

## АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ РАЗВИТИЯ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ В РОССИИ

Тамара Николаевна РЫЖИКОВА <sup>a\*</sup>, Татьяна Дмитриевна ЩЕПЕТИНА <sup>b</sup>,  
Дмитрий Юрьевич ЧУМАК <sup>c</sup>

<sup>a</sup> доктор экономических наук, профессор кафедры экономики и организации производства, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация  
tnr411@gmail.com  
ORCID: отсутствует  
SPIN-код: 2731-0990

<sup>b</sup> кандидат технических наук, начальник лаборатории перспективных концепций и прогнозирования, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва, Российская Федерация  
tds\_kiae@mail.ru  
ORCID: отсутствует  
SPIN-код: отсутствует

<sup>c</sup> кандидат экономических наук, экономист, АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС», Подольск, Московская область, Российская Федерация  
dcu1@mail.ru  
ORCID: отсутствует  
SPIN-код: отсутствует

\* Ответственный автор

### История статьи:

Получена 04.07.2018  
Получена в доработанном виде 16.07.2018  
Одобрена 27.07.2018  
Доступна онлайн 29.08.2018

УДК 338.001.36  
JEL: P52, Q43, Q57

### Ключевые слова:

энергоэффективность, энергообеспеченность, атомная энергетика, единичная мощность блока, атомные станции малой и средней мощности

### Аннотация

**Предмет.** Экономическая целесообразность, возможности и перспективы развития атомных станций малой и средней мощности в различных аспектах деятельности через энергетическую составляющую как для укрепления системы хозяйствования в районах Крайнего Севера и удаленных районов, так и для повышения внутреннего экономического потенциала страны, противодействия многочисленным и разнонаправленным угрозам, вызовам и рискам.

**Цели.** Исследовать сравнительные системные оценки перспектив развития атомных станций малой и средней мощности для выявления ключевых преимуществ относительно других энергетических источников на междисциплинарной основе. Исследовать возможности привлечения инвестиций в проекты создания атомных станций малой и средней мощности.

**Методология.** Использовались методы сравнительного и статистического анализа, методология управления государственно-частным партнерством, теория стейкхолдеров и методические принципы территориально-отраслевых крупномасштабных систем.

**Результаты.** Ведется работа по определению стратегических направлений развития региональных (территориальных) когенерационных атомных энергокомплексов. Определены основные проблемы формирования новых условий развития малой атомной энергетики в генерации энергии, а также ее роль и место в системе атомной энергетики на территориальном энергорынке. Рассмотрены подходы к привлечению инвестиций для развития атомных станций малой и средней мощности.

**Выводы.** Масштабные проекты, требующие горизонта планирования от 20 лет, могут проводиться только под прямым контролем государства с использованием методов государственно-частного партнерства и методологии территориально-отраслевых крупномасштабных систем.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2018

**Для цитирования:** Рыжикова Т.Н., Щепетина Т.Д., Чумак Д.Ю. Анализ экономических аспектов развития атомных станций малой и средней мощности в России // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2018. – Т. 17, № 8. – С. 1400 – 1413.  
<https://doi.org/10.24891/ea.17.8.1400>

## Введение

В декабре 1920 г. на VIII Всероссийском съезде Советов был одобрен государственный план электрификации России (ГОЭЛРО). В истории отечественной энергетики нет другого документа, который бы был так востребован в производственной, научной и социально-политической литературе и на который бы было столько ссылок. План ГОЭЛРО В.И. Ленин назвал второй программой партии и выдвинул всем известный лозунг: «Коммунизм – это есть Советская власть плюс электрификация всей страны».

Как бы иронично ни относились в те годы многие специалисты к этому документу, план ГОЭЛРО в октябре 1921 г. был подробно рассмотрен на 8-м электротехническом съезде, а в декабре 1921 г. был принят постановлением Совета народных комиссаров и утвержден IX Всероссийским съездом Советов. То есть план приобрел силу закона, обязательного к исполнению. Это был «ленинский план создания материальной основы социализма в нашей стране на базе ее электрификации, первый государственный план восстановления и социалистической реконструкции народного хозяйства Советской России на высшей технической основе», – писал руководитель комиссии по разработке плана ГОЭЛРО Г.М. Кржижановский [1, 2]. К составлению плана были привлечены более 200 деятелей науки и техники. План ГОЭЛРО стал одновременно и техническим, и финансовым, и социально-политическим планом возрождения России.

План ГОЭЛРО – это план развития не только энергетики, а экономики в целом. В нем предусматривалось строительство предприятий, обеспечивающих важнейшие стройки России всем необходимым, а также опережающее развитие электроэнергетики. Все эти запланированные и реализуемые стройки привязывались к планам развития территорий. В качестве примера можно привести Сталинградский тракторный завод, заложенный в 1927 г. Кроме того, началось освоение Кузнецкого угольного бассейна,

послужившее толчком к созданию нового промышленного района. Реализация плана ГОЭЛРО по времени совпала с новой экономической политикой, которая дала жизнь среднему и малому бизнесу (крупная промышленность осталась за государством). В качестве примера можно отметить создание крупного товарищества «Электропроизводство», которое объединило 24 мелкие подмосковные артели, и товарищество «Серена», объединившее 52 калужские артели, которые занимались возведением станций, протягиванием линий электропередачи, электрификацией предприятий. Правительство советской России поощряло инициативу в выполнении плана ГОЭЛРО. Те, кто занимался электрификацией, могли рассчитывать на налоговые льготы и кредиты от государства. При этом нормативная база, технический контроль и установление единых тарифов сохранились за правительством.

Политика поощрения государством предпринимательства привела к тому, что около половины генерирующих мощностей, которые были построены в соответствии с планом ГОЭЛРО, были созданы с привлечением сил и средств бизнеса. Это пример того, что сейчас называется государственно-частным партнерством, способствующим ускорению решения проблем, с которыми государство не могло справиться своими силами.

## Энергетические проблемы современной России

Как ни странно, сегодняшняя ситуация имеет много общего с началом прошлого века. В настоящее время существует риск экономической потери удаленных регионов страны на севере Сибири и на Дальнем Востоке. Население этих регионов стремительно сокращается, сворачиваются государственные северные программы, энергетические кризисы расшатывают и без того хрупкий хозяйственный механизм в районах с неблагоприятными природно-климатическими условиями. Кроме того, многие и не столь удаленные регионы имеют дефицит электроэнергии [3–5].

Половина наших регионов нуждается в дополнительных источниках энергии, и они расположены не только в труднодоступных районах, но и в центральной части (табл. 1). Данные представлены исходя из нынешних потребностей регионов, не учитывая их развития. Многие из этих регионов имеют разведанные, но не освоенные месторождения полезных ископаемых, также требующих энергообеспечения. Многие территории труднодоступны, поэтому одним из направлений электрификации может быть ядерная энергетика, не связанная с подвозом топлива и опережающим развитием инфраструктуры [4, 6–8]. Тем не менее к атомной энергетике имеется достаточно много вопросов. В том числе о ее экономической эффективности и безопасности<sup>1</sup> [9, 10].

### **Атомная энергетика: некоторые аспекты развития**

При развитии атомной энергетики могут быть поставлены вопросы либо о максимальной безопасности, либо о максимальной энергоэффективности АЭС, либо об их разумном компромиссе. В зависимости от постановки вопроса последуют различные стратегии достижения результата. Первый вариант вопросов возник после трех крупных аварий на АЭС (ТМІ-2<sup>2</sup> в США, Чернобыльской АЭС и Фукусимы); второй вариант постановки вопроса был актуален для начального этапа развития ядерной энергетики, тогда ставилась задача конкурентоспособности в сравнении с органической энергетикой; компромиссный вариант актуализируется в соответствии с нынешнем периодом «ренессанса» ядерной

энергетики, основанном на 60-летнем опыте развития [11, 12].

Стоит перечислить основные тенденции в коммерческой ядерной энергетике. На первоначальном, успешном этапе ее развития преобладала парадигма экономического соревнования АЭС с ТЭС. Приоритетным показателем считался минимум приведенных затрат. Оказавшись заложницей подобного соревнования, как марафонец со спринтерами, ядерная энергетика его не выиграла, а получила проблемы, существенно ухудшив свой имидж.

Тем не менее процесс повышения конкурентоспособности пошел по пути наращивания единичных мощностей энергоблоков АЭС. Безопасность обеспечивалась активными инженерными системами путем их неоднократного дублирования, что не удешевляло процесс. После аварии на ТМІ-2 ядерное сообщество начало задумываться, а затем (чернобыльская авария) и вовсе перешло к парадигме «безопасность – превыше всего», и привело к необходимости обеспечения безопасности в ущерб экономике.

Избыточность аварийных защитных систем привела к удорожанию как действующих, так и проектируемых АЭС. Если мы обратимся к проекту плавучей атомной станции «Академик Ломоносов» с реакторной установкой КЛТ-40С, то увидим, что за счет избыточной безопасности он утяжелился как весом, так и ценой.

В настоящее время невозможно выделить какое-либо направление развития ядерных технологий, которое бы решило все задачи, стоящие перед ядерной энергетикой. Тем не менее произошла очередная смена парадигмы развития – АЭС должны стать не только безопасными, но и конкурентными со всеми дешевыми альтернативами [12, 13].

Казалось бы, в настоящий период ядерная энергетика не должна жестко бороться за право существования всеми экономическими методами, так как ее развитие неизбежно. Мы редко можем встретить перспективный

<sup>1</sup> Алексеев П.Н., Субботин С.А., Удянский Ю.Н., Щепетина Т.Д. Состояние и перспективы развития проектов атомных станций малой и средней мощности // Сборник тезисов докладов XIII международной научно-практической конференции по атомной энергетике «Безопасность, эффективность, ресурс». Севастополь: Оргкомитет МНПК АЭ, 2017. С. 20–21.

<sup>2</sup> Авария на АЭС Три-Майл-Айленд (Three Mile Island Accident) – крупнейшая авария в истории коммерческой атомной энергетике США, произошедшая 28 марта 1979 г. на втором энергоблоке станции по причине своевременно не обнаруженной утечки теплоносителя первого контура реакторной установки и, соответственно, потери охлаждения ядерного топлива.

топливно-энергетический баланс, который бы реализовывался без ее участия.

Ход технического прогресса непрерывен, однако эпохальные открытия в виде прорывных технологий очень редки, поэтому основное развитие идет циклическими путями (маятники, спирали, синусоиды), то есть по пути улучшений и совершенствования существующих.

В настоящее время мы свидетели очередного витка в весьма ограниченной области – атомной энергетике. Целесообразным становится переход от атомных реакторов большой мощности снова к малым и средним мощностям, но уже на другом концептуальном уровне понимания их роли и места в энергосистеме государства.

Учитывая этот генезис, можно выделить этапы циклического процесса развития атомной энергетики, которые уже пройдены:

- начальный этап – военное применение реакторов малой мощности (подводные лодки, атомоходы и др.);
- коммерческое развитие – повышение мощности блоков до технически возможных пределов (1 200– 1500 МВт);
- перспективный этап – возврат к энергоблокам малой и средней мощности.

Путь от принципа разумной достаточности (ALARA в атомной энергетике) к методу мощностного страхования – это путь вначале более дорогой, поскольку удельные затраты за установленный киловатт атомной станции малой и средней мощности (АСММ) выше, чем для блоков большой мощности, а в будущем рисков и проблем становится меньше. При этом системная экономическая эффективность всего проекта (АСММ или другой энергоустановки) складывается с учетом всех сопряженных сфер деятельности и этапов жизненного цикла (аналогично тому, как оценивается себестоимость производства электроэнергии, включая топливную, эксплуатационную и капитальную составляющие и вывод из эксплуатации). Для ядерной энергетики это еще и специфика

топливного цикла, когда затратный период по топливу продолжается и после его выгрузки из реактора (обращение с отработавшим ядерным топливом). И зависит от выбора критерия экономической эффективности [12].

Очевидно, что в решении этих вопросов необходим процесс максимизации выгодных характеристик и минимизации затрат, так как показатели безопасности и показатели экономической эффективности лишь отчасти пересекаются, а чаще выставляют разнонаправленные (противоречивые) требования.

В настоящее время есть необходимость организовать завершение НИР, проведение ОКР и проектных работ для создания серии мобильных/плавающих и стационарных АСММ широкого мощностного ряда в диапазоне 1, 5–6, 10, 20, 50 МВт.

Вариации мобильного базирования ядерных энергетических установок должны учитывать, например, и нужды МЧС России (на пневмоколесной базе, железнодорожных платформах, гусеницах).

Как вновь возникающая подотрасль целостная система АСММ с инфраструктурой, аккумулируя все новшества, позволит решить как существующие проблемы отработавшего ядерного топлива, так и предотвратить их возникновение в будущем для широкомасштабной ядерной энергетики. Ее становление будет испытательным полигоном для инновационных технологий, ядерного топливного цикла, реакторостроения и сопряженных технологий для многопродуктового использования ядерной энергии. Повышение мощности блока как основной фактор снижения удельных капитальных вложений существенно усложняет проблему обеспечения его надежности и безопасности в условиях эксплуатации из-за ряда технико-технологических причин. Хотя при соревновательном увеличении мощности блоков имелось ввиду (предполагалось), что уровень надежности АЭС не будет снижаться.

В ряде расчетных исследований показано, что при учете только капитальных и текущих

затрат оптимальная электрическая мощность блока превышает 1 200 МВт, но при учете ущерба потребителей при аварийном простое АЭС, серийности и стандартизации блоков оптимальная мощность снижается до 600–800 МВт.

Сравнительная статистика видов генерации электроэнергии представлена в *табл. 2*. Как видно, атомная энергетика весьма перспективна, кроме того, строительство АЭС может обеспечить экономический рост, создание новых рабочих мест. Одно рабочее место при сооружении АЭС может создать около десяти рабочих мест в смежных отраслях и способствовать росту научных исследований и объемов экспорта высокотехнологичной продукции<sup>3</sup>. Одним из возможных решений может быть использование атомных станций малой и средней мощности вместо блоков большой мощности на основе принципа мощностного страхования.

Роль АСММ в данном аспекте может состоять в укреплении экономики депрессивных районов и даже выведении их в лидеры экономического и социального развития, создании очагов прочной хозяйственной деятельности. На наш взгляд, атомным энергоисточникам малой и средней мощности в удаленных регионах нет альтернативы.

Малый мирный атом в Арктике тоже может использоваться для защиты и отстаивания интересов, укрепления позиций страны и экономического могущества: обустроить Северный морской путь для активного функционирования, позволить использовать территорию для открытия трансполярных и кроссполярных авиатрасс и т.п.

Атомные станции малой и средней мощности способны повысить энергетическую безопасность на региональном и местном уровнях как в различных чрезвычайных ситуациях (подземные автономные АСММ), так и для диверсификации энергоснабжения.

Также на внешнем рынке АСММ помогут развивающимся странам стабилизировать

<sup>3</sup> Почему атомная энергетика? URL: <http://www.atomic-energy.ru/why-nuclear>

энергоснабжение и снять остроту нарастающих проблем с пресной водой, так как опреснение воды напрямую связано с энергообеспечением.

Немаловажен тот факт, что отрасль малого реакторостроения – высокотехнологичный государственный уклад, создает рабочие места и возможность прогресса в ряде смежных отраслей промышленности, обладает высоким экспортным потенциалом и тем самым повышает экономический потенциал и безопасность страны.

Советский атомный проект, который считается образцом государственного регулирования, был создан с привлечением сотен предприятий различных отраслей народного хозяйства. Он остается таким и по сей день, результаты деятельности Росатома и его стратегические планы хорошо известны. Однако Росатом – государственная корпорация<sup>4</sup>. Поэтому для сравнения приведем в пример ядерную энергетику Великобритании, которая развивалась на рыночных условиях.

В 1954 г. министерство снабжения Великобритании, под управлением которого были построены и введены в эксплуатацию первые реакторы, создало управление по атомной энергии (United Kingdom Atomic Energy Authority, UKAEA). Данному управлению были переданы все полномочия и функции по развитию атомной энергетики:

- обеспечение работы функционирующих к тому времени реакторов;
- НИОКР и строительство новых реакторов, а также предприятий, которые необходимы для их деятельности.

Данные проекты имели массу проблем, затрат, затем последовали реорганизации, приватизации, слияния и поглощения. Решая эти проблемы, Великобритания стала страной, которая подтвердила сложившееся к тому времени правило: атомный проект может быть

<sup>4</sup> Госкорпорация «Росатом» была создана 18 декабря 2007 г. Ее статус, цели и задачи, функции и полномочия определены в Федеральном законе от 01.12.2007 № 317-ФЗ «О Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом».

либо государственным, либо он будет деградировать, несмотря на первоначальные положительные результаты. Никакая частная бизнес-структура не может иметь горизонт планирования в десятки лет, а именно этого требует атомный проект, никакая частная бизнес-структура не будет вкладываться в НИОКР, продолжительность которых от 20–30 лет, так как основная ее задача – прибыль для компании, акционеров на более коротком этапе.

В данной ситуации возможно государственно-частное партнерство. Кроме того, целесообразны территориально-отраслевые крупномасштабные системы (ТОКС). В данной ситуации возможно государственно-частное партнерство. Кроме того, ТОКС – подкласс крупномасштабных систем, характеризующихся межотраслевым взаимодействием элементов, ограниченных заданными специализациями и распределенных по всей территории РФ, требующих для развития существенных затрат материальных, человеческих ресурсов и времени [14]. В рамках таких систем возможно развитие АСМСМ, способных дать толчок к развитию территорий.

Уровни ТОКС основных ведомств, которые должны быть представлены на любой территории, указаны в *табл. 3*.

Государство не в состоянии финансировать все, однако крупные федеральные программы могут решать комплексные задачи развития экономики в целом. В данном случае может использоваться финансовая модель коалиции участников в форме динамической системы. Данная модель может быть представлена в случае, если участники начинают взаимодействовать в один и тот же момент времени, или присоединяются к проекту по мере его реализации [14–16]. Безусловная проблема, возникающая в связи с этим, –

взаимосвязанное описание процессов, целей и задач всей совокупности элементов различных уровней детализации.

На *рис. 1* представлен контур такой системы и ее взаимосвязь с блоками стратегического развития, целеполагания и др. Основой развития на территориальном уровне может быть коалиционное инвестирование в создание малой атомной энергетической установки для получения синергетического эффекта в будущем от ее использования. При этом АСМСМ могут применяться на всех уровнях, поэтому важно получить представление об интересах участников и способах их воздействия на ситуацию, а также встроиться в общую систему.

### Выводы

Таким образом, перспективы использования АСМСМ вполне реальны. И здесь можно сделать следующие выводы:

- масштабные проекты, требующие горизонта планирования от 20 лет, могут проводиться только под прямым контролем государства, хотя государственно-частное партнерство возможно, как и привлечение бизнеса для выполнения сопутствующих этому процессу работ, так и поиск заинтересованности у министерств и ведомств;
- АСМСМ на сегодня – это практически единственный экологически чистый источник энергии, способный к применению в отдаленных районах, где невозможно или крайне затратно использовать другие источники энергии;
- получение экономических, экологических, социальных, научных результатов поможет сформировать некую «прибыльную зону», позволяющую государству в течение долгого времени коммерциализировать и монетизировать их.

**Таблица 1**  
**Рейтинг регионов по уровню энергодостаточности в 2017 г.**

**Table 1**  
**Rating of regions by energy sufficiency level in 2017**

Субъект Федерации	Производство электроэнергии за вычетом внутреннего потребления, млн кВт·ч	Производство / потребление, %
Тверская область	32 488,7	481,8
Саратовская область	29 331,7	324,9
Курская область	20 967,8	338,9
Смоленская область	18 719,3	391,9
Ростовская область	18 370	198,9
Красноярский край*	14 451	132,3
Санкт-Петербург и Ленинградская область	14 008,4	130,6
Костромская область	12 833,5	454,4
Свердловская область	11 907,9	127,8
Ставропольский край	10 856,6	204,1
Республика Хакасия	91 84,4	155,1
Воронежская область	7 810,1	177,8
Пермский край	6 917,8	128,5
Тюменская область, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, Ямало-Ненецкий автономный округ	6 782,1	107,2
Амурская область	6 298,5	175,8
Мурманская область	4 665	136,5
Волгоградская область	2 818,5	118,2
Калининградская область	2 679,1	160,4
Республика Саха (Якутия) (Южно-Якутский энергорайон)	1 293	167,8
Республика Бурятия	792	114,4
Республика Коми	695,3	107,7
Хабаровский край**	180,7	102,2
Чувашская Республика	150	103
Астраханская область	-255,8	94,1
Республика Алтай	-508	4,4
Республика Калмыкия	-581,4	6,3
Забайкальский край	-705,1	91
Республика Ингушетия	-734,4	0
Республика Тыва	-768,3	4,5
Карачаево-Черкесская Республика	-924	34,2
Архангельская область и Ненецкий автономный округ	-1 051,2	85,6
Рязанская область	-1 081	83,4
Кабардино-Балкарская Республика	-1 180,6	30,2
Самарская область	-1 188,3	94,9
Курганская область	-1 257,6	72
Псковская область	-1 444,6	35,5
Еврейская автономная область	-1 652,2	0
Орловская область	-1 674,8	41,2
Республика Мордовия	-1 757,4	45,9
Республика Северная Осетия – Алания	-1 835,5	14
Республика Марий Эл	-1 857,8	33,2
Ивановская область	-2 072,9	42
Новосибирская область	-2 159,3	86,5
Республика Дагестан	-2 272,9	65,1
Ярославская область	-2 373,6	71,3
Новгородская область	-2 420,2	45,7
Приморский край	-2 502,1	80,9
Тамбовская область	-2 561,2	28,1
Республика Карелия	-2 676	66,3

Чеченская Республика	-2 690,5	0,3
Алтайский край	-2 866,1	72
Кировская область	-2 913,1	60,2
Ульяновская область	-3 295,8	43,5
Республика Башкортостан	-3 431,3	87,4
Пензенская область	-3 826,2	23,3
Омская область	-3 851,9	64,4
Вологодская область	-3 976,9	70,9
Оренбургская область	-4 178,2	73,3
Брянская область	-4 404,3	0,5
Томская область	-4 671,5	42,7
Тульская область	-4 771,7	51,6
Республика Крым и Севастополь	-5 207,1	30
Иркутская область	-5 424,4	89,8
Владимирская область	-5 709,8	19,2
Удмуртская Республика	-6 381,9	35,1
Калужская область	-6 521,2	3,8
Кемеровская область	-6 690,9	78,7
Республика Татарстан	-7 345,2	74,7
Липецкая область	-7 573	39,6
Челябинская область	-7 991,4	77,3
Нижегородская область	-10 424,7	49,7
Белгородская область	-14 904,8	4,6
Краснодарский край и Республика Адыгея	-15 447,6	42,8
Москва и Московская область	-35 195,1	66,6

\* Без потребления электроэнергии Норильско-Таймырского энергоузла.

\*\* Без учета потребления электроэнергии Николаевского энергорайона.

Источник: РИА Рейтинг. URL: <http://riarating.ru/>

Source: RIA Rating. URL: <http://riarating.ru/>



**Таблица 2**  
**Сравнительная статистика видов генерации электроэнергии**

**Table 2**  
**Comparative statistics of electricity generation types**

Показатель	ТЭС			АЭС	ГЭС	ВЭС	СЭС
	уголь	нефть	газ				
Относительная стоимость электроэнергии, руб./кВт	2,8	2,3	2,3	2,2	1	4,9	10
Продолжительность надежного энергоснабжения, лет	270	45	60	55 (3 300*)	Неограниченно долго		
Занимаемая площадь (отчуждение земли), км <sup>2</sup> /1 000 МВт	2,4	0,87	1,5	0,63	270	170	100
Уровень смертности** (чел./ГВт·ч)	100	36	4	0,09	1,4	0,15	0,44
Выбросы углекислого газа при производстве 1 кВт·ч****	1 290	990	1 234	30	410	75	279
Годовые выбросы оксидов серы*** станции 1 000 МВт, тыс. т	140	98	0,013	0	0	0	0
Годовые выбросы оксидов азота*** станции 1 000 МВт, тыс. т	21	22	12	0	0	0	0

\* При условии использования новых технологий – реакторов на быстрых нейтронах и переработки топлива.

\*\* По данным Forbes, 2012.

\*\*\* Эти показатели зависят от множества условий, поэтому приведены для ориентировки. Не учтены также выбросы, относящиеся к добыче/транспортировке топлива и производству оборудования. Если приплюсовать их, то минимальное выделение углекислого газа – у ГЭС и АЭС.

\*\*\*\* По данным МАГАТЭ (Nuclear power & Sustainable Development, 2016).

Источник: Почему атомная энергетика? URL: <http://www.atomic-energy.ru/why-nuclear>

Source: *Pochemu atomnaya energetika?* [Nuclear energy: Why?].

URL: <http://www.atomic-energy.ru/why-nuclear> (In Russ.)

**Таблица 3**  
**Крупномасштабные территориально-отраслевые системы (ТОКС)**

**Table 3**  
**Large-scale territorial and industry-specific system development**

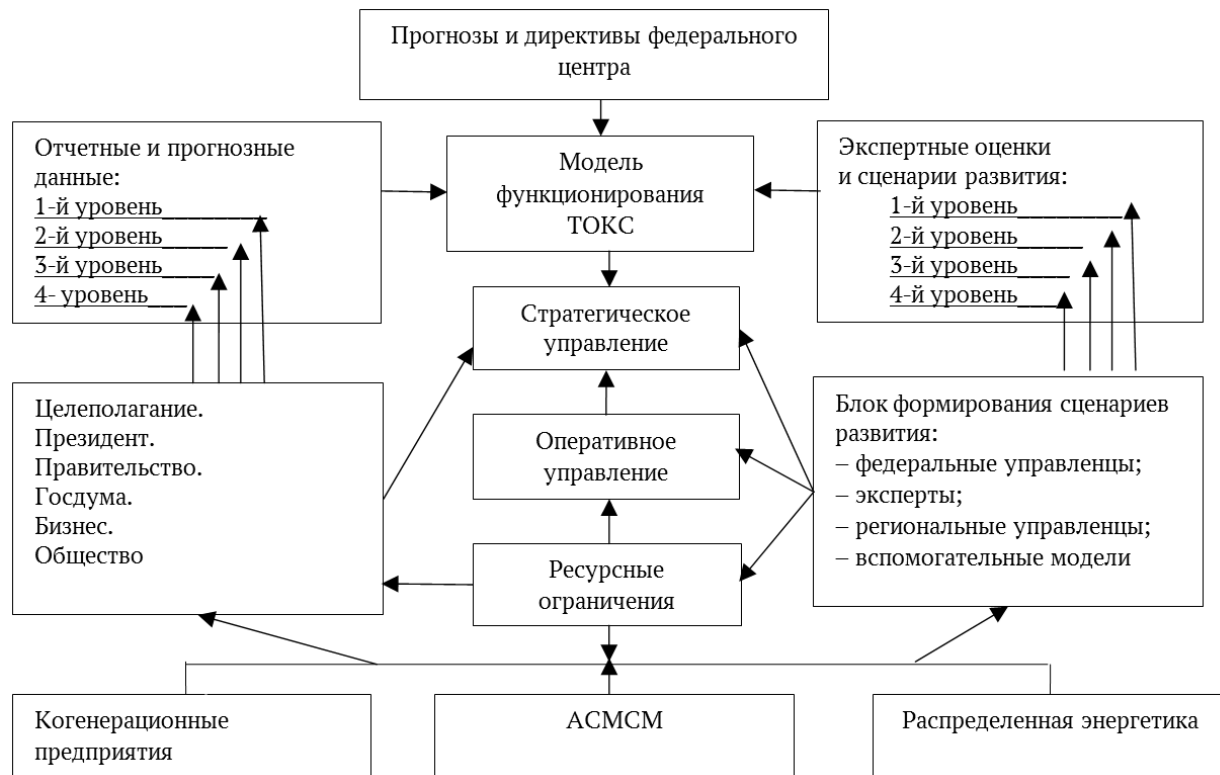
<b>Территориально-отраслевые системы</b>	<b>1-й уровень</b>	<b>2-й уровень</b>	<b>3-й уровень</b>	<b>4-й уровень</b>
Здравоохранение	Федеральный центр – регионы	Медицинская специализация	Территориально-административное деление	Организационно-структурное деление
Образование	Федеральный центр – регионы	Уровень и специализация	Территориально-административное деление	Организационно-структурное деление
МЧС	Федеральный центр – регионы	Уровень и специализация	Территориально-административное деление	Организационно-структурное деление
Министерство обороны	Федеральный центр – регионы	Рода войск	Территориально-административное деление	Организационно-структурное деление
Транспорт	Федеральный центр – регионы	Виды транспорта	Территориально-административное деление	Организационно-структурное деление
Сельское хозяйство	Федеральный центр – регионы	Специализация	Территориально-административное деление	Организационно-структурное деление

*Источник:* авторская разработка

*Source:* Authoring

**Рисунок 1**  
**Контур развития ТОКС**

**Figure 1**  
**Contour of large-scale system development**



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

### Список литературы

1. Бушуев В.В. От плана ГОЭЛРО – к Энергетической стратегии России // Энергетик. 2010. № 12. С. 5–7.
2. Борисов В.Н., Почукаева О.В. Инновационное развитие машиностроения // Проблемы прогнозирования. 2013. № 1. С. 38–51.
3. Симчера В.М. Развитие экономики России за 100 лет: 1900–2000. Исторические ряды, вековые тренды, институциональные циклы. М.: Наука, 2006. 585 с.
4. Любушин Н.П., Бабичева Н.Э., Усачев Д.Г., Шустова М.Н. Генезис понятия «устойчивое развитие экономических систем различных иерархических уровней» // Региональная экономика: теория и практика. 2015. № 48. С. 2–14.  
URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/genezis-ponyatiya-ustoychivoe-razvitie-ekonomicheskikh-sistem-razlichnyh-ierarhicheskikh-urovney>
5. Пяткова Н.И. и др. Энергетическая безопасность России: проблемы и пути решения / отв. ред. Н.И. Воропай. Новосибирск: СО РАН, 2011. 198 с.
6. Клейнер Г.Б. Государство – Регион – Отрасль – Предприятие: Каркас системной устойчивости экономики России // Экономика региона. 2015. № 2. С. 50–57.

7. Клейнер Г.Б. Какая экономика нужна России и для чего? Опыт системного исследования // Вопросы экономики. 2013. № 10. С. 4–27.
8. Любушин Н.П., Черкасова О.Г. Реализация системного подхода в экономическом анализе региона // Региональная экономика: теория и практика. 2012. № 30. С. 2–8.  
URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/realizatsiya-sistemnogo-podhoda-v-ekonomicheskom-analize-razvitiya-regiona>
9. Алексеев П.Н., Субботин С.А., Стукалов В.А., Щепетина Т.Д. Система атомных станций малой мощности как фактор национальной безопасности // Академия энергетики. 2015. № 2. С. 74–79.
10. Щепетина Т., Удянский Ю., Чумак Д. Исследование и классификация рисков и их источников по полному жизненному циклу проектов в ядерной энергетике // Инновационное проектирование. 2014. № 8. С. 56–69.
11. Forsberg C.W., Pickard P.S., Peterson P.F. Molten-Salt-Cooled Advanced High-Temperature Reactor for Production of Hydrogen and Electricity. *Nuclear Technology*, 2003, vol. 144, no. 3, pp. 289–302. URL: <http://fhr.nuc.berkeley.edu/wp-content/uploads/2014/09/АНТР.Nuclear.Technology.Article.May20.2003.pdf>
12. Щепетина Т.Д. К проблеме повышения КПД ВВР: «стоит ли стричь поросенка?»  
URL: <https://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=1968>
13. Чумак Д.Ю., Щепетина Т.Д. Классификация риска как необходимый элемент управления в проектах ядерной энергетике // Атомная энергия. 2014. Т. 116. Вып. 2. С. 108–113.
14. Управление крупномасштабными системами / под ред. А.Д. Цвиркуна. М.: Физматлит, 2012. 496 с.
15. Рыжикова Т.Н. Угрозы для бизнеса: теории, методы, предположения // Стратегии бизнеса. 2013. № 1. С. 73–78. URL: <https://doi.org/10.17747/2311-7184-2013-1-73-78>
16. Рыжикова Т.Н. Маркетинг инноваций: проблемы инновационного развития // Экономика. Налоги. Право. 2015. № 4. С. 11–17.

### **Информация о конфликте интересов**

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

## ANALYZING THE ECONOMIC ASPECTS OF SMALL AND MEDIUM CAPACITY NUCLEAR PLANT DEVELOPMENT IN RUSSIA

Tamara N. RYZHIKOVA<sup>a,\*</sup>, Tat'yana D. SHCHEPETINA<sup>b</sup>, Dmitrii Yu. CHUMAK<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation  
tnr411@gmail.com  
ORCID: not available

<sup>b</sup> National Research Center Kurchatov Institute, Moscow, Russian Federation  
tds\_kiae@mail.ru  
ORCID: not available

<sup>c</sup> OKB GIDROPRESS, Podolsk, Moscow Oblast, Russian Federation  
dcu1@mail.ru  
ORCID: not available

\* Corresponding author

### Article history:

Received 4 July 2018  
Received in revised form  
16 July 2018  
Accepted 27 July 2018  
Available online  
29 August 2018

**JEL classification:** P52, Q43,  
Q57

**Keywords:** energy efficiency,  
energy security, nuclear  
power, unit capacity, nuclear  
plant

### Abstract

**Importance** The article considers the economic feasibility, opportunities and prospects for small and medium capacity nuclear plant development in various aspects of activity through the energy component.

**Objectives** The purpose of the study is to explore comparative system-based estimates of development prospects for small and medium-size nuclear power plants to unveil key advantages in relation to other energy sources on an interdisciplinary basis, to review the possibilities of attracting investment in projects for small and medium-sized nuclear power plant creation.

**Methods** The study rests on comparative and statistical analysis, methodology for public-private partnership management, stakeholders theory, and methodological principles of territorial and industry-specific large-scale systems.

**Results** We defined basic problems related to small nuclear power development, its role and place in the system of nuclear energy in the territorial power market, its significance in territorial development. The paper considers approaches to investment attraction to small and medium-sized nuclear power plant projects.

**Conclusions** Large-scale projects requiring over 20-year planning horizon should be implemented only under direct control of the State and methods of public-private partnership and territorial and industry-specific large-scale systems.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2018

**Please cite this article as:** Ryzhikova T.N., Shchepetina T.D., Chumak D.Yu. Analyzing the Economic Aspects of Small and Medium Capacity Nuclear Plant Development in Russia. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2018, vol. 17, iss. 8, pp. 1400–1413.  
<https://doi.org/10.24891/ea.17.8.1400>

### References

1. Bushuev V.V. [From the GOELRO plan to the Energy Strategy of Russia] *Energetik*, 2010, no. 12, pp. 5–7. (In Russ.)
2. Borisov V.N., Pochukaeva O.V. [Innovative development of mechanic engineering]. *Problemy prognozirovaniya = Problems of Forecasting*, 2013, no. 1, pp. 38–51. (In Russ.)
3. Simchera V.M. *Razvitie ekonomiki Rossii za 100 let: 1900–2000. Istoricheskie ryady, vekovye trendy, institutsional'nye tsikly* [Development of the economy of Russia for 100 years: 1900–2000. Historical series, century-old trends, institutional cycles]. Moscow, Nauka Publ., 2006, 585 p.

4. Lyubushin N.P., Babicheva N.E., Usachev D.G., Shustova M.N. [Genesis of the concept of sustainable development of economic systems of various hierarchical levels]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika = Regional Economics: Theory and Practice*, 2015, no. 48, pp. 2–14. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/genezis-ponyatiya-ustoychivoe-razvitiye-ekonomicheskikh-sistem-razlichnyh-ierarhicheskikh-urovney> (In Russ.)
5. Pyatkova N.I. et al. *Energeticheskaya bezopasnost' Rossii: problemy i puti resheniya* [Energy security in Russia: Problems and solutions]. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2011, 198 p.
6. Kleiner G.B. [State – Region – Field – Enterprise: Framework of Economics System Stability of Russia]. *Ekonomika regiona = Economy of Region*, 2015, no. 2, pp. 50–57. (In Russ.)
7. Kleiner G.B. [What kind of economy does Russia need and for what purpose? An attempt of system research]. *Voprosy Ekonomiki*, 2013, no. 10, pp. 4–27. (In Russ.)
8. Lyubushin N.P., Cherkasova O.G. [Implementing the systems approach in the economic analysis of the region]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika = Regional Economics: Theory and Practice*, 2012, no. 30, pp. 2–8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/realizatsiya-sistemnogo-podhoda-v-ekonomicheskom-analize-razvitiya-regiona> (In Russ.)
9. Alekseev P.N., Subbotin S.A., Stukalov V.A., Shchepetina T.D. [The system of nuclear power stations of low capacity as a factor of national security]. *Akademiya energetiki*, 2015, no. 2, pp. 74–79. (In Russ.)
10. Shchepetina T., Udyanskii Yu., Chumak D. [A study and classification of risks and their sources for the full project life cycle in the nuclear energy sector]. *Innovatsionnoe proektirovanie*, 2014, no. 8, pp. 56–69. (In Russ.)
11. Forsberg C.W., Pickard P.S., Peterson P.F. Molten-Salt-Cooled Advanced High-Temperature Reactor for Production of Hydrogen and Electricity. *Nuclear Technology*, 2003, vol. 144, no. 3, pp. 289–302. URL: <http://fhr.nuc.berkeley.edu/wp-content/uploads/2014/09/AHTR.Nuclear.Technology.Article.May20.2003.pdf>
12. Shchepetina T.D. *K probleme povysheniya KPD VVR: 'Stoit li strich' porosenka?'* [On the problem of improving the efficiency of boiling water reactor: 'Is it worth trimming a piglet?']. URL: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=print&sid=1968> (In Russ.)
13. Chumak D.Yu., Shchepetina T.D. [Risk classification as a necessary element of control in nuclear power projects]. *Atomnaya energiya*, 2014, vol. 116, iss. 2, pp. 108–113. (In Russ.)
14. *Upravlenie krupnomasshtabnymi sistemami* [Managing the large-scale systems]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2012, 496 p.
15. Ryzhikova T.N. [Threats to business: Theories, methods, assumptions]. *Strategii biznesa*, 2013, no. 1, pp. 73–78. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.17747/2311-7184-2013-1-73-78>
16. Ryzhikova T.N. [Innovation marketing: Problems of innovative development]. *Ekonomika. Nalogi. Pravo = Economics. Taxes. Law*, 2015, no. 4, pp. 11–17. (In Russ.)

### Conflict-of-interest notification

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.