жолио. В результате экспериментов француз установил, что при делении одного атома урана высвобождалось примерно 200 млн эВ – столько же энергии освобождается при окислении нескольких миллионов атомов углерода.

Тысячи ученых занялись исследованиями урана, но поток информации об уране разом иссяк: все было засекречено.

«Заключительным аккордом» стало открытие спонтанного деления ядер урана (К.А. Петржак и Г.Н. Флеров, 1939–1940 гг., Ленинград). [2]

Великие открытия 30-х годов легли в основу современной ядерной физики и атомной энергетики. Они позволили глубже понять строение атома. В нейтронных потоках урановых реакторов в наши дни тоннами накапливаются элементы, в десятки раз более ценные, чем золото. В каком-то смысле уран сыграл роль философского камня, о котором грезил поколения алхимиков.

Вместе с тем поток больших открытий, связанных с ураном, практически иссяк. В наши дни исследование урана носят скорее прикладной, чем фундаментальный характер. Оцениваются они не золотыми нобелевскими медалями, а другой, можно сказать, стратегической мерой, где в знаменателе стоят затраченные миллиарды, а в числителе – энергетическая мощь современного мира.

Общее содержание разведанных и предварительно оцененных выявленных запасов урана, согласно данным на 1 января 2011 г., сократилось на 1,4 % в стоимостной категории менее 130 долл./кг урана по сравнению с данными на 1 января 2009 г.. В самой высокой стоимостной категории (менее 260 долл./кг урана) с 2009 г., общее содержание выявленных запасов повысилось на 12,5 % по сравнению с общим объемом по состоянию на 2009 год. [4]

Таблица 1. Распределение разведанных запасов урана по странам [6]

Страна	Доля в мировых запасах, %
Австралия	37
Казахстан	18
Канада	16
ЮАР	7
Намибия	6
Узбекистан	6
США	4
Россия	3
Бразилия	2
Нигерия	1

Некоторая доля общего роста запасов в высокой стоимостной категории связана с открытием новых месторождений, основная же часть является результатом переоценки ранее выявленных запасов и данных осторожной оценки стоимости запасов, заявленных разведочными компаниями. При существующих на 2010 год темпах потребления выявленных запасов будет достаточно для обеспечения мирового парка АЭС ураном в течение более чем 100 лет.

Общие неразведанные запасы по данным на 1 января 2011 г. составляют 10 429 100 тонн. [5]

Наблюдающееся с 2003 г. повышение цен на уран по сравнению с предшествующими двумя десятилетиями стимулировало расширение поисково-разведочных работ в регионах с хорошим потенциалом. Ожидается, что расходы на геологоразведочные работы и подготовку рудников к эксплуатации на территории стран-производителей урана несколько уменьшатся и составят около 1,8 млрд долл. США. [6]

Добыча урана в мире составила 54670 тонн в 2010 г., что соответствует увеличению на 6 % по сравнению с 2009 г., и увеличению на 25% по сравнению со скорректированными цифрами общего объема произведенного урана на 2008 г. Глобальное увеличение производства в 2008 – 2010 гг. было обусловлено в основном значительно возросшим объемом производства в Казахстане (109 %). Менее значительные показатели роста были зарегистрированы в Канаде, Китае, Индии, Намибии, Нигере, США и Узбекистане. Добыча урана методом подземного выщелачивания составила в 2010 г. 39 % от общего объема мирового производства, быстро заняв место основного горнодобывающего процесса, главным образом благодаря значительному расширению использования этой технологии в Казахстане. Остальные доли приходятся на разработку месторождений подземным (32 %) и открытым (23 %) способами, а также на извлечение урана в качестве сопутствующего и побочного продукта при добыче

меди и золота (6 %). Как ожидается, общемировое производство урана продолжит увеличиваться и достигнет более 57000 тонн, с продолжающимся, но менее быстрым увеличением добычи в Казахстане и ожидаемым ростом в Австралии и Узбекистане.

Таблица 2. Добыча урана в 7 ведущих странах в 2009 г. [6]

Страна	Добыча, тонн
Казахстан	14 020
Канада	10 173
Австралия	7982
Намибия	4626
Россия	3564
Нигер	3234
Узбекистан	2429

По состоянию на конец 2010 г. в мире эксплуатировалось 440 промышленных ядерных реакторов с суммарной установленной мощностью 375 ГВт, и с потребностями в уране около 63 875 тонн. К 2035 г. общая мировая генерируемая мощность АЭС возрастет, в соответствии с прогнозом, с сегодняшнего уровня до приблизительно 540 ГВт в сценарии низкого спроса, и до 746 ГВт в сценарий высокого спроса, то есть соответственно на 44 % и 99 %. Следовательно, прогнозируемая мировая потребность в уране для промышленных реакторов вырастет к 2035 г. до 130 тыс. тонн в год. [5]

В данных прогнозах присутствует некоторая неопределенность, связанная с идущими в настоящее время дебатами относительно роли, которую будет играть ядерная энергетика в удовлетворении будущих потребностей в энергии. Однако опасения, связанные с долгосрочной надежностью обеспечения бесперебойных поставок ископаемого топлива, а также степени, в которой ядерная энергия видится полезной для достижения целевых показателей выбросов парниковых газов, могли бы стимулировать еще более существенный прогноз роста спроса на уран.

В 2010 г. мировое производство урана удовлетворяло около 85% мировых потребностей в уране для ядерных реакторов (63 875 тонн), причем остальной объем поставок происходил от уже добытого урана. [4]

Увеличение добычи и подготовка новых урановых рудников к эксплуатации стало реакцией на сигналы рынка о возросших ценах на уран и растущего спроса на него вплоть до аварии на Фукусима-1. Спад рыночных цен после этой аварии и затяжная неопределенность относительно развития ядерной энергетике в отдельных странах замедлили темпы подготовки рудников к эксплуатации. Тем не менее, как прогнозируется в настоящее время, первичные производственные мощности по производству урана могли бы удовлетворить прогнозируемый спрос для сценария с высоким спросом вплоть до 2030 г., а для сценария с низким спросом – вплоть до 2035 г. Тем не менее, для доведения этих запасов на рынок и выявления дополнительных запасов потребуются значительные инвестиции и техническая экспертиза. Для финансирования этой деятельности, особенно в свете растущих затрат на производство, необходимым условием будет достаточно высокий уровень рыночных цен на уран. По-прежнему будут необходимы вторичные источники, дополненные, насколько это возможно, экономией урана, достигаемой за счет снижения верхнего предела содержания урана-235 в хвостах обогащения, а также усовершенствования технологии топливного цикла. [4]

Тем не менее, поскольку в ближайшие годы вторичные поставки урана сократятся, спрос на уран для реакторов должен будет все более и более удовлетворяться его добычей.

Введение альтернативных топливных циклов, если они будут успешно разработаны и внедрены, существенно повлияет на равновесие рынка, однако сейчас еще слишком рано судить, насколько эти предлагаемые топливные циклы смогут быть рентабельными и широко распространенными. Для своевременного расширения производственных мощностей будет необходим устойчивый рынок урана. Для выявления новых запасов и доведения их до производственного уровня необходимы длительные сроки – как правило, порядка десяти лет или более. Рынок должен будет обеспечить достаточные стимулы для ведения поисково-разведочных работ и подготовки рудников к эксплуатации, чтобы продолжать удовлетворять глобальный спрос на ядерное топливо.

Список литературы:

1. Алхимик [Электронный ресурс] <http://alhimik.ru/read/atom>.
2. Наука 2.0 [Электронный ресурс] <http://2.russia.tv>.
3. Популярная библиотека химических элементов [Электронный ресурс] <http://n-t.ru/ri/ps/pb092.htm>.
4. Уран 2011: запасы, добыча и спрос. Совместный отчет агентства по ядерной энергии ОЭСР и Международного агентства по атомной энергии.
5. Суходолов А.П. Мировые запасы урана: перспективы сырьевого обеспечения атомной энергетики. Известия ИГЭА, 2010, №4.
6. Ушаков В.Я. Современные проблемы электроэнергетики. Учебное пособие, Томск, ТПУ, 2013.