

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

237-1

20-22 октября 2022 года

УДК 621.039.5

В.А. УВАРОВА, студентка гр. 3742707/20101 (СПбПУ)
Научный руководитель Т.М. БУГАЕВА, к.э.н, доцент (СПбПУ)
г. Санкт-Петербург

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАЛОЙ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Уже больше полувека идут активные обсуждения и разработки в области атомных станций малой мощности (АСММ). Многие страны разрабатывают свои технологии, проекты, процессы проектирования и строительства для того, чтобы добиться оптимального использования имеющихся ресурсов и устойчивого развития государств с использованием новых технологий. Малые АЭС обрели свою популярность за счет безопасности, надежности, а также экологичности их использования. Что немаловажно, именно атомные станции являются одним из оптимальных решений проблемы с поставкой энергии в труднодоступные регионы. Ядерное топливо на АЭС способно отрабатывать свой цикл значительно дольше, чем органическое топливо на ТЭС, которое, к тому же, затруднительно доставлять в отдаленные регионы с плохо развитой инфраструктурой. Однако строительство больших АЭС нерационально в связи со значительно меньшим количеством населения, чем в густонаселенных городах. Более того, крупные мощности просто некуда будет распределять, что приведет к большим затратам и невыгодности их использования. В связи с вышеизложенным целесообразно исследовать возможность применения станций с реакторными установками (РУ) с мощностью до 300 МВт.

Об исследованиях, испытаниях, проектировании и создании ЯУ малой мощности известно с середины 20-го века. Так, в 1954 году в США была спущена на воду первая в мире подводная лодка с ядерной силовой установкой мощностью 9860 кВт – USS Nautilus (SSN-571) [1]. В работе А.Н. Ачкасова, Г.И. Гречко и В.А. Шишкина говорится о первой советской атомной подводной лодке (1958 г.) с ядерной паропроизводящей установкой с тепловой мощностью 2x70 МВт. Следом за ней в 1968 году была создана и спущена на воду титановая подводная лодка с двумя реакторами мощностью 2x177,4 МВт [2].

Помимо СССР, предложения и разработки реакторов малой мощности в то время выдвигали также США, Япония и Южная Корея. Причиной заинтересованности стран в АСММ стало то, что они объединяли в себе безопасность, сокращение радиоактивных отходов, а также экономичность.

V Всероссийская (с международным участием) молодежная научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»

237-2

20-22 октября 2022 года

Создание таких станций позволило бы с наименьшими затратами обеспечивать необходимой энергией поселки и небольшие города [3].

О целесообразности использования АСММ в отдаленных регионах, куда сложно доставлять углеводородное топливо, говорит Щепетина Т.Д. Необходимость в них объясняется тем, что линии передач большой протяженности эффективны только на расстоянии до нескольких сот километров, которых не хватает для того, чтобы обеспечить энергией малонаселенные северные и дальневосточные территории с тяжелыми климатическими условиями [4].

В 2007 году ГК «Росатом» были проведены исследования, на основе которых стали известны причины, сдерживающие скорое внедрение АСММ в эксплуатацию. К ним относятся не столько сложности в сфере технических и конструкторских особенностей, сколько сложность самой организации процессов эксплуатации, передачи и сбыта энергии, посредством инфраструктуры [5].

После проведения межрегиональной научно-технической конференции в 2010 году был разработан план для обеспечения устойчивого развития малой атомной энергетики и предложены рекомендации для Российской академии наук (РАН) и Росатома, в частности [6].

На момент 2014 года многие писали о том, что происходит процесс подготовки проектов АС малой и средней мощности к этапу коммерциализации, рассчитанному на 10 лет, а также к этапу определения источников финансирования. Более того, в трудах этого периода сообщается об успешном опыте функционирования и эксплуатации реакторных установок, в том числе установленных на единственной в мире плавучей атомной теплоэлектростанции (ПАТЭС) «Академик Ломоносов». Поэтому авторы отмечают наличие фундамента отработанности и развития РУ для АСММ [7].

Гагаринский А.Ю. в своих трудах большое внимание уделяет именно плавучим реакторам, и сообщает о том, что многие страны стали интересоваться ПАТЭС. И по мнению автора те страны, для которых использование больших реакторных установок является невыгодным и нецелесообразным, смогут реализовать и применять данную технологию [8].

Обращаясь к современным тенденциям развития АСММ, можно заметить активное продвижение ГК «Росатом» идей по их внедрению и эксплуатации. На прошедшей в сентябре 2022 года 66-й ежегодной сессии Генеральной конференции Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) глава госкорпорации объявил о приоритетах компании, среди которых особое значение уделяется развитию АЭС малой мощности. С 2019 года в Якутии на стадии реализации находится проект первой в мире наземной АСММ [9].

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

237-3

20-22 октября 2022 года

При сооружении объектов атомных станций малой и средней мощности достигаются социально-экономический, геополитический и синергетический эффекты. АСММ могут стать путем к устойчивому развитию регионов, повышая их социально-экономическое развитие, в частности, за счет стабильного прогресса в области хозяйственной деятельности. Добиться развития геополитический позиций России также позволит малая энергетика посредством обустройства транспортных систем, создания инфраструктур, нового экспортного рынка, собственной технологической зоны атомно-водородной энергетики и др. Помимо этого, наличие стабильного, непрерывно работающего источника энергии может создать перспективы для формирования и развития производства, что в свою очередь приведет к синергетическому эффекту для развития труднодоступных территорий.

Преимущества и недостатки малой атомной энергетики можно представить в виде анализа SWOT (S – strengths, W – weakness, O – opportunities, T – threats), представленного в таблице 1.

Таблица 1
SWOT-анализ АСММ

Сильные стороны	Слабые стороны
<p>1) Компактность Малый размер АСММ позволяет размещать их на удаленных территориях и в регионах с ограниченной инфраструктурой.</p> <p>2) Время сооружения Период постройки и ввода в эксплуатацию у малых станций значительно меньше, чем у больших АЭС.</p> <p>3) Модульность и наращивание мощностей Мощность станций можно менять за счет новых, присоединяемых, энергоблоков</p> <p>4) Экологичность Отсутствуют выбросы CO₂ в атмосферу, углеродный след ниже, чем у ВИЭ.</p> <p>5) Безопасность Предотвращение выхода радиоактивных веществ в окружающую среду при тяжелых авариях, а также наличие систем безопасности, исключающих возможность человеческой ошибки.</p> <p>6) Низкие затраты За счет малого размера АЭС снижаются капитальные затраты на строительство, а также, в связи с меньшим количеством работников на станции, сокращаются затраты на оплату труда персонала.</p>	<p>1) Сложный комплекс защитных мероприятий Эти мероприятия одинаковы как для больших, так и для малых АЭС, однако при малой мощности объекта это повлечёт удорожание вырабатываемой электроэнергии</p> <p>2) Стоимость В связи с конструкционными особенностями, а также вышеупомянутыми технологиями обеспечения безопасности стоимость производимой электроэнергии выше</p> <p>3) Жизненный цикл Срок эксплуатации модульных реакторов достигает 60 лет и 40 лет с возможностью продления. Срок использования реакторов АЭС высокой мощности рассчитан на 60–100 лет.</p> <p>4) Потребность Необходимо определить потребность регионов в малых энергоисточниках, исходя из их экономического состояния и перспектив развития</p> <p>5) Мало отработанных технологий Нет опыта долгосрочной эксплуатации АЭС малой мощности, помимо транспортных реакторов</p>

Продолжение табл. 1

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

237-4

20-22 октября 2022 года

Возможности	Угрозы
<p>1) Обеспечение энергией регионов Небольшие регионы с неразвитой инфраструктурой, куда трудно доставлять топливо для ТЭС, могут быть подключены системе электроснабжения за счет АСММ, чья энергоемкость топлива выше, а затраты на его логистику меньше.</p> <p>2) Сокращение негативного воздействия на окружающую среду При успешной эксплуатации АСММ возможен переход от ТЭС и АЭС на малые станции, а как следствие сокращение выбросов.</p> <p>3) Локальное обеспечение энергией Возможность создания промышленных отборов пара на предприятии.</p> <p>4) Увеличение опыта создания станций Большая скорость накопления опыта возведения и проектирования будет способствовать снижению капитальных затрат. Есть возможность перехода к серийному производству некоторых элементов станций.</p>	<p>1) Захоронение ОЯТ Появление множества организаций, эксплуатирующих АСММ, потребует решений по обращению с отработавшим ядерным топливом, исключающих его длительное хранение.</p> <p>2) Утечка радиации Несмотря на усиленные технологии защиты, риски утечки радиации все равно присутствуют.</p> <p>3) Отсутствие обученного персонала для работы на станциях В случае успеха АСММ и большого спроса на малую энергетику будет необходимо большое количество специалистов, способных грамотно управлять станциями. При их отсутствии велика вероятность аварий.</p> <p>4) Увеличение суммарной вероятности поломок Увеличение числа реакторов приводит к увеличению вероятности поломок и выхода из строя. С математической точки зрения, меньшей вероятностью поломки появится на АЭС мощностью 1000 МВт, чем на 5 станциях с мощностью 200 МВт.</p>

Несмотря на положительные эффекты от внедрения АСММ, развитие данной сферы энергетики все еще испытывает затруднение. Это обусловлено многими, как природно-климатическими условиями, так и экономико-политическими факторами. Существуют регламенты российского законодательства и МАГАТЭ к энергоблокам, требования к обеспечению безопасности, трудности логистики, которые замедляют процесс внедрения АЭС малой мощности в энергосистему России.

Список литературы:

1. McLaren, A. The evolution and potential of the Arctic submarine // C. 448-453. [Электронный ресурс]. - URL: <https://scihub.ru/https://doi.org/10.1109/OCEANS.1985.1160260> (Дата обращения: 07.10.2022).
2. Габараев Е.А., Кузнецов Ю.Н., Роменов А.А. Атомная теплофикация – перспективы и решения // Атомная энергия. 103 вып. 1, С. 36-40.

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

237-5

20-22 октября 2022 года

3. Ачкасов А.Н., Гречко Г.И., Шишкин В.А. Транспортные ядерные энергетические установки // Атомная энергия. 103 вып. 1, С. 40-44.
4. Щепетина Т.Д. Ядерная энергия для села // НГ-Энергия. Москва. [Электронный ресурс]. - URL: https://www.ng.ru/energy/2009-10-13/11_energy.html (Дата обращения: 02.10.2022).
5. Малые АЭС... Да удалые [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.atomic-energy.ru/articles/2015/05/06/11952> (Дата обращения: 03.10.2022).
6. Саркисов А.А. Новое направление развития — ядерная энергетика малой мощности // Атомная энергия. Т. 111, вып. 5 - Москва, 2011. – с. 243-245
7. Петрунин В. В., Гуреева Л. В., Фадеев Ю. П., Шмелев И. В., Лепехин А. Н., Удалищев С. В. Перспективы развития атомных станций с реакторами малой и средней мощности // Атомные станции малой мощности: новое направление развития энергетики. – Москва: Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук, 2015. - С. 36-49.
8. Гагаринский А.Ю. Ядерные реакторы малой мощности – большие ожидания // Вестник НПУА. Электротехника, Энергетика. № 2. - 2018. - С. 9-20.
9. Росатом назвал в числе своих приоритетов развитие малой ядерной энергетики [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.bigpowernews.ru/news/document105649.phtml> (Дата обращения: 30.09.2022).

Информация об авторах:

Уварова Виктория Александровна, студентка гр. 3742707/20101, СПбПУ Петра Великого, 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, uvarova.va@edu.spbstu.ru

Бугаева Татьяна Михайловна, к.э.н, доцент, СПбПУ Петра Великого, 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, bugaeva.tm@edu.spbstu.ru