

УДК 621.039

DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2026.2.03>
Оригинальная статья / Original paper

Концепция атомной станции малой мощности «СВГТ Арктика» как решение задачи энергообеспечения удаленных арктических районов

А.Г. Вербицкий, Ю.В. Ошейко, И.В. Тормышев, В.М. Троянов

АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»,

249033 Россия, Калужская обл., г. Обнинск, пл. Бондаренко, 1

Реферат. Представлена концепция атомных станций малой мощности (АСММ) применительно к решению задачи энергообеспечения удаленных арктических районов. Концепция опирается на опыт эксплуатации реакторных установок (РУ) с теплоносителем свинец-висмут на атомных подводных лодках (АПЛ) проектов 645, 705 и 705К, опыт разработки технического проекта РУ СВБР-100 и опыт разработки и эксплуатации авиационных и других газотурбинных двигателей открытого цикла. В основе концепции АСММ лежит сочетание атомного реактора с естественной (безнасосной) циркуляцией свинцово-висмутового теплоносителя (СВТ) в первом контуре и газотурбинного (ГТУ) преобразователя во втором. Рассмотрены как общие положения концепции, так и частные, касающиеся отдельных элементов АСММ, а также монтажа и эксплуатации станции. Для определения характерных параметров АСММ и ее элементов авторами в 2021–2022 гг. в АО «ГНЦ РФ – ФЭИ» были проведены предварительные расчетные работы. В статье авторы на основании выполненного анализа делают попытку сформулировать комплекс базовых технических требований к АСММ с РУ, использующей СВТ и ГТУ в открытом воздушном цикле, и представить комплекс принципиальных технических решений для реализации концепции.

Ключевые слова: атомная станция малой мощности, свинцово-висмутовый теплоноситель, автономная энергетика, газотурбинный преобразователь.

Для цитирования: Вербицкий А.Г., Ошейко Ю.В., Тормышев И.В., Троянов В.М. Концепция атомной станции малой мощности «СВГТ Арктика» как решение задачи энергообеспечения удаленных арктических районов. *Известия вузов. Ядерная энергетика.* 2026;2:45–54. DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2026.2.03>

Введение

В силу ряда своих весьма привлекательных свойств РУ с СВТ привлекали внимание научных и конструкторских организаций на протяжении десятилетий. Комплекс базовых технических требований к энергоблоку АСММ, сформулированных в данной

© Вербицкий А.Г., Ошейко Ю.В., Тормышев И.В., Троянов В.М., 2026

статье, недостижим ни в каких РУ в рамках традиционных концепций, если не применить изложенных здесь технических решений. В статье авторы делают попытку представить комплекс принципиальных технических решений для длительного автономного энергоснабжения потребителей в отдаленных и труднодоступных регионах, включая арктические, островные и маловодные.

Для определения характерных параметров АСММ и ее элементов авторами в 2021 – 2022 гг. в АО «ГНЦ РФ – ФЭИ» были проведены предварительные расчетные работы [1].

Известно, что свыше 80% площади России относится к зоне децентрализованного энергоснабжения, где электрогенерация осуществляется либо за счет добываемых непосредственно на месте энергоресурсов, либо за счет поставки топлива по государственным программам [2].

В 1960 – 1970 гг. были предприняты попытки энергообеспечения отдаленных и труднодоступных регионов с помощью атомных реакторов. Примером служит Билибинская АЭС, созданная под научным руководством АО «ГНЦ РФ – ФЭИ». Вместе с тем комплекс технических решений, заложенных в реакторные установки Билибинской АЭС, привел к тому, что эксплуатационный персонал станции и члены их семей стали составлять значительную долю населения поселка Билибино; и после снижения спроса на электроэнергию со стороны региональной промышленности станция в значительной мере стала работать на нужды обеспечения работоспособности станции. Современные разработки плавучих установок с реакторами КЛТ-40С (ПЭБ «Академик Ломоносов») и РИТМ-200 в отличие Билибинской АЭС ориентированы на вахтовый метод работы персонала; но даже при таком подходе численность сменного персонала составляет уровня 0,7 чел./МВт эл., а с учетом ремонтного персонала – выше 1 чел./МВт эл. – как у блоков гигаваттного класса.

Другой подход был предложен более 50-ти лет назад при разработке атомных энергоустановок ТЭС-3 [3] – предельно малолюдная технологическая схема.

В настоящее время Российская Федерация развертывает группировку сил и средств для радиолокационного, гидрологического, навигационного обеспечения присутствия в полярных районах. «Зеленые» энергоисточники (ветер, Солнце и др.) могут служить в составе автономных сетей лишь в качестве вспомогательных. Поэтому для надежного энергоснабжения вновь возводимых объектов в Арктике необходимо либо создавать инфраструктуру обеспечения органическим топливом, либо в сжатые сроки разработать и внедрить атомные энергоисточники, способные длительно работать в автономном режиме [2 – 4].

В качестве комплекса технических решений, обеспечивающего малолюдную оперативную эксплуатацию, малолюдные пусковые и ремонтные процедуры, специалистами АО «ГНЦ РФ – ФЭИ» был выбран атомный реактор с естественной (безнасосной) циркуляцией свинцово-висмутового теплоносителя в первом контуре и газотурбинным преобразователем во втором. Данное сочетание позволяет привозить и вывозить ядерно- и радиационно опасные материалы в герметичном корпусе первого контура, зафиксированными в замороженном теплоносителе. В результате энергоблок «СВГТ Арктика» поставляется с запасом топлива на весь срок службы и с ним же вывозится по окончании эксплуатации. На месте размещения энергоблока не остается временных складов или долгосрочных пунктов хранения радиоактивных материалов. Эксплуатационная температура свинцово-висмутового теплоносителя позволяет использовать в качестве энергопреобразователя газотурбинную уста-

новку, что упрощает эксплуатационную схему и позволяет размещать энергоблок в маловодных районах и районах с экстремальными холодами.

Кроме того для арктических условий очень важным для обеспечения безопасности является сохранение целостности технологических контуров ядерной энергетической установки в условиях снижения температуры ниже нуля градусов. Это также может быть обеспечено в случае применения в первом контуре реакторной установки свинцово-висмутового теплоносителя, имеющего нулевое изменение объема при плавлении (затвердевании), а в качестве теплоносителя второго контура и рабочего тела газотурбинного преобразователя энергии – атмосферного воздуха. Это важно также при отсутствии воды для охлаждения конденсатора турбины в случае использования пароводяного цикла. При этом отсутствуют требования к специальной инфраструктуре на всех этапах жизненного цикла (включая прямую и обратную транспортировку реакторного моноблока вместе с топливом и теплоносителем) по поддержанию плюсовой температуры для исключения нарушения герметичности оборудования и выхода радиоактивности при «замораживании (размораживании)».

Отсутствие избыточного давления в реакторе и выделения водорода, в сочетании с упомянутым выше свойством СВТ исключает аварии с выбросом радиоактивности и необходимости эвакуации населения, что позволяет размещать атомную станцию малой мощности в непосредственной близости от населенного пункта и использовать ее также и для теплоснабжения. Исключение теплоотводной аварии, при которой возможно повреждение активной зоны, обеспечивается всережимной естественной циркуляцией (ЕЦ) теплоносителя (насосы отсутствуют) и постоянным отводом тепла через корпус реактора к атмосферному воздуху при его ЕЦ, что обеспечивает полностью пассивное расхолаживание реактора в случае нарушения нормальных условий эксплуатации при небольшой потере мощности в условиях нормальной эксплуатации. Реакторный моноблок с загруженным топливом и «замороженным» теплоносителем в принципе может безопасно транспортироваться в готовом виде на площадку АСММ и вывозиться на завод после окончания кампании (20 лет) и необходимой выдержки для перегрузки топлива, однако в настоящее время это не предусматривается нормами и правилами – явных запретов нет, но совмещение в одном изделии функционала корпуса реактора и транспортно-упаковочного контейнера является отдельной сложной инженерной задачей.

АСММ такого типа способна функционировать в автоматическом режиме следования за нагрузкой без постоянного присутствия оперативного персонала на площадке станции.

Предполагается, что АСММ «СВГТ Арктика» будет иметь мощностной ряд 0,5 МВт эл., 1 МВт эл. и 2 МВт эл.

Основные положения концепции АСММ «СВГТ Арктика»

Общие положения

1. Требования к АСММ вытекают из условий региона размещения предлагаемой АЭС. АСММ предназначены для размещения в арктических регионах России, где отсутствует промышленная инфраструктура, с температурами окружающего воздуха до -70°C , отсутствием стабильных источников воды для охлаждения оборудования, т.е.

должны использовать в качестве конечного поглотителя тепла атмосферный воздух. Кроме выработки электроэнергии должна быть предусмотрена выработка тепловой энергии для отопления промышленных и бытовых объектов. Электрическая мощность АЭС составляет 0,5 – 2 МВт эл., отпуск тепловой энергии составляет 3 – 9 Гкал/час.

АСММ должна быть максимально простой по схеме и составу оборудования, иметь минимальное количество систем безопасности, что возможно при высоком уровне внутренней самозащищенности РУ, работать в автоматическом режиме без постоянного обслуживания. Должны быть обеспечены продолжительность кампании без перегрузки топлива на месте не менее 10 – 15-ти лет, транспортировка реактора с загруженным топливом и теплоносителем на площадку размещения, передислокация на другую площадку и вывоз его по окончании срока службы на завод-поставщик вместе с отработавшим топливом.

2. В арктических условиях недостаток свинцово-висмутowego теплоносителя – сравнительно высокая температура затвердевания (~125°C) из недостатка (по сравнению с водой) превращается в важное достоинство – отсутствие изменения объема при затвердевании (плавлении) может стать определяющим для обоснования безопасной транспортировки реакторного блока вместе со свежим и отработавшим топливом (ОЯТ) в «замороженном» теплоносителе. После доставки реакторного блока на место с помощью встроенной системы электрообогрева небольшой мощности либо за счет работы реактора на небольшой мощности по определенному регламенту производится безопасное для прочности оборудования «размораживание» теплоносителя.

Первый контур и твэлы при этом сохраняют свою герметичность, что подтверждено опытом на РУ АПЛ. Это также важно при длительной аварийной остановке реактора и отсутствии возможности поддержания плюсовой температуры первого контура.

Использование воздуха в качестве рабочего тела газовой турбины также исключает повреждение АЭС при длительной плановой или аварийной остановке, что обеспечивает возможность многократного повторного ввода в работу из холодного состояния при глубоких минусовых температурах.

3. Использование химически инертного тяжелого жидкометаллического теплоносителя (ТЖМТ) с относительно высокой температурой плавления и очень высокой температурой кипения – эвтектического сплава свинец-висмут – исключает выделение водорода в условиях тяжелых аварий, повышение давления в первом контуре над свободным уровнем теплоносителя выше атмосферного давления, аварию с потерей теплоносителя и радиоактивные выбросы высокого давления. Это придает реакторной установке свойства внутренней самозащищенности и позволяет исключить соответствующие системы безопасности, требующиеся в РУ других типов. Минимизация эксплуатационных выбросов и сбросов радиоактивных веществ особенно важна для теплоснабжения, позволяя размещать АСММ вблизи потребителей тепла.

4. В конструкции реактора применено традиционное для жидкометаллических установок решение с использованием страховочного корпуса моноблока. Поэтому первый контур имеет повышенную степень защищенности от аварий с потерей теплоносителя, что позволяет минимизировать возможное злонамеренное внешнее воздействие на АСММ (атака БПЛА и т.п.).

5. Ожидаемые по результатам выполнения работы потребительские свойства СВГТ представлены в табл. 1.

Таблица 1

Ожидаемые потребительские свойства семейства АСММ «СВГТ Арктика»

Параметр	Значение
Электрическая мощность, МВт	0,5 – 2
Тепловая мощность, МВт	3 – 9
Энергоресурс активной зоны, эфф.лет	20
Срок службы активной зоны с учетом КИУМ, лет	35 – 40
Численность постоянного обслуживающего персонала, чел.	0
Периодичность проведения планово-предупредительных работ на установке, лет, не менее	2
Максимальная масса неделимого поставочного блока оборудования, т	65
КПД термодинамического цикла, %	16 – 33
Тип конструктивного исполнения реактора	Моноблок
Теплоноситель первого контура	Эвтектический сплав Pb-Bi
Диапазон рабочих температур теплоносителя, °С	430 – 530
Способ циркуляции теплоносителя	Естественная циркуляция
Рабочий диапазон температур воздуха в ПУ, °С	280 – 480
Рабочий диапазон давлений турбоустановки, бар	3 – 6

Базовые технические требования

1. Реакторная установка должна быть разработана в моноблочном исполнении с защитным кожухом и естественной циркуляцией (ЕЦ) СВТ в первом контуре. Арматура и трубопроводы первого контура при этом исключены. Между защитным кожухом и корпусом моноблока реакторного (МБР) размещены нагреватели системы электрообогрева, включаемые при заполнении МБР СВТ, «размораживании» теплоносителя перед вводом АСММ в эксплуатацию, при поддержании МБР в горячем состоянии при низком уровне остаточного энерговыделения и перед выгрузкой топлива. Мощность, потребляемая системой электрообогрева, по оценкам составляет около 50 кВт. Моноблочная конструкция РУ с учетом наличия кожуха и очень высокой температуры кипения СВТ (1670°С) исключает аварию с потерей теплоносителя типа LOCA.

2. Твэлы с таблеточным оксидным урановым топливом. Дистанционирование твэлов надежно обеспечивается четырьмя спиральными ребрами на оболочке наружным диаметром 12 мм. Глубина выгорания оксидного уранового топлива не превышает достигнутую в топливе реактора БН-600.

3. Активная зона вместе с защитной пробкой образует единую выемную часть реактора.

4. Подогрев СВТ в активной зоне составляет около 100°С при средней температуре выхода СВТ из активной зоны 530°С (уточняются при разработке). Это позволяет иметь температуру на оболочке твэла в горячем пятне не выше 620°С, что обеспечивает длительную коррозионную стойкость оболочки твэла.

С учетом низкой скорости СВТ при его ЕЦ это при использовании стали ЭП-823 и разработанных средств технологии теплоносителя, должно позволить достичь

компания 20-ти лет (на сегодня коррозионная стойкость материала оболочек экспериментально подтверждена испытаниями на базе 50000 часов без следов коррозии).

5. Между активной зоной и корпусом моноблока размещена защита из блоков карбида бора и стали. Она снижает радиационное воздействие на корпус моноблока и его активацию, а также активацию воздуха за корпусом моноблока.

6. Естественная циркуляция СВТ в МБР осуществляется следующим образом: нагретый в активной зоне СВТ через окна в обечайке выемной части и внутренней обечайке моноблока поступает в кольцевое пространство над блоками внутрикорпусной карбидоборной защиты. Затем восходящим потоком СВТ входит в газонагреватель, далее охлажденный СВТ выходит на свободный уровень СВТ между корпусом моноблока и обечайкой выемной части. Со свободного уровня СВТ переливом поступает в кольцевую щель холодного опускного тракта, образованного разделительной обечайкой и корпусом моноблока. Из кольцевой щели холодный СВТ поступает в нижний коллектор активной зоны, размещенный под выемной частью реактора, замыкая контур ЕЦ.

Такая схема циркуляции обеспечивает минимальное гидравлическое сопротивление первого контура и низкую температуру крышки моноблока с размещенными на ней исполнительными механизмами СУЗ.

7. Газонагреватель предполагается выполнить в виде витого теплообменника, размещенного в кольцевом пространстве между внутренней и разделительной обечайками моноблока над блоками карбидо-борной защиты. Для осуществления противоточного теплообмена вход воздуха в газонагреватель производится сверху, а выход нагретого воздуха снизу. На крышке МБР размещается необходимое количество камер с трубными досками для организации входа и выхода воздуха. Камеры имеют съемные крышки, обеспечивающие доступ к трубным доскам для ремонта газонагревателя путем глушения трубки, потерявшей герметичность.

8. В режиме нормальной эксплуатации автоматическая система управления (АСУ) станцией обеспечивает диагностику аварийных ситуаций с дистанционной передачей данных в сервисный центр. При наступлении аварийной ситуации АСУ переводит энергоблок в безопасное состояние. Решения о порядке реагирования на аварийную ситуацию принимаются в сервисном центре. При необходимости выездная сервисная бригада или осуществляет ремонт на месте, или готовит аварийный энергоблок к вывозу с площадки. После выполнения ремонта средствами технологии теплоносителя, при необходимости, производится восстановление образовавшихся оксидов свинца. Жидкие радиоактивные отходы в период жизненного цикла АСММ не образуются.

9. Корпус МБР рассчитывается на полное рабочее давление компрессора, не превышающее по оценкам 600 кПа, что исключает повреждение корпуса МБР при любой течи газонагревателя.

10. На наружной поверхности защитного кожуха МБР приварены продольные ребра для обеспечения отвода остаточного тепловыделения естественной циркуляцией атмосферного воздуха. Система расхолаживания постоянно находится в работе, обеспечивая пассивный отвод тепла. Потеря мощности при нормальных условиях эксплуатации не превышает одного процента. Это гарантированно исключает повреждение активной зоны при полном обесточивании АСММ.

Концептуальные положения газотурбинного преобразователя энергии

1. Газотурбинный преобразователь энергии представляет собой две турбомшины, рассчитанные на 50% генерируемой мощности энергоблока. Каждая из турбомашин состоит из высокооборотной газовой турбины открытого цикла (для мощностей 0,5 и 1 МВт эл.) и замкнутого цикла (для мощности 2 МВт эл.), приводящей в действие компрессор и электрогенератор переменного тока, находящиеся на одном валу с турбиной. Для открытого цикла в связи с низкой температурой воздуха на входе в турбину (480°C) КПД термодинамического цикла оказывается невысоким (около 16%). Вариант СВГТ мощностью 2 МВт, имеющий замкнутый цикл, обладает дополнительным теплообменным оборудованием; при этом значительно повышая КПД термодинамического цикла [5]. КПД энергоблока «СВГТ Арктика» в такой конфигурации повышается до 33% (для приведенного температурного диапазона). В составе турбоустановки предусмотрен теплообменник-утилизатор для нагрева теплоносителя сетевой воды сбросным теплом.

2. Система выдачи электроэнергии включает в себя выпрямитель тока, вырабатываемого генератором, статические преобразователи постоянного тока в трехфазный переменный ток промышленной частоты стандартного напряжения (инверторы) и выходной трансформатор с коммутирующей и защитной аппаратурой. Дополнительно в системе выдачи электроэнергии должна быть предусмотрена аккумуляторная батарея, включенная в буфер с генератором после выпрямителя.

3. Ядерная энергетическая установка (ЯЭУ) работает в режиме следования за электрической нагрузкой. Электрический сигнал на задатчик мощности реактора, поддерживаемой на заданном уровне автоматическим регулятором, формируется в блоке сравнения фактического напряжения на шинах выходного трансформатора с постоянным заданным напряжением.

4. Раскрутка одного газотурбогенератора при пуске до оборотов холостого хода, когда мощность турбины сравняется с мощностью, потребляемой компрессором, и подъема мощности реактора до соответствующего уровня осуществляется генератором, работающим в режиме электродвигателя с использованием аккумуляторной батареи, как источника энергии и инвертора постоянного тока в переменный ток необходимой частоты.

5. Для исключения «замораживания» СВТ в газонагревателе при пуске при недостаточности нагрева воздуха за счет сжатия в компрессоре до температуры не ниже 150°C должен быть предусмотрен пусковой подогреватель воздуха.

Концептуальные положения монтажа и эксплуатации АСММ «СВГТ Арктика»

1. Сборка АСММ «СВГТ Арктика» производится на площадке размещения из нескольких транспортабельных модулей заводской готовности: реакторный модуль, модули защитной оболочки, модули ГТУ (две штуки), модуль управления, модуль преобразования электроэнергии и выдачи мощности, модули утилизаторов тепла (две штуки), вспомогательные модули.

2. АСММ «СВГТ Арктика» является комплексно автоматизированной и эксплуатируется без постоянного обслуживающего персонала.

3. АСММ «СВГТ Арктика» должна быть проработана в блочно-транспортабельном исполнении с использованием колесных или гусеничных шасси (используемых при

транспортировке многократно) в варианте наземного базирования на свайном фундаменте, а также в варианте базирования на плавучей платформе.

Заключение

1. Создание АСММ на основе реакторной установки с жидкометаллическим теплоносителем в виде эвтектического сплава свинец-висмут было и остается привлекательным предложением в силу их отличительных особенностей, описанных в данной статье. Использование замкнутого газотурбинного цикла для РУ малой мощности ранее рассматривалось коллективами специалистов [6], но в комплексе базовых технических требований, приведенных в статье, анализ не выполнялся. Присущие этому техническому предложению потребительские свойства и высокий уровень самозащитности невозможно обеспечить никакими другими реакторными установками.

2. Для реализации проектов АСММ с РУ с СВТ также, как и для любых других проектов АСММ, требуется создание соответствующей нормативной базы.

3. Разработка проектов АСММ с СВТ в силу описанных в статье технических и потребительских свойств, относящих эти проекты к поколению IV, привлекает все большее внимание различных разработчиков, например, [7].

Литература

1. Троянов В.М., Гулевич А.В., Тошинский Г.И., Вербицкий А.Г., Ошейко Ю.В., Тормышев И.В., Мельников К.Г. МикроАЭС СВГТ-1 «Арктика» для удаленных арктических объектов – синтез опыта разработки корабельных ЯЭУ и опыта применения газотурбинных установок открытого цикла. Доклад на 5-й международной выставке и конференции по судостроению и разработке высокотехнологичного оборудования для освоения Арктики и континентального шельфа, Санкт-Петербург, 13.09.2022.

2. Журавлев И.Б., Квятковский С.А., Птицын П.Б., Смирнова Л.С. Оценка конкурентоспособности отечественных проектов АСММ в изолированных районах. Москва, ЦАИР, Центр Аналитических исследований и разработок, частное учреждение «Наука и инновации», 2023, 238 с.

3. Науменко Н.Ю., Мохирева И.М. ТЭС-3 – Передвижная атомная электростанция, транспортируемая на гусеничных самоходах. *Известия вузов. Ядерная энергетика*. 2022;1:161–168. DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2022.1.14>

4. Донской С.Е. Исследования и освоение Арктики. Доклад на заседании Президиума РАН 16 декабря 2016 г.

5. Саркисов А.А., Смоленцев Д.О., Антипов С.В., Билашенко В.П., Шведов П.А. Экономическая эффективность и возможности применения атомных энергоисточников мегаваттного класса в Арктике. *Арктика: экология и экономика*. 2018;1(29):4–14. DOI: <https://doi.org/10.25283/2223-4594-2018-1-4-14>

6. Кодочигов Н.Г., Головкин В.Ф., Абросимов Н.Г., Ганин М.Е., Арбеков А.И., Суворцев И.Г., Русаков Д.Д. Установки малой мощности с замкнутым газотурбинным циклом. В кн. Атомные станции малой мощности: новое направление развития энергетики: Т. 2 (под ред. акад. РАН А.А. Саркисова). М.: «Академ-Принт», 2015, 387 с. ISBN 978-5-906324-04-7, с. 208-218. URL: https://elib.biblioatom.ru/text/atomnye-stantsii-maloy-moschnosti_t2_2015/p207/ (дата обращения 30.04.2026).

7. Prabhat Ranjan Mishra. US nuclear firm submits plan for 240 MW small modular reactor to power 1.5 million homes EAGL-1 is designed to use multiple fuel types and enrichment levels. Apr 16, 2026. URL: <https://interestingengineering.com/energy/small-modular-reactor-design-approval> (дата обращения 30.04.2026).

Поступила в редакцию 04.05.2026

После доработки 11.05.2026

Принята к опубликованию 12.05.2026

Авторы

Вербицкий Антон Георгиевич, начальник лаборатории,

E-mail: averbitskiy@ippe.ru

Ошейко Юрий Викторович, ведущий инженер-исследователь,

E-mail: yuvosheyko@ippe.ru

Тормышев Иван Владимирович, ведущий инженер,

E-mail: itormyshev@ippe.ru

Троянов Владимир Михайлович, научный руководитель, д.т.н.,

E-mail: vmtroyanov@ippe.ru

UDC 621.039

Concept of the Low-power Nuclear Power Plant (“LBE-GT Arctic”) as a Solution of the Problem of Energy Supply to Remote Arctic Regions

Verbitsky A.G., Osheyko Yu.V., Tormyshev I.V., Troyanov V.M.

IPPE JSC,

1 Bondarenko sq., 249033 Obninsk, Kaluga reg., Russia

Abstract

Concept of small nuclear reactor (SMR), based on the combination of lead-bismuth eutectics (LBE) cooled reactor and air open gas turbine (GT) (so-called LBE-GT design) for remote Arctic regions has been proposed. The concept is based on experience gained from lead-bismuth cooled reactors. Also the concept includes achievements of SVBR-100 project and modern gas turbines technologies. The experience achieved by IPPE on series of lead-bismuth cooled reactors allows make LBE-GT suitable for “green field” operating scheme – with no on-site refueling or radioactive waste storage. In IPPE preliminary numerical modelling and calculation have been conducted for key features of SVGT concept including both general figures of concept and lifetime cycle of single power LBE-GT unit. In the article, the authors, based on the analysis performed, attempt to formulate a set of basic technical concept and requirements for SMR with nuclear power unit, using LBE and GT in the open air cycle, and present a set of fundamental technical solutions for the implementation of the concept.

Keywords: small nuclear power plant, lead-bismuth coolant, gas turbine, technical concept and requirements..

For citation: Verbitsky A.G., Osheyko Yu.V., Tormyshev I.V., Troyanov V.M. Concept of the Low-power Nuclear Power Plant (“LBE-GT Arctic”) as a Solution of the Problem of Energy Supply to Remote Arctic Regions. *Izvestiya vuzov. Yadernaya Energetika*. 2026;2:45–54. DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2026.2.03> (in Russian).

References

1. Troyanov V.M., Gulevich A.V., Toshinsky G.I., Verbitsky A.G., Osheyko Yu.V., Tormyshev I.V., Mel'nikov K.G. SVGT-1 Arctic microelectric power plant for remote Arctic facilities is a synthesis of the experience of developing shipboard nuclear power plants and the experience of using open-cycle gas turbine installations. Report on OMR-2022 Conf., Saint-Petersburg, 13.09.2022 (in Russian).
2. Zhuravlev I.B., Kvyatkovsky S.A., Ptitsyn P.B., Smirnova L.S. Assessment of competitiveness of domestic ASMM projects in isolated areas. CAYR, "Nauka I Innovacii", Moscow, Centre for Analytical R&D (CARD), Private Enterprise «Science and Innivation», 2023, 238 p. ISBN 978-5-498-01090-8 (in Russian).
3. Naumenko N.Yu., Mokhireva I.M. TES-3 – Transportable Nuclear Power Plant Installed on Self-Propelled Tracked Transporters. *Izvestiya vuzov. Yadernaya energetika*. 2022;1:161–168. DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2022.1.14> (in Russian).
4. Donskoy S.E. Research and development of Arctic. Report on RAN Presidium Meeting, Dec. 16, 2016 (in Russian).
5. Sarkisov A.A., Smolentzev D.O., Antipov S.V., Bilashenko V.P., Shvedov P.A. Economic Efficiency and Possibilities of Using Megawatt-class Nuclear Power Sources in the Arctic. *Arctic: ecology and economy*. 2018;1(29):4–14. DOI: <https://doi.org/10.25283/2223-4594-2018-1-4-14> (in Russian).
6. Kodochigov N.G., Golovko V.F., Abrosimov N.G., Ganin M.E., Arbekov A.I., Surovcev I.G., Rusakov D.D. Low-power installations with a closed gas turbine cycle. In book: *Low-power Nuclear Power Plants – a New Line in the Development of Power Systems*. Vol. 2 (Edit. A.A. Sarkisov). Moscow, Akadem-Print, 2015, 387 p. ISBN 978-5-906324-04-7, p. 208–218. URL: https://elib.biblioatom.ru/text/atomnye-stantsii-maloy-moschnosti_t2_2015/p207/ (accessed Apr. 30, 2026) (in Russian).
7. Prabhat Ranjan Mishra. US nuclear firm submits plan for 240 MW small modular reactor to power 1.5 million homes EAGL-1 is designed to use multiple fuel types and enrichment levels. Apr 16, 2026. URL: <https://interestingengineering.com/energy/small-modular-reactor-design-approval> (accessed Apr. 30, 2026).

Authors

Anton G. Verbitsky, laboratory chief,

E-mail: averbitskiy@ippe.ru

Yuri V. Osheyko, leader engineer-researcher,

E-mail: yuvosheyko@ippe.ru

Ivan V. Tormyshev, leader engineer,

E-mail: itormyshev@ippe.ru

Vladimir M. Troyanov, scientific director, Dr. Sci. (Engineering),

E-mail: vmtroyanov@ippe.ru