

## АТОМНЫЕ СТАНЦИИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ НА АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ: ВОПРОСЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСОБРАЗНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

А. О. Пименов, Д. Г. Куликов, А. П. Васильев, Н. А. Молоканов  
АО «НИКИЭТ» (Москва, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 30 ноября 2018 г.

*Специфика организации энергоснабжения удаленных и труднодоступных территорий главным образом обусловлена отсутствием крупных локальных потребителей электроэнергии и низкой единичной мощностью (до десятка мегаватт). Как правило, ситуация осложняется сезонной доступностью и низким уровнем развития транспортной инфраструктуры. Возможные пути комплексного решения вопросов энергетики – либо расширение зоны центрального энергоснабжения, либо децентрализация и диверсификация генерирующих мощностей. В статье рассмотрены вопросы организации децентрализованной энергетической сети с использованием малых атомных станций. Приведен краткий анализ вариантов локального энергоснабжения с использованием атомной энергии, оценена конкурентная среда, приведены основные технико-экономические показатели и представлено краткое описание разрабатываемых в настоящее время объектов малой атомной генерации, их экономические показатели.*

**Ключевые слова:** *распределенная энергетика, атомная станция малой мощности, экономическая эффективность генерации.*

### Введение

Ключевые проблемы и специфика энергоснабжения удаленных и труднодоступных территорий складываются главным образом из отсутствия крупных локальных потребителей электроэнергии и низкой единичной мощности типового потребителя (до десятка мегаватт). Зачастую ситуация осложняется сезонной доступностью и низким уровнем развития транспортной инфраструктуры. Возможные глобальные пути комплексного решения вопросов энергетики — это расширение зоны сетевого энергоснабжения либо децентрализация и диверсификация

генерирующих мощностей. Зона централизованного энергоснабжения в нашей стране занимает немногим больше трети общей площади, и дальнейшее ее расширение с учетом специфики удаленных регионов, климатических условий и стоимости развития центральной энергосистемы нецелесообразно. Схема децентрализованной энергетической сети может быть построена на основе традиционных дизель-электрических станций, на возобновляемых энергетических источниках и с использованием атомной генерации. Эксплуатация дизель-электрических станций отягощается значительной логистической составляющей в структуре стоимости топлива и, как следствие, высокими эксплуатационными затратами и себестоимостью генерации.

### **Экономическая целесообразность использования возобновляемых источников электроэнергии**

В последние годы технологии преобразования солнечной и ветровой энергии демонстрируют рост экономической эффективности. Себестоимость киловатта солнечной энергии только за последние полтора года упала в полтора раза и показывает устойчивую тенденцию к снижению. Доля солнечной энергетики в общей энерговыработке Единой энергетической системы (ЕЭС) России в 2016 г. составила 0,044%, при этом средний коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) для солнечной электростанции составил 13,13%. Ветроэнергетические установки (ВЭУ) наиболее распространены в странах Западной Европы, США, Индии и Китае. Доля ВЭУ в общей энерговыработке ЕЭС России в 2016 г. составила 0,013%, при этом средний КИУМ для ветроэлектрической станции составил 5,25%.

К недостаткам существующих методов альтернативной генерации можно отнести низкую эффективность преобразования, высокую зависимость от климатических условий и значительную площадь отчуждаемых территорий, непроработанность вопросов утилизации солнечных модулей. Природно-климатические условия, характерные для северных регионов нашей страны, делают затруднительным повсеместное внедрение электрогенерирующих мощностей, основанных на преобразовании солнечной, ветровой или приливной энергии. Полноценным — надежным и безопасным — решением проблемы дефицита электроэнергии является развертывание локальных генерирующих сетей на базе атомных энергоисточников.

Основное назначение ядерных энергетических источников, включая малые, — электроснабжение населения и промышленности. За редким исключением в виде проектов атомных станций теплоснабжения на базе бассейновых или растворных реакторов все представленные в печати проекты предназначены для генерации электрической энергии.

Целесообразность создания малых атомных энергетических источников зависит от целого ряда факторов и должна быть индивидуально рассмотрена для каждого из потенциальных мест размещения. Среди таких факторов могут быть необходимость наличия локального источника надежного и независимого энергоснабжения для объектов оборонного и стратегического значения, возможность обеспечения конкурентных преимуществ в сравнении с альтернативными для региона методами генерации и обеспечение стратегических целей Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» по выпуску нового продукта для российского и международного рынков и повышению доли на формируемых международных рынках малой атомной генерации.

Экономическая целесообразность создания атомных станций малой мощности (АСММ) в краткосрочной перспективе согласно современным проектам и в рамках существующей нормативной правовой базы атомной энергетики может быть достигнута за счет серийного заводского производства крупноблочных элементов станции благодаря существенному снижению максимальных уровней капитальных и эксплуатационных затрат. Уже в настоящее время АСММ при размещении в зонах децентрализованного энергоснабжения способны конкурировать с альтернативными для региона методами генерации, в первую очередь с дизель-электрическими станциями в районах со значительной логистической составляющей стоимости энергоносителей, а также с дотационной энергетикой от возобновляемых источников энергии с учетом их фактического КИУМ.

Помимо экономических показателей среди преимуществ использования малых атомных источников можно отметить следующие:

- Снижение эмиссии парниковых газов за счет замены существующих энергетических мощностей, основанных на сжигании органического топлива. В соответствии с Киотским протоколом, дополнительным документом к рамочной конвенции об изменении климата, ратифицированным большинством стран, определены количественные обязательства по сокращению выбросов в атмосферу шести типов газов. При развитии рынка торговли эмиссионными квотами на загрязнение окружающей среды атомная энергогенерация может получить дополнительное преимущество за счет снижения обязательных отчислений, дополнительных дотаций и роста интереса частных инвесторов к малой ядерной энергетике.
- Снижение времени возведения АЭС за счет модульности энергоустановки и ограничения работ по капитальному строительству на площадке размещения. Ввиду ограниченной транспортной доступности потенциальных регионов размещения АСММ и связанных с этим логистических сложностей поставка оборудования должна осуществляться в виде отдельных модулей с ограниченными массогабаритными характеристиками. Модульный подход к организации АСММ позволяет существенно сократить время на монтажные и пусконаладочные работы на площадке размещения.
- Возможность оперативного наращивания генерируемых мощностей за счет размещения дополнительных модулей. Увеличение установленной мощности путем размещения на подготовленной площадке дополнительных блоков (модулей) АСММ возможно параллельно с ростом энергопотребления.
- Возможность реализации серийного производства с полным циклом заводской отработки и испытаний. Серийное производство типовых поставочных модулей при масштабной реализации АСММ и при-

## Новые технологии освоения Арктики

- емо-сдаточные испытания в заводских условиях позволят существенно повысить качество монтажа и снизить сроки строительства на площадке размещения и себестоимость объекта.
- Снижение специальных требований к площадке размещения (климатических, социальных). Массогабаритные характеристики, заводское изготовление модулей АСММ и сокращение объемов капитального строительства на площадке размещения позволяют говорить о снижении специальных требований к месту размещения станции. Предполагается отсутствие сопутствующих ядерно опасных работ на площадке размещения и высокий уровень безопасности и защищенности от внешних воздействий позволяет располагать АСММ в непосредственной близости от населения.
  - Возможность транспортировки сверхмалых АСММ в подготовленном к работе состоянии. Оборудование АСММ мегаваттного и субмегаваттного класса заводского изготовления может поставляться единым модулем с компактно размещенными ядерным энергетическим источником и системой образования энергии.

### Обеспечение экологической безопасности АСММ

Атомная станция отличается от любого промышленного объекта тем, что при аварии на атомном объекте в окружающую среду могут попасть радиоактивные элементы, являющиеся результатом жизнедеятельности атомной станции и потенциально представляющие серьезную опасность для окружающей среды и населения. Принятые в современных проектах АСММ технические решения направлены на исключение выхода радиоактивных материалов за пределы станции и на обеспечение соблюдения всех требований природоохранного и санитарно-гигиенического законодательства России.

Концепция обеспечения экологической безопасности основывается на принципах экологической и радиационной безопасности:

- экологическая безопасность — состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия атомной станции, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий;
  - радиационная безопасность населения — состояние защищенности настоящего и будущего поколений людей от вредного для здоровья воздействия ионизирующего излучения.
- Критерии обеспечения экологической безопасности устанавливаются в соответствии со следующими основными принципами:
- облучение персонала и населения в регионе атомной станции не должно превышать пределов, установленных российскими природоохранными и санитарно-гигиеническими нормативными документами;

- нерадиационные факторы воздействия на население и окружающую среду не должны превышать критериев, установленных российскими природоохранными и санитарно-гигиеническими нормативными документами;
  - обеспечение радиационной безопасности человека и радиозэкологической безопасности окружающей природной среды является основной задачей при проектировании АСММ;
  - оценка влияния АСММ на окружающую природную среду выполняется с учетом перечня всех технических и организационных мероприятий по предотвращению или снижению отрицательного воздействия атомных станций на биосферу.
- Экологическая безопасность современных проектов АСММ обеспечивается за счет:
- применения системы физических барьеров безопасности, включающей: топливную матрицу, оболочку твэла, герметичный первый контур, страховочный корпус, локализирующую арматуру, защитную оболочку; каждый физический барьер спроектирован с учетом требований нормативной документации, регулирующей безопасность в области использования атомной энергии; в проекте предусматриваются технические средства и меры по контролю за состоянием физических барьеров и их защите;
  - применения в составе реакторных установок (РУ) реакторов интегрального типа, что обеспечивает компактность оборудования и сред, имеющих естественную или наведенную радиоактивность, и повышает надежность установки за счет сокращения коммуникаций, находящихся под давлением теплоносителя первого контура;
  - использования широкого спектра технических средств безопасности для предотвращения перерастания аварийных ситуаций в аварии и уменьшения их возможных последствий пассивного принципа действия, т. е. вводимых в действие без вмешательства оператора и не требующих этого вмешательства по крайней мере в течение как минимум первых 72 часов после возникновения аварии;
  - использования своевременной утилизации эксплуатационных радиоактивных отходов, уменьшения (лимитов) объемов хранения и исключения накопления эксплуатационных радиоактивных отходов (РАО);
  - применения замкнутых циклов использования рабочих сред при вентиляции и кондиционировании воздуха помещений РУ, при охлаждении оборудования систем РУ;
  - использования в конструкции РУ малоактивируемых конструкционных материалов, обеспечивающих низкий уровень их наведенной активности в течение всего срока эксплуатации РУ;
  - решения комплекса вопросов по снятию с эксплуатации АС.



Рис. 1. Транспортабельная АСММ с газоохлаждаемым реактором АТГОР  
Fig. 1. A transportable SNPP with the ATGOR gas-cooled reactor

### Варианты проектов АСММ

НИКИЭТ в инициативном порядке ведет работу по проектированию РУ АСММ малой и средней мощности. В основе этих проработок лежит опыт института в области проектирования, изготовления и эксплуатации транспортных ядерных энергетических установок для объектов различного назначения. Сегодня перечень решений института по локальному энергообеспечению охватывает весь диапазон мощностей — от установок мегаваттного класса до верхнего диапазона малых мощностей. С точки зрения фактической реализации проектов АСММ наибольшие сложности возникают в ходе обоснования и обеспечения правового регулирования при создании «нетиповых» объектов атомной генерации. К ним в первую очередь относятся установки с нетрадиционными видами топливной композиции или теплоносителя, а также нестандартного исполнения: мобильные, плавучие или транспортируемые.

Транспортабельная гибридная атомная станция малой мощности с ядерным газоохлаждаемым реактором (АТГОР) в качестве основного источника тепла дополнительно оснащена установкой резервного и пускового энергоснабжения на органическом топливе. В системе преобразования тепла в электрическую энергию предполагается использовать газотурбинную установку на базе серийно выпускаемых газотурбинных двигателей с разомкнутым циклом (рис. 1).

Область применения РУ АТГОР видится в качестве источника электроэнергии для оборонных объектов в Арктике, а также отдаленных пунктов, не подключенных к Единой энергосистеме России. Электрическая мощность — от 0,2 до 8 МВт в зависимости от комплекта поставки. Поставка предусмотрена в виде транспортируемых модулей на колесной платформе. Проработана концепция создания транспортабельной АСММ, выполнена предварительная технико-экономическая оценка.

Блочная транспортабельная энергоустановка «Витязь» мегаваттного класса предназначена для локального энергообеспечения потребителя в ре-

гионах с децентрализованным энергоснабжением (рис. 2). Проект предусматривает поставку в виде функциональной и готовой к эксплуатации атомной станции в составе четырех транспортабельных модулей, компактно размещенных на колесных платформах высокой проходимости. В основе разработки лежит интегральный водо-водяной реактор. Тепловая мощность энергоустановки — 6 МВт. Электрогенерацию обеспечивают две серийные турбогенераторные установки российского производства.

Возможна организация теплоснабжения в режиме когенерации. Особенности проекта — минимальные сроки ввода и вывода из эксплуатации и сниженные требования к площадке размещения. Референтность основных технических решений обеспечена находящимися в эксплуатации объектами.

Атомная станция малой мощности с реакторной установкой ШЕЛЬФ — это семейство атомных энер-



Рис. 2. Транспортируемый модуль с реакторной установкой ВИТЯЗЬ на базе полуприцепа  
Fig. 2. Transportable module with reactor installation VITYAZ on the semi-trailer basis

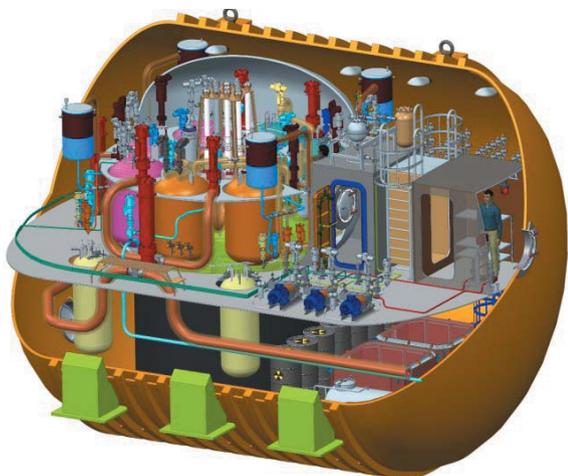


Рис. 3. Энергетическая капсула с реакторной установкой ШЕЛЬФ  
Fig. 3. Energy capsule with the SHELF reactor facility

гоисточников различного исполнения на базе унифицированной реакторной установки (рис. 3). АСММ с реакторной установкой ШЕЛЬФ предназначена для обеспечения потребителя в удаленных и труднодоступных регионах. АСММ обеспечивает электрогенерацию на уровне 6,6 МВт при тепловой мощности энергоблока 28 МВт.

Трехконтурная водоохлаждаемая реакторная установка УНИТЕРМ отвечает самым современным требованиям по безопасности, надежности и экологической чистоте (рис. 4). Она разрабатывалась из соображений обеспечения максимально возможного уровня естественной безопасности.

Серийно изготовленная и испытанная в заводских условиях модульная реакторная установка, привезенная на место эксплуатации, в течение длительного времени (до 15 лет) может работать без перегрузки активной зоны, а затем вывозится на завод для перезарядки или утилизации по окончании срока службы и заменяется новым модулем со свежим топливом.

В процессе автономной работы мощность реакторной установки АСММ УНИТЕРМ самостоятельно меняется в зависимости от нагрузки, задаваемой потребителем без ограничения числа маневрируемой мощностью.

Полное соответствие АСММ УНИТЕРМ требованиям нормативных документов, а также требованиям МАГАТЭ к перспективным атомным станциям позволяет отнести АСММ УНИТЕРМ к числу инновационных проектов, внедрение которых могло бы содействовать успешному решению задачи развития энергетической инфраструктуры и экономики регионов России с децентрализованным энергоснабжением.

Современные АЭС малой мощности с корпусными кипящими реакторами КАРАТ-45, КАРАТ-100 и ВК-300 разработаны на базе и с учетом опыта работы действующего реактора ВК-50, работающего в ГНЦ

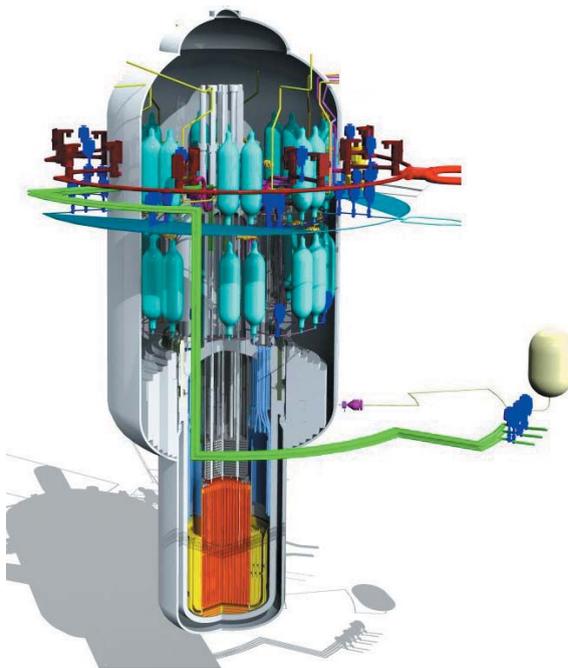


Рис. 4. Реакторная установка повышенной безопасности УНИТЕРМ  
Fig. 4. UNITHERM enhanced-safety reactor facility

НИИАР с 1964 г. Практически все схемные и технические решения для разрабатываемых РУ КАРАТ-45 и КАРАТ-100 являются идентичными. Электрическая мощность одноблочной АСММ с кипящим реактором типа КАРАТ — 45/100 МВт. Атомная теплоэлектроцентраль (АТЭЦ) с кипящим корпусным реактором (ККР) предназначена для производства электрической энергии и тепла в виде пара и горячей воды в режиме когенерации (рис. 5). Технические решения, принятые в проекте, и уникальные свойства внутренней безопасности позволяют использовать АТЭЦ с ККР в качестве базовой установки для развития региональной и локальной энергетики. Текущая стадия разработки: технические предложения кипящих корпусных аппаратов КАРАТ-45 и КАРАТ-100, материалы технического проекта ККР ВК-300.

Наряду с первоочередными вопросами надежности и безопасности большое внимание в НИКИЭТе уделяется объектам использования атомной энергии и обеспечению их конкурентоспособности. Современный этап характеризуется внедрением в процесс экономических оценок и исследований стоимостно-ориентированных подходов, методов стоимостного инжиниринга и комплексного управления стоимостью (Total Cost Management — TCM).

Учтены отчисления в резервы по нормативам, установленным в процентах от выручки: в резерв на обеспечение ядерной, радиационной, технической и пожарной безопасности, резерв на обеспечение физической защиты, учета и контроля ядерных ма-



Рис. 5. Общий вид энергоблока с кипящим корпусным реактором (БЩУ – блочный щит управления)  
Fig. 5. General view of a power unit with a boiling-water pressure vessel reactor (БЩУ – Main control room)

териалов, резерв для финансирования затрат по захоронению РАО, резерв на обеспечение вывода из эксплуатации. Резерв на обеспечение вывода из эксплуатации носит целевой накопительный характер. Накопленные средства идут на финансирование работ по выводу объекта из эксплуатации по окончании его жизненного цикла.

Капитальные вложения в АСММ на базе реакторной установки ШЕЛЬФ для головного энергоблока с учетом его размещения в сценарных условиях Арктики составляют 6,7 млрд руб., для серийного — 5,2 млрд руб. (без НДС в ценах 2016 г. без учета затрат на НИОКР, транспортировку, строительство вспомогательных зданий и сооружений, первоначальную топливную загрузку). Эксплуатационные затраты при этом составят 540 млн руб./год (для серийного — 494 млн руб./год). Общая себестоимость генерации электрической энергии на головном блоке — 14,3 руб./кВт·ч, на серийном — 13,2 руб./кВт·ч.

Предварительная оценка себестоимости генерации АСММ с реакторной установкой УНИТЕРМ, также размещенной в условиях Арктики и арктического шельфа России, составляет 17,0 руб./кВт·ч.

Значительно более высокую эффективность и конкурентоспособность показывают более мощные энергетические блоки малых атомных станций при их размещении на европейской территории России: 2,17 руб./кВт·ч для электрической и 1259 руб./Гкал для тепловой энергии на энергоблоке с кипящим корпусным реактором КАРАТ-45. Себестоимость генерации на КАРАТ-100 по предварительным оценкам составит 1,86 руб./кВт·ч

и 1078 руб./Гкал за электрическую и тепловую энергию соответственно.

Приведенные расчетные результаты хорошо иллюстрируют тенденцию роста себестоимости генерации электрической энергии на атомной станции за счет увеличения удельных капиталовложений (т. е. затраты в денежном выражении, приходящиеся на единицу мощности, например на 1 МВт) с уменьшением установленной мощности энергоисточника. В этой связи на сегодня зона экономически эффективного использования атомных энергетических источников мегаваттного и субмегаваттного класса существенно ограничена за счет высоких (до 30 руб./кВт·ч и выше для установок ВИТЯЗЬ, АТГОР) показателей себестоимости.

В рамках предварительной проектной проработки были рассмотрены варианты реализации головных образцов АСММ на территории России. С учетом реально достижимых в настоящее время экономических показателей для наших проектов это в первую очередь опорные зоны развития на арктических территориях страны. В различное время были проработаны вопросы локального энергоснабжения с использованием АТЭС в Архангельской области, энергообеспечения Чаун-Билибинского энергетического узла, тепло- и электроснабжения мощностей горно-обогатительного комбината «Павловское», локальные энергетические вопросы на предприятиях промышленности.

Помимо генерации электрической энергии большая часть разрабатываемых в институте установок способна работать в режиме когенерации —

## Новые технологии освоения Арктики

с одновременным отпуском тепловой и электрической энергии. Возможность организации отдельного контура теплоснабжения помимо повышения эффективности и потребительских свойств атомной станции за счет повышения КПД позволяет эффективно использовать «бросовое» тепло как для организации систем опреснения и водоочистки, так и для создания пристанционных аграрных хозяйств — агробиокомплексов.

Основу агробиокомплекса будут составлять теплицы карнаского типа, легко собираемые из многослойных блоков с утеплителем, покрытых снаружи материалом, защищающим от внешних климатических условий. В них можно выращивать широкий спектр сельскохозяйственных культур с использованием современных автоматизированных систем управления процессами. Кроме производства традиционной аграрной продукции агробиокомплексы могут быть оснащены различными модулями: биореактором для производства микроводоросли (спирулина) в качестве природного источника белка (до 60—70%), а также модулем замкнутого биологического цикла для переработки всех образующихся органических отходов.

Комплексное решение (тепло- и электроснабжение, водоочистка и пристанционный агрокомплекс) позволит существенно повысить уровень жизни и доступность качественной сельскохозяйственной продукции в удаленных и арктических регионах без привязки к климатическим условиям.

### Заключение

Применение АСММ позволит автономно, эффективно и надежно обеспечить электроэнергетическое и тепловое снабжение опорных зон, а также гражданских и оборонных объектов в удаленных и труднодоступных районах Заполярья, Крайнего Севера, материковой зоны и архипелагов Арктики.

Российские проектные и исследовательские организации накопили значительный опыт разработки и эксплуатации реакторных установок различной мощности, в том числе транспортных энергетических установок, наиболее схожих с объектами малой атомной энергетики по потребительским параметрам, режиму эксплуатации и диапазону мощностей.

АО «НИКИЭТ» обладает всеми необходимыми компетенциями, технологиями, специалистами и кооперационными связями по всему циклу создания АСММ от технического задания до поставки на место эксплуатации.

Несмотря на это, конструктивный и технологический облик атомной станции малой мощности для серийной реализации, а также правовая база для ее эксплуатации на сегодня не сформированы. Полноценная проработка и создание опытно-демонстрационных энергетических объектов на базе инновационных разработок возможны только при государственном участии. Сегодня же большая часть работ по малой атомной энергетике ведется инициативными группами за счет ограниченного объема собственных средств исследовательских институтов и главным образом направлена на повышение коммерческой привлекательности существующих проектов с расчетом на потенциального внешнего заказчика.

Работа выполнена в инициативном порядке за счет собственных средств предприятия.

### Литература

1. Прогноз развития энергетики мира и России до 2040 года / Ин-т энергет. исслед. РАН; Аналит. центр при Правительстве РФ. — М., 2014. — URL: <https://www.eriras.ru/files/prognoz-2040.pdf>.
2. Гольцов Е. Н., Гречко Г. И., Куликов Д. Г. и др. Малая атомная энергогенерация // Арктич. ведомости: Информ.-аналит. журн. — 2017. — № 4 (23). — С. 44—53.
3. Пименов А. О., Куликов Д. Г., Гольцов Е. Н., Гречко Г. И. Энергообеспечение в Арктике: Перспективы и проблематика развития малой атомной генерации в качестве источника энергоснабжения месторождений и удаленных объектов // Деловой журн. NEFTEGAZ.RU. — 2018. — № 1. — С. 24—29.
4. Драгунов Ю. Г., Шишкин В. А., Гречко Г. И., Гольцов Е. Н. Малая ядерная энергетика: задачи и ответы // Атом. энергия. — 2011. — Т. 111, вып. 5. — С. 293—297.
5. Гольцов Е. Н., Гречко Г. И., Куликов Д. Г. и др. Автономные атомные энергоисточники для энергообеспечения объектов Министерства обороны РФ // Нац. оборона. — 2017. — № 9 (183). — С. 42—43.
6. Гольцов Е. Н., Гречко Г. И., Куликов Д. Г. и др. Об инновационных проектах атомных станций малой мощности для автономного энергообеспечения объектов // Тр. 12-й Международной конференции и выставки по освоению ресурсов нефти и газа российской Арктики и континентального шельфа стран СНГ (RAO / CIS Offshore 2015). 15—18 сентября 2015 года, Санкт-Петербург. — СПб.: Химиздат, 2015. — 658 с.

### Информация об авторах

Пименов Александр Олегович, кандидат технических наук, заместитель генерального директора по стратегическому управлению и инновационным проектам — руководитель Центра ответственности по частному проекту БРЕСТ-ОД-300, АО «НИКИЭТ» (107140, Россия, Москва, Малая Красносельская ул., д. 2/8), e-mail: pimenov@nikiet.ru.

**Куликов Денис Германович**, главный конструктор реакторных установок атомных станций малой мощности, АО «НИКИЭТ» (107140, Россия, Москва, Малая Красносельская ул., д. 2/8), e-mail: d.kulikov@nikiet.ru.

**Васильев Альберт Петрович**, кандидат физико-математических наук, главный научный сотрудник, АО «НИКИЭТ» (107140, Россия, Москва, Малая Красносельская ул., д. 2/8), e-mail: avasiliev@nikiet.ru.

**Молоканов Николай Анатольевич**, начальник отдела технико-экономического анализа, АО «НИКИЭТ», (107140, Россия, Москва, Малая Красносельская ул., д. 2/8), e-mail: molokanov@nikiet.ru.

### Библиографическое описание данной статьи

Пименов А. О., Куликов Д. Г., Васильев А. П., Молоканов Н. А. Атомные станции малой мощности на арктических территориях: вопросы экономической целесообразности и экологической безопасности // Арктика: экология и экономика. — 2019. — № 2 (34). — С. 120—128. — DOI: 10.25283/2223-4594-2019-2-120-128.

---

## SMALL NUCLEAR POWER PLANTS IN THE ARCTIC REGIONS: ISSUES OF ECONOMIC FEASIBILITY AND ENVIRONMENTAL SAFETY

Pimenov A. O., Kulikov D. G., Vasilyev A. P., Molokanov N. A.

JSC NIKIET (Moscow, Russian Federation)

The work was performed in a proactive manner at the expense of the company's own funds.

The article was received on November 30, 2019

### Abstract

The specifics of power supply in remote and hard-to-reach territories is mainly due to the absence of major local electricity consumers and low unit capacity (up to 10 MW). As a rule, the situation is complicated by seasonal accessibility and underdevelopment of the transport infrastructure. Potentially, power supply issues can be comprehensively addressed either by expanding the centralized power supply area, or by decentralizing and diversifying the generating capacity. Renewable power generation has demonstrated over recent years a growth in economic efficiency but the natural and climatic conditions typical of northern territories hamper widespread deployment of electricity generating facilities based on conversion of solar, wind or tidal energy. The article deals with the organization of a decentralized power grid using small nuclear power plants (SNPP). The economic feasibility of creating an SNPP in the short term can be achieved through the serial factory production of the plant large-block elements thus significantly reducing maximum levels of capital and operating costs. Already, as of today, SNPPs, when deployed in the decentralized power supply zones are able to compete with diesel-electric plants in the areas with substantial logistic component of the energy cost. By all means the potentiality of radioactive elements' release into the environment as the operation process result makes a nuclear plant different from conventional facilities. The article describes the approaches to ensure environmental safety. A brief analysis of local power supply options using atomic energy as per JSC NIKIET's designs is also presented, the competitive environment is evaluated, the main technical and economic indicators are given, and small nuclear generation facilities developed today are described shortly along with their economic indices.

**Keywords:** *distributed power, small nuclear power plant, generation efficiency.*

### References

1. Prognoz razvitiya energetiki mira i Rossii do 2040 goda. [Predicted Evolution of Power Globally and in Russia until 2040]. In-t energet. issled. RAN; Analit. tsentr pri Pravitel'stve RF. Moscow, 2014. Available at: <https://www.eriras.ru/files/prognoz-2040.pdf>. (In Russian).
2. Gol'tsov E. N., Grechko G. I., Kulikov D. G., Pimenov A. O., Tretyakov I. T. Malaya atomnaya energogeneratsiya. [Small Nuclear Power Generation]. Arktich. vedomosti: Inform.-analit. zhurn, 2017, no. 4 (23), pp. 44—53. (In Russian).
3. Pimenov A. O., Kulikov D. G., Gol'tsov E. N., Grechko G. I. Energoobespechenie v Arktike: Perspektivy i problematika razvitiya maloi atomnoi generatsii v kachestve istochnika energosnabzheniya mestorozhdenii i udalennykh ob'ektov. [Power supply in the Arctic Region. Prospects and problems of the small nuclear generation evolution as a source of power supply for

deposits and remote sites] Delovoi zhurn. NEFTEGAZ. RU, 2018, no. 1, pp. 24—29. (In Russian).

4. Dragunov Yu. G., Shishkin V. A., Grechko G. I., Gol'tsov E. N. Malaya yadernaya energetika: zadachi i otvety. [Small Nuclear Power: Challenges and Answers]. Atom. energiya, 2011, vol. 111, iss. 5, pp. 293—297. (In Russian).

5. Gol'tsov E. N., Grechko G. I., Kulikov D. G., Pimenov A. O., Dunaitsev A. A. Avtonomnye atomnye energoistochniki dlya energoobespecheniya ob'ektov Ministerstva oborony RF. [Independent nuclear power sources for power supply to installations of the Russian Federa-

tion Ministry of Defense]. Nats. oborona, 2017, no. 9 (183), pp. 42—43. (In Russian).

6. Gol'tsov E. N., Grechko G. I., Kulikov D. G., Nikel' K. A., Pimenov A. O., Tret'yakov I. T. Ob innovatsionnykh proektakh atomnykh stantsii maloi moshchnosti dlya avtonomnogo energoobespecheniya ob'ektov. [On innovative designs of small nuclear power plants for autonomous power supply to facilities]. Tr. 12-i Mezhdunarodnoi konferentsii i vystavki po osvoeniyu resursov nefi i gaza rossiiskoi Arktiki i kontinental'nogo shel'fa stran SNG (RAO. CIS Offshore 2015). 15—18 sentyabrya 2015 goda, Sankt-Peterburg. St. Petersburg, Khimizdat, 2015, 658 p. (In Russian).

### Information about the authors

*Pimenov Aleksandr Olegovich*, PhD of Engineering Science, Deputy Director General for Strategic Management and Innovative Designs — Head of the Responsibility Center for the BREST-OD-300 Project, JSC NIKIET (2/8, Malaya Krasnoselskaya st., Moscow, Russia, 107140), e-mail: pimenov@nikiet.ru.

*Kulikov Denis Germanovich*, Chief Designer for Small Nuclear Power Plants, JSC NIKIET (2/8, Malaya Krasnoselskaya st., Moscow, Russia, 107140), e-mail: d.kulikov@nikiet.ru.

*Vasilyev Albert Petrovich*, PhD of Physical and Mathematical Sciences, Chief Researcher, JSC NIKIET (2/8, Malaya Krasnoselskaya st., Moscow, Russia, 107140), e-mail: avasiliev@nikiet.ru.

*Molokanov Nikolay Anatolyevich*, Head of the Technical and Economic Analysis Department, JSC NIKIET (2/8, Malaya Krasnoselskaya st., Moscow, Russia, 107140), e-mail: molokanov@nikiet.ru.

### Bibliographic description

*Pimenov A. O., Kulikov D. G., Vasilyev A. P., Molokanov N. A.* Small Nuclear Power Plants in the Arctic Regions: Issues of Economic Feasibility and Environmental Safety. Arctic: Ecology and Economy, 2019, no. 2 (34), pp. 120—128. DOI: 10.25283/2223-4594-2019-2-120-128. (In Russian).

© Pimenov A. O., Kulikov D. G., Vasilyev A. P., Molokanov N. A., 2019