

УДК 338.46:621.311

Развитие энергетики Арктики: проблемы и возможности малой генерации

Д.О. Смоленцев,

Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН

В статье рассмотрены планы развития экономики и энергетики арктических регионов. Выделены основные проблемы энергетики Арктики, препятствующие устойчивому социально-экономическому развитию региона, и предложены пути их решения посредством развития системы малой энергетики. Рассмотрены возможности применения энергоустановок малой мощности и проведена сравнительная оценка их экономической эффективности. Сделан вывод, что одними из наиболее перспективных представителей класса энергоустановок малой мощности для арктических регионов являются атомные станции малой мощности.

Арктика является уникальным регионом Российской Федерации. Различия от остальных территорий страны касаются практически всех социально-экономических аспектов развития региона, не обходят они и энергетику. Энергетическая система Арктики характеризуется наличием множества обособленных энергоузлов, разрозненностью потребителей энергоресурсов и северным завозом органического топлива, ставшим одной из основных проблем населения и администраций арктических регионов. При доле населения арктических регионов менее 2% от общей численности населения России, доля их суммарного потребления электроэнергии составляет 3,6%. В то же время энергоемкость ВВП арктических территорий, рассчитанная как отноше-

ние потребленной электроэнергии к объему валового регионального продукта, ниже среднероссийского уровня: 0,028 против 0,032 кВт в час/руб. Но, несмотря на это, потребление первичных энергоресурсов на территории арктических регионов на единицу совокупного валового регионального продукта выше, чем в среднем по Российской Федерации [1]. (Здесь и далее при расчете статистических данных арктического региона использовалась информация Единой межведомственной информационно-статистической системы [2] и принимались во внимание территории северных улусов Республики Саха, Мурманской и Архангельской областей, северных районов Красноярского края без г. Норильск, Ненецкого, Ямало-Ненецкого и Чукотского автономных округов).

Приведенные статистические данные и в некотором роде их противоречивость объясняется развитостью добывающей углеводородной промышленности арктического региона, которая является основой государственной экономики, и неэффективностью энергетической системы арктического региона, наличием высоких потерь при передаче электроэнергии до конечного потребителя: 14% против 10% среднероссийского уровня. Отдельной проблемой является наличие северного завоза. При осуществлении этой дорогостоящей процедуры, на которую ежегодно из средств федерального и региональных бюджетов выделяются сотни миллионов рублей, доля транспортной составляющей в структуре стоимости топлива может достигать 70%.

Стоимость котельно-печного топлива для труднодоступных северных районов достигает 5–8 тыс. руб./т усл. топл., дизельного — 30–35 тыс. руб./т и превосходит цену на мировом рынке в 2–3 раза [3,4]. Для иллюстрации сложности процедуры северного завоза можно привести схему поставки нефтепродуктов и перспективную схему поставки угля для нужд Усть-Янского улуса Якутии. Нефтепродукты поставляются полностью извне от заводов-поставщиков. Топливо доставляется железнодорожным транспортом до накопительного порта в г. Усть-Куте (Иркутская область, р. Лена) с последующей перевалкой через нефтебазу в танкерный флот Ленского речного пароходства для доставки по р. Лене через Северный морской путь до устья р. Яны, где про-



Рис. 1

Маршруты доставки топливных ресурсов в Усть-Янский улус Якутии

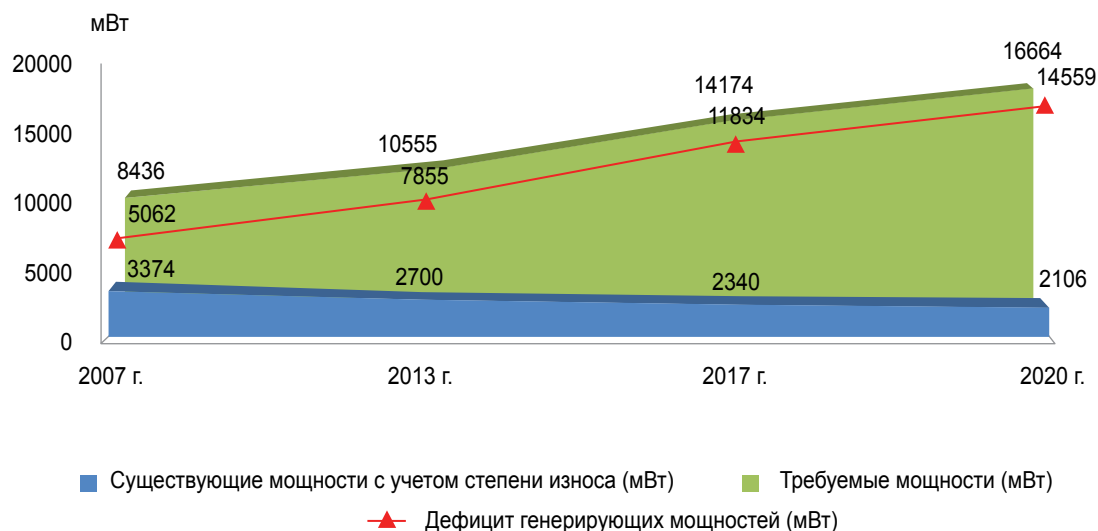


Рис. 2

Динамика потребности арктического региона в генерирующих мощностях

водится перевалка на речной флот Янского пароходства для доставки по р. Яне. Протяженность маршрута более 4000 км. Уголь поставляется из пос. Джебарики-Хая Томпонского улуса (р. Алдан) с перевалкой в пути следования на суда смешанного сообщения река–море и далее по р. Лене до бара р. Яны. Затем повторная перевалка на суда Янского речного пароходства и дальнейшая перевозка до пос. Усть-Куйга. Протяженность маршрута ~2700 км.

Немаловажной проблемой также является изношенность энергетической инфраструктуры. Степень износа основных средств генерирующего энергетического комплекса Арктики превышает 60%. При заявленных темпах роста потребления электроэнергии почти в 2 раза до 2020 года по отношению к 2007 году [1], учитывая то, что в среднем эксплуатационный цикл электростанции составляет 20–30 лет, до 2020 генерирующие мощности арктического региона должны быть полностью обновлены.

Ожидаемые темпы прироста регионального ВВП Арктики, опережают темпы развития энергетики и прогнозируются на уровне 250% за аналогичный временной период. Таким образом, к текущей нерешенной задаче по замещению существующих, выработавших свой ресурс, неэффективных гене-

рирующих мощностей добавляется еще одна не менее сложная задача по снижению энергоемкости регионального ВВП.

Нерешенные проблемы энергетики и существующие противоречия между планами развития промышленности и энергетики Арктики могут существенно замедлить социально-экономическое развитие региона.

Озвученные проблемы в большей степени касаются арктических районов Сибири и Дальнего востока, и в меньшей Мурманской и Архангельской областей, поскольку последние частично входят в зону покрытия Единой энергетической системой Российской Федерации.

Основными документами, определяющими социально-экономическое развитие Арктики в целом и ее энергетики в частности (далее — основные документы), являются:

- Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу;
- Региональные программы социально-экономического развития;
- Стратегия социально-экономического развития Дальнего востока и Байкальского региона на период до 2025 года;

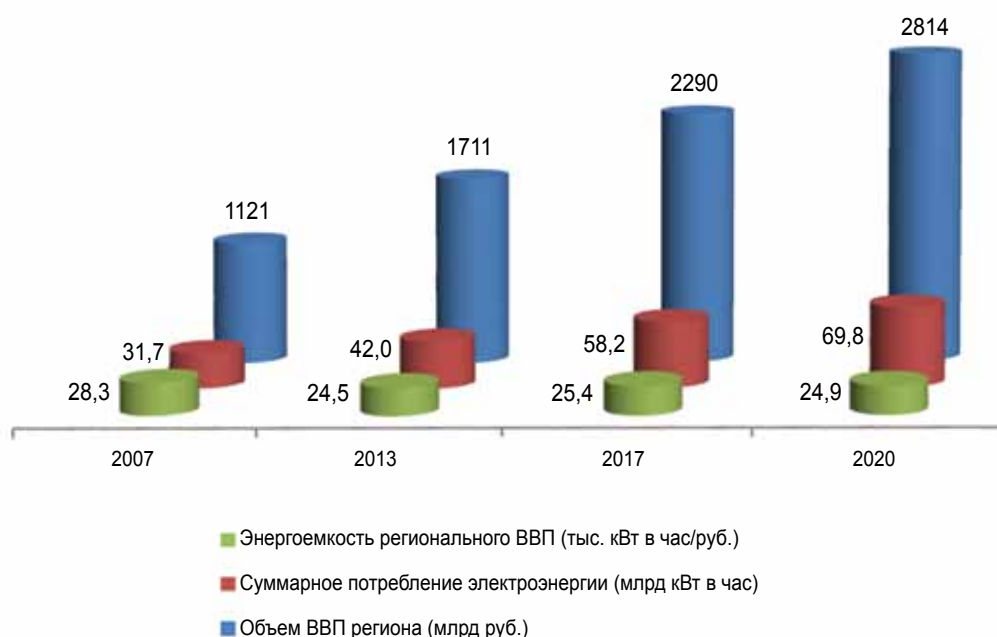


Рис. 3
Прогноз роста ВВП и потребления электроэнергии региона

- Энергетическая стратегия России на период до 2030 года;
- Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2020 года.

В процессе анализа основных документов можно сделать вывод о наличии недостаточной согласованности стратегий и программ как в административном (между программами и стратегиями федерального и регионального уровней), так и в социально-экономическом разрезе (между программами и стратегиями развития энергетики и промышленности).

Слабая взаимосвязь основных документов подтверждается словами, сказанными в главе 1 части II Постановления Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации от 26 мая 2010 г. № 199-СФ «О докладе Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации 2009 года «О состоянии законодательства в Российской Федерации» о том, что значительная часть принятых законодательных решений по проблемам Севера и Арктики не выполняется или выполняется не в полном объеме. Разрабатываемая «Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года» должна решить ряд

проблем, озвученных выше, и заложить фундамент для создания сбалансированных региональных программ социально-экономического развития арктических территорий.

Также необходимо отметить недостаточное отражение вопросов, связанных с развитием малой региональной энергетики, в основных документах. Ввиду разрозненности потребителей, нецелесообразностью передачи электроэнергии на большие расстояния развитие именно малой энергетики (установленной мощностью < 300 МВт) является залогом энергетической безопасности региона.

В основных документах приводятся рекомендации общего плана по развитию региональной энергетики, но данная информация не структурирована, а в некоторых случаях даже является противоречивой. В Энергетической стратегии России на период до 2030 года поднимается ряд проблем региональной энергетики, которые требуют ускоренного системного решения: недостаточное развитие малой энергетики, отсутствие во многих регионах энергетических программ, недостаточная согласованность стратегий социально-экономического и энергетического развития регионов на различных уровнях. Одной из основных задач Энергетической стратегии является развитие малой энергетики

в зоне децентрализованного энергоснабжения за счет повышения эффективности использования местных энергоресурсов. Основным шагом к решению данной задачи, по нашему мнению, должна стать выработка стратегии развития малой энергетики, которая должна быть взаимосвязана с Энергетической стратегией России, прочими стратегическими общегосударственными задачами перспективного развития экономики и энергетики, региональными программами социально-экономического развития и развития энергетики.

Стратегия развития малой энергетики должна разрабатываться на основе многофакторного анализа, учитывать социально-экономические и природно-климатические условия рассматриваемых регионов.

Суть многофакторного анализа при разработке стратегии развития малой энергетики заключается в последовательном системном подходе при определении текущей и перспективной потребности региона в энергоустановках малой мощности, определении наиболее приоритетных для внедрения типов энергоустановок малой мощности.

Определение текущей и перспективной потребности регионов в энергоустановках малой мощности должно происходить с учетом анализа их экономического состояния и перспектив развития. При этом должны приниматься во внимание следующие основные факторы:

- Оптимальный выбор масштаба рассматриваемой территории;
- Энергобаланс рассматриваемой территории, в том числе с перспективой развития;
- Энергобаланс территорий, соседних с рассматриваемой (определение возможности получения энергоресурсов за счет соседних территорий);
- Информация о существующих энергоисточниках с учетом степени их морального и физического устаревания и энергетической эффективности;
- Информация о потребителях энергии, в том числе и перспективных;
- Информация о располагаемых природных энергоресурсах (углеводородные энергоресурсы, ветропотенциал, геотермальные энергоресурсы, гидроэнергоресурсы, поток солнечной радиации).

В итоге должен быть сделан вывод о возможностях развития энергетики рассматриваемой территории и взаимосвязка с прочими программами социально-экономического развития и развития энергетики различных уровней. Должны быть

определены целевые площадки для размещения энергоустановок малой мощности. По необходимости может проводиться периодический пересмотр результатов анализа, для чего необходимо определение регламента данного пересмотра.

Определение наиболее приоритетных для внедрения типов энергоустановок малой мощности должно основываться на сравнительном анализе их конкурентоспособности при прочих равных условиях посредством моделирования денежных потоков и определения показателей экономической эффективности, учитывающих особенности всего жизненного цикла станции. Процедура выбора наиболее приемлемой энергетической альтернативы должна включать следующие основные этапы:

- Предварительный выбор энергетических альтернатив для целевой площадки, который включает:
 1. Определение типов энергоустановок на основании располагаемых природных энергоресурсов;
 2. Определение необходимой установленной мощности энергоустановок с учетом потребностей и целесообразной дистанцией передачи энергии;
 3. Определение эксплуатационных характеристик энергоустановок, в том числе с учетом графика выдачи мощности;
- Сравнительный анализ конкурентоспособности предварительно отобранных альтернатив на основе моделирования денежных потоков жизненного цикла перспективных энергоустановок и расчета удельных дисконтированных затрат (себестоимости отпускаемой тепло- и электроэнергии), с учетом экономических, социальных, экологических факторов;
- Выбор энергетической альтернативы на основе проведенного анализа;
- Разработка предложений по улучшению/изменению технико-экономических характеристик энергоустановок малой мощности.

Учитывая то, что существующие энергоустановки малой мощности характеризуются разной степенью готовности к апробации (от находящихся на стадии проектирования до готовых к внедрению), практическое применение при развитии системы малой энергетики должны получить серийные образцы. По проведенным оценкам текущая потребность арктических регионов страны в энергоисточниках на данный момент составляет порядка 6 ГВт, а к 2020 году возрастет

Таблица 1

Основные сильные и слабые стороны малых энергоустановок

	Сильные стороны	Слабые стороны
Малые станции на органическом топливе	Относительно низкий уровень начальных капиталовложений (60–90 тыс. руб./кВт) Распространенность данного типа генерации.	Зависимость от поставок топлива. Высокий уровень эксплуатационных затрат, связанных с топливной составляющей. Негативное влияние на экологию региона.
Атомные станции малой мощности	Относительно длительный эксплуатационный срок (30–50 лет). Слабая зависимость от топливной составляющей. Низкое влияние на экологию региона. Возможность длительной автономной работы.	Относительно высокий уровень начальных капиталовложений (120–180 тыс. руб./кВт). Длительный срок окупаемости (~20 лет)
Возобновляемые источники энергии	Относительно низкий уровень начальных капиталовложений (40–60 тыс. руб./кВт) Низкое влияние на экологию региона. Отсутствие топливной составляющей.	Высокий уровень эксплуатационных затрат, связанных с сервисным обслуживанием. Высокая зависимость коэффициента использования установленной мощности (КИУМ) от климатических условий региона

Таблица 2

Себестоимость вырабатываемой электроэнергии конкурирующих энергоустановок (руб./кВт в час)

Целевая площадка	АСММ	ТЭЦ (при цене угля 6000 руб./т усл. топл.)	Альтернативный энергоисточник (при цене дизельного топлива 30 тыс. руб./т усл. топл.)
Усть-Янский улус Якутии	Наземная АСММ: 3-4	4-5	ВДЭК (ветро-дизельный энергетический комплекс): 5-6
Чаун-Билибинский энергоузел	Плавучая АСММ: 6	6	ДЭС (дизельная электростанция) с утилизацией тепла: 11

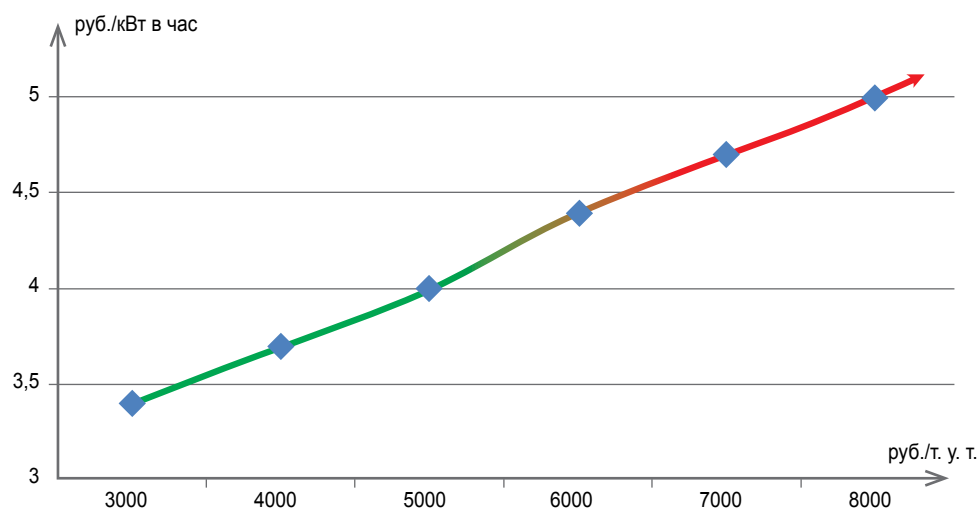


Рис. 4
Зависимость себестоимости выработанной электроэнергии от стоимости топлива (угля)

до 10–15 ГВт, что исчисляется несколькими сотнями энергоустановок малой мощности. Таким образом, немаловажным фактором при выборе энергоустановки малой мощности для целевой площадки должна быть возможность применения подобного типа на других целевых площадках, в различных экономических и географических окружениях. Приоритет должен отдаваться энергоустановкам малой мощности с большой степенью

адаптивности их технико-экономических характеристик и готовности к серийному применению. Возможность серийного применения, несомненно, должна учитываться при проектировании перспективных энергоустановок малой мощности, что будет способствовать повышению экономической эффективности их применения, ускоренному внедрению и упрощению эксплуатации на всех стадиях жизненного цикла.

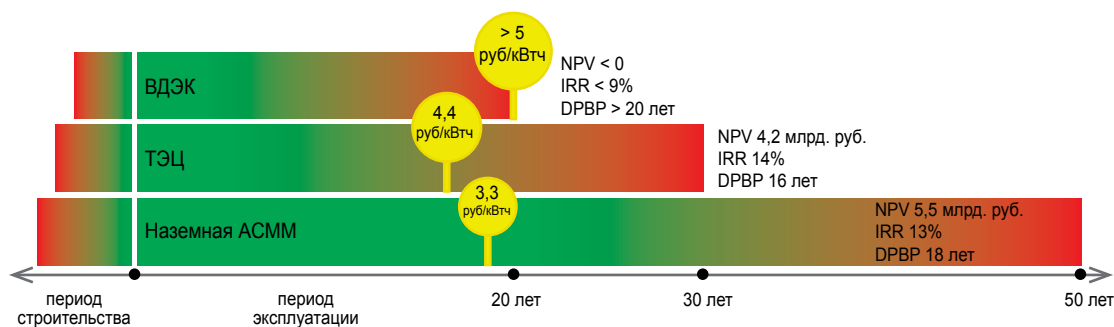


Рис. 5
Показатели экономической эффективности энергоустановок малой мощности при условии размещения в Усть-Янском улусе Якутии

Существующие виды энергоустановок малой мощности, которые могут рассматриваться для решения энергетических проблем и удовлетворения потребностям развития промышленности арктического региона, можно условно поделить на три группы: малые станции на органическом топливе (конденсационные электростанции (КЭС), теплоэлектростанции (ТЭЦ), дизельные электростанции), атомные станции малой мощности (АСММ), возобновляемые источники энергии (ветряные электростанции, солнечные электростанции, малые гидроэлектростанции и гибридные энергетические комплексы).

В *таблице 1* представлены основные сильные и слабые стороны малых энергоустановок по группам.

АСММ по критериям надежности, независимости от топливной составляющей и влиянию на экологию являются наиболее привлекательными энергетическими альтернативами.

Далее рассмотрим факторы экономической привлекательности энергетических альтернатив. При сравнении экономики станций в изолированных энергоузлах во главу ставится себестоимость вырабатываемой электроэнергии (удельные дисконтированные затраты), поскольку именно эта характеристика отражает насколько эффективно тот или иной энергоисточник может применяться в целевом районе. Себестоимости вырабатываемой электроэнергии конкурирующими энергоустановками, рассчитанными с конкретными географическими привязками, представлены в *таблице 2*. Стоимость завозного органического топлива, используемая в при расчетах, выбрана равной минимальному уровню для целевых площадок и не учитывает стремительный рост цен на органическое топливо. Влияние топливной составляющей на себестоимость вырабатываемой электроэнергии продемонстрирована на *рис. 4*.

Таким образом, одними из наиболее перспективных представителей класса энергоустановок малой мощности для арктического региона являются АСММ. Существующие проекты АСММ характеризуются высокой степенью адаптивности их технико-экономических и эксплуатационных характеристик для решения проблем развития малой энергетики, из которых стоит выделить возможность подземного и надводного размещения, а также широкий спектр мощностей существующих проектов АСММ: от нескольких единиц до сотен МВт. Среди основных конкурентных преимуществ АСММ можно выделить: возможность модульной

компоновки электростанции, что позволяет создавать станции практически любой установленной мощности, длительная работа без перезагрузки топлива («ядерная батарейка»), транспортабельность, относительно низкая себестоимость вырабатываемой электроэнергии. Поэтому именно АСММ наряду с другими видами малой генерации должны стать основой для решения энергетических проблем арктических регионов и построения на территории России системы региональной малой энергетики.

Литература:

1. *Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года*. Проект. Москва, 2010.
2. *Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС)*. <http://www.fedstat.ru>
3. *Воропай Н.И., Марченко О.В., Стенников В.А.* Проблемы энергоснабжения регионов в энергетической стратегии России до 2030 г. и перспективы развития АЭС малой мощности. *Атомная энергия*, 2011, т. 111, вып. 5, С. 262–268.
4. *Иванова И.Ю., Тугузова Т.Ф., Халгаева Н.А.* Развитие систем энергоснабжения изолированных и труднодоступных потребителей. – В кн.: *Восточный вектор энергетической стратегии России: современное состояние, взгляд в будущее*. Под ред. Н.И. Воропая, Б.Г. Санеева. Новосибирск: Изд-во Гео, 2011, С. 207–235.
5. *Смоленцев Д.О., Ивина О.Н.* Сравнительная оценка энергоустановок малой мощности для децентрализованного энергоснабжения. *Атомная энергия*, 2011, т. 111, вып. 5, С. 281–284.
6. *Лебедев М.П., Слепцов О.И., Кобылин В.П., Шадрин А.П.* Проблемы северного завоза органического топлива и роль использования АСММ в условиях Крайнего Севера. – В кн.: *Атомные станции малой мощности: Новое направление развития энергетики*. Под ред. А.А. Саркисова. Москва: Изд-во Наука, 2011, С. 64–78.