

ЛЕТНЯЯ ШКОЛА УЧИТЕЛЕЙ ГЕОГРАФИИ  
Московский Государственный Университет имени М.В.Ломоносова  
Географический факультет  
29 -30 сентября 2022 г.

# Ресурсы возобновляемой энергии в Арктической зоне Российской Федерации

**Л.В.Нефедова, к.г.н., с.н.с.** НИЛ ВИЭ Географического ф-та

МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

*e-mail:* [nefludmila@mail.ru](mailto:nefludmila@mail.ru)

Освоение Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) имеет стратегическое значение для социально-экономического развития страны, а энергоснабжение является одним из ключевых элементов будущего освоения. Изменяющиеся экологические условия и требования к соблюдению природоохранных мер стимулируют поиск оптимального использования энергетических ресурсов, в том числе местных и возобновляемых источников энергии. Рассмотрим ресурсы возобновляемых источников энергии (ВИЭ), современное состояние, планы и проблемы их использования в АЗРФ.

Для оценки потенциала использования ВИЭ в Арктике необходимо рассмотреть четыре аспекта:

- географический анализа общего состояния энергетического комплекса АЗРФ с точки зрения использования различных энергетических ресурсов;
- оценки природного потенциала возобновляемых источников энергии в АЗРФ
- анализ проблем и опыта освоения возобновляемых ресурсов в Арктике
- влияние различных видов рисков, в том числе связанных с климатическими изменениями, на развитие энергетической инфраструктуры в пределах жизненного цикла как действующих, так и проектируемых энергоустановок;

## Схема размещения опорных зон развития в Арктике

1. Кольская опорная зона
2. Архангельская опорная зона
3. Ненецкая опорная зона
4. Воркутинская опорная зона
5. Ямало-ненецкая опорная зона
6. Таймыро-Туруханская опорная зона
7. Северо-Якутская опорная зона
8. Чукотская опорная зона



## Основные энергообъекты производства электроэнергии и тепла в АЗРФ

Регион	Энергообъекты региона
Мурманская область	<b>АЭС:</b> Кольская (1760 МВт); <b>ТЭЦ:</b> Апатитская (266 МВт), Мурманская; <b>17 ГЭС:</b> Верхнетуломская (268 МВт), Серебрянская (204 МВт) Нива-3 (155,5 МВт), Князегубская (152 МВт), Серебрянская -2 (150 МВт), Верхнетериберская (130 МВт), а также Пазские ГЭС(187,9 МВт) и Туломские ГЭС и др.;
Арктическая зона Архангельской области	Архангельская ТЭЦ (450 МВт), Северодвинская ТЭЦ-1 (188,5 МВт), Северодвинская ТЭЦ-2 (410 МВт), ТЭЦ Архангельского ЦБК (224МВт)
Ненецкий автономный округ	ГТЭС Нарьян-Марская (38,15 МВт)
Муниципальное образование ГО «Воркута» (Республика Коми)	Воркутинская ТЭЦ-1 (25 МВт), Воркутинская ТЭЦ-2 (270 МВт),
Ямало-Ненецкий АО	Уренгойская ГРЭС (529,7 МВт) , Ноябрьская ТЭЦ(122,6 МВт) , Ямбургская ГТЭС (112,0 МВт) , Ямал СПГ ТЭС (37600 МВт), ГТЭС Новый порт (96,0 МВт)
Красноярский край	<b>Пять ЭС АО «Норильско-Таймырская энергетическая компания» (2276 МВт)</b> <b>ГТС ООО «РН-Ванкор» (252 МВт),</b> <b>ГТС ОАО «Туруханскэнерго» (28 МВт)</b>
Арктическая зона улусов Республики Саха (Якутия)	Автономные муниципальные (преимущественно дизельные и мазутные) электростанции суммарной мощностью 156 МВт
Чукотский АО	<b>ТЭЦ:</b> Анадырская (50 МВт), Чаунская (34,5 МВт) <b>ГРЭС:</b> Эгвекинотская (34 МВт) <b>АЭС:</b> Билибинская (48 МВт) – план - вывод из эксплуатации – в 2023г.

## ***РОЛЬ ДЭС в энергообеспечении***

***Дизельные электростанции*** вырабатывают следующие доли от всей энергии, произведенной в этих регионах.

- в НАО более 2/3 всей энергии (до 80%),
- в РС(Я) - около 1/5,
- в Чукотском автономном округе (ЧАО) - порядка 1/3

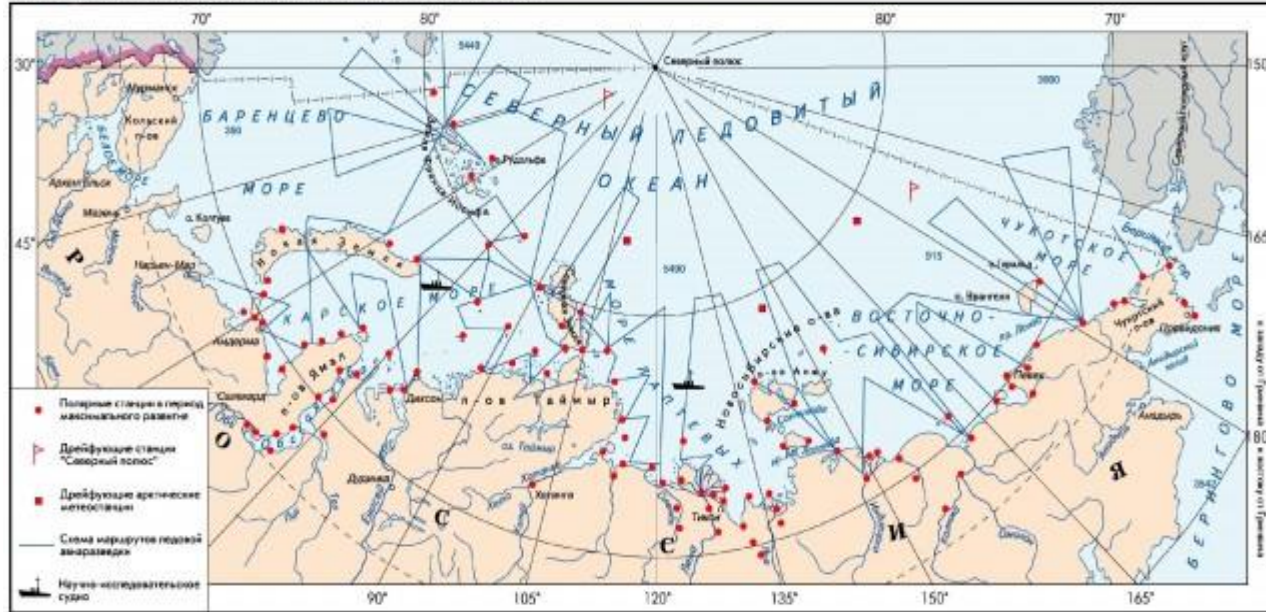
На топливо- и энергообеспечение потребителей АЗРФ ежегодно расходуется порядка 100 млрд. руб., из которых около 50% выделяется в рамках механизма субсидирования тарифов на энергию. Себестоимость электрической энергии в АЗРФ достигает 100 руб./кВт·ч, при этом до 70% в структуре себестоимости составляют затраты на северный завоз.

Масштабы завозимого в АЗРФ топлива существенны на уровне страны. Суммарная установленная мощность ДЭС в зоне АЗРФ составляет по разным оценкам около 1,8 ГВт, из которых около 500 МВт приходится на ДЭС общего пользования. По данным Росстата в 2020 году потребителям АЗРФ было отгружено более 438.2 тыс. т бензина, 1392.7 тыс. т дизельного топлива, 1546.4 тыс. т мазута топочного (1.24%, 3,76% и 10% соответственно от их потребления в целом по РФ).

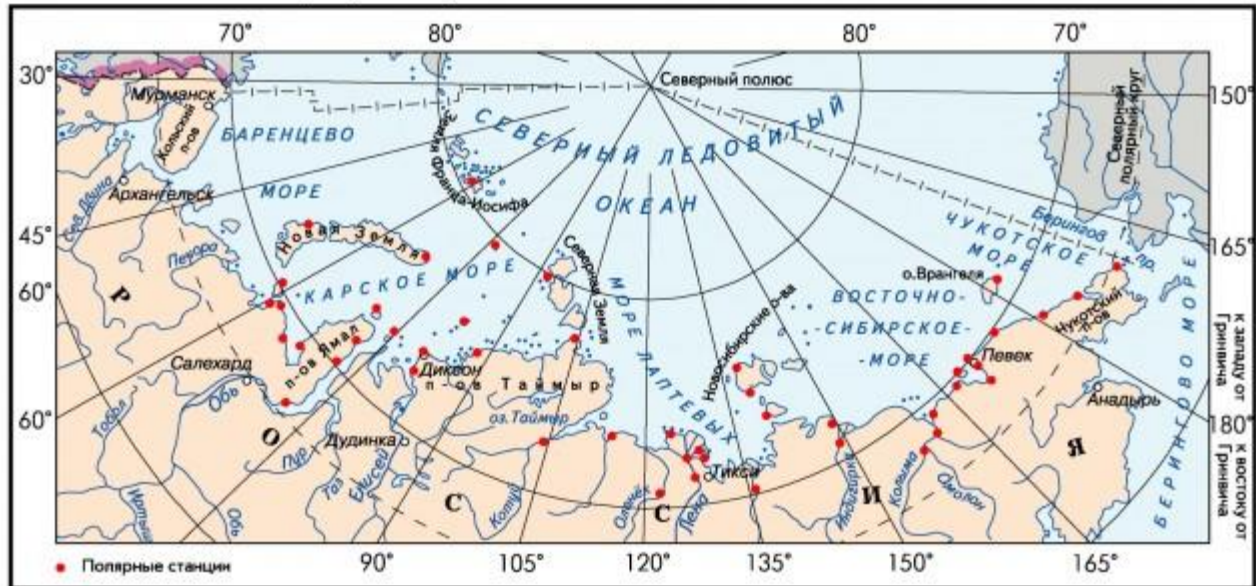
При этом, потребление привозного топлива в АЗРФ растет, в частности, в связи с активно развивающейся добывающей промышленностью в некоторых районах. Формирующийся спрос на энергию в большинстве случаев покрывается за счет тепловых электростанций (преимущественно дизельных (ДЭС) и газотурбинных (ГТЭС)) (к примеру, с 2000 по 2014 г. собственная генерация энергии в Ненецком автономном округе и Ямало-Ненецком автономном округе выросла в 14 раз и 5 раз соответственно

# Проблемы оценки ресурсов ВИЭ Арктики. Сокращение сети ГМ наблюдений

НАБЛЮДАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА АРКТИКИ в конце XX в.



ПОЛЯРНЫЕ СТАНЦИИ ( 2006 г.)



Масштаб 1:45 000 000

В 1985 г. в СССР в Арктике функционировали 110 основных метеостанций. Из них на 24 проводились аэрологические, на 24 — актинометрические, на 80 — морские (и речные) гидрологические наблюдения. 32 полярные станции являлись корреспондентами Всемирной метеорологической организации. Кроме этого в Арктике источниками информации являлись и другие наблюдательные платформы (дрейфующие станции, экспедиционные и транспортные суда, самолеты ледовой разведки и т. д.).

В настоящее время функционируют и передают информацию в автоматические станции погоды Росгидромета 52 полярные станции Мурманского, Северного, Якутского и Чукотского Управлений гидрометеорологической службы, на которых проводятся стандартные метеорологические (52 полярные станции), морские гидрологические (44 полярные станции), актинометрические (10 полярных станций), аэрологические (7 полярных станций) наблюдения. 32 полярные станции являются труднодоступными, 27 — реперными, 23 — корреспондентами Всемирной метеорологической организации.

## ГИС «Возобновляемые источники энергии России» <http://gisre.ru/>

Совместный проект МГУ имени М.В.Ломоносова и ИОВТ РАН

К настоящему времени ГИС содержит интерактивные карты, отражающие ресурсы и потенциалы солнечной и ветровой энергии, которые были вычислены на основе многолетних средних данных, представленных в базе данных (БД) NASA POWER в пространственной сетке ( $1^\circ \times 1^\circ$ ).

В состав ГИС входят также карты объектов возобновляемой энергетики на территории РФ, базы данных и карты расположения организаций, работающих в области ВЭ, а также климатические базы данных, содержащие характеристики приходящей солнечной радиации в той же пространственной сетке, что и карты. ГИС содержит также ряд региональных карт и баз данных, а также карты валового энергетического потенциала отходов сельскохозяйственного производства федеральных округов РФ.



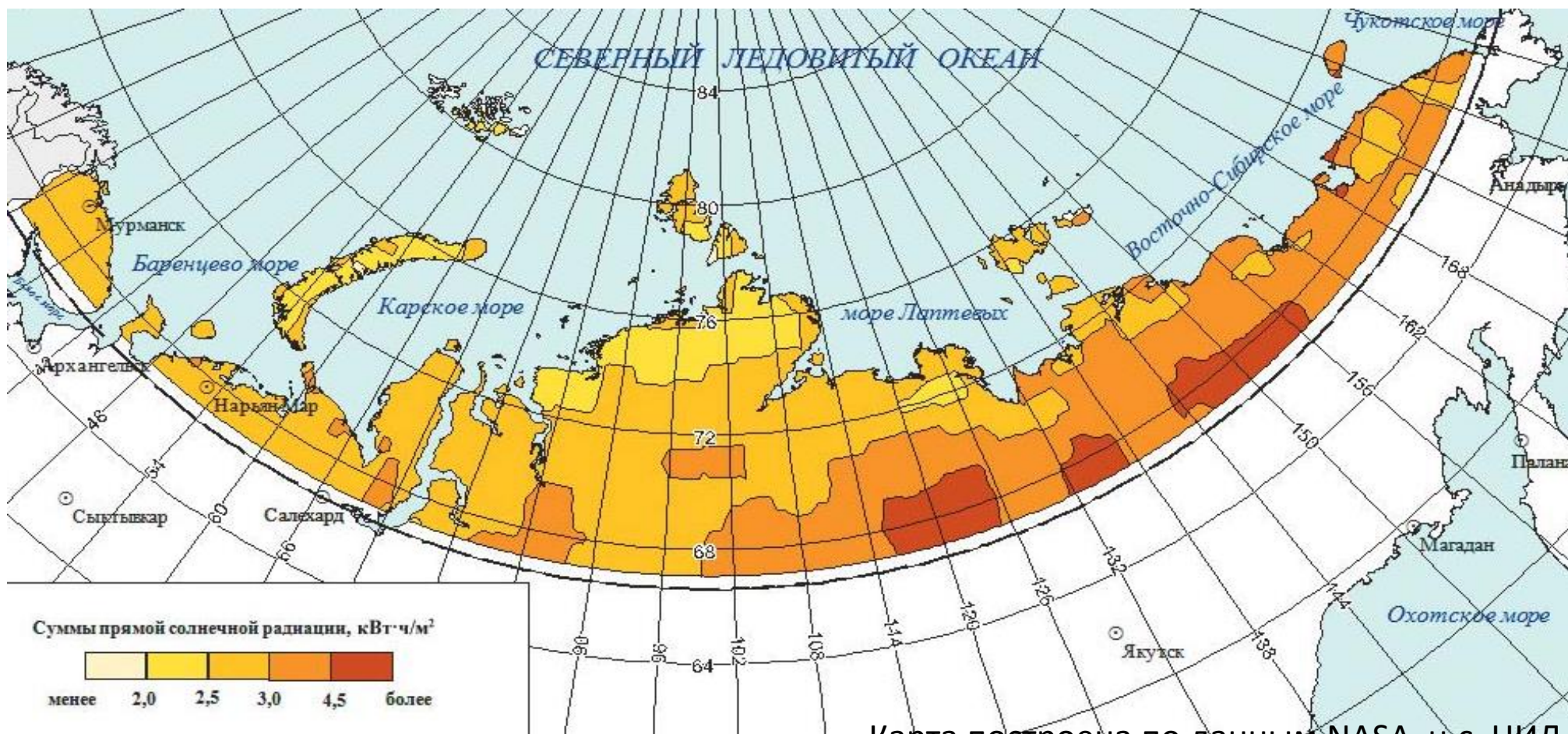
Скрин-шот ГИС ВИЭ РФ. Ветроэнергетические объекты на территории АЗ России.

- При расчетах ресурсов и производительности солнечных и ветровых установок и станций (в том числе представленных в ГИС ВИЭ России) используются данные реанализов, которые стали в настоящее время де-факто основой ресурсных исследований в солнечной и ветровой энергетике во всем мире и в РФ. Связано это с недостаточным для детальных оценок количеством метеорологических и (особенно!) актинометрических станций на территории России в целом, и в Арктической зоне особенно. Проблемы использования данных наземных метеорологических станций определяются не только их немногочисленностью, но и потребностью в данных о скоростях ветра на высоте современных ВЭУ (50 и более метров над поверхностью Земли), что не обеспечивается стандартными метеонаблюдениями.
- В настоящее время в ресурсных исследованиях в области солнечной и ветровой энергетике наиболее широко используются данные 6 новейших спутниковых систем для измерения солнечного излучения (CAMS-RAD, NSRDB, SARAH-2, SARAH-E, CERES-SYN1deg и Solcast) и 2 глобальных реанализа (ERA5 и MERRA-2).
- На основе этих реанализов и наземных измерений созданы и широко используются тематические базы данных в области ВЭ: NASA POWER, Solargis, Meteonorm и др.
- Значимость наземных данных при этом не уменьшается, поскольку постоянная задача исследований – верификация дистанционных методов определения и моделирования (восстановления) прихода радиации, скорости ветра и других значимых характеристик (температура, влажность воздуха).



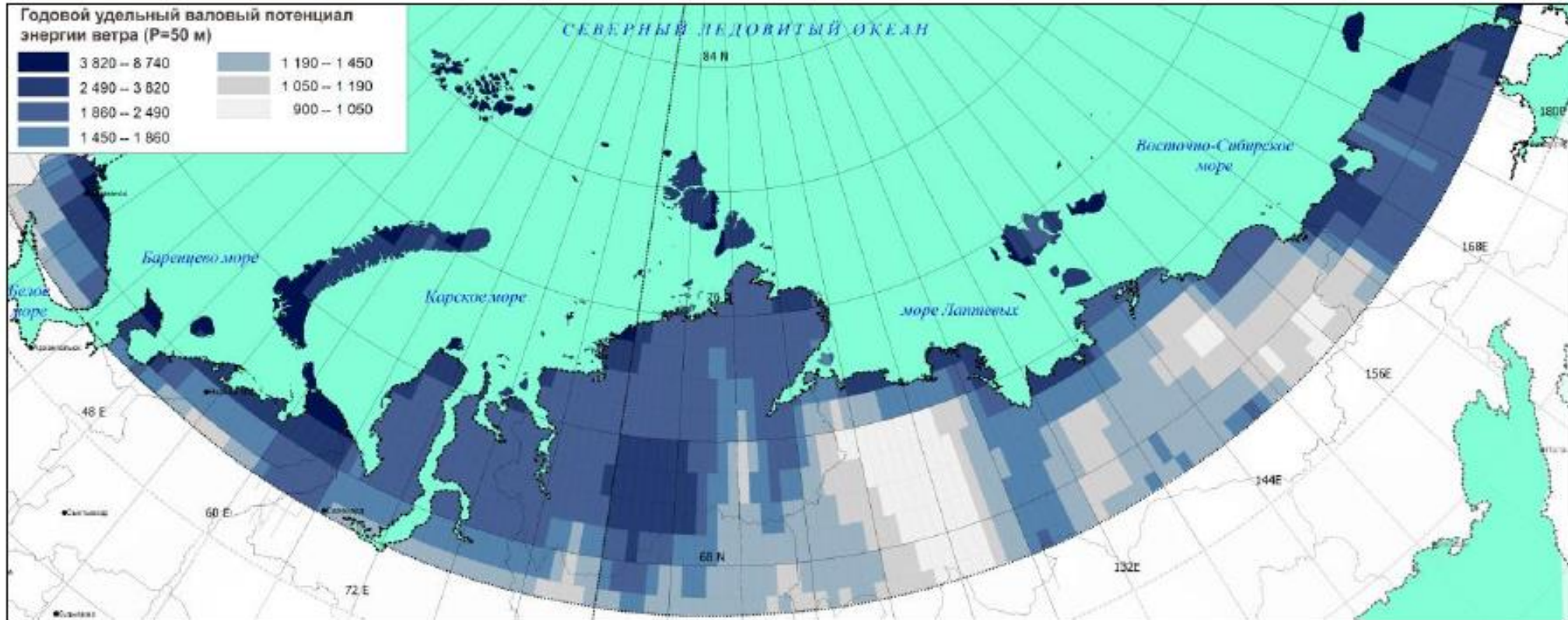
# Распределение среднесуточных сумм прямой солнечной радиации в кВт·ч/(кв.м в день), поступающей на следящую за Солнцем поверхность.

ГИС «Возобновляемые источники энергии» <http://gisre.ru/>



Карта построена по данным NASA н.с. НИЛ  
ВИЭ Географического факультета МГУ Ю.  
Ю. Рафиковой

# Годовой удельный валовой потенциал ветра на высоте 50 м (МВтч/год) по данным NASA SSE в Арктическом регионе

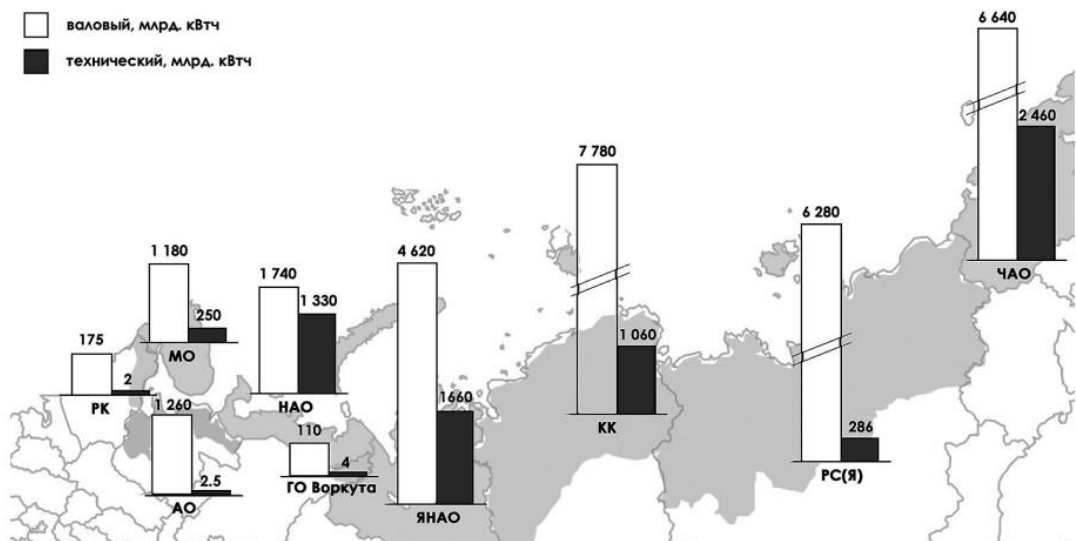


Карта составлена инженером НИЛ ВИЭ Географического ф-та МГУ В.П. Шакуном (расчет для ВЭУ  $\xi = 0,593$ , диаметр ветроколеса 50 м).

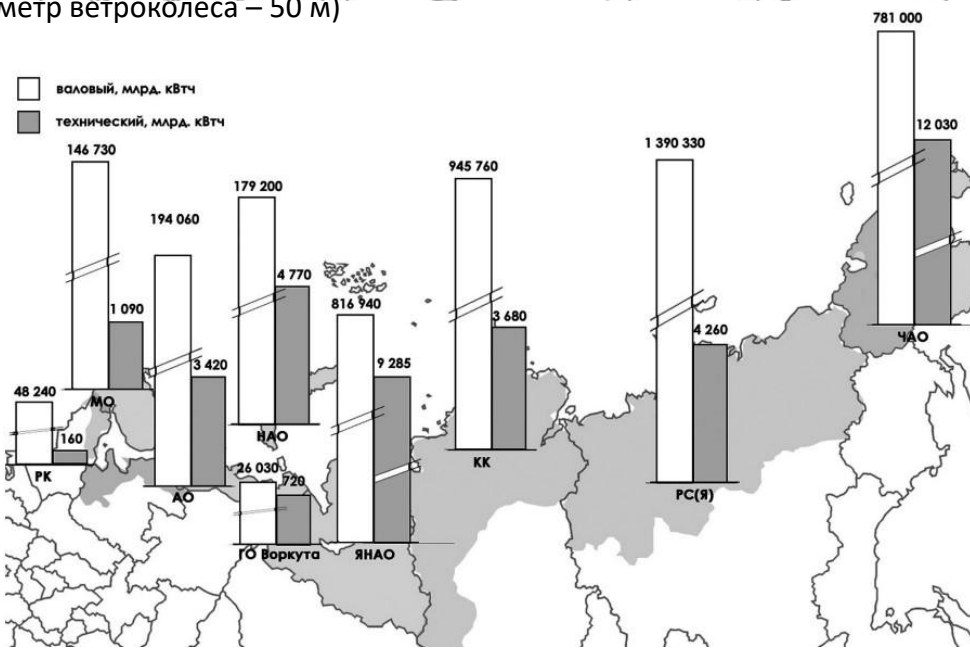
# Потенциал ветро- и гелиоэнергетических ресурсов

- При высоком потенциале ветроэнергетических ресурсов и значительных территориях со среднегодовыми значениями скоростей ветра в 6-8 м/с в Арктическом регионе, использование данного ресурса сопряжено с **очень большими природными рисками, обусловленными частыми ураганными порывами ветра, снежными бурями и заносами, угрозой обледенения лопастей.**
- Валовой потенциал ветра распределен по территории АЗРФ крайне неравномерно, наибольшими удельными показателями обладает побережье Северного Ледовитого океана. Более высокие значения потенциала ветроэнергоресурсов характерны для Восточной части АЗРФ (Красноярский край и Чукотский АО).
- Среднегодовое дневное поступление энергии прямого солнечного излучения в Арктике варьируется от 2 до 5 кВт·ч/м<sup>2</sup> в день. Этот энергетический потенциал солнечной энергии существенен и пригоден для практического использования.
- В ясные летние дни во многих районах Арктики поступление солнечной энергии на неподвижные ориентированные на юг приемные поверхности с оптимальным углом наклона к горизонту могут достигать 6 - 8 кВт·ч/м<sup>2</sup> в день, что соизмеримо с поступлениями энергии солнечного излучения в южных районах страны

□ валовый, млрд. кВтч  
 ■ технический, млрд. кВтч



Годовой валовый и технический потенциал ветровой энергии на материковой части АЗРФ на высоте 50 м (в расчете на площадь субъекта, входящую в АЗРФ) (диаметр ветроколеса – 50 м)



Валовый и технический потенциал солнечной энергии в расчете на площадь субъекта, входящую в АЗРФ

## Анализ величин годового валового потенциала ветровой энергии

районов АЗРФ на высоте 50 м, рассчитанного исходя из ряда допущений: ветроэнергетические установки размещаются в узлах равномерной пространственной сетки со стороной квадрата 500 м на всей территории региона; диаметр ветроколеса равен 50 м.

## Величина технического потенциала ветровой энергии,

учитывающего техническую возможность преобразования энергии ветра в электрическую, а также потенциально доступные для размещения ветроэнергетических установок (ВЭУ) площади, для всех территорий АЗРФ значительно меньше валового (в 1,5 – 10 раз и более) имеет несколько другой характер распределения по территории

Сравнение районов по величинам валового и технического потенциала между собой стоит проводить, используя удельные величины на единицу площади, для которой была выполнена оценка. Так, годовой удельный валовый потенциал солнечной энергии в Ямало-Ненецком автономном округе составляет 10,6 млн кВт·ч/га, удельный технический – 0,12 млн кВт·ч/га, в то время как в РС(Я) эти величины составляют 864,2 и 2,7 млн кВт·ч/га соответственно

Суточные суммы суммарной солнечной радиации на наклонную поверхность южной ориентации за период с апреля по сентябрь в АЗРФ Восточной Сибири и Дальнего Востока могут достигать 4.8 кВт·ч/м<sup>2</sup>·день.

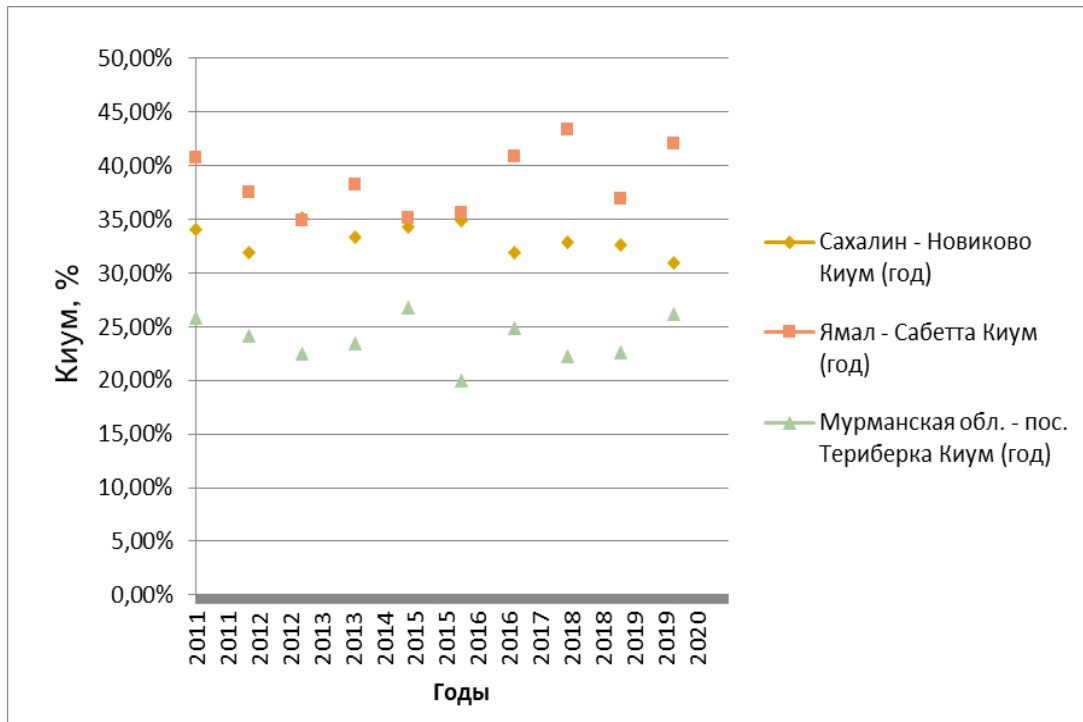
Источник: Атлас ресурсов возобновляемой энергии на территории России: науч. издание. Москва, 2015. – 160 с.

## ОЦЕНКИ И РАСЧЕТЫ РЕСУРСОВ ВИЭ В АРКТИКЕ

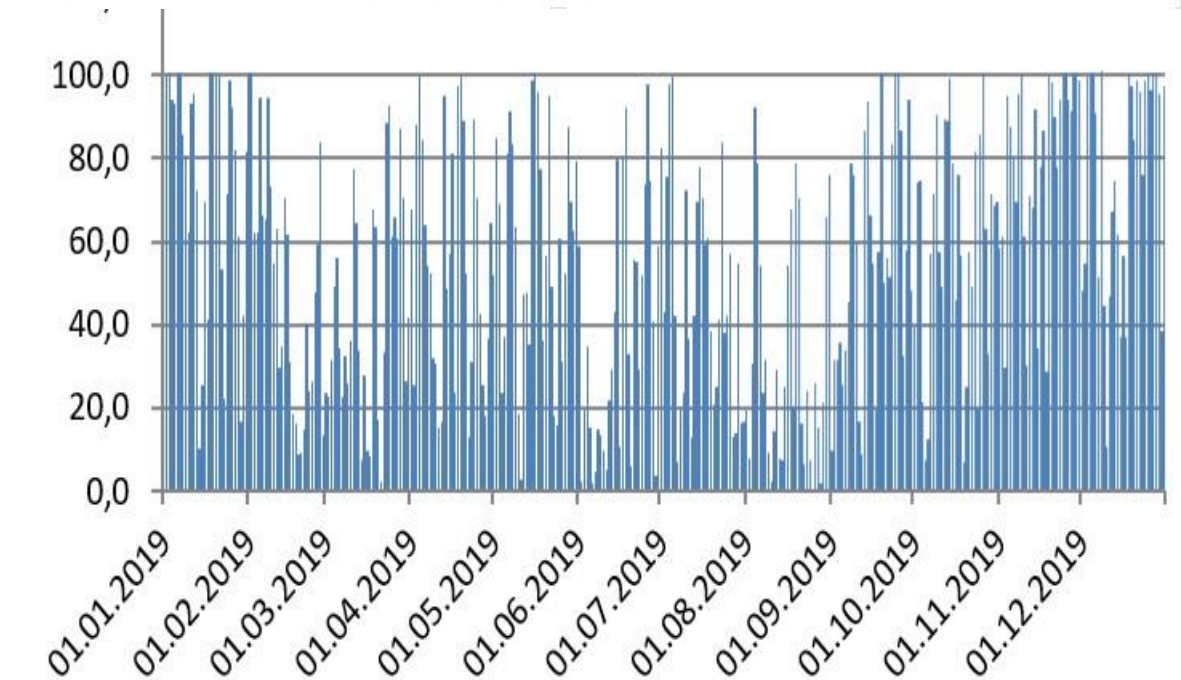
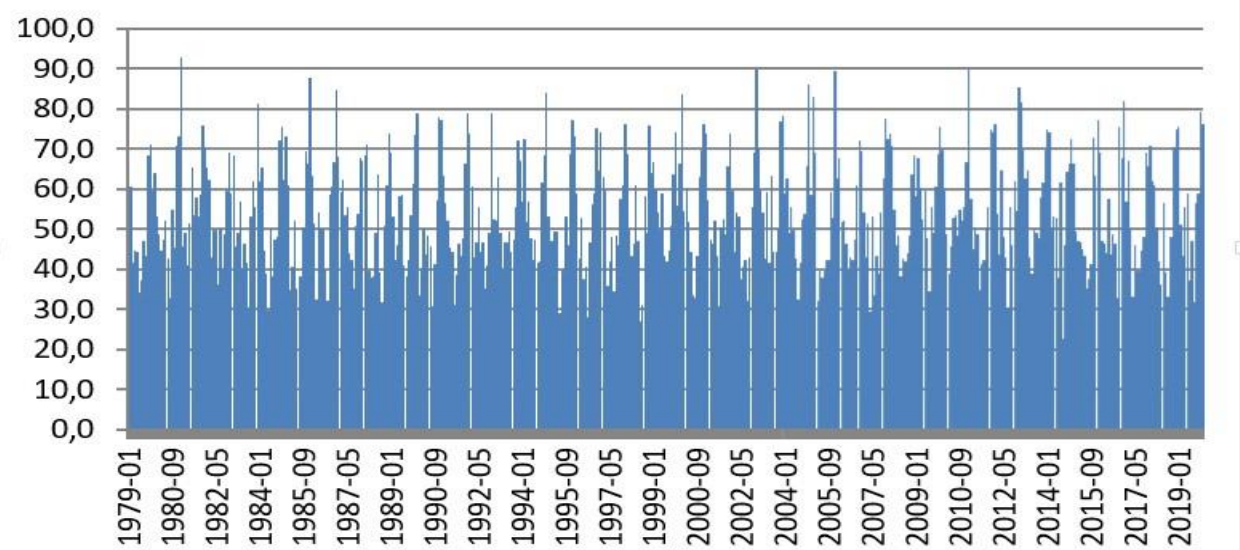
- Для оценки ресурсов необходимо рассчитывать не только средние (годовые, сезонные, месячные) значения поступления солнечной радиации или же скорости ветра на определенной высоте. Годовой ход солнечной радиации позволяет прогнозировать режим работы гелиоустановок в течение года и оценивать их общую энергоэффективность. Вариации интенсивности солнечной радиации в течение дня влияют на производительность гелиоустановки и на непрерывность выдачи производимой энергии. Внутримесячная изменчивость радиации определяет эффективность использования установленной мощности гелиоустановок и позволяет проектировать оборудование для длительного (месячного, сезонного) аккумулирования энергии.
- Нестабильность интенсивности ветрового потока определяет и колебания в выработке электроэнергии на ВЭУ. При подготовке ветроэнергетических проектов в обязательном порядке проводится годичный мониторинг по строго определенной методике для дальнейшей верификации с БД и расчетов потенциала выработки ЭЭ.
- **Ветромониторинг** – процедура измерения метеорологических параметров, нацеленная на оценку производства электроэнергии проектируемым ветропарком. Для проведения измерений используется мачта ветромониторинга, на которой на разных высотах располагаются датчики (анемометры, флюгеры, термометр, барометр и др.). Впервые его начали проводить в конце 70-х годов XX века в Дании.

## Высокая изменчивость ветроэнергетических ресурсов

Расчеты Коэффициента использования установленной мощности (Киум) по перспективным площадкам установки ВЭС для ВЭУ ENERCON E-53 810 kW по данным о почасовых значениях скорости ветра на высоте 50м из базы данных NASA POWER (расчетный период с 1.01.2011 по 31.12.2020 (10 лет))



Графики изменения среднегодовых значений Киум для расчетных пунктов за 2011-2020 гг.



Графики изменения среднеемесячных и среднесуточных значений Киум для модельной ВЭУ Lagerwey L100-2.5MW на основе расчетов по данным NASA SSE (1979-2019 гг.).

## Необходимость создания дублирующих мощностей или же аккумулирования энергии.

Стахастический характер изменения значений скорости ветра и солнечной радиации в АЗРФ, неравномерность выработки электроэнергии на ветроэнергетических и гелиоустановках показывают необходимость создания дублирующих мощностей или же аккумулирования.

Традиционным в России для объектов распределенной энергетики на ВИЭ является использование дизель-генераторов, в том случае, если это не сетевой энергообъект, созданный для энергообеспечения автономного потребителя.

Амплитуда колебаний Киум и требуемая потребителем гарантированная мощность определяют суммарную мощность дублирования. На ВЭС п.Амдерма разрабатывается методика оптимального управления данным процессом использованием автоматики. Таким образом создавая элемент GridMicro. Использование MicroGrid как одного из элементов цифровой трансформации энергетики обеспечит следующие преимущества: **минимизация эксплуатации дизель-генераторов, экономия топлива, снижение выбросов CO<sub>2</sub>, стабилизация сети с колебаниями мощности, продление срока жизни аккумуляторных батарей.**

**Проблема краткосрочного аккумулирования** может быть решена путем использования кислотных (технология DuraGrid, обеспечивающая длительный срок работы (не менее 1000 циклов при 80%-й глубине разряда) или литий-ионных аккумуляторов.

**Для длительного аккумулирования** в относительно больших объемах такие аккумуляторы непригодны.

**Длительное аккумулирование** – перспективы использования для этих целей выработки водорода и топливных элементов на нем.

### Стоимость водорода из воды на базе ВИЭ

**2018г.** - Ветровые электростанции лучшие/средний уровень 21,7/35,0 долл/ГДж H<sub>2</sub>

Фотоэлектрические станции лучшие/средний уровень 27,5/52,5 долл/ГДж H<sub>2</sub>

**2050г.** - Ветровые электростанции лучшие/средний уровень 7,9/10,0 долл/ГДж H<sub>2</sub>

Фотоэлектрические станции лучшие/средний уровень 10,0/21,7 долл/ГДж H<sub>2</sub>

Источник: Hydrogen: A renewable energy perspective, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2019.

## ГИДРОРЕСУРСЫ – МГЭС и МикроГЭС

В Мурманской области насчитывается 17 МГЭС, в Якутии - 2, в Архангельской области -1.

В Мурманской области все туристические комплексы находятся вблизи рек, которые обладают значительными гидроэнергетическими ресурсами.

Для освоения и дальнейшего использования этих ресурсов в целях электроснабжения туристических комплексов **могут использоваться погружные микро-ГЭС круглогодичного действия или (в летнее время) наплавные свободнопоточные микро-ГЭС**, которые устанавливаются на любые плавательные средства или стационарно крепятся на дне реки на якоря. Такие микро-ГЭС работают при погружении турбины в свободный поток воды и преобразуют кинетическую энергию потока. Мощность микро-ГЭС не превышает нескольких киловатт. Это связано с ограничениями на размер рабочего колеса гидротурбины, с параметрами створа реки (необходимо полное погружение гидротурбины), а также с минимальной скоростью течения реки (скорость должна быть более 1 м/с). Свободнопоточная микро-ГЭС может работать параллельно с дизельгенератором, сокращая расход дорогостоящего топлива. Большим преимуществом такой микро-ГЭС является отсутствие земляных и строительных работ при ее установке в месте использования.

### Приливная энергия

Вблизи п. Ура-Губа в Мурманской обл. – экспериментальная **Кислогубская приливная электростанция (ПЭС)** мощностью 1,7 МВт. Установлена в узкой части губы Кислая, высота приливов в которой достигает 5 метров. Конструктивно станция состоит из двух частей — старой, постройки 1968 года, и новой, постройки 2006 года. Новая часть присоединена к одному из двух водоводов старой части. В здании ПЭС размещено два ортогональных гидроагрегата — один мощностью 0,2 МВт (диаметр рабочего колеса 2,5 м, находится в старом здании) и один ОГА-5,0 м мощностью 1,5 МВт (диаметр рабочего колеса 5 м, находится в новом здании).

Подготовлен проект строительства **Северной ПЭС**, мощностью в 12 МВт (годовая выработка энергии 18,8 млн. кВт\*ч) в губе Долгая-Восточная на Кольском полуострове. Это первый проект, когда приливная электростанция в России, выйдет на промышленный уровень генерации энергии. Начало возведения планировалось на 2012г., по финансовым причинам компания «Русгидро» прекратила реализацию инвестиционного проекта «Опытно-промышленная Северная ПЭС, в том числе НИОКР.

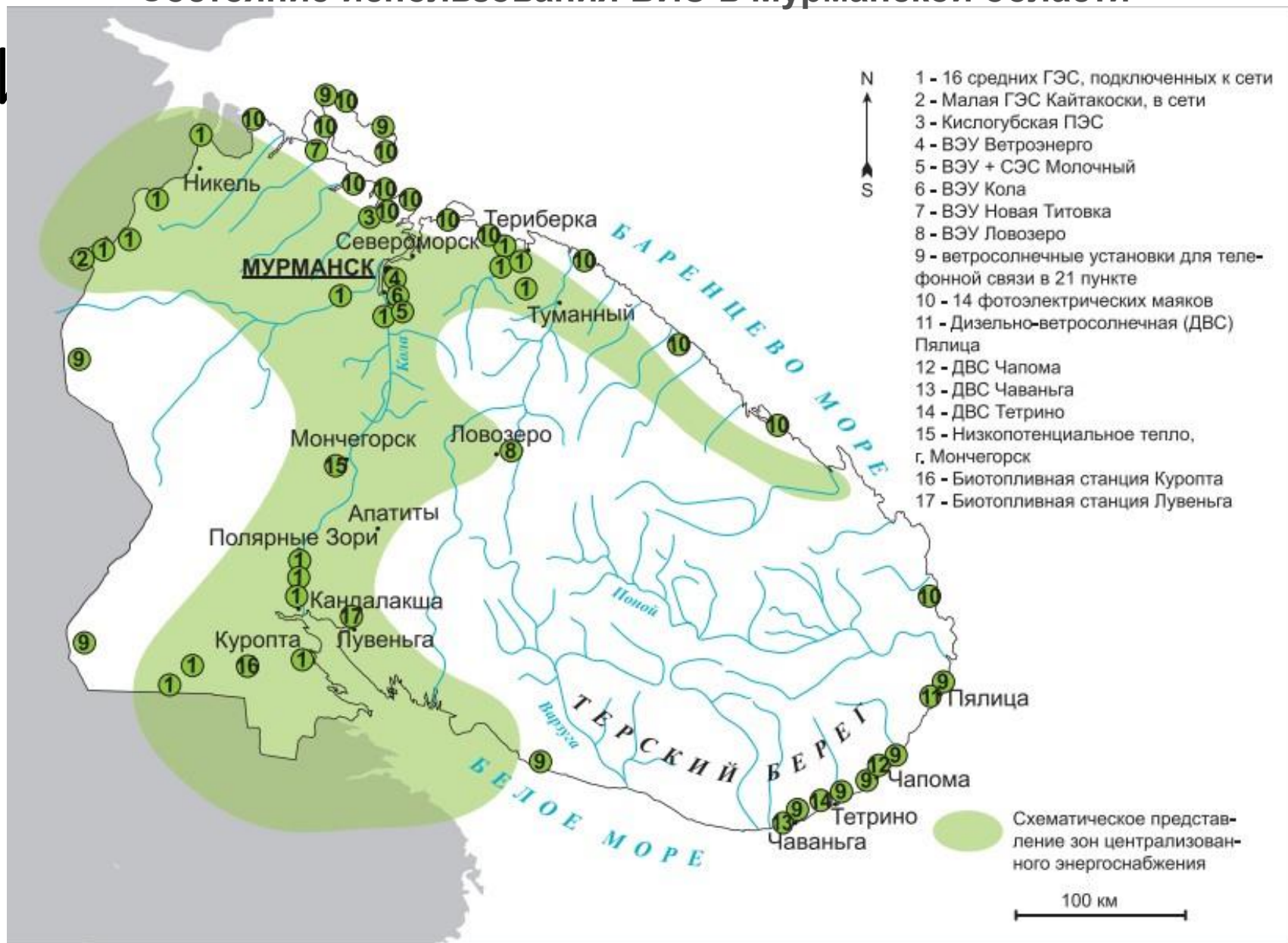
В Мезенском заливе Белого моря планировалось строительство крупной приливной электростанции, мощностью 8 ГВт. ПАО «РусГидро» в начале 2000-х изучала возможность строительства **Мезенской ПЭС** в Архангельской области для экспорта электроэнергии в Европу, но еще в 2008 году приостановили исследовательские и проектные работы в этом направлении. По оценкам её годовая выработка может составить 38,9 млрд. кВт/ч



# Современное состояние распределенной энергетики в АЗРФ

- Суммарная установленная мощность Дизельных электростанций (ДЭС) в зоне АЗРФ составляет по разным оценкам порядка **1,8 ГВт**, из которых около 500 МВт приходится на ДЭС общего пользования.
- Дизельные электростанции в Ненецком АО вырабатывают более 2/3 всей энергии (до 80%), в Республике Саха (Якутия) - около 1/5, в Чукотском АО - порядка 1/3 всей энергии, произведенной в этих регионах. ТЭС в Республике Саха (Якутия) вырабатывают порядка половины всей электроэнергии, потребляемой в Республике и в северных районах Красноярского края и порядка 1/3 в Чукотском АО. Часть спроса на энергию в НАО и ЯНАО покрывается за счет поставок энергии из других регионов
- Анализ статистической информации о функционирующих в настоящее время и запланированных к реализации объектов генерации с использованием энергии возобновляемых источников, а также комбинированных энергоустановок (с использованием дизельного топлива) на территории АЗРФ показал, что в настоящее время в регионе действует около **75 установок и систем энергоснабжения с использованием возобновляемых источников энергии** суммарной установленной электрической мощностью порядка 104 МВт, в том числе:
  - МГЭС – 94 МВт, ВЭС – 7,2 МВт, СЭС – 1,2 МВт, ПЭС – 1,7 МВт

## Состояние использования ВИЭ в Мурманской области



Возобновляемые источники энергии в изолированных населенных пунктах Российской Арктики. – М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2017.

## Биоэнергетика

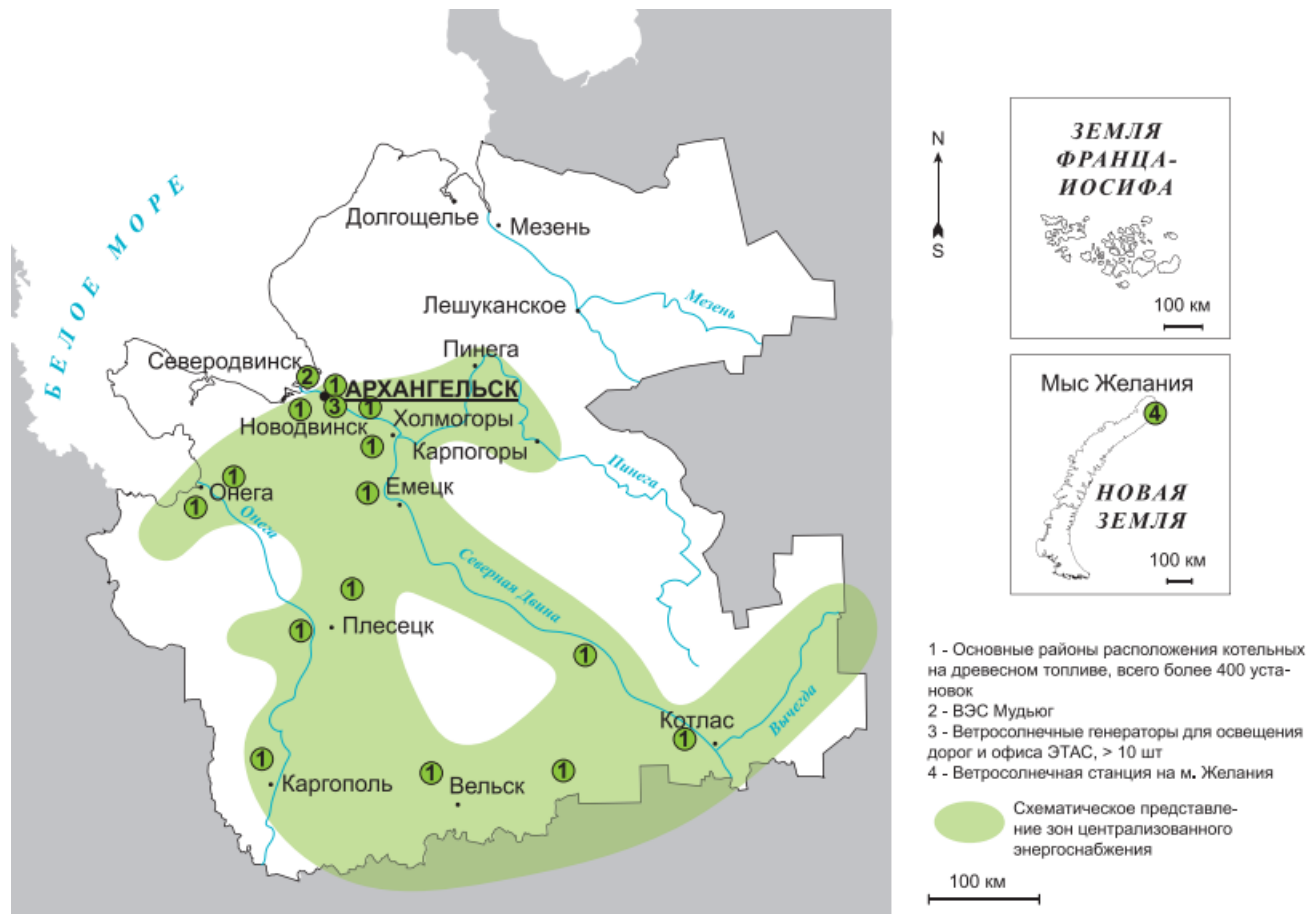
В Архангельской области работают на биотопливе более 400 котельных, Котельные на биотопливе, не подключенные к централизованным

сетям теплоснабжения, общей установленной мощностью свыше 800 Гкал/ч (930 МВт). Используются кородревесные отходы, низкосортная древесина (дрова), топливная щепа, опилки, древесные гранулы – пеллеты. В результате перехода на древесное топливо было закрыто 56 котельных на угле и мазуте, что дало экономию, превышающую 150 млн рублей в год, а снижение выбросов CO<sub>2</sub> составило примерно 200 тыс. т в год.

## Низкопотенциальное тепло

Проект по использованию низкопотенциального тепла был реализован в 2014 г. на очистных сооружениях в г. Мончегорске Мурманской области, где установлена теплонасосная станция мощностью 200 кВт, использующая тепло очищенных бытовых канализационных стоков для обогрева производственных помещений площадью более 1500 м<sup>2</sup>. Реализация проекта позволила на 20% снизить затраты на отопление.

## Использование ВИЭ в Архангельской области



Возобновляемые источники энергии в изолированных населенных пунктах Российской Арктики. – М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2017

## Объекты солнечной энергетики в Арктике

Солнечные электростанции, мощностью 20-60 кВт построены в 2012-2016гг РАО Энергетические системы Востока (дивизион РусГидро) в Ямало-Ненецком автономном округе также в поселках Бетенкес Батамай, Джаргалах, селах Дулгалах, Куду-Кюэль, Улуу, Юнкюр, Верхняя Амга, Столбы, Иннях Тойон-Ары, Куберганя, Эйик, Дельгей. Оборудованы системами накопления энергии.

**Крупнейшая СЭС за Полярным кругом в п. Батангай**, мощностью 1 МВт дает ЭЭ с 2025г. Крупнейшая СЭС за полярным кругом, официально признана самым северным в мире объектом фотовольтаики. Соответствующая запись размещена на сайте Guinness World Records. Станция состоит из 3360 поликристаллических панелей китайской фирмы Suntech Power по 300 Вт каждая. Рабочие температуры: от  $-45^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ . Совместный проект Холдинга «РАО ЭС Востока» и Правительства Республики Саха (Якутия).

В рамках V Международной конференции «Развитие возобновляемых источников энергии на Дальнем Востоке», которая проходила в Якутске летом 2017г. было подписано соглашение между республикой и группой компаний «Хевел», об инвестиционном проекте по строительству автономных солнечно-дизельных электростанций с использованием передовых технических решений.

**СЭС базы Омега** Мощность: 39.6 кВт (132 PV панели)

Статус: действующая с 2020г.

Остров Земля Александры 80 град с.ш.

Входит в «Арктический трилистник»



## Солнечные установки на ООПТ.

- В Национальном парке «Русская Арктика» на мысе Желания устанавливали ВЭУ летом 2012г. По истечении месяца после монтажа при порывах ветра до 30 м/с ветрогенератор разрушился. В июле –августе 2015 г. была смонтирована и запущена гибридная электростанция, позволяющую аккумулировать энергию от солнечных панелей, ветрогенераторов и уже имеющихся бензо/дизельгенераторов. Максимальная мощность установленной электростанции по инвертору – 8 кВт, суммарная емкость батарей – 600 А·ч при 48 В, максимальная мощность ветрогенераторов – 1,2 кВт, максимальная мощность солнечных панелей – 6,48 кВт. ВЭУ вышел из строя, увеличили количества солнечных панелей до 36 и установили дополнительного контроллера заряда. От использования ВЭУ отказались. В 2016 году экономия по топливу составила 540 литров. Станция также успешно эксплуатировалась в 2017 и 2018 годах,
- В бухте «ТИХАЯ» на о.Гукера в 2018 году специалисты национального парка смонтировали и запустили СЭС с аккумулятором в работу. Генератор не использовался, потребность в энергии обеспечивалась за счет солнца.
- В заповеднике «Остров Врангеля» (Чукотское море) используются солнечные батареи и ветрогенераторы. Стационарными солнечными батареями обеспечено 7 наиболее часто посещаемых кордонов из 15, также имеется два комплекта переносных солнечных батарей, которые используются для работы сотрудников заповедника на других кордонах. Установлено 2 ВЭУ.
- В национальном парке «Берингия» в районе мыса Чаплина (Чукотский полуостров) на полевом стационаре используется в тестовом режиме комплект на основе возобновляемых источников энергии: солнечные батареи 400-500 кВт, вертикальный ветрогенератор 300 Вт, инвертор 24В/220В, 3 кВт.

## Использование ВИЭ для обслуживания логистики

**Ветро-солнечная станция «Юрта»** мощность 47,5 кВт

Тестовый проект, опытно-промышленные испытания с 2017г.

Район размещения: Ямал, приемо-сдаточный пункт

Новопортовского месторождения в районе Мыса Каменного

Собственник - «Газпромнефть-Ямал»

Состав: аккумуляторные батареи, два ветрогенераторов и

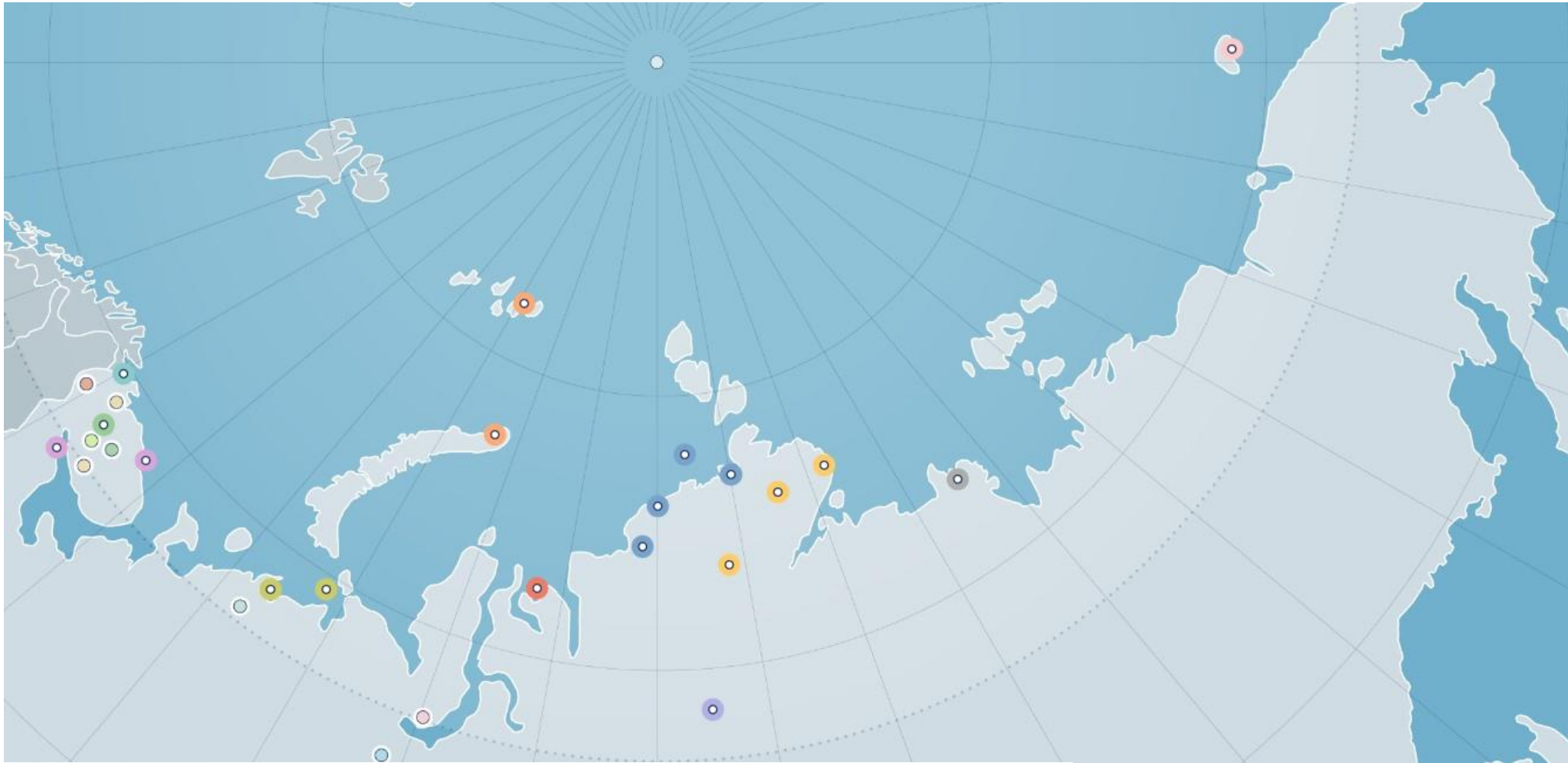
30 солнечных панелей. Планы - обеспечить бесперебойным

электропитанием блок системы управления одного из

напорных трубопроводов.

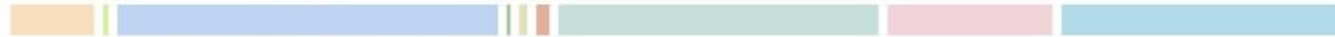


# Наиболее значимые особо охраняемые природные территории в Российской Арктике



Условные обозначения:

295 000 га



Мурманский тундровый заказник

- «НЕНЕЦКИЙ»
- «ПУТОРАНСКИЙ»
- «РУССКАЯ АРКТИКА»
- «ТАЙМЫРСКИЙ»
- «ПАСВИК»
- «ЛАПЛАНДСКИЙ»
- «ОСТРОВ ВРАНГЕЛЯ»
- «УСТЬ-ЛЕНСКИЙ»
- «КАНДАЛАКШСКИЙ»
- «ГЫДАНСКИЙ»
- «БОЛЬШОЙ АРКТИЧЕСКИЙ»

Интерактивная карта ООПТ в АЗРФ

<https://ru.arctic.ru/infographics/20170222/560924.html>

# Энергосервисные контракты в АЗРФ

В августе 2021 года ООО «Хевел Энергосервис» завершило строительство автономных гибридных энергоустановок (АГЭУ) в с. Снежное (220 жителей) и с. Канчалан (470 жителей) Анадырского района Чукотского АО. Суммарная мощность двух АГЭУ – 2,6 МВт, при этом мощность солнечной генерации — 550 кВт, емкость - систем накопления энергии — 470 кВт·ч. Была создана необходимая сетевая инфраструктура, проведена модернизация действующей дизельной генерации. Инвестиции в строительство составили около 205 млн рублей. АГЭУ построены в рамках энергосервисного контракта с регионом за счёт средств ГК «Хевел». По таким контрактам затраты инвестора возмещаются за счет достигнутой экономии средств, получаемой после внедрения энергосберегающих технологий, в том числе на базе ВИЭ, то есть отсутствует необходимость в первоначальных затратах собственных средств региона или кредитовании. Такая финансовая модель позволила избежать роста тарифов для конечных потребителей электроэнергии и в будущем обеспечит снижение нагрузки на региональный бюджет за счёт сокращения затрат на закупку дизельного топлива.



## SWOT - АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИИ НА ВИЭ В АЗРФ\*

	Положительные	Отрицательные
Внутренние факторы	<p><u>Сильные стороны:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Высокий потенциал ветроэнергетических ресурсов</li> <li>- Значимый потенциал гелиоресурсов в летний период</li> <li>- Наличие данных ветромониторинга в ряде перспективных площадок</li> <li>- Возможность создания ЭС разной мощности в т.ч. по модулям (блокам)</li> <li>- Возможность изучения опыта действующих ВЭУ и гелиоустановок в Арктическом регионе</li> </ul>	<p><u>Слабые стороны</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Непостоянство получения энергии (неравномерность энергопотенциала во времени и пространстве)</li> <li>- Значительные периоды простоя оборудования (без выработки электроэнергии). Низкий коэффициент использования мощности солнечных установок</li> <li>- Отсутствие отечественных технологий установок на ВИЭ для условий Арктики на промышленном уровне</li> <li>- Сложности и высокая стоимость доставки оборудования</li> </ul>
Внешние факторы	<p><u>Возможности</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Производство электроэнергии в требуемых объемах в удаленных зонах децентрализованного энергоснабжения</li> <li>- Значительное снижение эмиссии парниковых газов и нагрузки на уязвимую природу Арктики</li> <li>- Государственная поддержка по ФЦП</li> <li>- Широкие возможности для международного сотрудничества</li> <li>- Наличие обширных свободных площадей</li> </ul>	<p><u>Угрозы</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Природно-климатические: ураганные ветра и снежные бури и заносы, криогенная деструкция подземных конструкций.</li> <li>- Технические препятствия: сложности строительства (вечная мерзлота), отсутствие дорог</li> <li>- высокая конкуренция других типов энергоисточников</li> <li>- Нефиксированный тариф на электроэнергию</li> <li>- Несовершенство законодательной базы (отсутствие механизма стимулирования объектов ВИЭ малой мощности)</li> <li>- Непрозрачная разрешительная система, бюрократические препятствия</li> </ul>

\* Энергетическая инфраструктура Арктической зоны Российской Федерации/под ред. В.В. Бушуева / В. В. Бушуев, Т. С. Габдерахманова, М. О. Моргунова, Л.В.Нефедова и др. — ИД Шанс Москва, 2019. — 144 с.



## РЕЕСТР ОСНОВНЫХ ВИДОВ РИСКОВ ПРИ ОСВОЕНИИ ВИЭ В АРКТИКЕ\*

<b>ВНЕШНИЕ РИСКИ – НЕ ЗАВИСЯЩИЕ ОТ ДЕВЕЛОПЕРА ПРОЕКТА</b>	
<b>ВИДЫ РИСКОВ</b>	<b>НАИМЕНОВАНИЕ РИСКОВ</b>
ПОЛИТИЧЕСКИЕ РИСКИ	Политическая нестабильность, изменение таможенной политики, риск государственного неподчинения международным договоренностям.
РЕГУЛИРОВОЧНЫЕ РИСКИ	Риски изменения мер стимулирования использования ВИЭ, тарифного и экологического регулирования; регулирования в области безопасности; специфические налоговые риски.
РЫНОЧНЫЕ РИСКИ	финансово-экономические риски, риск изменения стоимости капитала, недополучения прибыли, изменение цен на топливо, конъюнктуры рынка,
ВАЛЮТНЫЕ РИСКИ	Риски, связанные с валютной нестабильностью неблагоприятно влияют на стоимость инвестиций и возникают, когда есть валютное несоответствие активов (доходов) и обязательств (долговое финансирование).
РЕСУРСНЫЕ РИСКИ	Риск, связанный с высокой пространственно-временной изменчивостью потенциала ветро-, гелио- и др. ресурсов, неопределенностью связанной с их доступностью.
ПРИРОДНЫЕ РИСКИ	Риски, связанные с возможностью катастрофических явлений в арктическом регионе (ураганов, снегопадов, снежных заносов, явлений солифлюкции).
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ	Риски воздействия объектов ВИЭ на уязвимую природу Арктики при штатной работе и в аварийных ситуациях.
<b>ВНУТРЕННИЕ РИСКИ – ОПРЕДЕЛЯЮТСЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ДЕВЕЛОПЕРА ПРОЕКТА</b>	
ИНВЕСТИЦИОННЫЕ РИСКИ	Недостаточная проработка предлагаемого проекта на ВИЭ, несостоятельность девелоперов по обоснованию инвестиционной привлекательности проекта
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ РИСКИ	Неверный выбор технологического оборудования, нарушения технологических процессов, нерегулярные профилактика и ремонт оборудования, непреднамеренные сбои в работе, потери в результате сбоев и поломок.
СТРАТЕГИЧЕСКИЕ (Управленческие) РИСКИ	Разработка и воплощение неверных бизнес-решений, неспособность управленческого аппарата принимать правильные решения с учётом изменений внешних факторов
ОПЕРАЦИОННЫЕ РИСКИ	Возникновение отклонений в информационных системах и системах внутреннего контроля; связанные с недостаточностью систем контроля, риски, связаны с ошибками персонала

\*Нефедова Л. В., Соловьев А. А. Финансовые методы управления рисками при использовании ВИЭ // Энергетическая политика. — 2020. — № 5 (147). — С. 62–75.

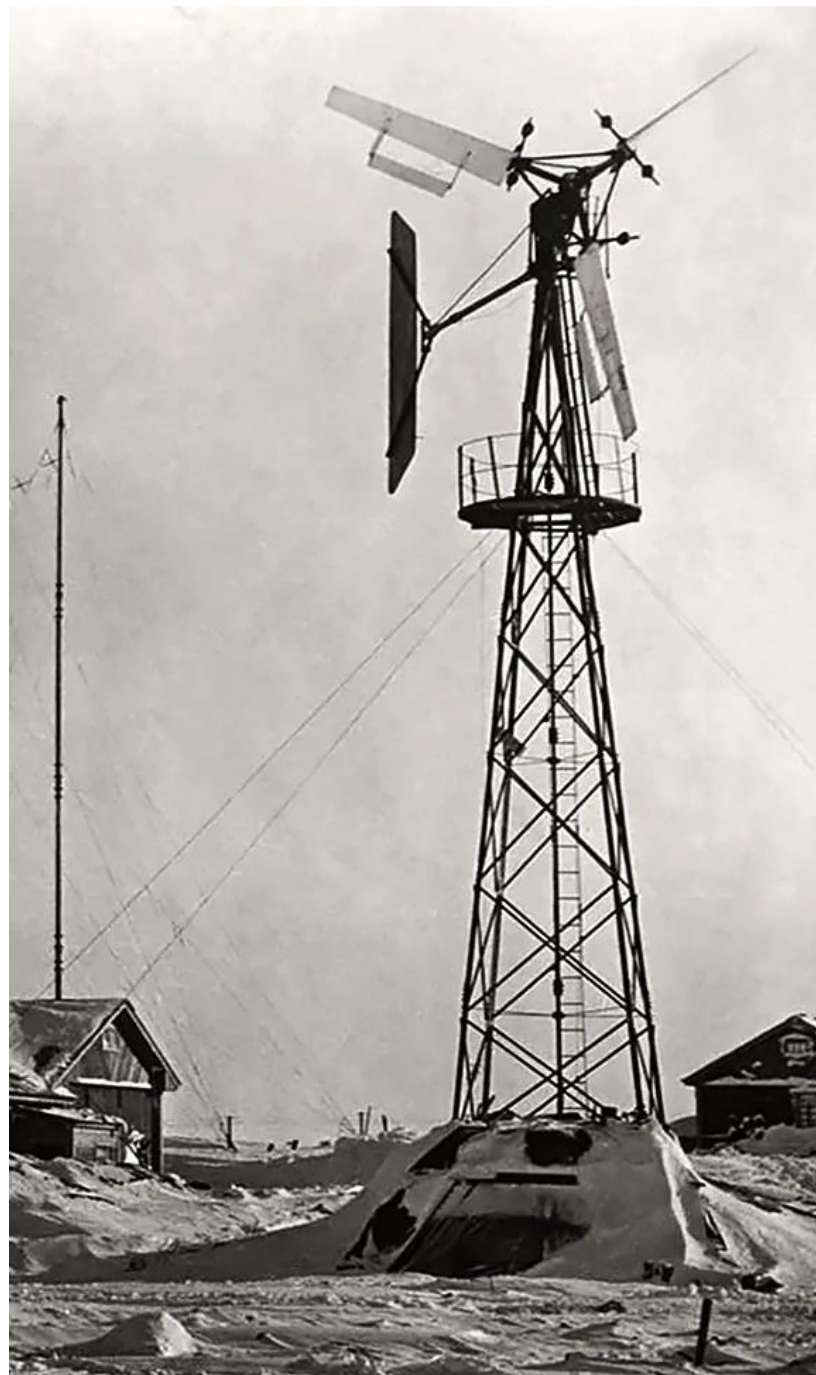
# История разработок и производства ветроэнергостановок для Арктики

*( инф. из статьи В.А. Бутузов *Российская ветроэнергетика: научно-конструкторские школы, этапы развития, перспективы //СОК 2021 №5, 2021,с. 62-76*)*

- Россия имеет столетнюю историю развития научных и конструкторских ветроэнергетических школ, большой опыт серийного производства и эксплуатации ветровых электрических установок, в том числе для арктических условий.
- Уже в 1923 году был построен ветросиловой испытательный стенд ЦАГИ, а в 1924-м под руководством Н. В. Красовского была спроектирована, изготовлена и установлена на бакинских нефтяных промыслах первая работающая ветроустановка ЦАГИ с самоустанавливающимися лопастями и регулятором, с диаметром рабочего колеса 14 м и мощностью 36,8 кВт.
- В 1930г. Разработан проект первой советской сетевой Балаклавской ВЭС мощностью 100 кВт, сооруженной в 1931г. Автор конструкции башни – советский инженер Владимир Шухов.
- По заказу дирекции Северного морского пути (СМП) Центральный ветроэнергетический институт (ЦВЭИ) – преемник ЦАГИ, разработали несколько конструкций ВЭУ, которые эксплуатировались на десятках полярных станций от Баренцева моря до Чукотки при аномальных атмосферных условиях: скорость ветра до 40 м/с, температура воздуха до  $-40^{\circ}\text{C}$ . Были разработаны, изготовлены и испытаны трёхлопастные быстроходные ветроустановки с диаметрами ветроколеса 8,10,12 м и мощностью до 15 кВт. Было произведено ветродвигателей Д-12 разных типов — 1500 шт. Созданы полярные ветродизельные станции (ВДЭС) в составе ВЭУ 15 кВт и дизельной станции такой же мощности, электрических аккумуляторов из расчёта времени запуска резервной дизельной станции. Срок эксплуатации таких ВДЭС в арктических условиях превышал 12 лет. Инициатором их массового применения был легендарный советский исследователь Арктики, начальник Главсевморпути И. Д. Папанин.
- Срок окупаемости ВЭУ составлял от четырёх до пяти лет. С 1932 по 1940 годы за счёт эксплуатации ВЭУ количество завозимого топлива уменьшилось в три раза.
- В 1946 году на полярных станциях СМП были установлены ВЭУ ВИМЭ Д-18 с синхронным генератором (40 кВт) и вертикальной трансмиссией. Был сделан вывод, что для бесперебойной надёжной работы ветроустановок любой мощности требуется грамотное техническое обслуживание, что весьма актуально и в наши дни.
- В НПО «Ветроэн» была создана АВЭУ-6–4 мощностью 4 кВт, производство на заводе «Ветроэнергомаш» (г. Астрахань) 500 в год. Успешно работали 6 таких ветроустановок в арктическом варианте на Новолазаревской антарктической станции в 80-е годы при температурах до  $-50^{\circ}\text{C}$  и скорости ветра до 40 м/ч на обогрев помещений, замещая каждый каждая 4 т дизельного топлива в год.

- В 1930-е годы на полярных арктических станциях СССР работали ВДЭС в составе ветродвигателя Д-12 с электрогенератором мощностью 15 кВт, дизель-генератором той же мощности, электрическими аккумуляторами, а с 1947 года — с ветродвигателями Д-18 мощностью 25 кВт.

*Ветроустановка Д-12 на полуострове Диксон в Арктике. 1930-е годы*



- **На Воркутинской ВЭС** (на водозаборе в 32 км от города Воркуты) в экспериментальном режиме с 1995 по 2006 годы работали пять из шести установленных АВЭС-250 мощностью 250 кВт. В этих установках применялось ветроколесо с тремя стеклопластиковыми лопастями, гидравлический привод разворота лопастей, устройство автоматической раскрутки кабеля. Производство АВЭС-250 - в НПО «Южное» (город Днепропетровск, Украина).
- В «ПечорНИИпроект» (город Воркута) в содружестве с Северным отделением НИИ оснований и подземных сооружений им. Н. М. Герсеванова разработали и запатентовали уникальную конструкцию сборного железобетонного «надземного» фундамента ВЭУ для вечномёрзлых грунтов. Конструкция этого фундамента была применена и **на Анадырской ВЭС**.
- Это один из первых энергокомплексов, построенных в последнее время на вечной мерзлоте в Арктике. Численность населения поселка около 350 человек, расположение — побережье Карского моря; среднегодовая/максимальная скорость ветра — 8/42 м/с; минимальная температура —  $-42^{\circ}\text{C}$ ; обледенения; интенсивная метель/пурга. С 2001г. обеспечивает электроэнергией населения поселков Шахтерский, Угольные Копи, аэропорт «Угольный» в единой энергосистеме с Анадырской ТЭЦ.

## Анадырская ВЭС.

- В 2001 году на мысе Обсервация Чукотского автономного округа НПО «Ветроэн» совместно с ГKB «Южное» (город Днепропетровск) была построена Анадырская ВЭС мощностью 2,5 МВт были установлены десять ветроагрегатов АВЭ-250 в северном исполнении, произведённые ГKB «Южное».
- На первом этапе до 2002 года ВЭС работала параллельно с ДЭС посёлков Шахтёрский и Угольные Копи. Были опробованы режимы поагрегатной остановки двигателей ДЭС до полного замещения при порывах ветра до 40 м/с и температуре воздуха до  $-40^{\circ}\text{C}$  В 2002 году данная ВЭС была переключена на совместную работу с Анадырской ТЭЦ мощностью 10 МВт.
- В 2016–2018 годах шесть агрегатов АВЭ-250 СМ заменили на шесть датских установок Micon-530 единичной мощностью по 250 кВт, а также была выполнена модернизация четырёх АВЭ-250.
- Выработка составляет 3,5 млрд кВт час в год



*Анадырская ВЭС на мысе Обсервация, Чукотский АО*

## ВЕТРОДИЗЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС В пос. АМДЕРМА

- Ввод в эксплуатацию – 2025г. Четыре ВЭУ по 50 кВт высотой 26 м китайского производства, адаптированных в соответствии с отечественными техническими требованиями к местным природно-климатическим условиям и три ранжированных по мощности ДГУ, в суммарной мощностью 600 кВт, и
- В проекте ВДЭС применена оригинальная модульная конструкция фундамента для вечной мерзлоты и система самоподъема без применения крана.
- *Разработана интеллектуальная системы управления ветро-дизельной электростанции с высоким уровнем замещения, которая позволяет, объединяя источники и потребителей на стороне переменного тока, оптимизировать режимы производства и потребления электроэнергии и создавать MicroGrid изолированного поселения в условиях Арктики (НОЦ ВИЭ С-Пб. Политехнического университета проф.Елистратов В.В.)*
- Внедрение ВЭС и создание ВДЭС позволило снизить: • расход электроэнергии на собственные нужд с 510 до 160 тыс. кВт ч (более чем в 3 раза); • расход дизельного топлива с 719 до 416 тыс. л в год (на 40 %), что составило экономию 12,5 млн руб./г.; • объемы выбросов CO<sub>2</sub> на 600 т. Доход за счет снижения экономически обоснованного тарифа составил 45 млн руб. в год.



*ВДЭС около посёлка Амдерма. ВЭУ Ghrpower-50 (мощностью 50 кВт, в арктической версии)*

С 2018г. успешно работает **ВЭС 900 МВт в п. Тикси Булунского района Республики Саха (Якутия)**. Три ветроустановки мощностью по 300 кВт адаптированных для работы в полярных условиях . Построена в рамках соглашения между правительством республики с ПАО «РусГидро» и японскими компанией Komaihaltec Inc и Организацией по развитию новых энергетических и промышленных технологий (NEDO), высота башен составляет 41,5 м, диаметр лопастей – 33 м. Разработан проект ВДЭС, включающий ВЭС общей мощностью 3 МВт и систему аккумулирования электрической энергии. Некоторые проблемы в эксплуатации: разгерметизация гидравлики одного агрегата (износ манжеты масляного фильтра); периодические сбои системы удалённого доступа ВДЭС



## Оценки перспектив использования ветродизельных комплексов в АЗРФ

- Российский рынок ВДЭС может быть сформирован в первую очередь для регионов Крайнего Севера, где проживает около 10 млн человек и куда ежегодно завозится около 1 млн тонн дизельного топлива общей стоимостью около 100 млрд руб. («северный завоз») для 900 эксплуатируемых ДЭС, по данным Российского энергетического агентства (РЭА).
- Сейчас стоимость электроэнергии в регионах Крайнего Севера находится в районе 22–237 рублей кВт/ч, что в 5–55 раз выше, чем в остальной России. Тепловая энергия обходится потребителям здесь в 3–20 тысяч рублей за 1 Гкал, что в 3–17 раз выше среднего по стране. Такая высокая себестоимость производства электроэнергии вынуждает государство выделять сотни миллиардов рублей бюджетных субсидий для предотвращения роста тарифов. **В то же время, стоимость производства электроэнергии на солнечных электростанциях составляет в среднем 9,5 рубля кВт/ч, ветряных – 6,3 рублей кВт/ч, новых парогазовых установках – 3,6 рублей кВт/ч.**
- При средней установленной мощности 0,5 МВт суммарная мощность ДЭС составляет 450 МВт. Суммарные расходы бюджетов всех уровней регионов Крайнего Севера с изолированными энергосистемами в 2020 году составили 150 млрд руб., а перекрёстное субсидирование — 80 млрд руб., по данным Центра энергоэффективных технологий региона.
- При условии перспективного сооружения ВДЭС в регионах Крайнего Севера для 20% ДЭС суммарная потенциальная мощность ВЭУ составит 90 МВт, а при средней единичной мощности 0,3 МВт их количество превысит 300 шт. При замещении ВЭУ всего лишь 10% ежегодно расходуемого топлива на ДЭС регионов Крайнего Севера экономия может составить 23 млрд руб.



# Основные порты СМП и их характеристики

Название	Местонахождение	Период навигации	Грузопропускная способность, тыс.т/год	Электроснабжение (питающая сеть/ЭС)
Архангельск	Архангельская область	круглый год	11532,9	Архангельская ТЭЦ, ТЭЦ Архангельского ЦБК, Северодвинская ТЭЦ; линия 220 кВ (ОЭС Северо-Запада)
Мезень		июнь-сентябрь	132	автономное энергоснабжение (в зоне децентрализации)
Онега		май-декабрь	261,5	
Витино	Мурманская область	круглый год	11000	линия 330 кВ; ближайшие питающие ЭС-Князегубская ГЭС, Кольская АЭС
Кандалакша			1500	
Мурманск			25000	линия 330 кВ; ближайшие питающие ЭС-Серебрянские ГЭС, Кольская АЭС
Дудинка	Красноярский край	круглый год кроме периода 20.05.-15.06	3500	автономное энергоснабжение (в зоне децентрализации)
Диксон		июнь-октябрь	120	
Хатанга		июнь-сентябрь	95	
Игарка		сентябрь - май	58,9	
Варандей	Ненецкий АО	июнь-декабрь	12100	автономное энергоснабжение (в зоне децентрализации)
Амдерма		июль-сентябрь	1,0	
Нарьян-Мар		Июнь-август (до ноября с ледокольным сопровождением)	501	
Тикси	Республика Саха (Якутия)	июль-сентябрь	67	автономное энергоснабжение (в зоне децентрализации)
Зеленый Мыс		н/д	н/д	
Анадырь	Чукотский автономный округ	июль-сентябрь	900	централизованное энергоснабжение: Анадырская ТЭЦ; котельная "Анадырьморпорт"
Беринговский		октябрь-июнь	646	
Провидения		июнь-ноябрь	18,5	
Певек		июль-октябрь	330	централизованное энергоснабжение: Чаунская ТЭЦ; соединена линией 110 кВ с Билибинской АЭС
Эгвекино		июнь-ноябрь	350	централизованное энергоснабжение: Эгвекинотская ГРЭС
Сабетта		Ямало-Ненецкий АО	круглый год	572

# Проекты ВЭС в Мурманской области по Государственному конкурсу объектов ВИЭ

[Перечень отобранных проектов по отбору мощностей проектов ВИЭ 2017г.]

Наименование ВЭС	Победитель конкурса проектов	Планируемая мощность ВЭС	Срок ввода в эксплуатацию
Кольская ВЭС-21	ПАО "Энел Россия"	200,97 МВт	01.12.2021
Ветропарки-25 – 28	ООО "ФОРТУМ ЭНЕРГИЯ"	50 МВт, 50 МВт, 16,8 МВт, 33,2 МВт.	01.12.2022 отложено

Компания "Энел Россия" ведет строительство в Мурманской обл. (с. Териберка, площадь около 257 га) Кольской ветроэлектростанции мощностью 201 МВт, которая станет самым крупным ветропарком в России и в мире, расположенным за полярным кругом, инвестиции около 273 миллиона евро. Инвестором выступает ПАО «Сбербанк». 19.09.2019 был заложен «первый камень» в фундамент ВЭУ. Каждая ВЭУ 3,5 МВт, весом 68 т. К ступице крепятся три лопасти длиной 65 м. Проект находится в высокой степени готовности, несмотря на санкции, и может быть завершён уже в этом году. Установлено 48 из 57 ВЭУ, на стройпредставляет собой конструкцию из башни массой 200т и высотой 84 м, на которую установлена гондолаплощадку доставлено всё основное оборудование. Идет процесса монтажа ветроэнергоустановок, параллельно с проведением пуско-наладочных работ на энергетическом оборудовании.

Ветропарк сможет вырабатывать порядка 750 ГВтч в год, избегая при этом выброса около 585 тыс. тонн углекислого газа в атмосферу.

*Итальянская энергетическая компания Enel в марте объявила о поэтапном сворачивании своего бизнеса в РФ. Enel ведёт деятельность в России через ПАО "Энел Россия", которое принадлежит головной компании на 56,43%.*

*Строительством Кольской ВЭС занимается ООО "Энел Рус Винд Кола" — дочерняя компания ПАО "Энел Россия".*

## Перспективные проекты.

- В рамках Петербургского международного форума в июне 2022г. правительством Чукотки и АО «Новавинд» (дивизион Росатома) подписано соглашение о строительстве ветропарков в ЧАО общей мощностью 30 МВт. Объекты планируется ввести в эксплуатацию к 2027 г. У «Новавинд» накоплен большой опыт по строительству и эксплуатации ВЭС на юге нашей страны. Сооружение ВЭС в северных регионах России не только создаст условия для снижения углеродного следа, но и внесет значительный вклад в диверсификацию энергетической системы с учетом географических особенностей региона.
- На Петербургском международном экономическом форуме в июне 2021г. было сообщено о планах ПАО «Новатэк» на строительство ВЭС 200 МВт в п.Сабетта для диверсификации энергообеспечения «Ямал СПГ» с возможным дальнейшим производством «зеленого» водорода.

**Международный проект «Арктическая водородная энергетика: применение и демонстрации»** (AHEAD, Arctic Hydrogen Energy Applications and Demonstrations), в рамках **Арктического совета семи стран**. На Ямале запланировано создание автономной экспериментальной научно-исследовательской станции.

Международная арктическая станция "Снежинка" должна стать полностью автономным комплексом, работающим на базе возобновляемых источников энергии и водорода. Станция будет состоять из нескольких зданий купольного типа, соединенных переходами. Расположение зданий сверху напоминает снежинку, потому проект станции и получил такое название. В июне 2022г. На ПМЭФ РФ принято решение начать строительство в 2023г. Начало тестовой эксплуатации проекта запланировано на 2024 год. Основные работы по созданию «Снежинки» ведут Минобрнауки России и Московский физико-технический институт (МФТИ). Технологии, которые впоследствии будут использоваться на «Снежинке», уже проходят проверку на тест-полигоне на базе МФТИ. Российские ученые смогут проводить на станции исследования по целому комплексу направлений, включая водородную энергетика, термостабилизацию вечномёрзлых грунтов, технологии сокращения углеродного следа, арктическую медицину, телекоммуникации в высоких широтах, аэро- и гидропонику.



Модель станции «Снежинка на» п-ове Ямал

## Выводы

- Арктическая зона РФ характеризуется глубокими региональным различиями по развитию энергетического комплекса.
- Наиболее развита и обладает потенциалом экспорта - энергетика Мурманской области. Регион обладает и значительными ресурсами ВИЭ.
- Накоплен уже определенный опыт использования энергоустановок в условиях Арктики в мире и ограниченный России.
- Особенности географических и климатических условий Арктической зоны способствуют повышению уровня технологических рисков и требуют адаптации оборудования. Энергоустановки для условий АЗРФ должны иметь блочно-модульное исполнение с минимальным количеством технологических операций в ходе монтажа и обслуживания.
- Локальное использование возобновляемой энергии ветра, солнца, воды и биомассы целесообразно внедрять для повышения надежности энергоснабжения портовой инфраструктуры СМП, метеостанций и на объектах ООПТ АЗРФ, имеющих высокий рекреационный потенциал.
- Наиболее эффективное развитие энергетики Арктики требует привлечения всех возможных видов энергоисточников в оптимальном для каждого района соотношении.
- Установки на ВИЭ оказывают минимальное влияние на уязвимую природу Арктики, что позволяет рассматривать этот сектор энергетики, как один из перспективных для обеспечения устойчивого развития региона;

## Дополнительная информация :

- Бердин В.Х., Кокорин А.О., Юлкин Г.М., Юлкин М.А. Возобновляемые источники энергии в изолированных населенных пунктах Российской Арктики. – М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2017. – 80 с.  
<https://wwf.ru/resources/publications/booklets/vozobnovlyaemye-istochniki-energii-v-izolirovannykh-naselennykh-punktakh-rossiyskoy-arktiki/>
- Ресурсы возобновляемой энергетики: методы оценки и картографирование : коллективная монография / С.В. Киселева, Ю.Ю. Рафикова, Т.И. Андрееенко, Б.А. Новаковский, А.И. Прасолова. – М. : Наука, 2019. – 194 с.
- Энергетическая инфраструктура Арктической зоны Российской Федерации/под ред. В.В. Бушуева / В. В. Бушуев, Т. С. Габдерахманова, М. О. Моргунова, Л.В.Нефедова и др. — ИД Шанс Москва, 2019. — 144 с.
- Возобновляемая энергетика в контексте регионального развития / Е. И. Голубева, С.В.Киселёва, Л.В.Нефедова, Ю.Ю.Рафикова, Н. И. Чернова и др. — Москва: Москва, 2021. — 248 с. Учебное пособие
- ГИС «Возобновляемые источники энергии России» <https://gisre.ru/>
- В.А. Бутузов Российская ветроэнергетика: научно-конструкторские школы, этапы развития, перспективы //СОК 2021 №5, 2021,с. 62-76

Благодарю за внимание!



<http://gisre.ru/>

[nefludmila@mail.ru](mailto:nefludmila@mail.ru)