

УДК 504:621.039.516.4(521.16):621.311(477)

*Г.Г. Шматков*

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ  
ЯДЕРНО-ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА,  
УРОКИ «ФУКУСИМЫ» ИЛИ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЛОВУШКА  
ДЛЯ УКРАИНЫ**

*Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры,  
Днепропетровск, Украина*

**У статті показані тенденції розвитку атомної енергетики у світі. Описані основні екологічні аспекти ядерно-паливного циклу.**

**В статье показаны тенденции развития атомной энергетики в мире. Описаны основные экологические аспекты ядерно-топливного цикла.**

Мировая атомная энергетика начала развиваться в 50-х годах прошлого столетия. В настоящее время в мире эксплуатируется 442 атомных реактора на 192 атомных электростанциях. Общая мощность станций около 374 993 МВт, что составляет около 16% вырабатываемой в мире электроэнергии.

Наиболее развита ядерная энергетика в США (103 ЯР), Франции (59), Японии (54), России (31) и Великобритании (23). На их долю приходится более 60% «ядерной» электроэнергии.

В первую пятерку государств, которые минимум половину своих потребностей в электроэнергии удовлетворяют за счет АЭС, ныне входят Литва (80 процентов), Франция (76), Словакия (57), Бельгия (55) и Швеция (51). В таких странах, как Бельгия, Болгария, Венгрия, Южная Корея, Швейцария, Словения и Украина, ядерная энергия позволяет обеспечить более трети их энергетических запросов. АЭС Японии, Германии и Финляндии покрывают примерно четверть потребностей этих государств в электричестве.

При этом надо отметить, что за последние 30 лет выведены из эксплуатации 125 реакторов, но в стадии строительства находится ещё 67 реакторов.

Более того, в последнее время, с учетом резкого роста энергетической зависимости

от органических энергоресурсов, многие страны занимаются поиском альтернативных источников энергии, в том числе путем строительства новых АЭС. Такое желание изъявили уже 60 государств.

В 2006-2010 годах построено 28 новых реакторов: 7 – в Индии, 5 – в Китае, 3 – в России, по 2 – на Тайване, в Японии, Канаде, США, Аргентине, Финляндии, Иране, Пакистане, Румынии. Еще более 50 реакторов находились в стадии получения разрешений на строительство, а еще 162 – в процессе разработки проектов. Китай вложил 50 миллиардов долларов в строительство АЭС, намереваясь увеличить их число с нынешних 9 до 39. В Индии ныне строятся 8 реакторов, после чего эта страна будет обладать 23 атомными реакторами.

Аналогичные программы разрабатывают Норвегия, Япония, Австралия, Тайвань, Южная Корея. Увеличивается и количество ядерных государств: так, "неядерный" Вьетнам решил обзавестись первой АЭС к 2017 году. Ожидается, что к 2030 году число атомных реакторов в мире вырастет на 60 процентов. По прогнозам МАГАТЭ к 2030 году в мире будет эксплуатироваться около 700 ядерных реакторов.

Этот атомный бум не может не вызвать тревоги у экологов всего мира, ведь атомная энергетика, по своему потенциальному риску радиационного загрязнения окружающей среды и влиянию на здоровье будущих поколений населения Земли не имеет себе рав-

ных. Об этом свидетельствуют последствия двух последних крупнейших аварий на атомных станциях Чернобыльской АЭС и АЭС «Фукусима».

Апологеты атомной энергетики очень часто используют, в качестве аргумента за её развитие и строительство новых реакторов, утверждение, что атомная энергетика наиболее экологически чистая, по сравнению с традиционной теплоэнергетикой, использующей природный газ или уголь.

При этом они ссылаются, как правило, только на собственно эксплуатацию ядерных реакторов, забывая обо всём ядерно-топливном цикле, без которого невозможно ни построить, ни эксплуатировать атомный реактор.

На наш взгляд это или глубокое заблуждение, или сознательная дезинформация населения тех регионов и стран, где действуют или строятся АЭС.

Попробуем разобраться. Для этого рассмотрим все этапы ядерно-топливного цикла (ЯТЦ) – от добычи урана до радиоактивных

отходов, вывода АЭС из эксплуатации и их демонтажа:

1. Подземная добыча урана (горные рудники или подземное выщелачивание).
2. Добыча и обогащение железных, циркониевых и титановых руд, производство металлического циркония и титана.
3. Обогащение урана.
4. Производство ядерного топлива.
5. Производство ТВЭЛ-ов.
6. Производство ТВС.
7. Строительство АЭС.
8. Эксплуатация АЭС.
9. Хранение радиоактивных отходов АЭС.
10. Вывод АЭС из эксплуатации.
11. Демонтаж АЭС.

Рассмотрим, какие воздействия на окружающую среду производит каждое звено ЯТЦ. Здесь мы специально не приводим их удельные показатели по основным экологическим аспектам, а ограничимся их систематизацией и общим описанием.

### **Подземная добыча урана рудничным методом**

- отвод земель, а это зачастую десятки, иногда сотни, гектаров, в том числе и сельскохозяйственного использования, под наземные производства и складирование пустых пород в отвалах;

- нарушение тектонического равновесия горных массивов, а это грозит сдвигами и провалами земной поверхности;

- усиление эманаии радона, что сопровождается угрозой радонового загрязнения сельтебных территорий, ведь урановые рудники зачастую расположены вблизи городов и посёлков (г. Жёлтые Воды в недавнем прошлом, г. Кировоград в настоящее время);

- откачка шахтных вод. Это сопровождается декомпрессией водных горизонтов и возможным понижением воды в колодцах близлежащих сёл;

- сброс загрязнённых, в том числе и радионуклидами, шахтных вод в открытые водоёмы. Несмотря на то, что концентрация их мала и укладывается в нормы радиационной безопасности, но длительное загрязнение водоёмов малыми концентрациями радионуклидов, безусловно, приведёт к их накоплению в донных отложениях и существен-

ном увеличении их концентрации в трофической (пищевой) цепочки в биоценозах водоёмов;

- загрязнение атмосферы выбросами из рудников. На урановых рудниках хорошо налажена очистка вентиляционных выбросов, в том числе и фильтрами с водяной завесой. Однако, несмотря на то, что выбросы радионуклидов не превышают установленных норм, но их выбросы в течение многих лет приведут к накоплению радионуклидов в почвах прилегающих земель;

- загрязнение атмосферы пылением отвалов пустых пород. Это один из существенных неорганизованных источников радиоактивного загрязнения окружающей среды. Существующие методы пылеподавления на отвалах несовершенны, а эффективная переработка отвалов или их использование для закладки выработанного пространства до сих пор используются крайне недостаточно. Загрязнение почв и подземных вод смывами с отвалов, что постепенно приводит к загрязнению и подземных вод и прилегающих открытых водоёмов.

### **Подземное выщелачивание урановых руд**

- радиоактивное загрязнение территорий промплощадок при закачке кислотных растворов, откачке растворов радиоактивной пульпы из скважин, закачке хвостов обогащения. Опыт рекультивации и радиоактивной санации земель после отработки таких месторождений, показал их малую эффективность;

- образование полостей в горном массиве в результате выщелачивания;

- радиоактивное загрязнение подземных горизонтов, в том числе водоносных, в процессе подземного выщелачивания;

- накопление кислотно-радиоактивных отходов в подземных горизонтах, что так же является потенциальной угрозой загрязнения подземных водоносных горизонтов.

### **Обогащение урана**

- необходимость производства серной и азотной кислот, что сопровождается выбросами в атмосферу оксидов серы и азота. Эти заводы, как правило, располагаются вблизи заводов по обогащению урана;

- радиоактивное загрязнение оборудования, производственных помещений и производственной площадки;

- образование многотоннажных «хвостов» радиоактивных отходов в виде пульпы;

- загрязнение территории вдоль трасс пульпопроводов от заводов до хвостохранилищ;

- отвод тысяч гектаров земель под хвостохранилища радиоактивных отходов;

- загрязнение атмосферы при пылении хвостохранилищ;

- загрязнение подземных и поверхностных вод в результате нерегулируемых утечек из хвостохранилищ.

### **Производство ядерного топлива, тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ-таблеток)**

- выбросы радионуклидов в атмосферу;

- отвод земель под хранение отходов;

- загрязнение атмосферы, подземных и поверхностных вод при хранении отходов этого производства.

### **Добыча и обогащение, железных, циркониевых и титансодержащих руд, производство металлического циркония и титана**

- добыча циркон- и титансодержащих руд открытым способом. Это производство сопровождается отводами сотен гектаров земель, в том числе и сельскохозяйственных, загрязнением атмосферы, поверхностных и подземных вод;

- обогащение циркон- и титансодержащих руд сопровождается загрязнением атмосферы, сбросом загрязнённых вод;

- образование многотоннажных отходов при обогащении также требует отвода земель под хвостохранилища, а их хранение загрязняет атмосферу, поверхностные и подземные воды;

- металлургические производства циркония и титана также сопровождаются загрязнением атмосферы и воды.

### **Производство тепловыделяющих сборок (ТВС)**

- прецизионное прокатное производство трубок, как любое трубное производство связано с загрязнением атмосферы, сбросом

загрязнённых сточных вод и образованием отходов;

- сборка ТВС сопровождается наименьшим воздействием на окружающую среду.

### **Строительство АЭС**

Строительство АЭС, даже с одним ядерным реактором, это всегда огромное воздействие на все компоненты окружающей среды, как строительство любого крупного промышленного объекта. Оно также связано

с созданием специального пруда охладителя, а это значит необходимо или вырыть огромный котлован или отгородить дамбой от ближайшего водоёма часть акватории, в несколько сотен гектаров земель.

### Эксплуатация АЭС

- выбросы радионуклидов в атмосферу: через вентиляционные выбросы, с водяными парами от градирен и брызгальных бассейнов;

- загрязнение поверхностных вод при продувках прудов-охладителей и протечек

через дамбы;

- образование сотен тонн разнообразных радиоактивных отходов при эксплуатации: фильтраты, фильтры, оборудование и т.д.

### Хранение радиоактивных отходов ядерного топлива

Ежегодно образуются сотни тонн отходов ядерного топлива. Например, только в США, к началу 2000-х годов, уже накоплено более 560000 тонн отработанного ядерного топлива.

Его хранение до сих пор и на сотни лет в будущем будет представлять серьёзную потенциальную угрозу загрязнения окружаю-

щей среды в случае аварий, затопления станций, разрушений хранилищ в результате землетрясений или других стихийных бедствий. Переработка этих отходов с выделением радиоактивного плутония в интересах военно-промышленного комплекса использует только небольшой объём этих отходов, уменьшающийся с каждым годом.

### Вывод АЭС из эксплуатации

Это также самый сложный технологический процесс. Он потребует существенных финансовых и материальных ресурсов, для поддержания станции в радиационно-

безопасном состоянии после вывода реакторов на холостой режим и остановки генераторов.

### Демонтаж АЭС

- демонтаж всех зданий, сооружений и оборудования, а это миллионы тонн строительных и конструкционных отходов, большая часть которых радиоактивно загрязнена, – это огромная научно-техническая и экономическая проблема для любой страны;

- в настоящее время, все выведенные энергоблоки не демонтируются полностью, а остаются как памятники нашей эпохе, эко-

номика которой построена, в основном, на ядерной энергетике;

- содержание этих блоков так же требует существенных экономических затрат, чтобы избежать несанкционированного вывоза радиоактивного металла и строительных конструкций;

- рекультивация прудов охладителей, в которых образовались тысячи тонн донных осадков, содержащих радионуклиды.

### Выводы

Как видим, из всего сказанного, утверждение о том, что Атомная энергетика является экологически чистой, очень далеки от истины.

Отметим, что энергетические затраты на все звенья ЯТЦ поглощают весьма значительную долю энергии, вырабатываемой АЭС.

Так же, никем не подсчитано, какие огромные экономические затраты потребуются будущим поколениям для ликвидации негативных экологических последствий, создаваемых ядерно-топливным циклом и эксплуатацией атомных электростанций.

На наш взгляд, те сотни миллиардов долларов, которые планируется потратить на строительство новых атомных электростанций во всём мире, целесообразнее использовать на энергосбережение и повышение энергоэффективности тяжёлых отраслей промышленности, использование энергосберегающих технологий в муниципальном секторе, использованию альтернативных, экологически чистых неисчерпаемых источников энергии, развитию фундаментальных научных исследований по поиску новых источников энергии.

**Перечень ссылок**

1. Шнайдер М. Стан атомної енергетики у світі / М. Шнайдер, Е. Фропатта. - К.: НЕЦУ, 2009.
2. Хмара Д.О. Порівняльний аналіз екологічної складової в енергетичних стратегіях України та європейського Союзу / Д.О. Хмара // Збірник матеріалів громадських слухань спільно з комітетом Верховної Ради України з питань ПЕК 15 травня 2008 р. - К., 2008.
3. Доповідь про стан ядерної та радіаційної безпеки в Україні у 2009 році. – К., 2010.

*G.G. Shmatkov*

**ECOLOGICAL ASPECTS OF NUCLEAR-FUEL CYCLE, LESSONS OF «FUKUSIMA» OR POWER TRAP FOR UKRAINE. ECOLOGICAL ASPECTS OF NUCLEAR-FUEL CYCLE**

*Pridneprovsk State Academy of Building and Architecture, Dnipropetrovsk, Ukraine*

**In the article progress of world atomic energy trends are shown. The basic ecological aspects of nuclear-fuel cycle are described.**

*Надійшла до редколегії 10 жовтня 2011 р.  
Рекомендовано членом редколегії канд. геол.-мін. наук О.К. Тяпкіним*