

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева
Кафедра промышленной экологии



Предпосылки развития ветровой и солнечной энергетики в Арктической зоне Российской Федерации

Б.В. Ермоленко

М.С. Прутских

Москва , 2024

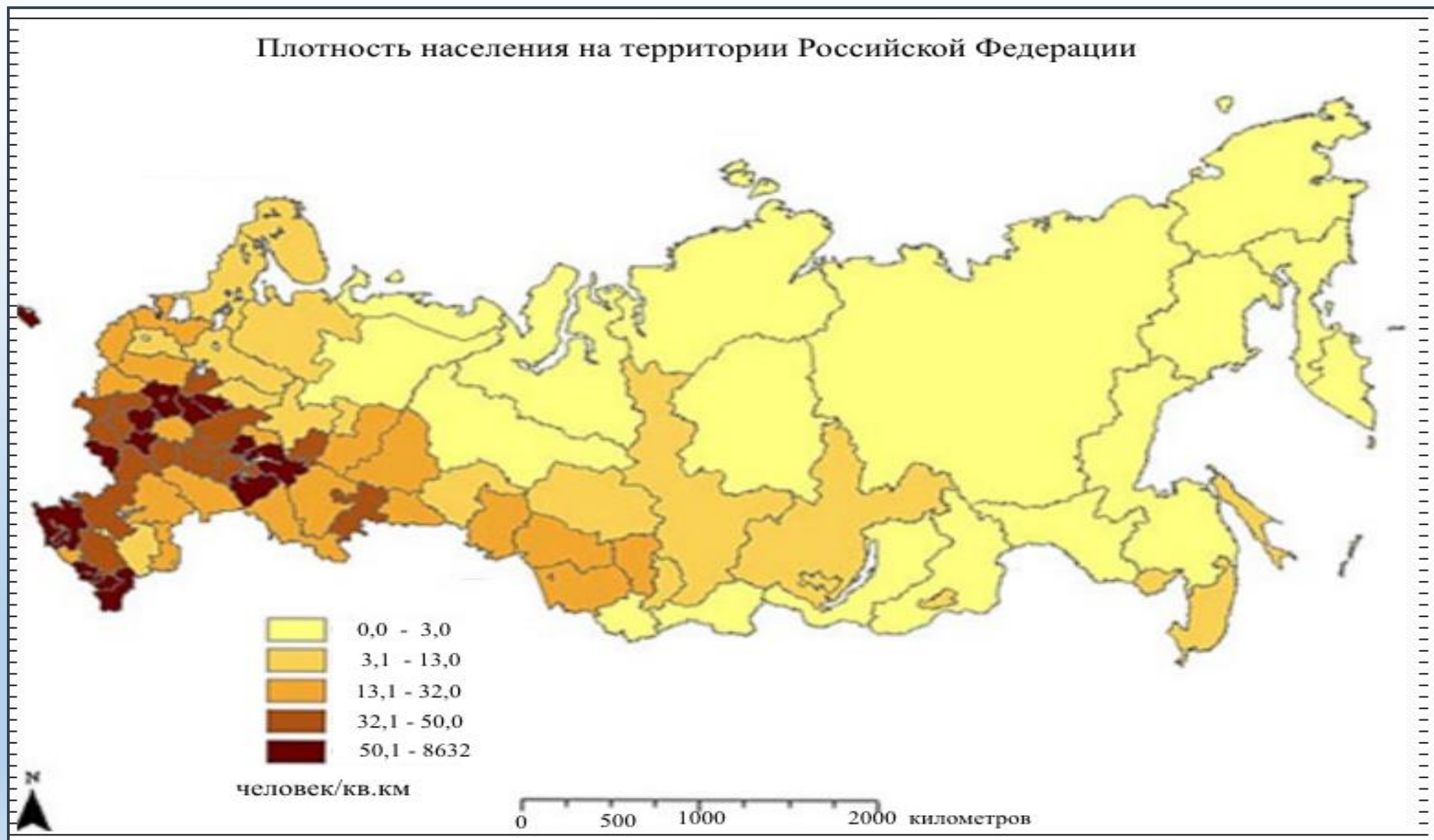
Арктическая зона Российской Федерации

СУХОПУТНЫЕ ТЕРРИТОРИИ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Источник: Министерство по развитию Дальнего Востока и Арктики



Плотность населения в различных регионах России



Централизованное и автономное энергоснабжение на территории России



Негативные аспекты использования ископаемого органического топлива для производства тепловой и электрической энергии

Воздействие на окружающую среду:

- Наиболее сильное локальное загрязнение атмосферы продуктами сжигания топлива
- Попадание в окружающую среду большей части образующихся на планете парниковых газов
- Сброс в поверхностные водные объекты загрязненных сточных вод;
- Тепловое загрязнение атмосферы и водоемов;
- Образование и размещение твердых производственных отходов

Ресурсопользование:

- Энергетическое использование ископаемого органического топлива вместо применения его в качестве ценного химического сырья в нефтегазохимической промышленности
- Существенное потребление пресной воды
- Значительные затраты различных ресурсов (включая финансовые) на транспортировку топлива

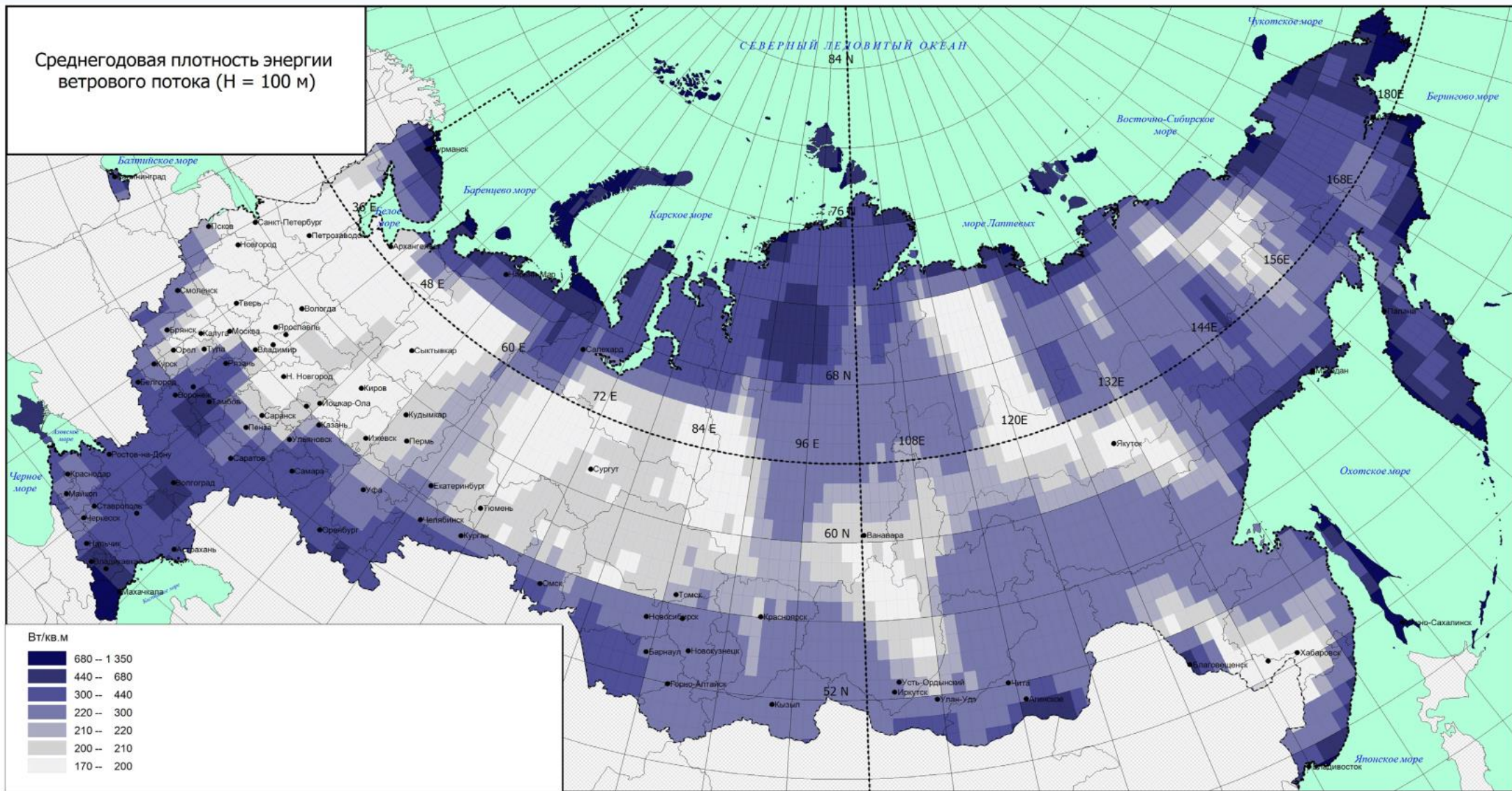
Потенциальное преимущество применения ВИЭ по сравнению с традиционными источниками энергии

- Уменьшение локального загрязнения окружающей среды
- Снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха парниковыми газами по стране в целом
- Снижение расхода пресной воды
- Отказ от использования ископаемых углеводородов – ценнейшего сырья для нефте- и газохимической промышленности
- Сокращение объемов и соответственно затрат на транспортировку дорогостоящего топлива в удаленные и труднодоступные
- Резкое сокращение стоимости инженерных коммуникаций за счет радикального уменьшения протяженности линий электропередачи и теплотрасс с соответствующим снижением потерь при передаче энергии, эксплуатационных и ремонтных издержек.
- Увеличение энергообеспеченности и надежности энергоснабжения населенных пунктов
- Снижение тарифов на энергию для конечных потребителей, улучшение условий жизни населения

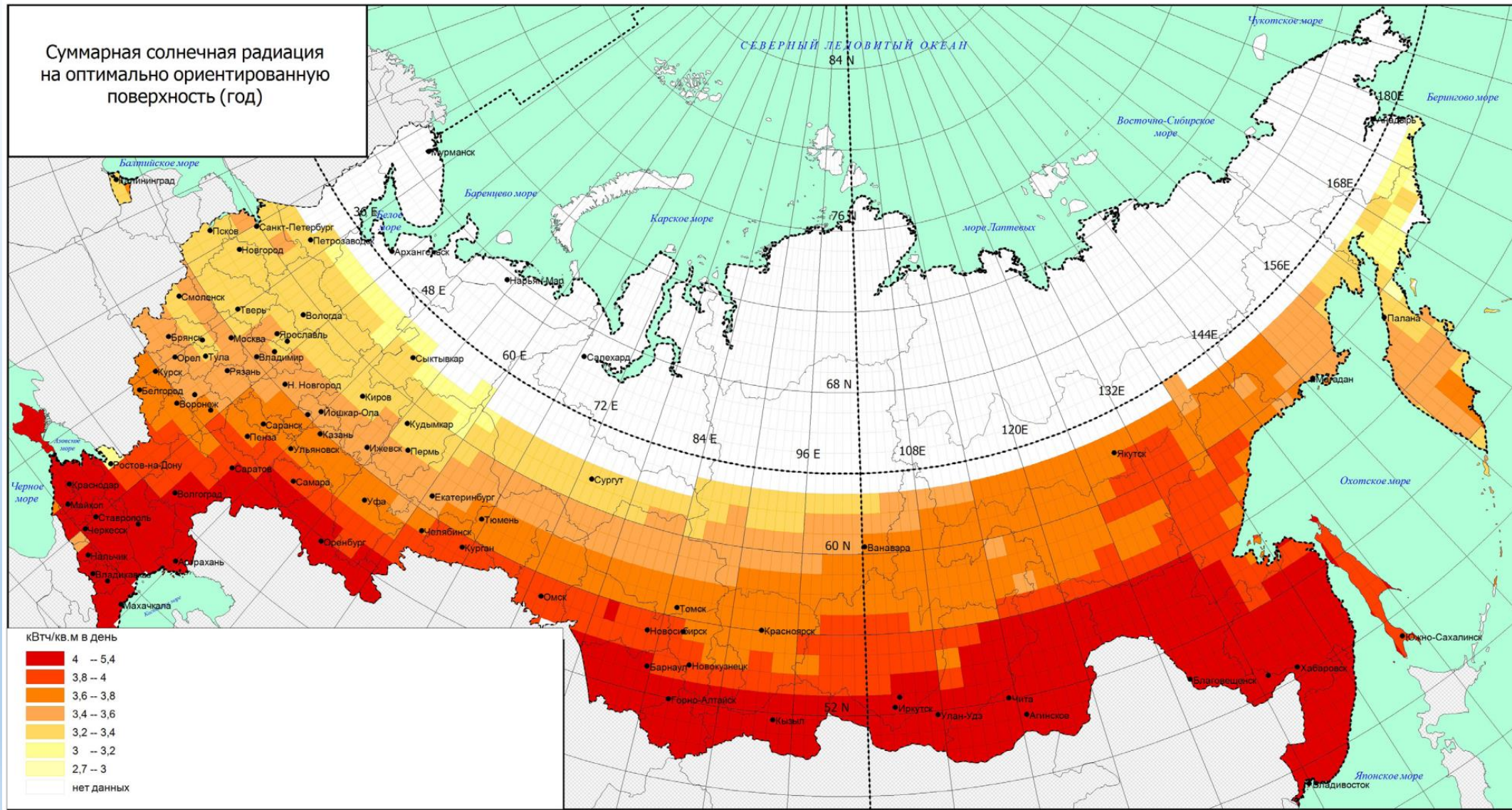
Потенциальные пользователи энергии, вырабатываемой с помощью возобновляемых источников энергии на территории России

- Территории с высоким энергетическим потенциалом ВИЭ
- Зоны централизованного энергоснабжения с большим дефицитом электроэнергии и значительными материальными потерями и социальными проблемами из-за частых отключений потребителей энергии
- Объекты с морально и физически изношенным традиционным энергетическим оборудованием
- Районы децентрализованного энергоснабжения с низкой плотностью населения
- Территории, имеющие проблемы с обеспечением энергией жилых микрорайонов, населенных пунктов, индивидуального жилья, фермерских хозяйств, мест сезонной работы, садово-огородных участков
- Населенные пункты со сложной экологической обстановкой, обусловленной вредными выбросами в атмосферу от различных промышленных и инфраструктурных объектов, работающих на ископаемом топливе
- Рекреационно оздоровительные зоны

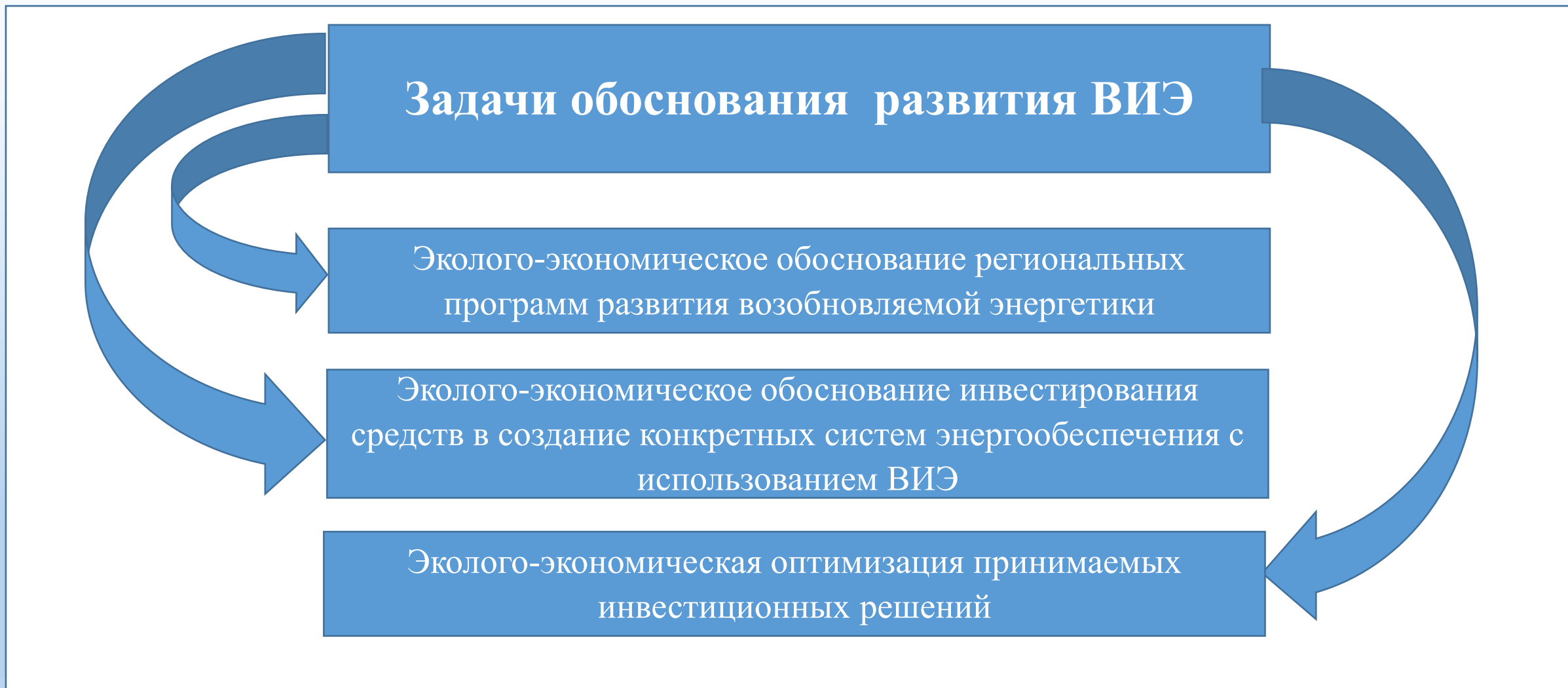
Средняя за год часовая энергия ветрового потока, протекающего через поперечное сечение площадью в 1 м² на высоте 100 м, Вт/м²



Средняя за год дневная сумма солнечной радиаций на 1 м² оптимально ориентированной поверхности, кВт*ч/м² день



Задачи обоснования инвестирования средств в развития возобновляемой энергетики



Инструмент

Единая информационно-вычислительной системы для оценки электроэнергетических, теплоэнергетических, топливных, ресурсосберегающих, экологических и экономических потенциалов различных видов возобновляемых энергетических ресурсов на территории страны как информационной основы для эколого-экономического обоснования развития централизованной и распределенной возобновляемой энергетики

Хранение собранной исходной информации

- Исходной спутниковой метеорологической информации, необходимой для проведения оценки электроэнергетических потенциалов ветровой и солнечной энергии
- Собранной технико-экономической информации о различных видах энергетического оборудования, необходимой для оценки энергетических потенциалов рассматриваемых ВИЭ (с возможностью обновления)

Хранение собранной исходной информации

- Нормативной и рассчитанной ранее информации о теплотворной способности различных видов топлива и коэффициентах пересчета массы конкретного топлива и других энергетических ресурсов в тонны условного топлива, необходимые для оценки топливных и ресурсосберегающих потенциалов.
- Рассчитанной заранее информации о средних удельных выбросах загрязняющих веществ в атмосферу, образующихся при сжигании различных видов топлива в топках тепловых электростанций

Проведение оценки энергетических потенциалов ветровой и солнечной энергетики

- Значений параметров функции плотности вероятностей скоростей ветра Вейбулла для базовой высоты 50 м и других заданных высот для часа суток каждого месяца года во всех 3506 узловых точках географической сетки
- Электроэнергетических потенциалов энергии ветра и солнца в 3506 узловых точках географической сетки на территории Российской Федерации с шагом в 1 градус ($1^\circ \times 1^\circ$) для часа суток каждого месяца года с возможностью распространения оценки и на другие регионы
- На основе электроэнергетических потенциалов топливных и теплоэнергетических потенциалов энергии ветра и солнца для часа суток каждого месяца года
- Суточных, месячных и годовых энергетических потенциалов энергии ветра и солнца

Проведение оценки ресурсосберегающих, экологических и экономических потенциалов ветровой и солнечной энергетики

- Годовых ресурсосберегающих потенциалов энергии ветра и солнца для заданных видов топлива
- Годовых экологических потенциалов энергии ветра и солнца для заданных видов топлива
- Годовых топливных экономических потенциалов энергии ветра и солнца для заданных видов топлива
- Годовых эколого-экономических потенциалов энергии ветра и солнца для заданных видов топлива

Хранение результатов оценки потенциалов. Использование результатов оценки и другой информации, хранящейся в ИВС

- Хранение результатов оценки потенциалов
- Поиск результатов оценки потенциалов и другой информации, содержащейся в базах данных ИВС
- Использование результатов оценки и другой информации, содержащейся в базах данных ИВС, для эколого-экономического обоснования разрабатываемых региональных программ развития возобновляемой энергетики
- Использование результатов оценки и другой информации, содержащейся в базах данных ИВС, для эколого-экономического обоснования выбора направлений инвестирования средств в разрабатываемые системы энергоснабжения на основе ВИЭ

Возможности использования информационно-вычислительной системы и хранящейся в ней информации

- Для актуализации экономико-математических моделей, предназначенных для эколого-экономической оптимизации инвестирования средств в разрабатываемые региональные программы развития возобновляемой энергетики и отдельные проекты создания систем энергоснабжения
- Для изменения любого массива исходных данных в связи с появлением более свежей статистической информации, технико-экономических характеристиках нового оборудования или возникшей необходимостью решения каких-либо иных проблем с пересчетом значений потенциалов в автоматическом режиме
- В режиме «калькулятора» для выбора генерирующего оборудования в рассматриваемой конкретной точке территории с использованием имеющихся в ИВС соответствующих баз данных

Исходная информация – ветроэнергетика

База данных NASA POWER , 2013 – 2022 гг
(шаг произвольный)



Средние скорости каждого часа каждых суток каждого месяца каждого года с 2012 по 2022 год в каждой выбранной точке на высоте $h_{\text{баз}}=50\text{м}$



Для одного часа суток одного месяца – выборка
около 300 значений в одной точке



Для 24 часов суток одного месяца – выборка
около 7200 значений в одной точке



Для одного года – выборка около 86400 значений в одной точке



Исходная информация – солнечная энергетика

База данных NASA POWER , 2013 – 2022 гг
(шаг произвольный)

Средняя суммарная инсоляция на 1 м² горизонтально расположенной поверхности в любой выбранной точке территории за **каждый час** времени с 2012 по 2022 год

Для одного часа суток одного месяца – выборка около 300 значений в одной точке

Для одного года – выборка около 86400 значений в одной точке (с учетом направления ветра – 172800)

Для 24 часов суток одного месяца – выборка около 7200 значений в одной точке

Для каждого месяца оптимальные углы наклона ФЭП и инсоляция на оптимально ориентированную поверхность

Блоки основной исходной информации

Информационно-вычислительная система

Блок использования солнечной и ветровой энергии

Базы данных NASA с информацией в узлах географической сетки. Паспорта оборудования

Инсоляция на горизонтальную поверхность

Вероятности скоростей ветра по интервалам
градации

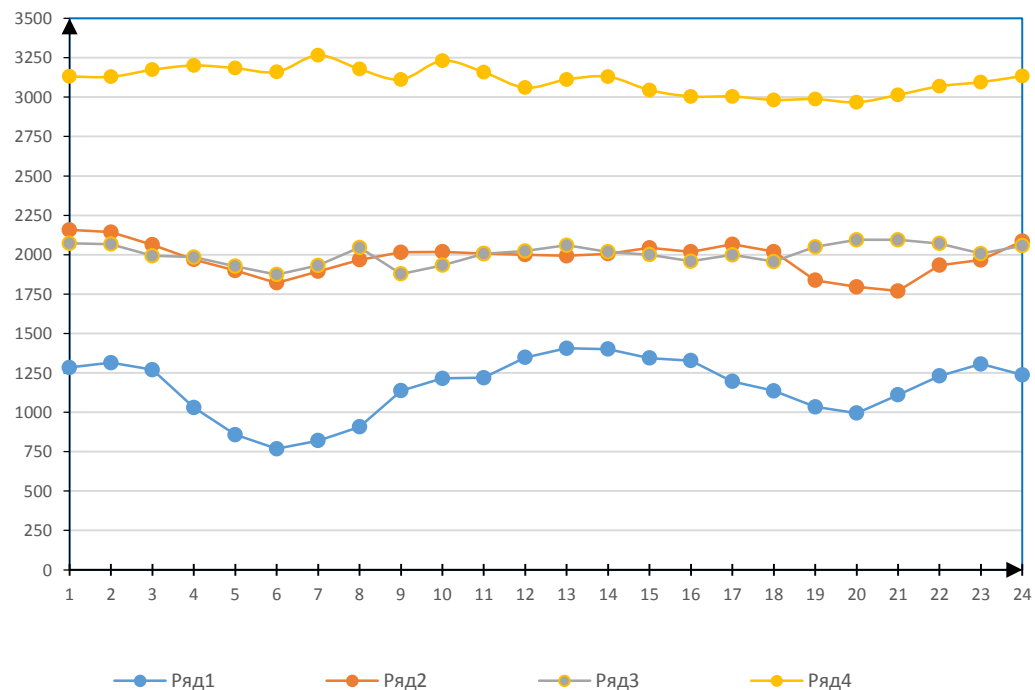
КПД солнечных фотоэлектрических панелей

Кривые мощности ветроэнергетических
установок

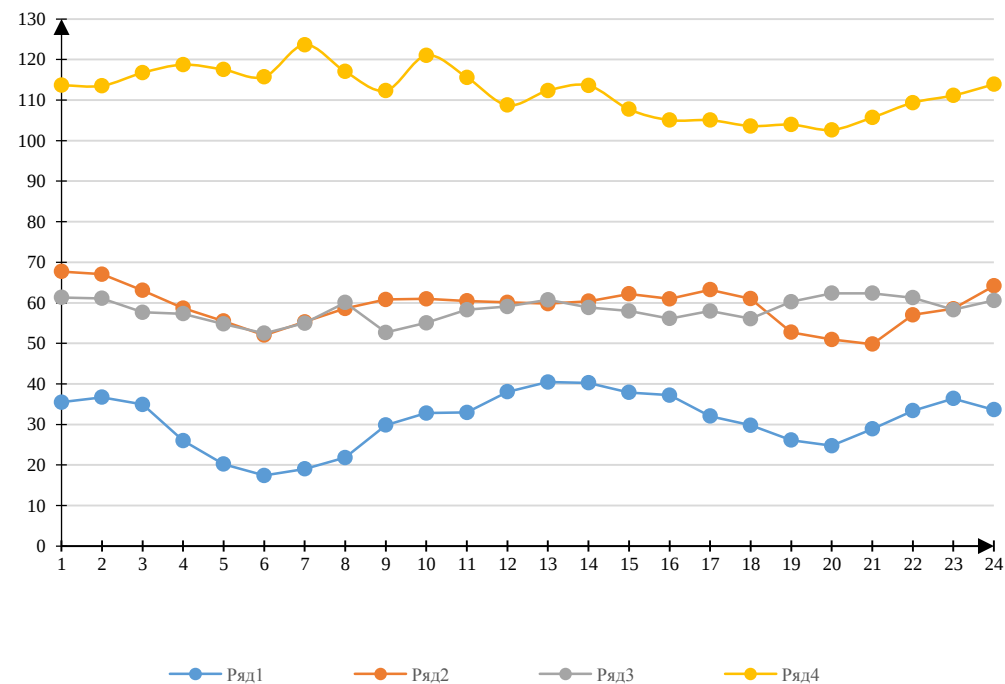
Первичный потенциал - электроэнергетический

Почасовые электроэнергетические потенциалы ВЭУ на территории Мурманской области

Почасовые электроэнергетические потенциалы ветроэнергетической установки Gamesa G128-5.0 MW на территории Мурманской области, кВт



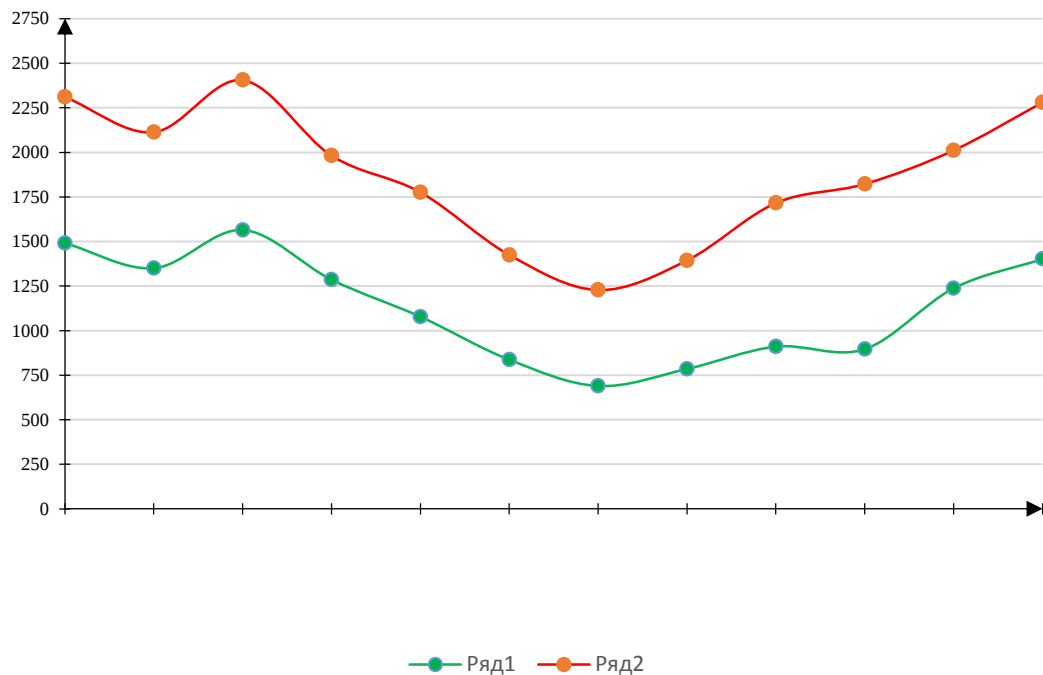
Почасовые электроэнергетические потенциалы ветроэнергетической установки Komaihaltes KWT 300 высотой 41,5 м на территории Мурманской области, кВт



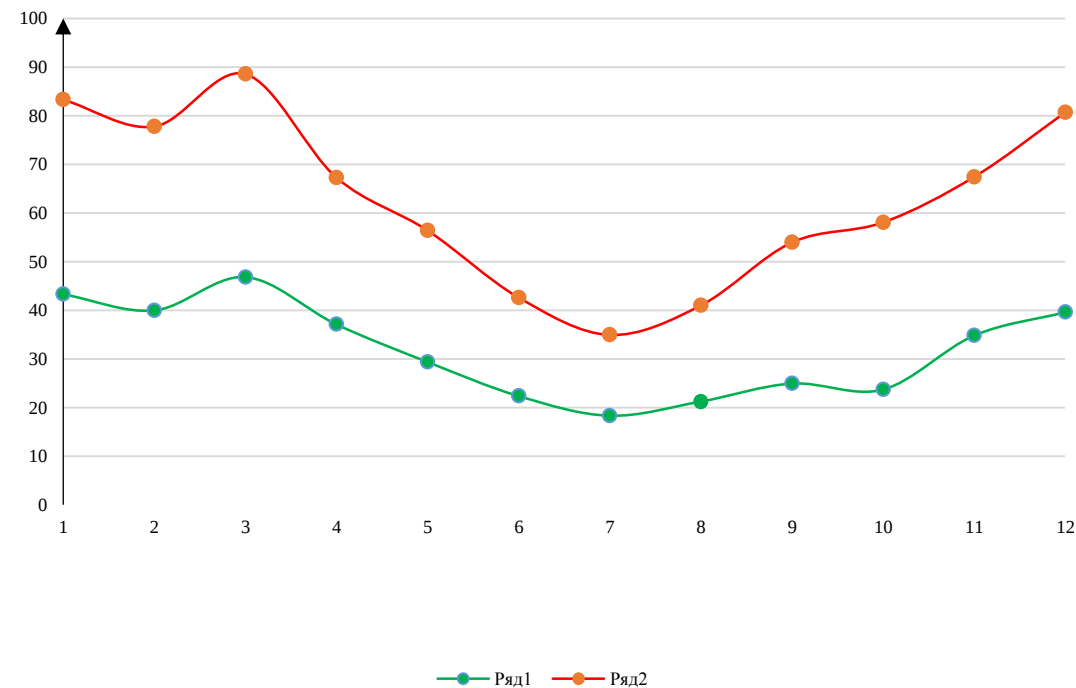
Ряд 1 – почасовой суточный потенциал июня месяца в точке $68^{\circ}\text{с.ш.}; 34^{\circ}\text{в.д.}$; Ряд 2 – почасовой суточный потенциал июня месяца в точке $69^{\circ}\text{с.ш.}; 36^{\circ}\text{в.д.}$ Ряд 3 – почасовой суточный потенциал января месяца в точке $68^{\circ}\text{с.ш.}; 34^{\circ}\text{в.д.}$; Ряд 4 – почасовой суточный потенциал января месяца в точке $69^{\circ}\text{с.ш.}; 36^{\circ}\text{в.д.}$

Помесячные электроэнергетические потенциалы ВЭУ на территории Мурманской области

Помесячные электроэнергетические потенциалы ветроэнергетической установки Gamesa G128-5.0 MW на территории Мурманской области, кВт·ч/мес



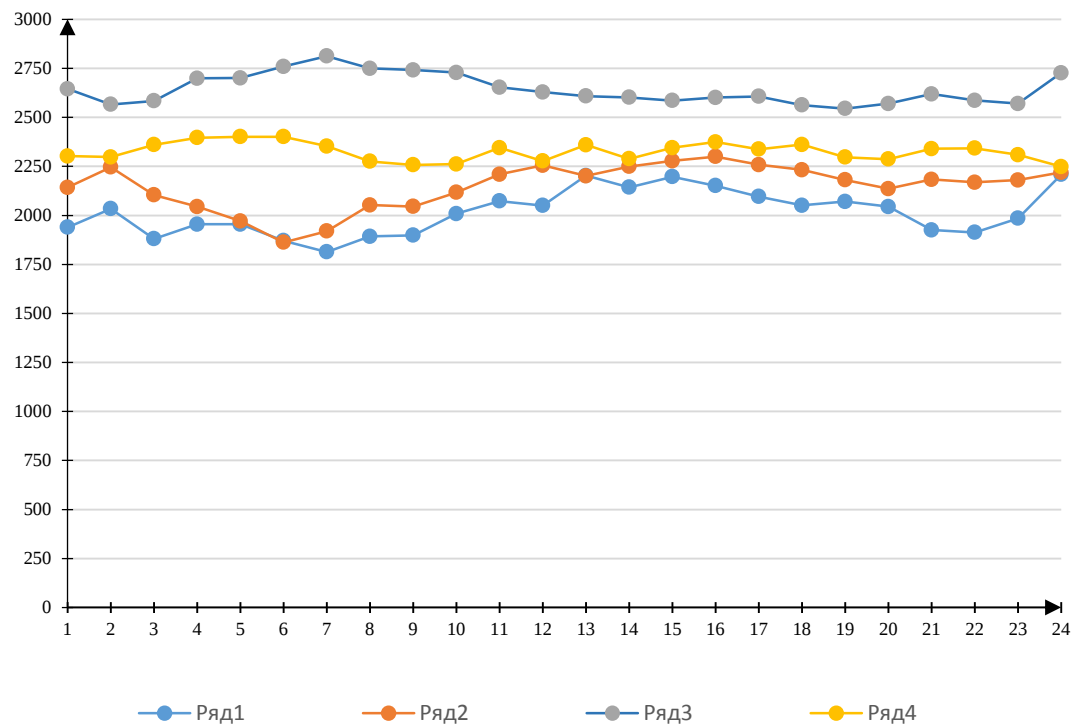
Помесячные электроэнергетические потенциалы ветроэнергетической установки Komaihaltec KWT 300 на территории Мурманской области, К кВт·ч/мес



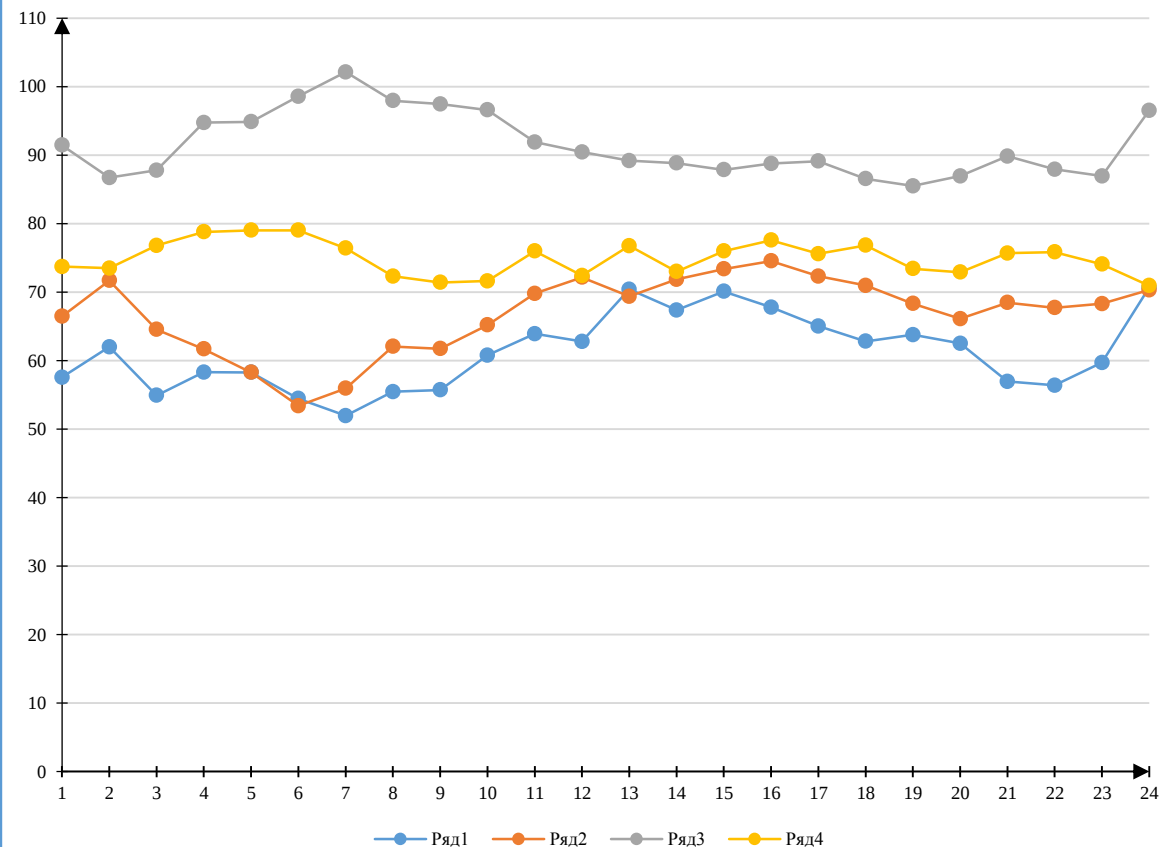
Ряд 1 – оценка в точке 68°с.ш.;34°в.д ; Ряд 2 – оценка в точке 69°с.ш.;36°в.д

Почасовые электроэнергетические потенциалы ВЭУ на территории Республики Саха (Якутия)

Почасовые электроэнергетические потенциалы метроэнергетической установки Gamesa G128-5/0MW на территории Республики Саха (Якутия), кВт



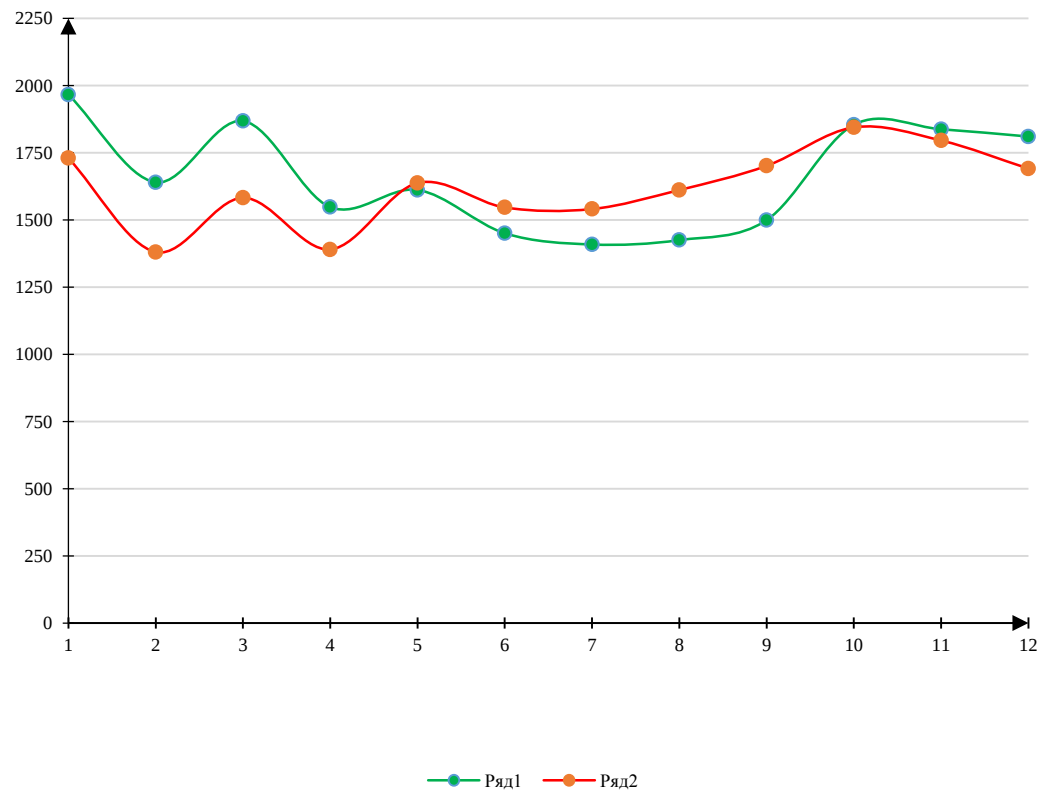
Почасовые электроэнергетические потенциалы метроэнергетической установки Komaihaltes KWT 300 на территории Республики Саха (Якутия), кВт



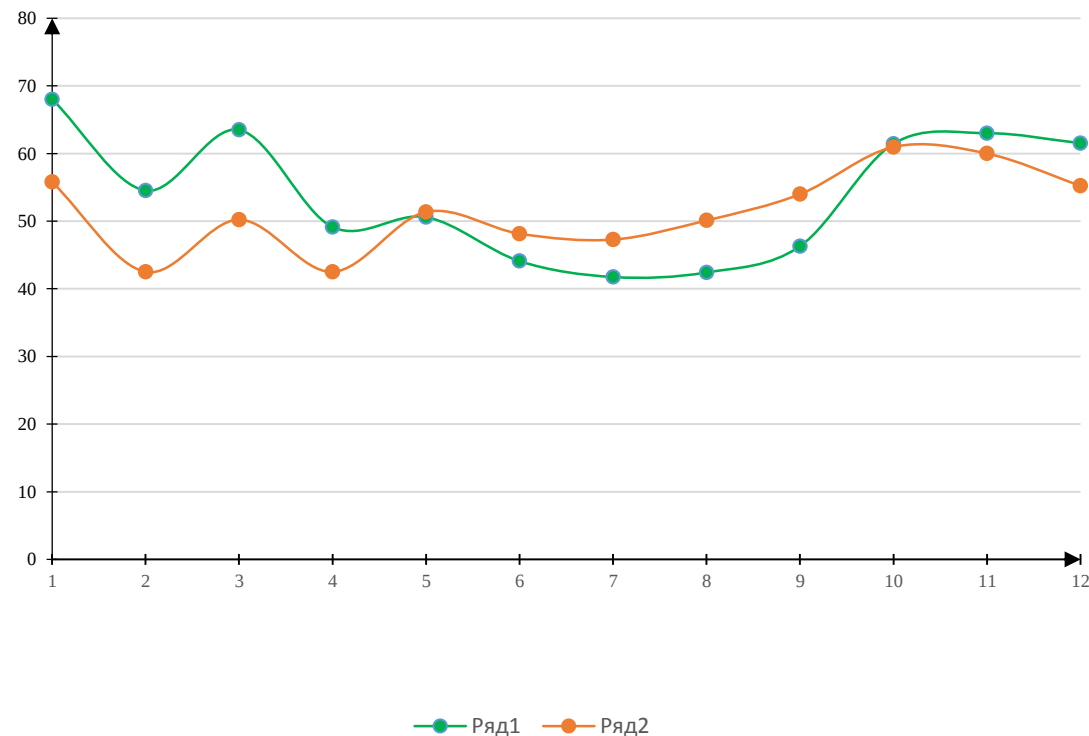
Ряд 1 – почасовой суточный потенциал июня месяца в точке $71^{\circ}\text{с.ш.}; 128^{\circ}\text{в.д.}$; Ряд 2 – почасовой суточный потенциал июня месяца в точке $72^{\circ}\text{с.ш.}; 129^{\circ}\text{в.д.}$ Ряд 3 – почасовой суточный потенциал января месяца в точке $71^{\circ}\text{с.ш.}; 128^{\circ}\text{в.д.}$; Ряд 4 – почасовой суточный потенциал января месяца в точке $72^{\circ}\text{с.ш.}; 129^{\circ}\text{в.д.}$

Помесячные электроэнергетические потенциалы ВЭУ на территории Республики Саха (Якутия)

Помесячные электроэнергетические потенциалы ВЭУ Gamesa G128-5.0 MW на территории Республики Саха (Якутия), кВт*ч/мес



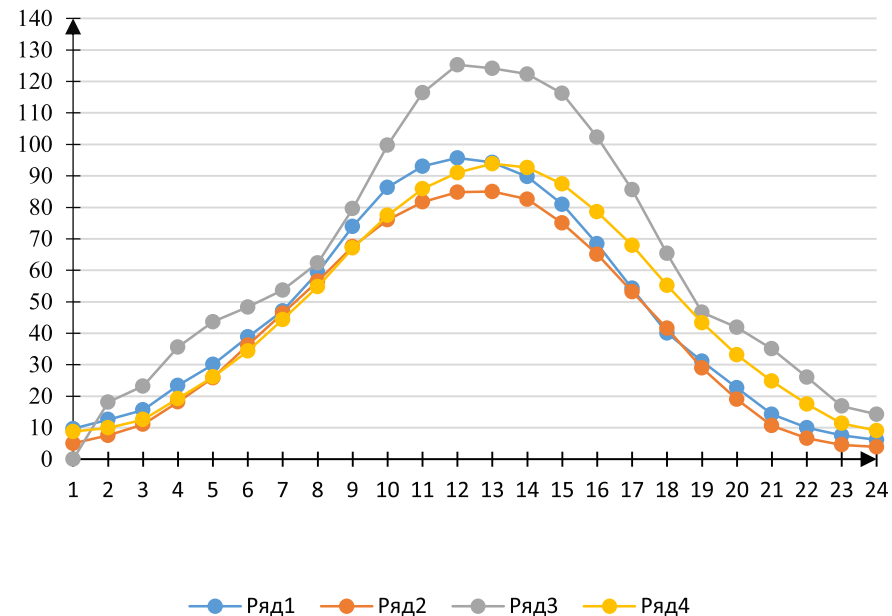
Помесячные электроэнергетические потенциалы ВЭУ Komaihaltes KWT 300 на территории Республики Саха (Якутия), кВт*ч/мес



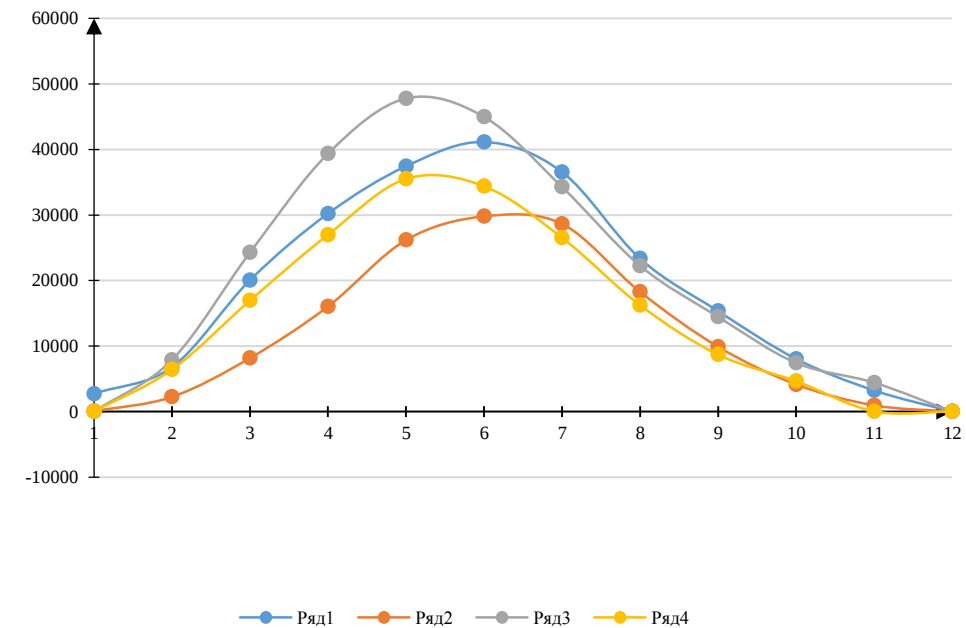
Ряд 1 – оценка в точке 71°с.ш.;128°в.д ; Ряд 2 – оценка в точке 72°с.ш.;129°в.д

Электроэнергетические потенциалы ФЭП на территории Республики Саха (Якутия) и Мурманской области

Почасовые электроэнергетические потенциалы ФЭП HVL-455/HJT на территории Мурманской области и Республики Саха (Якутия) в июне месяце, кВт/1000 м²



Помесячные электроэнергетические потенциалы ФЭП HVL-455/HJT на территории Мурманской области и Республики Саха (Якутия), кВт*ч/1000 м²



Представленные на графиках энергетические потенциалы оценены в точках с координатами: 68°с.ш.;34°в.д - Ряд1; 69°с.ш.;36°в.д. - Ряд2; 71°с.ш.;128°в.д. - Ряд3; 72°с.ш.;129°в.д - Ряд4.

Оценка ресурсосберегающих, экологических и экономических потенциалов использования ветровой и солнечной энергии на территории Арктической зоны Российской Федерации

Потенциалы ВИЭ					
Наименование показателя	Единица измерения	Географические координаты			
		68°с.ш.	69°с.ш.	71°с.ш.	71°с.ш.
		34°в.д	36°в.д.	128°в.д.	128°в.д.
Выработка электроэнергии	млн.кВтхчас/год	50	50	50	50
Электроэнергетический потенциал					
на 1 ВЭУ Gamesa G128-5/0MW	кВтхчас/(1уст.*год)	13675432	17588119	19922589	19454475
на 1000 ФЭП HVL-455/HJT	кВтхчас/(1уст.*год)	495	323	554	395
Количество энергетических установок					
ВЭУ Gamesa G128-5/0MW	уст.	3,7	2,8	2,5	2,6
ФЭП HVL-455/HJT	уст.	101010	154799	90253	126582
Ресурсосберегающий потенциал					
уголь каменный	т/год	22845			
арктическое дизельное топливо	т/год	11879			
Экологический потенциал (предотвращенные выбросы)					
уголь каменный	т СО-экв/год	188792			
арктическое дизельное топливо	т СО-экв/год	12994			
Топливный экономический потенциал					
уголь каменный	тыс.руб/год	456897			
арктическое дизельное топливо	тыс.руб/год	1009741			

Благодарю за внимание!