

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра физической  
географии и ландшафтной  
экологии

**Экологические аспекты развития атомной энергетики  
(на примере Балаковской АЭС)**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 441 группы

направления 05.03.06 – Экология и Природопользование

географического факультета

Илюничевой Ксении Владимировны

Научный руководитель  
ассистент, к.г.н.

Ю.В.Преображенский

Зав. кафедрой  
д.г.н., профессор

В.З.Макаров

Саратов 2016

**Введение.** Актуальность темы определяется тем, что хотя атомная энергетика не является возобновляемым энергетическим ресурсом, но несмотря на это, ее часто рассматривают как альтернативу традиционной энергетике, базирующейся на углеводородных ресурсах. Интересы экономического развития, обострение ситуации на рынках энергоресурсов, глобальное изменение климата и многие другие проблемы привели к «ренессансу» атомной энергетике в мире.

Необходимость выработки долговременной стратегии вызвана тем, что завершающий период её первого этапа связан со сложными и противоречивыми процессами. Полувековое развитие атомной энергетике не привело пока к ядерной технологии, готовой в масштабах мировой энергетике конкурировать с традиционной энерготехнологией. Но исходя из большого практического опыта её первого этапа эта задача может быть решена.

Атомная энергетика обладает важными принципиальными особенностями по сравнению с другими энерготехнологиями:

- ядерное топливо имеет в миллионы раз большую концентрацию энергии и неисчерпаемые ресурсы;
- отходы атомной энергетике имеют относительно малые объёмы и могут быть надёжно локализованы, а наиболее опасные из них можно “сжигать” в ядерных реакторах, что открывает принципиально новые возможности и перспективы.

Создание необходимых предпосылок и реализация принципиальных особенностей атомной энергетике составляют основное содержание стратегии её развития.

Значение развития ядерной технологии и атомной энергетике для России определяется её национальными интересами.

Инициатива России по выработке долговременной ядерной стратегии вполне соответствует ее традиции и статусу в этой области, ее собственным интересам и глубоким интересам мирового сообщества. Разработка

стратегии должна быть нацелена на решение долговременных топливно-энергетических проблем не только России, а мира и исходить из представлений о вероятном развитии мировой энергетики в рассматриваемый период и далее.

Будущее атомной энергетики России зависит от решения трёх главных задач:

- поддержание безопасного и эффективного функционирования действующих АЭС и их топливной инфраструктуры;

- постепенное замещение действующих АЭС энергоблоками традиционных типов повышенной безопасности (энергоблоки третьего поколения) и осуществление на их основе в последующие 20-30 лет умеренного роста установленной мощности атомных энергоблоков и увеличения экспортного потенциала;

- разработка и овладение в промышленных масштабах ядерной энерготехнологией, отвечающей требованиям крупномасштабной энергетики по экономике, безопасности и топливному балансу.

Целью выпускной квалификационной работы является выявление перспектив развития ядерной энергетики в России.

Для достижения этой цели в курсовой работе решаются следующие задачи:

- рассмотреть становление атомной энергетики в России;
- охарактеризовать современное состояние атомной энергетики;
- выявить преимущества и недостатки АЭС , по сравнению с другими типами электростанций

- проанализировать воздействие на окружающую среду Балаковской АЭС;

- выявить основные направления развития атомной энергетики в России;

При написании работы использовались следующие методы исследования: монографический, пространственно-сравнительного анализа,

картографический, а также метод анализа и синтеза.

В ходе написания работы использовались научные труды отечественных учёных, периодические издания, учебники и учебные пособия, статистические данные, а также ресурсы сети Интернет.

**Основная часть.** В настоящее время атомная энергетика сохраняет свои позиции как один из основных мировых источников энергии.

На ядерную энергию приходится - 6% мирового топливно-энергетического баланса и - 17% производимой электроэнергии.

Долгосрочные прогнозы атомной энергетике весьма противоречивы, что отражает и отношение к ней общества, и неблагоприятную для нее конъюнктуру, и настроения в самом ядерном сообществе после неудавшейся попытки решить все ее проблемы с ходу.

По результатам прогнозных оценок Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева (ИСЭМ) СО РАН общий вклад атомной энергетики в мировой энергетический баланс может возрасти к 2100 г. до 30% [5].

Ресурсы урана в наиболее богатых месторождениях с концентрацией металла в рудах  $\geq 0,1\%$  в настоящее время оцениваются следующим образом: разведанные - несколько более 5 млн. т, потенциальные - 10 млн. т. [5]

Ежегодная потребность современной атомной энергетики России в природном уране составляет 2800-3300 т, а с учетом экспортных поставок ядерного топлива ~ 6000-7700 т. При имеющихся ресурсах урана (залежи в недрах, складские запасы на горнодобывающих предприятиях, запасы высокообогащённого урана) срок функционирования отечественной атомной энергетики на тепловых реакторах, если оставаться на уровне мощности - 20 ГВт (эл.), составляет ~ 80-90 лет. Замыкание топливного цикла тепловых реакторов с вовлечением энергетического плутония и регенерированного урана продлит этот срок на 10-20 лет в зависимости от способа изготовления регенерированного топлива [6].

Имеющиеся российские запасы природного урана не могут обеспечить устойчивого долговременного развития атомной энергетики на тепловых реакторах.

В быстром реакторе при коэффициенте воспроизводства равном единице или выше можно сжигать уран практически полностью. Увеличение энергетического выхода от ядерного топлива в 200 раз, по сравнению с тепловым реактором, позволяет обеспечить 4000 ГВт на быстрых реакторах дешевым ураном в течение 2,5 тыс. лет при малой топливной (сырьевой) составляющей затрат, а энергетику в 10000 ГВт, примерно на 1 тыс. лет. Для быстрых реакторов приемлем и уран из бедных месторождений, ресурсы которого в сотни или даже тысячи раз больше ресурсов дешёвого урана.

Быстрые реакторы умеренной энергонапряженности с коэффициентом воспроизводства около единицы позволяют развить атомную энергетику большого масштаба без ограничений по топливным ресурсам [2].

Развитие атомной энергетики в два этапа предполагает длительное сосуществование тепловых реакторов на  $^{235}\text{U}$ , пока есть дешёвый уран, и быстрых реакторов, которые вводятся на плутонии из оружейных запасов и из тепловых реакторов и практически не имеют ограничений по топливным ресурсам.

В двухкомпонентной структуре целесообразен постепенный переход тепловых реакторов на выгодный для них Th-U цикл с производством  $^{233}\text{U}$  для начальной загрузки и подпитки из Th-бланкетов быстрых реакторов. Двухкомпонентная структура атомной энергетики будущего имеет под собой веские основания, но важный для неё вопрос о пропорциях между быстрыми и тепловыми реакторами требует адекватного решения.[8]

В предстоящие полвека, пока есть дешёвый уран для тепловых реакторов, этот вопрос не имеет принципиального значения. Плутоний, получаемый в тепловых реакторах, целесообразно использовать для запуска быстрых реакторов, не требуя от них высоких коэффициентов воспроизводства и коротких времён удвоения плутония. Проблема

топливообеспечения тепловых реакторов и участия в нём быстрых реакторов может возникнуть лишь за пределами рассматриваемого здесь периода, и при её решении нужно учитывать следующие обстоятельства:

- производство электроэнергии растет наиболее быстро и составит более половины в мировом топливно-энергетическом балансе и поэтому остается главной сферой применения атомной энергетики, что снова выдвигает на первый план быстрые реакторы;

- в отличие от органической энергетики, где на топливо приходится ~60% издержек производства электроэнергии, затраты на ядерное топливо относительно малы (~20%), а основная часть издержек в АЭ - сооружение и обслуживание - уменьшается с увеличением мощности реакторов и АЭС, что делает производство электроэнергии на крупных АЭС доминирующим направлением атомной энергетики;

- проблема коротких времён удвоения плутония и связанные с ней соображения о нежелательности участия быстрых реакторов в регулировании нагрузки в энергосистемах сегодня и в обозримом будущем не актуальны;

- последние проекты АЭС с быстрыми и тепловыми реакторами указывают на значительное снижение разницы в их стоимости даже для быстрых реакторов традиционного типа. Разработка быстрых реакторов на основе принципа естественной безопасности позволяет рассчитывать на то, что капитальные затраты в АЭС с быстрыми реакторами нового поколения будут ниже, чем в современных АЭС с ЛВР.

- требования высокого коэффициента воспроизводства и коротких времён удвоения плутония препятствуют реализации потенциала быстрых реакторов по экономичности и безопасности [15].

Структура атомной энергетики России в рассматриваемый период будет в значительной степени определяться масштабами её востребованности. При умеренном росте установленной мощности АЭС атомная энергетика России останется в течение ближайших десятилетий

практически однокомпонентной, с незначительной энергетической долей быстрых реакторов. В случае интенсивного развития атомной энергетики решающую роль в ней станут играть быстрые реакторы, т.к. топливная база тепловых реакторов в России не может обеспечить устойчивого роста установленной мощности (1-2 ГВт/год) и при таком варианте она будет очень скоро исчерпана [6].

В России сегодня эксплуатируются 29 ядерных энергоблоков общей установленной электрической мощностью 21,2 ГВт. В их числе 13 энергоблоков с реакторами типа ВВЭР, 11 энергоблоков с реакторами типа РБМК, 4 энергоблока типа ЭГП Билибинской АТЭЦ с канальными водографитовыми реакторами и один энергоблок на быстрых нейтронах БН-600. Россия имеет уникальный опыт эксплуатации реакторов на быстрых нейтронах - БН-350 и БН-600 (безаварийная работа в течение 20 лет) [2].

Продолжается эксплуатация в режиме энергообеспечения канальных уран-графитовых промышленных реакторов в г. Северске (Сибирская АЭС) и г. Железногорске.

Несмотря на значительную роль, которую играет атомная энергетика, сегодня можно говорить об определённом её кризисе. Об этом свидетельствует наметившаяся перспектива падения её доли в мировом энергопроизводстве, сворачивание ядерных программ и разработок по быстрым реакторам в развитых странах Запада. Кроме того, АЭ подвергается критике, вплоть до требования ее полного закрытия. И хотя в подобной критике часто присутствует субъективизм, а то и полная необъективность, следует признать, что веские основания для критики имеются. Атомная энергетика, как и любая технология, требует совершенствования. Более того, имеются и особые основания для обостренного внимания к ней:

- потенциальная опасность аварий с большим экологическим и экономическим;

- накопление высокоактивных и долгоживущих отходов;

-связь ядерной энергетики с опасностью распространения ядерного оружия и ряд других.

В последнее время при рассмотрении экономики различных топливных циклов обращается все большее внимание не только непосредственно на технологическую стоимость производства энергии, но также и на полную стоимость возмещения всех ущербов, которые сопровождают производство и распределение энергии. Поэтому рыночное равновесие развивающихся энергетических технологий следует рассматривать с учетом ущерба, присущих каждой из этих технологий.

В пользу экономической эффективности атомной энергетики по сравнению со строительством топливных электростанций говорят следующие обстоятельства:

- резервы урана и промышленной инфраструктуры атомной энергетики достаточны для 4 кратного увеличения существующих мощностей АЭС;
- тенденция к сокращению (до 10 млрд. м<sup>3</sup> в год до 2002 г.) использования природного газа в теплоэнергетике, которого сегодня в Европейской части России сжигается более 30 млрд. м<sup>3</sup> ежегодно;
- цена ядерного топлива на внутреннем рынке ниже мировой в ~ 3 раза, а газа в ~ 6 раз; если исходить из самофинансирования только топливных отраслей, оставляя цены остальных издержек на прежнем уровне, то при переходе на мировые цены на топливо, цена электроэнергии АЭС возрастёт в ~ 1,5 раза, а газовой ТЭС в ~4 раза с соответствующим увеличением топливных составляющих с ~ 20 до ~ 40% и с ~ 60 до ~ 90%;
- имеются строительные заделы для АЭС суммарной мощностью 10 ГВт, достройка которых потребует удельных капитальных вложений около 680 дол ./кВт;
- в Европейской части России ТЭС на угле имеют большие капитальные затраты, чем АЭС, кроме того для новых угольных ТЭС потребуются существенные дополнительные затраты на строительство шахт и транспортировку угля по железной дороге;

-при удельных инвестициях ниже 950 дол./кВт строительство АЭС в Европейской части России выгоднее, чем строительство ТЭС с учётом инвестиций в добычу, транспортировку и строительство подземных хранилищ газа;

-есть готовый проект АЭС с отечественным оборудованием, для реализации которого достаточно удельных вложений около 900 дол./кВт [13].

Балаковская АЭС оказывает ограниченное влияние на окружающую среду (см. таблицу).

Таблица. Общее количество вредных загрязняющих веществ выброшенных в атмосферу за 2014 год Балаковской АЭС [21].

Наименование загрязняющих в-в	Фактический выброс в 2014г. (т/г)	ПДВ т/г	% к ПДВ
Всего	18,832	51,771	36,4
В том числе: твердые	1,128	2,593	43,5
Из них: диоксид серы	17,704	49,177	36
Оксид углерода	0,203	0,505	40,2
Оксиды азота (NO <sub>2</sub> )	1,844	6,865	26,9
Углеводороды (без летучих органических соединений)	11,541	24,5537	47
Летучие органические соединения (ЛОС)	1,276	2,9907	42,7
Прочие газообразные и жидкие	0,572	1,216	42

**Заключение.** Атомная энергетика открывает перед хозяйством страны значительные возможности по снижению энергодефицита и предоставлению предприятиям и населению относительно дешевой электроэнергии.

Несмотря на это, при эксплуатации атомных электростанций, высок риск возникновения аварийных ситуаций.

По итогам работы были получены следующие выводы:

- в России действует 10 АЭС, планируется строительство - 4, модернизируется и достраивается - 4;

- по экономическим параметрам ТЭС эффективнее, зато АЭС оказывает меньшее негативное влияние на окружающую среду;

- в случае интенсивного развития атомной энергетики решающую роль в ней станут играть быстрые реакторы на нитридном топливе, отказ от урановых бланкетов и повышение выгорания топлива.

- В России реализуется масштабная программа развития атомной энергетики, предполагающая увеличение доли атомной энергетики с 16% до 25 — 30% к 2020 году [13].

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Программа развития атомной энергетики Российской Федерации на 1998-2005 годы и период до 2010 года Постановление Правительства Российской Федерации 21 июля 1998, № 815.

2. Велихов Е.П. Энергетика XXI в. и Россия // Энергия. Экономика. Техника. Экология. 1999. № 12. С. 2-9.

3. Требования к атомным станциям XXI в. / П.Н. Алексеев. А.Ю. Гагаринский, Н.Н. Пономарев-Степной, В.А. Сидоренко // Атомная энергия. 2000. Т. 88. Вып. 1. С. 3-14.

4. Самосогласованная модель развития ядерной энергетики и ее топливного цикла / Е.О. Адамов, И.Х. Ганев, А.В. Лопаткин и др. // Атомная энергия. 1999. Т. 86. Вып. 5. С. 361-370.

5. Лозовецкий В.В. Новое о перспективных ядерных реакторах // Атомная техника за рубежом. 2000. № 2. С. 14-19.

6. Ядерная энергия. Экспертные оценки развития. Курчатовский институт, 1949–2008 годы. Москва, ИздАТ, 2008

7. Белая книга ядерной энергетики /Под общ. ред. проф. Е.О. Адамова: Первое издание. М:ГУП НИКИЭТ, 1998.

8. Энергетика: цифры и факты: По материалам МАГАТЭ “Energy, electricity and nuclear power...” IAEA, Vienna, 1998 (М.: ЦНИИАтом-информ, 1999, № 1).

9. Nuclear Technology Review 2000: GOV/INF/2000/XXX/ Vienna: IAEA, 2000. Nucl. Europe World-scan. 1998. N 11-12. P. 57-58.

10. Энергетическая стратегия России до 2020 г.: Проект. Минтопэнерго России, 2000.

11. Экологическая ситуация города Балаково [электронный ресурс] URL: <http://letopisi.org/index.php/ru>. (дата обращения 01.03.2015). Загл. с экрана. Яз. рус.

12. Яндекс.Карты [Электронный ресурс] URL: <https://maps.yandex.ru>. (дата обращения 04.04.2015). Загл. с экрана. Яз. рус.

13. ОАО Росэнергоатом [Электронный ресурс] <http://www.rosenergoatom.ru>. (дата обращения 26.02.2015). Загл. с экрана. Яз. рус.

14. Атомная энергетика, атомные станции, математика, ядерная физика, ядерное оружие [Электронный ресурс] <http://atomas.ru/rosatom/ru>. (дата обращения 20.04.2015). Загл. с экрана. Яз. рус.

15. Российское атомное сообщество [Электронный ресурс] <http://www.atomic-energy.ru> (дата обращения 10.03.2015). Загл. с экрана. Яз. рус.

16. Атомные станции-надзор и безопасность [Электронный ресурс] <http://www.seogan.ru/> (дата обращения 12.03.2015). Загл. с экрана. Яз. рус.

17. Электронная библиотека [Электронный ресурс] <http://www.bibliotekar.ru/> (дата обращения 20.04.2015). Загл. с экрана. Яз. рус.

18. Всё об электростанциях [Электронный ресурс] <http://www.gigavat.com> (дата обращения 11.04.2015). Загл. с экрана. Яз. рус.

19. Центра промышленной автоматизации [Электронный ресурс] <http://ruaut.ru> (дата обращения 14.04.2015). Загл. с экрана. Яз. рус.

20. Мир АЭС. Все АЭС России, Украины, Белоруссии и мира [Электронный ресурс] <http://miraes.ru> (дата обращения 20.03.2015). Загл. с экрана. Яз. рус.

21. Атомэнергомаш. Группа компании Росатома [Электронный ресурс] <http://www.aem-group.ru> ( дата обращения 22.03.2015). Загл. с экрана. Яз. рус.

22. Energy Base [Электронный ресурс] <http://energybase.ru> (дата обращения 13.03.15) Загл. с экрана. Яз. рус.