

УДК 327.5(57)

Мирополитические аспекты развития атомной энергетики

Бойко Александр Александрович

Аспирант кафедры мировых политически процессов,
Московский государственный институт международных отношений
(университет) МИД России,
119454, Российская Федерация, Москва, просп. Вернадского, 76;
e-mail: alexiurs@gmail.com

Аннотация

Атомная энергетика традиционно играет очень важную роль в мировой политике и энергетической безопасности. С первых лет внедрения этой отрасли в систему народного хозяйства на нее возлагались большие надежды. Считалось, что «мирный атом» откроет новую веху развития человечества, обеспечив мир дешевым и практически неисчерпаемым источником энергии. Однако надеждам не суждено было сбыться – строительство и содержание АЭС требовало больших расходов и серьезной научно-инженерной базы. С падением цен на ископаемое топливо в конце 1970-х годов развитие «мирного атома» стало экономически нецелесообразным. Тем не менее, в 2000-х годах в связи с резким удорожанием углеводородов и ростом обеспокоенности вокруг проблемы изменения климата, начался так называемый ядерный ренессанс, который не был прерван ни аварией на АЭС Фукусима, ни намерениями ряда развитых стран полностью отказаться от атомной энергетики, ни активным противодействием со стороны экологических организаций. Ядерная отрасль при решении политических, экономических и экологических задач на внутригосударственном, международном и глобальном уровне обладает как массой преимуществ, так и недостатков. По этой причине она в большей степени продолжит свое активное развитие именно в индустриальных развивающихся странах, которые будут наращивать долю атомных энергетических мощностей не только, чтобы компенсировать или предотвратить энергетический дефицит и сдержать негативные экологические изменения, но и из ряда политических соображений, в том числе касающихся устоявшихся норм в сфере режима нераспространения.

Для цитирования в научных исследованиях

Бойко А.А. Мирополитические аспекты развития атомной энергетики // Теории и проблемы политических исследований. 2016. Том 5. № 6А. С. 28-46.

Ключевые слова

Атомная энергетика, «мирный атом», «ядерный ренессанс», мировая политика, изменение климата, энергетическая безопасность, нераспространение.

Введение

Атомная энергетика как предмет общественного и политического интереса уже семь десятилетий находится в фокусе международных дискуссий. Впервые вопрос о статусе «мирного атома» был поставлен на повестку дня в 1946 году, а в 1957 году решением ООН было создано Международное агентство по атомной энергетике (МАГАТЭ), контролирующее производство или перемещения расщепляющихся материалов. С подписанием в 1968 году Договора о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО) и формированием правового фундамента ядерного нераспространения, МАГАТЭ стало главным международным механизмом регулирования сферы ядерной энергетики.

Сегодня в мире эксплуатируется 442 атомных реактора совокупной мощностью 384 ГВт. На атомных электростанциях производится 13,4% электроэнергии, 68% приходится на ископаемое топливо (41% уголь, 21% газ, 5,5% нефть), 19% производится с помощью возобновляемых источников [Sustainable Energy, www]. Наибольшую роль атомная энергетика играет в национальной энергосистеме Франции – более 76% электроэнергии производится на 58 реакторах. Самое большое количество энергоблоков (99) построено в США, но доля американских АЭС в национальной энергосистеме составляет лишь 19,5%. Наиболее бурное развитие атомной энергетики в данный момент переживает Китай – Пекин строит 24 новых реактора при имеющихся 31. Однако пока лишь 2,39% электроэнергии в КНР производится на АЭС.

Несмотря на относительно скромную долю атомной отрасли в общей мировой энергосистеме, «мирный атом» играет все более важную роль в мировой. Ни одна другая энергетическая отрасль не вызывает столько дискуссий среди политиков, экологов и в широкой общественной среде, поскольку «мирный атом» одновременно оказывает влияние на самые разные сферы человеческого бытия.

Политические аспекты развития атомной энергетики

Политические аспекты развития атомной энергетики связаны, прежде всего, с проблемами безопасности и такой специализированной областью профильной деятельности, как энергетическая безопасность. В русскоязычном дискурсе термин «энергетическая безопасность» понимается как «устойчивая обеспеченность энергоресурсами и возможность их стабильного сбыта по приемлемой цене» [Боровский, 2008; Миронов, 2003]. В целом энергетическая безопасность рассматривается с точки зрения государств

и является одной из основных составляющих национальной безопасности. Проблема обеспечения энергетической безопасности настолько актуальна, что страны готовы прибегать к жесткой силе, вооруженным конфликтам, мириться с риском техногенных катастроф и катаклизмов, провоцируемых изменением климата и окружающей среды [Боровский, 2008, т. 6, 16; Ергин, www; Ахтамзян, www; Жизнин, www; Шестопалов, www]. Свое место в этой отрасли безопасности заняла и атомная энергетика, которая, в отличие от углеводородных и возобновляемых отраслей, является частью не только энергетической сферы, но и в значительной степени затрагивает «жесткое» измерение безопасности.

В то же время обладание технологиями «мирного атома» напрямую не открывает пути к владению ядерным оружием, его ресурсы остаются привлекательными для значительного круга стран, так как содействуют укреплению энергетической безопасности, расширяют доступ к современным технологиям и в целом повышают статус участника международного сотрудничества. Именно поэтому существует множество механизмов контроля за производством и распространением делящихся материалов, в частности, МАГАТЭ, ДНЯО, Договор о запрещении производства расщепляющего материала для военных целей (ДЗПРМ), Группа ядерных поставщиков (ГЯП) и другие.

Однако все эти механизмы не всегда справляются со своей задачей. Индии, Пакистану, КНДР, Израилу, ЮАР удалось разработать собственное атомное оружие, имея в распоряжении мирные ядерные технологии. Более того, юридические аспекты основополагающего документа (ДНЯО), призванного ограничить распространение «военного атома», несовершенны и не регламентируют множество нюансов, касающихся производства ядерного оружия, таких как, например, процесс обогащения урана. Контроль за надлежащим соблюдением соглашения осуществляется экспертными группами МАГАТЭ, которые применяют гарантии Агентства, включающие в себя комплекс мер по проверке выполнения странами принятых обязательств в рамках ДНЯО. Осуществление гарантий призвано, чтобы на максимально раннем этапе выявить процесс производства ядерного оружия, передачу или покупку ядерных технологий, которые могут быть использованы в военных целях, чтобы международное сообщество в лице МАГАТЭ и Совет Безопасности ООН могло принять меры по пресечению развития военной ядерной программы нарушителя. Однако ресурсы Агентства в этом отношении сильно ограничены. Например, МАГАТЭ, согласно положениям ДНЯО, не имеет возможности проводить внезапные проверки, а участник ДНЯО не обязан допускать экспертные группы Агентства на свои ядерные объекты. Это открывает широкие возможности по сокрытию нарушителями Договора военных ядерных программ, что подтвердилось опытом Ирака и КНДР [Bunn, www; Behrens, www]. В конце 1993 года МАГАТЭ в качестве эксперимента начало реализовывать «Программу 93+2», существенным образом расширяющую полномочия экспертных групп Агентства, проверки стали более интенсивными

и «интрузивными». В 1997-1998 годах на основании положений Программы был принят и исправлен типовой Дополнительный протокол о гарантиях (INFCIRC/540) [Model Protocol..., www], который закреплял положения «Программы 93+2». Однако протокол предъявляет к государствам-членам новые требования, поэтому для его применения необходимо дополнительное подписание и ратификация. Сегодня договор подписан и ратифицирован 127 странами из 191 участника ДНЯО, в том числе Россией¹. Тем не менее, существование такого правового инструмента имеет большую важность для эволюции и укрепления режима нераспространения.

Между ядерными поставщиками существуют договоренности, подразумевающие ограничения ядерного сотрудничества со странами, которые не являются участниками ДНЯО, однако они допускают прецеденты, имеющие системные последствия. В 2008 году под давлением США члены ГЯП согласились сделать исключение и снять подобные ограничения с Индии, фактически приравняв ее по привилегиям к участнику ДНЯО, чем нарушили относительное равновесие между Индией и Пакистаном в том, что касается активного продвижения исследовательских и других проектов в ядерной сфере. На это событие отреагировали Китай и Пакистан, которые сразу же развернули активное ядерное сотрудничество, формально проходившее вопреки руководящим принципам ГЯП. Израиль также высказал желание, чтобы соглашение, аналогичное индийскому, разработали и для него. Поэтому ситуация, возникшая после индийского прецедента, вызвала значительные опасения относительно возможной эрозии режима нераспространения [Hibbs, www].

Даже соблюдая международное право, участвуя в ДНЯО и не создавая прецеденты, ломающие устоявшиеся правила в сфере режима нераспространения, любое государство способно укрепить свои политические позиции путем развития мирной ядерной отрасли. Обладание мирной ядерной инфраструктурой позволяет производить топливо для некоторых типов вооружений, в частности, атомных подводных лодок и авианосцев, силовых установок спутников, в т. ч. военного назначения. Ядерные реакторы способствуют развитию промышленного, а, следовательно, и оборонного потенциала и могут использоваться в качестве опреснителей воды, чем разрядить уровень напряженности в регионах, где доступ к пресной воде является фактором перманентной конфликтности.

Атомная энергетика имеет очень важное значение в сфере энергетической безопасности. Нефтяной шок 1973 года для Европы и США стал важным показателем их чрезмерной зависимости от углеводородов. Это определило обращение к развитию не только энергосберегающих технологий, но и атомной энергетике как альтернативы ископаемому топливу. С тех пор сформировались основные игроки атомного энергетического рынка – российский «Росатом», французская Areva NP, японо-американские GE Hitachi и Westinghouse. Пока что

1 Наиболее актуальную информацию по количеству участников типового Дополнительного протокола о гарантиях можно узнать, обратившись к официальному сайту МАГАТЭ. URL: <https://www.iaea.org/safeguards/safeguards-legal-framework/additional-protocol/status-of-additional-protocol>

между ними сохраняется условный паритет. Стоит отметить, что повышается влияние таких важных участников, как Китай и Республика Корея. В перспективе возможно появление других игроков, например, Индии, которая собирается делать упор на технологии ториевого цикла. Их будущее влияние на рынок будет, безусловно, ощутимым.

Атомная энергетика, бесспорно, провоцирует риски в сфере безопасности, однако они вполне управляемы. Так или иначе, ведущие государства-обладатели ядерных технологий, в частности, Российская Федерация и США единодушны в своем негативном отношении к распространению ядерных материалов вне международных правовых процедур и в обход контроля международных организаций. Поэтому международным сообществом используется все многообразие методов и форм воздействия к дипломатическим, экономическим и военным нарушителям². Политические аспекты сотрудничества в сфере ядерной энергетики очерчены международными правовыми актами, договорами, деятельностью специальных международных организаций, многолетним опытом экспертов и дипломатов в этой отрасли. Тем не менее, механизмы сотрудничества в сфере нераспространения нуждаются в непрерывном совершенствовании и эволюции, чтобы достойно отвечать новым вызовам.

Таким образом, развитие атомной энергетики в современном мире ставит на повестку дня не только вопросы профильного сотрудничества, но и предполагает укрепление международного взаимодействия в сфере «жесткой» экономической и экологической безопасности.

Роль атомной энергетики в развитии экономического развития

Роль атомной энергетики в решении задач экономического развития также, как и политическое измерение «мирного атома», выступает источником многих противоречий международного уровня. Серьезным вопросом является место «мирного атома» в мировой энергетике и целесообразность существования ядерной энергетики как хозяйственной отрасли.

Ввиду очень низкой стоимости топлива в пересчете на КВт/ч, может возникнуть представление о том, что атомная энергетика очень дешева и выгодна, но это не всегда соответствует действительности. Строительство АЭС требует огромных капиталовложений, сколько не требуется ни в одной другой отрасли в пересчете на мегаватт мощности. Стоимость строительства одной АЭС исчисляется миллиардами долларов, а срок различных работ от начала строительства до ввода в промышленную эксплуатацию обычно занимает не менее 7-8 лет. В связи с этим возникает вопрос, целесообразно ли строить новые АЭС, если есть другие экологически чистые и менее затратные в плане капиталовложений способы решения энергетического дефицита в стране?

2 Проводились военные операции для предотвращения развития иракской и сирийской ядерных программ. Обсуждались операции против Ирана и КНДР. Некоторые ученые-ядерщики, задействованные в ядерных программах Ирана и Ирака, погибли при загадочных обстоятельствах. Предполагается, что они были устранены агентами израильских спецслужб.

Для атомной энергетики характерны высокие капитальные издержки, долгосрочный период строительства и низкая маргинальная стоимость производимой электроэнергии. В случае с АЭС именно капитальные издержки оказывают основное влияние на стоимость производимых киловатт [Harris, 2008, т. 62]. По этой причине наиболее популярным типом реактора стал реактор на легкой воде. Несмотря на свое техническое несовершенство и не самую высокую эффективность, он оказался проще и дешевле, чем другие установки. Легководные реакторы составляют более 80% функционирующих реакторов.

Капитальные затраты на АЭС включают в себя стоимость одномоментного возведения объекта, проценты на капитал за период строительства и непредвиденные расходы, в т. ч. процент на капитал, зарезервированный для этих целей.

Для проектов, которые нигде в мире ранее не реализовывались, погрешность оценки затрат высока, поэтому общие издержки для строительства новых объектов могут вырасти на 60% (как в случае с двумя реакторами ERP на китайской площадке «Тайшань» и AP1000 на китайской АЭС «Саньмэнь»). Если же проект широко используется, то непредвиденные издержки, как правило, не превышают 15% [Экономика АЭС..., www].

Так как строительство АЭС занимает долгосрочный период, то стоимость капитала оказывается критически важным фактором для возможности реализации проекта электростанции. Даже в условиях дешевого капитала продолжительные сроки строительства стоимость финансирования составляет существенную долю общих инвестиционных. Наибольшего успеха в оптимизации расходов добились КНР и Южная Корея. Это обусловлено многими факторами, в частности, меньшей продолжительностью сроков строительства (4-6 лет), низкой оплатой труда, масштабностью строек, более сжатым по времени и организованным лицензированием. В целом строительство в развивающихся странах с индустриальной экономикой оказывается дешевле. Китай и Южная Корея строят АЭС серийно, в рамках стабильной многолетней программы, чем достигают существенной экономии. Возведение уникальных реакторов рассматривается этими странами как основа для нового серийного производства. Стандартизированные проекты и повторяющиеся заказы уменьшили стоимость и время строительства. В промышленно развитых странах спрос на энергию растет медленно, поэтому инвестиции в развитие энергетической системы увеличиваются постепенно. В таких условиях далеко не всегда оказывается целесообразным одномоментное строительство больших энергетических мощностей, чем, как правило, является АЭС. Это оказывает большое влияние на планирование атомных строек. АЭС заказываются не массово и сериями на много лет вперед, а по одной и периодически. В таких условиях у атомных поставщиков нет уверенности, что в следующий раз будет заказан тот же тип реактора или что им удастся получить разрешение регуляторов в нескольких юрисдикциях. Таким образом, новые АЭС часто строятся по уникальным проектам. Этот фактор повышает риск увеличения сроков и стоимости строительства [Как строить экономно, www; Pfenninger, Keirstead, www]. Именно поэтому для повышения

конкурентоспособности является очень важным является развитие и массовое строительство типовых проектов [Chu, Majumdar, www].

Общие инвестиционные затраты на АЭС, включая вывод из эксплуатации и стоимость финансирования, составляют от 1807 (в Китае) до 6215 долларов за кВт. Таким образом, капитальные инвестиции в АЭС мощностью 1 ГВт, скорее всего, будут составлять не менее 2 млрд долларов. В настоящее время перед конструкторами стоит задача снизить стоимость капитальных затрат для АЭС следующего поколения не менее чем на 25%.

Доля капитальных издержек в общей стоимости производимой электроэнергии существенно отличается на разных электростанциях. Вплоть до настоящего времени они традиционно были выше, чем для электростанций, работающих на ископаемом топливе. Капитальные издержки для угольных ТЭС составляют приблизительно 813-3067 долларов за кВт, для газовых ТЭС они даже ниже – около 627-1289 долларов за кВт мощности. К тому же, время строительства таких ТЭС меньше – 2-3 года у газовых и приблизительно 5 лет у угольных. Для сравнения, срок возведения ядерного энергоблока занимает 5-7 лет. Для угольных ТЭС доля капитальных издержек в стоимости производимой электроэнергии составляет 35%, эксплуатационные издержки – 20% и 45% – расходы на топливо. Для газовых ТЭС капитальные издержки составляют 20%, расходы на эксплуатацию – 10% и 70% на топливо. В случае с атомными электростанциями капитальные издержки составляют 60%, эксплуатация – 25%, а топливо – 15% [Projected Costs..., www; Nuclear Energy in a Sustainable..., www].

Преимуществом АЭС является стабильность операционных издержек. Стоимость урановой руды составляет лишь малую часть от себестоимости электроэнергии, таким образом, даже существенное изменение стоимости топлива не сможет сильно повлиять на стоимость производства электроэнергии на АЭС. Относительно энергии, производимой из ископаемого топлива, ситуация противоположная – электростанции (особенно газовые ТЭС) сильно зависят от ситуации на рынке ископаемого топлива. Что касается альтернативных источников энергии, то, несмотря на то, что они требуют гораздо меньших капитальных инвестиций, приведенная стоимость производимой на них электроэнергии, тем не менее, на порядок выше (в некоторых странах многократно), чем на АЭС.

С другой стороны, объемы добычи сырья весьма ограничены, а в течение 10-20 лет намечается пик добычи урана, как следствие, падение его выработки при увеличении количества АЭС. Все это создает очень серьезные препятствия развивающимся странам, планирующим развернуть грандиозные атомные стройки в ближайшие десятилетия. Например, недавно озвученные планы Китая построить 60 реакторов за 10 лет на фоне общей ограниченности ресурса выглядят утопичными. По той же самой причине Китаю будет затруднительно занять позиции на мировом рынке. Данную проблему призваны решить реакторы на быстрых нейтронах (РБН)³, но во всем мире действуют пока лишь 2 по-

3 Подобные реакторы еще называют размножителями или бридерами.

добных промышленных реактора – БН-600 и БН-800, которые располагаются в России. У других значимых игроков, в том числе Китая, подобные технологии развиваются пока что лишь на экспериментальном уровне.

Роль атомной энергетики в контексте защиты окружающей среды и здоровья человека

Роль атомной энергетики в контексте защиты окружающей среды и здоровья человека, т. е. все более важного мирополитического тренда, также трудно переоценить. Окружающая среда оказывает прямое воздействие на здоровье человека, поэтому ее защита необходима для повышения качества жизни. Атомная отрасль обладает серьезным преимуществом, необходимым для устойчивого развития, – экологичностью. В этом контексте экологи зачастую обсуждают ее наряду с такой «чистой» отраслью, как возобновляемая энергетика. Тем не менее, «мирный атом» по-прежнему является предметом споров среди защитников окружающей среды. Одни все равно считают ее чрезмерно опасной, другие уверены, что строительство АЭС – это одно из необходимых условий для борьбы с изменением климата. Такие продолжающиеся дискуссии являются фактором межотраслевой конкуренции, в которой задействован рынок мирной атомной энергетики.

Атомная энергетика действительно оказывает негативное влияние на окружающую среду. Но если говорить о прямом загрязнении, то это влияние ситуативно. Если подразделять его по источнику загрязнения, то можно выделить три основных типа:

- радиоактивные атомные отходы (РАО);
- аварии на отраслевых предприятиях;
- не прямое экологическое загрязнение при строительстве реакторов.

Радиоактивные отходы

Радиоактивные отходы бывают различных видов: жидкие, твердые и газообразные. Добыча, очистка, обогащение урана, работа АЭС неминуемо сопровождается генерацией РАО. Некоторые требуют больших ресурсов для утилизации, другие же не представляют серьезных проблем. Извлеченное из реактора облученное ядерное топливо имеет высокое остаточное энерговыделение и способно разогреваться до 300 градусов по Цельсию, поэтому сразу после извлечения ОЯТ помещают во временные охлаждаемые хранилища (бассейны выдержки), где оно хранится несколько лет. Лишь после уменьшения энерговыделения его транспортируют в сухое хранилище или перерабатывают. Некоторые эксперты полагают, что существует небольшой риск выброса радиоактивных веществ в окружающую среду в результате атаки террористов [Crowley, www]. Землетрясения также могут стать причиной экологического бедствия [Parenti, www]. На АЭС Фукусима хранилось 11195 тепловыделя-

ющих сборок (ТВС) из них лишь от 400 до 600 находилось в реакторах. Без надлежащего охлаждения отработавшие ТВС начали плавиться, выделяя в атмосферу радиоактивные материалы, что существенно усугубило экологические последствия аварии [Bradsher, www].

После выдержки РАО помещают в специальные контейнеры, устойчивые к нагреву, заморозке, давлению и влаге, после чего отправляют на долгосрочное хранение или окончательное захоронение в сухие хранилища на пункт захоронения радиоактивных отходов (ПЗРО). В процессе транспортировки неоднократно происходили различные инциденты и аварии, однако герметичность контейнера с высокорadioактивными отходами никогда не нарушалась. В целом вероятность ущерба окружающей среде при транспортировке минимальна [Transport of Radioactive..., www].

ПЗРО обычно представляют собой подземные сухие хранилища. Сегодня не существует способов окончательного захоронения РАО на десятки тысяч лет. Согласно общепринятому мнению экспертов, на данный момент наиболее безопасным из возможных вариантов является глубокое геологическое захоронение [Feiveson, Mian, Ramana, von Hippel, www]. В случае нарушения целостности контейнеров и повреждения защитных конструкций хранилища, утечка радиоактивных материалов может быть изолирована геологическими барьерами. Большое количество радиоактивных материалов, образовавшихся в природном ядерном реакторе в Окло, по прошествии почти 2 млрд лет осталось на месте под геологическими породами даже вопреки наличию циркулирующих гидротермальных жидкостей [Berzago, D'Alessandro, www]. Однако во всем мире пока лишь Финляндия строит единственное хранилище такого рода.

Отдельно стоит упомянуть отходы добывающих предприятий. В XX веке уделялось недостаточное внимание радиоактивным отвалам урановых шахт, в результате чего во многих районах был нанесен ощутимый ущерб экологии. Некоторые отвалы по-прежнему представляют опасность для окружающей среды [Урановый след, www].

Однако проблему радиоактивных отходов могут решить новые технологии в сфере ядерного топливного цикла (ЯТЦ). Итальянский физик и нобелевский лауреат доктор Карло Руббиа утверждает, что 1 тонна тория способна выделить столько же энергии, сколько 200 тонн урана [Evans-Pritchard, www]. При этом торий намного более распространен, а его добыча безопаснее. Стоит обратить внимание и на технологию замкнутого топливного цикла с использованием реакторов на быстрых нейтронах (РБН). Пока что на практике она частично реализована лишь Россией на Белоярской АЭС (БН-600 и БН-800), также богатым опытом обладает Франция, но ее промышленный РБН «Феникс» мощностью 250 МВт был остановлен в 2010 году. В экологическом контексте замкнутый топливный цикл и ториевая ядерная программа привлекательны тем, что могут существенно ограничить количество ядерных отходов. Обладание РФ такими технологиями предоставляет широкие возможности по развитию замкнутого ЯТЦ, что является конкурентным преимуществом среди других ведущих поставщиков, особенно в перспективе общего снижения добычи урана.

Аварии на ядерных предприятиях

За последние 70 лет использования в атомной промышленности произошло множество серьезных аварий на атомных предприятиях. Из них 7 происшествий на 6 предприятиях⁴ сопровождались выбросом большого количества радиоактивных материалов в окружающую среду. После катастрофы в Челябинске-40, Чернобыле и Фукусиме многокилометровые территории были признаны неподходящими для жизни и стали зонами отчуждения, в результате аварий или их последствий тысячи людей погибли либо получили непоправимый вред здоровью. И очевидно, что японский инцидент 2011 года – это не последнее серьезное происшествие в ядерной отрасли. Таким образом, можно говорить, что в атомной отрасли каждые 30 лет происходят крупные катастрофы, сопровождающиеся отчуждением большого количества земли, гибелью и болезнями многих людей, а каждые 10 лет – серьезные аварии с заражением окружающей среды. При этом АЭС с 80-х годов XX века генерируют приблизительно 10% мировых энергетических мощностей. Неудивительно, что противники атомной энергетики считают развитие этой отрасли неоправданным и потенциально опасным.

Тем не менее, статистические данные утверждают, что «мирный атом» гораздо безопаснее для человека и окружающей среды, чем ископаемое топливо. Профессор физики Питтсбургского университета Бернанд Коэн в 1995 году опубликовал работу, в которой произвел статистическую оценку количества смертей, вызванных отходами или выбросами электростанций мощностью 1000 МВт. Он заключил, что извлечение урановой руды предотвращает потенциальное высвобождение выделяемого ураном радиоактивного газа радона, которое должно произойти вследствие эрозии земной поверхности.

В 2013 году было опубликовано исследование ученых американского космического агентства, которое подтвердило идеи Коэна. В исследовании подтверждается: даже учитывая аварии в Фукусиме и Чернобыле, атомная энергетика оказывается безопаснее, чем остальные традиционные отрасли. Согласно их подсчетам, с 1976 по 2009 гг. развитие атомной отрасли помогло сохранить жизни 1,85 млн человек [Kharecha, Hansen, www]. Они учли практически все факторы, кроме наименее вероятных и слабо зависящих от развития мирной атомной отрасли, таких, например, как риск ядерной войны.

Аналогичных установок придерживаются и авторы исследования, проведенного Европейским Союзом ExternE. В отчетах отмечается, что основной причиной гибели и травм в атомной отрасли являются «несчастные случаи на производстве во время монтажа и демонтажа реакторов», а не радиационное воздействие [ExternE, www]. Существует немало других исследований, подтверждающих гипотезу о высокой степени безопасности «мирного атома» для окружающей среды на фоне других видов энергетики [Hirschberg, Spiekerman, Dones, www; OECD, www;

4 Март 1949 г., сентябрь 1957 г. на комбинате «Маяк» в Челябинской области, 10 октября 1957 г. в Уиндскейле, 12 декабря 1962 г. на канадской АЭС «Чолк-Ривер», 28 марта 1979 г. на американской АЭС «Три-Майлз-Айленд», 26 апреля 1986 г. на советской ЧАЭС, 11 марта 2011 г. на японской АЭС «Фукусима».

A Review of Research Relevant, [www](#); Safety of Nuclear..., [www](#); Brook, Bradshaw, [www](#); Hansen, [www](#)]. По этой причине протесты против развития «мирного атома», основанные на страхе перед возможными происшествиями на ядерных предприятиях, иррациональны.

Тем не менее, именно аргументы относительно «неэкологичности» или опасности АЭС чаще всего звучат со стороны оппонентов, именно эта тема является наиболее спорной и обсуждаемой в научном дискурсе. Многие оценки сторонников представления об опасности атомной энергетики хоть и выглядят очень убедительно, однако являются чрезмерно эмоциональными и вызывают сомнения у специалистов. Их работы написаны скорее на основе интуитивных убеждений, нежели глубоко обдуманных и рациональных взглядов. Есть основания предполагать, что сегодня атомная энергетика безопаснее, чем солнечная и ветровая. Согласно исследованию греческих ученых из исследовательского центра Университета Пирея, выбросы, производимые ядерным реактором за весь период его жизненного цикла от строительства до утилизации (5 грамм CO_2 на 1 кВт/ч), существенно меньше, чем производит возобновляемая энергетика (50 грамм CO_2 на 1 кВт/ч) [Karakosta, [www](#)].

Как показывают объективные данные, даже происшествия на ядерных энергетических предприятиях не самые разрушительные. Например, трагическая катастрофа на АЭС в Чернобыле, по данным ВОЗ, привела к гибели 4 тысяч человек [Чернобыль: истинные масштабы..., [www](#)], а при разрушении дамбы Баньцяо в Китае по официальным данным погибло 26 тысяч человек, которые утонули непосредственно при наводнении. Более того, точное число жертв в результате разрушений, голода и эпидемий, которые имели место после катастрофы, по разным оценкам составляет 171 [Osnos, [www](#)] или 230 [Si, [www](#)] тысяч человек.

Вероятно, со временем промышленность станет более экологичной. Но это долгосрочная перспектива. Согласно отчету межправительственной группы экспертов по изменению климата, по самым оптимистичным прогнозам к 2050 году 77% энергии будет вырабатываться из возобновляемых источников. Однако наиболее вероятным представляется, что к 2050 году доля возобновляемых источников будет составлять лишь 27% мировой энергетической системы [IPCC..., [www](#)]. В условиях новых вызовов, связанных с ухудшением экологической ситуации и изменением климата, атомная энергетика является необходимой реальностью для осуществления идеи устойчивого развития и важной опорой на долгосрочном пути к принципиально новым энергетическим ресурсам.

Заключение

Ввиду своей важности, развитие атомной энергетики стало объектом пристального внимания политиков. Исторический опыт показал, что в некоторых случаях эта отрасль таит в себе не только благо, но и большую опасность. Ряд звеньев в технологии ядерного топливного цикла могут быть использованы в производстве различного оружия массового уничтожения, что создает опасность его неконтролируемого распространения среди государств-изгоев или тер-

рористических организаций. Для этого мировым сообществом был создан ряд регулятивных рычагов в виде международных организаций, договоров, неформальных механизмов, ориентированных на принципы нераспространения «военного атома», контроле за состоянием и развитием ядерной энергетики в разных регионах мира. На фоне всеобщего желания абсолютного большинства стран укреплять устоявшиеся нормы в сфере нераспространения, в ряде случаев развитые государства идут на явные нарушения устоявшихся норм по политическим мотивам с целью утверждения собственных позиций на атомном энергетическом рынке. Но, к счастью, такие примеры носят единичный характер и не «укоренились» в международной практике.

Что касается прагматической оценки положения дел, то атомная энергетика в обозримом будущем не сможет занять решающие позиции в мировом производстве электроэнергии. Наиболее богатые перспективы отрасль сохранит в развивающихся странах, тогда как ее доля в большинстве развитых государств будет падать и вытесняться альтернативной энергетической отраслью. Скорее всего, доля АЭС в мировом энергетическом балансе сохранится на уровне не более 15%. Одним из основных политических противоречий в развитии «мирного атома» является потенциальная возможность использования мирных технологий в военных целях, причем имеющиеся контрольные механизмы затрудняют фиксацию границ между «мирным» и «немирным» атомом на начальных стадиях их трансформации. Однако нынешняя ситуация в сфере нераспространения относительно стабильна, среди подавляющего большинства стран в вопросе необходимости укреплять режим сохраняется единогласие.

Библиография

1. Ахтамзян А.А. Геополитика и энергетика России // Энергобезопасность и энергосбережение. 2007. № 2. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/geopolitika-i-energetika-rossii>
2. Боровский Ю.В. Политизация мировой энергетики // Международные процессы. Цикл расхождений в мировой политике. 2008. Т. 6. № 1. С. 16. URL: <http://www.intertrends.ru/sixteenth/002.htm>
3. Боровский Ю.В. Мировая система энергоснабжения. М., 2008. 296 с.
4. Ергин Д. Гарантировать энергетическую безопасность // Россия в глобальной политике. 2006. Т. 4. № 1. С. 59-60. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=24119407>
5. Жизнин С.З. Российская энергетическая дипломатия и международная энергетическая безопасность (геополитика и экономика) // Балтийский регион. 2010. № 1. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/rossiyskaya-energeticheskaya-diplomatiya-i-mezhdunarodnaya-energeticheskaya-bezopasnost-geopolitika-i-ekonomika>
6. Как строить экономно. URL: <http://atomicexpert.com/content/kak-stroit-ekonomno>
7. Миронов Н.В. Международная энергетическая безопасность. М., 2003. 165 с.
8. Урановый след // Промышленные страницы Сибири. № 101. Сентябрь 2015. URL: <http://www.epps.ru/journal/detail.php?id=1505>

9. Чернобыль: истинные масштабы аварии. URL: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2005/pr38/ru/>
10. Шестопалов П.В. Энергетическая безопасность: определение понятия и сущность // Бизнес в законе. 2012. № 5. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/energeticheskaya-bezopasnost-opredelenie-ponyatiya-i-suschnost>
11. Экономика АЭС: фокус на КВт/ч // Атомный эксперт. URL: <http://atomicexpert.com/content/ekonomika-aes-fokus-na-kvt-ch>
12. A Review of Research Relevant to New Build Nuclear Power Plants in the UK. Tyndall Centre for Climate Change Research. URL: https://www.foe.co.uk/sites/default/files/downloads/tyndall_evidence.pdf
13. Behrens Carl E. Nuclear Nonproliferation Issues // Congressional Research Service. 20.01.2006. P. 3-4. URL: <https://www.fas.org/sgp/crs/nuke/IB10091.pdf>
14. Berzero A., D'Alessandro M. The Oklo phenomenon as an analogue of radioactive waste disposal. A review. Commission of the European Communities, Brussels – Luxembourg, 1990. P. 72. URL: <http://bookshop.europa.eu/en/the-oklo-phenomenon-as-an-analogue-of-radioactive-waste-disposal.-a-review-pbCDNA12941/>
15. Bradsher K. Greater Danger Lies in Spent Fuel Than in Reactors // The New York Times. 17.03.2011. URL: http://www.nytimes.com/2011/03/18/world/asia/18spent.html?hp=&pagewanted=all&_r=0
16. Brook B.W., Bradshaw C.J.A. Key role for nuclear energy in global biodiversity conservation // Conservation Biology. 2015. Vol. 29. No. 3. P. 702-712. URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/cobi.12433/full>
17. Bunn G. The Nuclear Nonproliferation Treaty: History and Current Problems // Arms Control Today. 01.12.2003 URL: https://www.armscontrol.org/act/2003_12/Bunn
18. Chu S., Majumdar A. Opportunities and challenges for a sustainable energy future // Nature. 2012. Vol. 488. No. 7411. P. 302. URL: <http://chenv.sit.edu.cn/picture/article/29/1f/ee/90375b-bc48b4bec0d19a73e357c8/34971406-7954-44d2-b561-b3e5fe114504.pdf>
19. Crowley K. Are Nuclear Spent Fuel Pools Secure? // Council on Foreign Relations. Washington. DC. 07.06.2005. URL: <http://www.cfr.org/weapons-of-mass-destruction/nuclear-spent-fuel-pools-secure/p8967>
20. Evans-Pritchard A. Obama could kill fossil fuels overnight with a nuclear dash for thorium. The Telegraph. UK. 29.08.2010. URL: <http://www.telegraph.co.uk/finance/comment/7970619/Obama-could-kill-fossil-fuels-overnight-with-a-nuclear-dash-for-thorium.html>
21. ExternE, Externalities of Energy Vol. 5: Nuclear, Prepared by CERN. European Commission Directorate-General XII Science, Research and Development. Luxembourg, 1998. P. 5. URL: http://www.externe.info/externe_d7/sites/default/files/vol5.pdf
22. Feiveson H., Mian Z., Ramana M.V., von Hippel F. Managing nuclear spent fuel: Policy lessons from a 10-country study // Bulletin of the American Scientists. 27.06.2011. URL: <http://thebulletin.org/managing-nuclear-spent-fuel-policy-lessons-10-country-study>

23. Hansen J. et al. Assessing "dangerous climate change": required reduction of carbon emissions to protect young people, future generations and nature // *PloS one*. 2013. T. 8. No. 12. URL: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0081648>
24. Harris G. et al. Cost estimates for nuclear power in the UK // *Energy Policy*. 2013. Vol. 62. P. 431-442. URL: <https://workspace.imperial.ac.uk/icept/Public/Cost%20estimates%20for%20nuclear%20power%20in%20the%20UK.pdf>
25. Hibbs M. The future of the nuclear suppliers group // *Carnegie Endowment for International Peace*. 201. P. 2, 9. URL: http://carnegieendowment.org/files/future_nsg.pdf
26. Hirschberg S., Spiekerman G., Dones R. Severe Accidents in the Energy Sector. Paul Scherrer Institut, 2001. URL: http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/30/045/30045581.pdf
27. IPCC, 2011: Summary for Policymakers. In: *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation* / O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer, C. von Stechow (eds). Cambridge University Press. Cambridge. United Kingdom and New York. NY. USA. P. 20. URL: http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC_SRREN_SPM.pdf
28. Karakosta C. et al. Renewable energy and nuclear power towards sustainable development: Characteristics and prospects // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2013. Vol. 22. P. 187-197. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136403211300066X>
29. Kharecha P.A., Hansen J.E. Prevented mortality and greenhouse gas emissions from historical and projected nuclear power // *Environmental science & technology*. 2013. Vol. 47. No. 9. P. 4889-4895. URL: <http://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/es3051197>
30. Model Protocol Additional to the Agreement(s) Between State(s) and the International Atomic Energy Agency for the Application of Safeguards. URL: <https://www.iaea.org/publications/documents/infcircs/model-protocol-additional-agreements-between-states-and-international-atomic-energy-agency-application-safeguards>
31. Nuclear Energy in a Sustainable Development Perspective // Nuclear Energy Agency, OECD, 2000. P. 30-31. URL: <https://www.oecd-nea.org/ndd/docs/2000/nddsustdev.pdf>
32. OECD/NEA 2010, Comparing Nuclear Accident Risks with those from other energy sources. NEA. No. 6861. URL: <http://www.oecd-nea.org/ndd/reports/2010/nea6862-comparing-risks.pdf>
33. OECD/NEA/IEA 2015, Projected Costs of Generating Electricity // IEA. P. 6-7 URL: <https://www.iea.org/Textbase/npsum/ElecCost2015SUM.pdf>
34. Osnos E. Faust, China, and Nuclear Power. *New Yorker*. 12.10.2011.
35. Parenti C. Fukushima's Spent Fuel Rods Pose Grave Danger // *The Nation*. 15.03.2011. URL: <http://www.thenation.com/article/fukushimas-spent-fuel-rods-pose-grave-danger/>
36. Pfenninger S., Keirstead J. Comparing concentrating solar and nuclear power as baseload providers using the example of South Africa // *Energy*. 2015. Vol. 87. P. 303-314. URL:

https://www.pfenninger.org/publications-pdf/Pfenninger%20and%20Keirstead_2015_Comparing%20concentrating%20solar%20and%20nuclear%20power.pdf

37. Safety of Nuclear Power Reactors: Appendices. World Nuclear Association. URL: <http://www.world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/appendices/safety-of-nuclear-power-reactors-appendix.aspx>
38. Si Y. The World's Most Catastrophic Dam Failures: The August 1975 Collapse of the Banqiao and Shimantan Dams, in: Dai Qing et al, The River Dragon Has Come!: The Three Gorges Dam and the Fate of China's Yangtze River and Its People. P. 25-38.
39. Sustainable Energy // World Nuclear Association. URL: <http://www.world-nuclear.org/information-library/energy-and-the-environment/sustainable-energy.aspx>
40. Transport of Radioactive Materials // World Nuclear Association. URL: <http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/transport-of-nuclear-materials/transport-of-radioactive-materials.aspx>

Micro-political aspects of atomic energy development

Aleksandr A. Boiko

Postgraduate,

Department of world political processes,

Moscow State Institute of International Relations (University) of the MFA of Russia,

119454, 76 Vernadskogo av., Moscow, Russian Federation;

e-mail: alexiurs@gmail.com

Abstract

Nuclear energy plays a very important role in world politics and energy security. From the first years of implementation of this sector in the system of national economy much hope has been placed on it. It was believed that the "peaceful atom" will open a new milestone in the development of mankind, providing the world with cheap and virtually inexhaustible source of energy. However, the hopes did not come true – the construction and maintenance of nuclear power plants require large costs and serious scientific and engineering base. With the fall of fossil fuel prices in the late 1970s, the development of the "peaceful atom" became economically feasible. However, in 2000-ies in connection with the sharp rise in prices of hydrocarbons and growing concerns around climate change, the so-called nuclear renaissance began, which was not interrupted neither Fukushima nor the intentions of some developed countries to completely abandon nuclear power, no active opposition from environmental or-

ganizations. The nuclear industry in solving political, economic and environmental challenges at the domestic, international and global level has many advantages and disadvantages. For this reason, it increasingly will continue its active development in the industrial developing countries, which will increase the share of nuclear energy capacity not only to compensate or to prevent energy deficit and to curb the negative environmental changes, but also from a number of policy considerations, including those relating to prevailing standards in the field of non-proliferation regime.

For citation

Boiko A.A. (2016) Miropoliticheskie aspekty razvitiya atomnoi energetiki [Micro-political aspects of nuclear atomic development]. *Teorii i problemy politicheskikh issledovaniy* [Theories and Problems of Political Studies], 5 (6A), pp. 28-46.

Keywords

Atomic energy, peaceful atom, nuclear renaissance, world politics, climate change, energy security, non-proliferation.

References

1. A Review of Research Relevant to New Build Nuclear Power Plants in the UK. *Tyndall Centre for Climate Change Research*. Available at: https://www.foe.co.uk/sites/default/files/downloads/tyndall_evidence.pdf [Accessed 14/11/16].
2. Akhtamzyan A.A. (2007) Geopolitika i energetika Rossii [Geopolitics and energy of Russia]. *Energobezopasnost' i energosberezhenie* [Energy security and energy efficiency], 2. Available at: <http://cyberleninka.ru/article/n/geopolitika-i-energetika-rossii> [Accessed 16/11/16].
3. Behrens Carl E. (2006) Nuclear Nonproliferation Issues. *Congressional Research Service*, 20th Jan, pp. 3-4. Available at: <https://www.fas.org/sgp/crs/nuke/IB10091.pdf> [Accessed 14/11/16].
4. Berzero A., D'Alessandro M. (1990) The Oklo phenomenon as an analogue of radioactive waste disposal. *Commission of the European Communities*, p. 72. Available at: <http://bookshop.europa.eu/en/the-oklo-phenomenon-as-an-analogue-of-radioactive-waste-disposal.-a-review-pbCDNA12941/> [Accessed 12/11/16].
5. Borovskii Yu.V. (2008) *Mirovaya sistema energosnabzheniya* [The global system of energy supply]. Moscow.
6. Borovskii Yu.V. (2008) *Politizatsiya mirovoi energetiki* [The politicization of world energy]. *Mezhdunarodnye protsessy. Tsikl raskhozhdenii v mirovoi politike* [International processes. Cycle of differences in world politics], 1 (6), p. 16. Available at: <http://www.intertrends.ru/sixteenth/002.htm> [Accessed 14/11/16].

7. Bradsher K. (2011) Greater Danger Lies in Spent Fuel Than in Reactors. *The New York Times*, 17th March. Available at: http://www.nytimes.com/2011/03/18/world/asia/18spent.html?hp=&pagewanted=all&_r=0 [Accessed 11/11/16].
8. Brook B.W., Bradshaw C.J.A. (2015) Key role for nuclear energy in global biodiversity conservation. *Conservation Biology*, 3 (29), pp. 702-712. Available at: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/cobi.12433/full> [Accessed 14/11/16].
9. Bunn G. (2003) The Nuclear Nonproliferation Treaty: History and Current Problems. *Arms Control Today*, 01st Dec. Available at: https://www.armscontrol.org/act/2003_12/Bunn [Accessed 18/11/16].
10. *Chernobyl': istinnye masshtaby avarii* [Chernobyl: the true scale of the accident]. Available at: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2005/pr38/ru/> [Accessed 10/11/16].
11. Chu S., Majumdar A. (2012) Opportunities and challenges for a sustainable energy future. *Nature*, 7411 (488), p. 302. Available at: <http://chenv.sit.edu.cn/picture/article/29/1f/ee/90375bbc48b4bec0d19a73e357c8/34971406-7954-44d2-b561-b3e5fe114504.pdf> [Accessed 11/11/16].
12. Crowley K. (2005) Are Nuclear Spent Fuel Pools Secure? *Council on Foreign Relations. Washington, DC*, 07th June. Available at: <http://www.cfr.org/weapons-of-mass-destruction/nuclear-spent-fuel-pools-secure/p8967> [Accessed 14/11/16].
13. Ekonomika AES: fokus na KVt/ch [The economy of nuclear power plants: focus on KWh]. *Atomnyi ekspert* [Nuclear expert]. Available at: <http://atomicexpert.com/content/ekonomika-aes-fokus-na-kvt-chA> [Accessed 14/11/16].
14. Ergin D. (2006) Garantirovat' energeticheskuyu bezopasnost' [Ensure of the energy security]. *Rossiya v global'noi politike* [Russia in global politics], 1 (4), pp. 59-60. Available at: <http://elibrary.ru/item.asp?id=24119407> [Accessed 14/11/16].
15. Evans-Pritchard A. (2010) Obama could kill fossil fuels overnight with a nuclear dash for thorium. *The Telegraph. UK*, 29th August. Available at: <http://www.telegraph.co.uk/finance/comment/7970619/Obama-could-kill-fossil-fuels-overnight-with-a-nuclear-dash-for-thorium.html> [Accessed 14/11/16].
16. Extern E (1998) Externalities of Energy. In: *Nuclear, Prepared by CERN. European Commission Directorate-General XII Science, Research and Development. Luxembourg*, 5, p. 5. Available at: http://www.externe.info/externe_d7/sites/default/files/vol5.pdf [Accessed 10/11/16].
17. Feiveson H., Mian Z., Ramana M.V., von Hippel F. (2011) Managing nuclear spent fuel: Policy lessons from a 10-country study. *Bulletin of the American Scientists*, 27th June. Available at: <http://thebulletin.org/managing-nuclear-spent-fuel-policy-lessons-10-country-study> [Accessed 16/11/16].
18. Hansen J. et al. (2013) Assessing "dangerous climate change": required reduction of carbon emissions to protect young people, future generations and nature. *PloS one*, 12 (8). Available at: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0081648> [Accessed 16/11/16].

19. Harris G. et al. (2013) Cost estimates for nuclear power in the UK. *Energy Policy*, 62, pp. 431-442. Available at: <https://workspace.imperial.ac.uk/icept/Public/Cost%20estimates%20for%20nuclear%20power%20in%20the%20UK.pdf> [Accessed 13/11/16].
20. Hibbs M. (2001) The future of the nuclear suppliers group. *Carnegie Endowment for International Peace*, pp. 2, 9. Available at: http://carnegieendowment.org/files/future_nsg.pdf [Accessed 18/11/16].
21. Hirschberg S., Spiekerman G., Dones R. (2001) *Severe Accidents in the Energy Sector. Paul Scherrer Institut*. Available at: http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/30/045/30045581.pdf [Accessed 10/11/16].
22. IPCC, 2011: Summary for Policymakers. In: IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. In: O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer, C. von Stechow (eds). *Cambridge University Press. Cambridge. United Kingdom and New York. NY. USA*, p. 20. Available at: http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC_SRREN_SPM.pdf [Accessed 19/11/16].
23. *Kak stroit' ekonomno* [How to build economically]. Available at: <http://atomicexpert.com/content/kak-stroit-ekonomno> [Accessed 10/11/16].
24. Karakosta C. et al. (2013) Renewable energy and nuclear power towards sustainable development: Characteristics and prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22, pp. 187-197. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136403211300066X> [Accessed 15/11/16].
25. Kharecha P.A., Hansen J.E. (2013) Prevented mortality and greenhouse gas emissions from historical and projected nuclear power. *Environmental science & technology*, 9 (47), pp. 4889-4895. Available at: <http://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/es3051197> [Accessed 19/11/16].
26. Mironov N.V. (2003) *Mezhdunarodnaya energeticheskaya bezopasnost'* [International energy security]. Moscow.
27. *Model Protocol Additional to the Agreement(s) Between State(s) and the International Atomic Energy Agency for the Application of Safeguards*. Available at: <https://www.iaea.org/publications/documents/infcircs/model-protocol-additional-agreements-between-states-and-international-atomic-energy-agency-application-safeguards> [Accessed 18/11/16].
28. Nuclear Energy in a Sustainable Development Perspective (2000). *Nuclear Energy Agency, OECD*, pp. 30-31. Available at: <https://www.oecd-nea.org/ndd/docs/2000/nddsustdev.pdf> [Accessed 17/11/16].
29. OECD/NEA 2010, Comparing Nuclear Accident Risks with those from other energy sources. *NEA*, 6861. Available at: <http://www.oecd-nea.org/ndd/reports/2010/nea6862-comparing-risks.pdf> [Accessed 14/11/16].
30. OECD/NEA/IEA 2015, Projected Costs of Generating Electricity. *IEA*, pp. 6-7 Available at: <https://www.iea.org/Textbase/npsum/ElecCost2015SUM.pdf> [Accessed 16/11/16].
31. Osnos E. (2011) Faust, China, and Nuclear Power. *New Yorker*, 12th Oct.

32. Parenti C. (2011) Fukushima's Spent Fuel Rods Pose Grave Danger. *The Nation*, 15th March. Available at: <http://www.thenation.com/article/fukushimas-spent-fuel-rods-pose-grave-danger/> [Accessed 16/11/16].
33. Pfenninger S., Keirstead J. (2015) Comparing concentrating solar and nuclear power as base-load providers using the example of South Africa. *Energy*, 87, pp. 303-314. Available at: https://www.pfenninger.org/publications-pdf/Pfenninger%20and%20Keirstead_2015_Comparing%20concentrating%20solar%20and%20nuclear%20power.pdf [Accessed 13/11/16].
34. *Safety of Nuclear Power Reactors: Appendices*. World Nuclear Association. Available at: <http://www.world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/appendices/safety-of-nuclear-power-reactors-appendix.aspx> [Accessed 14/11/16].
35. Shestopalov P.V. (2012) Energeticheskaya bezopasnost': opredelenie ponyatiya i sushchnost' [Energy security: definition and essence]. *Biznes v zakone* [Business in law], 5. Available at: <http://cyberleninka.ru/article/n/energeticheskaya-bezopasnost-opredelenie-ponyatiya-i-suschnost> [Accessed 13/11/16].
36. Si Y. The World's Most Catastrophic Dam Failures: The August 1975 Collapse of the Banqiao and Shimantan Dams, in: Dai Qing et al, The River Dragon Has Come! *The Three Gorges Dam and the Fate of China's Yangtze River and Its People*, pp. 25-38.
37. Sustainable Energy. *World Nuclear Association*. Available at: <http://www.world-nuclear.org/information-library/energy-and-the-environment/sustainable-energy.aspx> [Accessed 14/11/16].
38. Transport of Radioactive Materials. *World Nuclear Association*. Available at: <http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/transport-of-nuclear-materials/transport-of-radioactive-materials.aspx> [Accessed 14/11/16].
39. Uranovyi sled [Uranium trace] (2015) *Promyshlennyye stranitsy Sibiri* [Industrial pages of Siberia], 101, Sept. Available at: <http://www.epps.ru/journal/detail.php?id=1505> [Accessed 14/11/16].
40. Zhiznin S.Z. (2010) Rossiiskaya energeticheskaya diplomatiya i mezhdunarodnaya energeticheskaya bezopasnost' (geopolitika i ekonomika) [Russian energy diplomacy and international energy security (geopolitics and economics)]. *Baltiiskii region* [Baltic region], 1. Available at: <http://cyberleninka.ru/article/n/rossiyskaya-energeticheskaya-diplomatiya-i-mezhdunarodnaya-energeticheskaya-bezopasnost-geopolitika-i-ekonomika> [Accessed 14/11/16].