

Безруков Никита Михайлович

Студент магистратуры

2 курс, факультет «Технологического менеджмента и инновация»

Санкт-Петербургский Национальный Исследовательский

Университет Информационных Технологий, Механики и Оптики

Россия, г. Санкт-Петербург

Чудесова Галина Павловна,

доктор экономических наук, профессор кафедры «Производственного менеджмента и трансфера технологий»

Санкт-Петербургский Национальный Исследовательский

Университет Информационных Технологий, Механики и Оптики

Россия, г. Санкт-Петербург

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ
ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ, ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИХ
ПРИМЕНЕНИЯ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ**

Аннотация: Статья посвящена альтернативным источникам энергии. Дано общее обоснование проблемы традиционных энергетических ресурсов. Произведено сравнение возобновляемых энергоресурсов по пяти факторам. Определены наиболее перспективные направления развития в области возобновляемой энергетики.

Ключевые слова: Энергия, Экология, Альтернативные источники энергии, Ветрогенераторы, Переработка ТБО, Солнечные батареи, Геотермальная энергетика, Гидроэлектростанция, ГЭС.

Annotation: The article is about alternative energy sources. Also, it is written about a problem of traditional energy recourses. Moreover, we've made a comparison between all the types of renewable energy sources using 5 factors. In addition, we've

made a conclusion and defined the most perspective development directions in this sphere of sustainable energy.

Key words: *Energy, Ecology, Alternative energy sources, Wind generators, MSW recycling, Solar panels, Geothermal energy, Hydroelectric power station, hydroelectric power station.*

В настоящее время выделяют несколько основных видов альтернативных источников энергии:

1. Энергия солнечного излучения – использование фотоэлементов и солнечных электростанций;
2. Энергия ветра – ветроэнергетические установки и ветряные электростанции;
3. Энергия приливов и отливов – приливные электростанции;
4. Энергия волн – волновые электростанции;
5. Геотермальная энергия – геотермальные станции;
6. Энергия биомассы и энергия отходов – переработка разного рода биологических и иных отходов физико-химическими методами.

Рассмотрим все варианты получения альтернативной энергии и сделаем вывод о наиболее подходящих и экономически эффективных для Санкт-Петербурга. Проведем анализ методом экспертных оценок. Введем несколько факторов – **территориальные климатические условия, дороговизна инсталляции и оборудования, безопасность и экологичность, КПД.** Каждый пункт будет оценен по 5-бальной шкале. Рассмотрим каждый из источников подробнее.

Энергия солнечного излучения. Самый распространенный тип альтернативной энергии. Солнце – неисчерпаемый, экологически безопасный и дешевый источник энергии. Как заявляют эксперты, количество солнечной энергии, которая поступает на поверхность Земли в течение недели, превышает энергию всех мировых запасов нефти, газа, угля и урана. Немаловажным моментом является тот факт, что сырьем для изготовления солнечных батарей

является один из самых часто встречающихся элементов – кремний. В земной коре кремний - второй элемент после кислорода. Однако эксперты полагают, что солнечную энергетику нельзя назвать экологически безопасной ввиду того, что производство чистого кремния для фотоэлементов является весьма «грязным» и очень энергозатратным производством. Оценим также климатические возможности Санкт-Петербурга для установки солнечных батарей. Карта солнечного излучения приведена на рисунке 1.

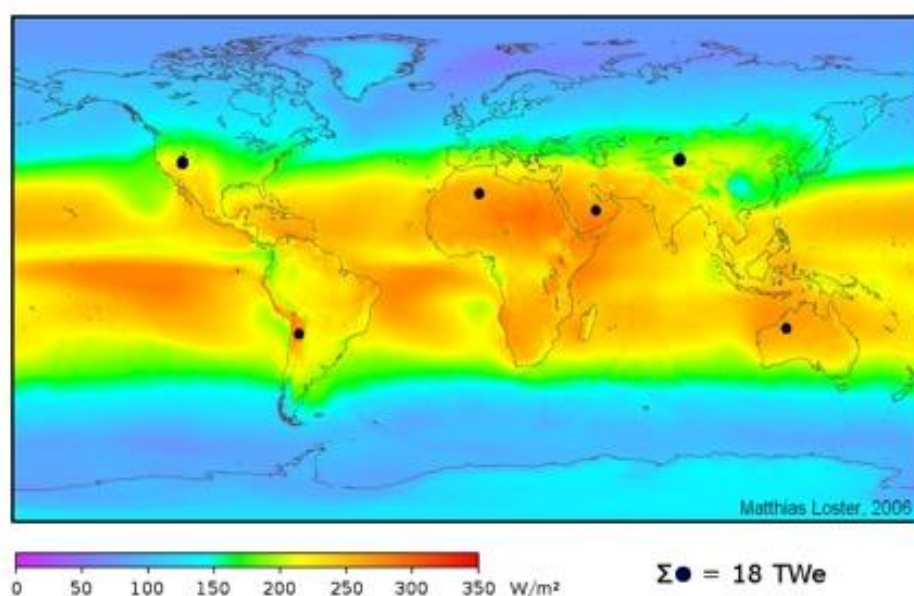


Рис. 1 – карта солнечного излучения.

Как показывает карта, изображенная на рисунке 1, климатические условия в Санкт-Петербурге явно не предполагают использование солнечной энергии – оценка «1». Солнечные панели являются весьма доступным источником электроэнергии. На приобретение и установку солнечной батареи мощностью 10 кВт нужно выделить 2 млн. руб. – оценка «3». Хотя само использование электроэнергии экологически безопасно, производство элементов весьма грязное – оценка «3». КПД солнечных панелей в районе 45% - оценка «3».

Перейдем к энергии ветра. Ветроэнергетика – это способ получения различных видов энергии, основанный на использовании энергии, возникающей при движении воздушных масс. Ветроэнергетика является бурно развивающейся

отраслью. К началу 2016 года общая установленная мощность всех ветрогенераторов составила 432 гигаватта и, таким образом, превзошла суммарную установленную мощность атомной энергетики. Некоторые страны особенно интенсивно развивают ветроэнергетику, в частности, на 2015 год в Дании с помощью ветрогенераторов производится 42 % всего электричества; 2014 год в Португалии — 27 %; в Никарагуа — 21 %; в Испании — 20 %; Ирландии — 19 %; в Германии — 18,8%; в ЕС в целом — 7,5 %. Оценивая климатический аспект, необходимо определить среднюю скорость ветра в Санкт-Петербурге, ведь ветрогенераторы работают при скоростях ветра выше 3 м/с. Номинальная скорость ветра, на которой достигаются максимальные мощности ветрогенераторов составляет, как правило, 7-8 м/с. Средняя скорость ветра в СПб приведена на рис. 2.

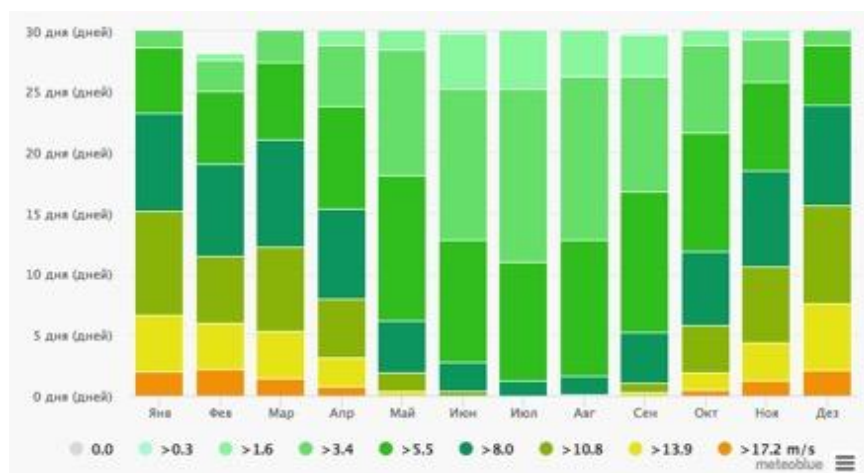


Рис. 2 – средняя скорость ветра в Санкт-Петербурге

Как показывает график, изображенный на рисунке 3 – средняя скорость ветра в городе составляет 3.4-5.4 м/с, что подходит для реализации проектов, связанных с установкой ветряных электростанций, однако недостаточно для работы ветрогенераторов на полной мощности – оценка «4». Стоимость ветряной электростанции на 15 кВт номинальной мощности (10 кВт при наших скоростях ветра) составляет 700.000 руб. – оценка «5». Безопасность и экологичность ветряных установок является одним из главных преимуществ этого источника электричества – оценка «5». КПД ветрогенераторов с горизонтальной (обычной) осью вращения доходит до 40% при номинальных

мощностях. При работе на мощностях с нашими скоростями ветра КПД будет в районе 25-30% - оценка «2».

Рассмотрим энергию приливов и отливов. Особый вид гидроэлектростанции, использующий энергию приливов, а фактически кинетическую энергию вращения Земли. Приливные электростанции строят на берегах морей, где гравитационные силы Луны и Солнца дважды в сутки изменяют уровень воды. Для получения энергии залив или устье реки перекрывают плотиной, в которой установлены гидроагрегаты, которые могут работать как в режиме генератора, так и в режиме насоса (для перекачки воды в водохранилище для последующей работы в отсутствие приливов и отливов). Ученые подсчитали, что для хорошей работы электростанции необходимо, чтобы перепад уровней между отливом и приливом составлял более двух метров. Таким образом с увеличением разницы высот воды увеличивается эффективность работы приливной электростанции. На рисунке 3 приведена карта, на которой указаны амплитуды приливов и отливов на нашей планете.

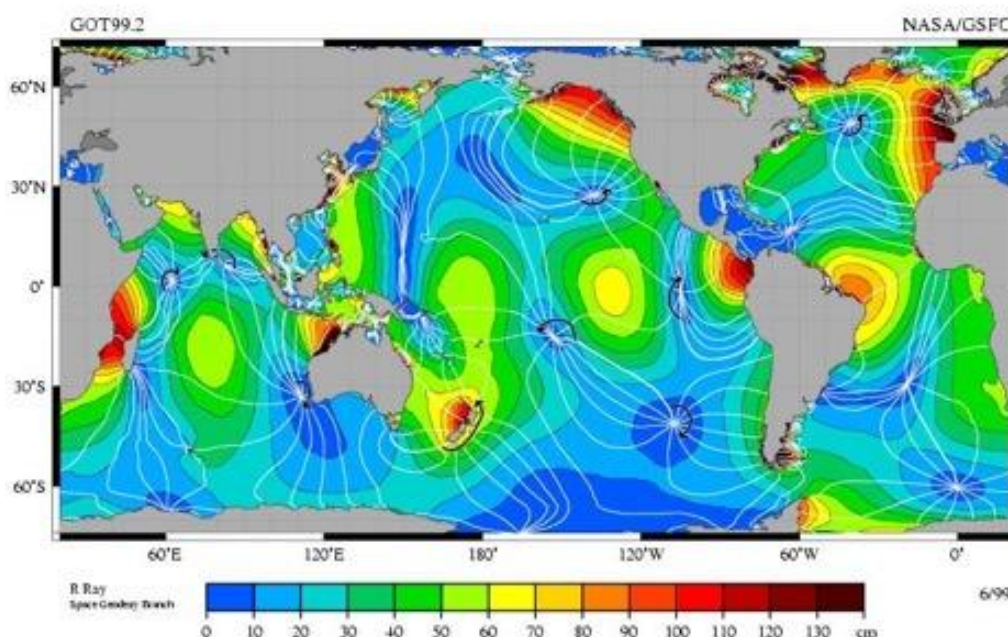


Рис. 3 – карта приливов и отливов

Как можно заметить из карты, изображенной на рисунке 4, в Санкт-Петербурге не наблюдается достаточной приливной активности для строительства электростанций подобного рода – оценка «1». Большую часть

работ по установке оборудования необходимо производить под водой, что сильно увеличивает издержки на строительные-монтажные работы. Оценить стоимость строительства такой электростанции весьма сложно. Возьмем для примера проект бюро LDA Design, которое спроектировало строительство приливной лагуны для залива Суонси в Великобритании. Стоимость строительства этой станции составляет 1 млрд. фунтов или 83 млрд. руб. Электростанция рассчитана на мощность 320 МВт или 320.000 кВт. Таким образом 10 кВт будут стоить 2.593.000 руб. – оценка «2». Рассматривая экологический аспект, хочется отметить, что эти электростанции не сжигают огромные количества углеводородов и являются экологически чистым источником энергии. Однако, строительство такой гидроустановки пагубно влияет на ареалы обитания представителей флоры и фауны. Строительство станции вызывает миграции рыбы и полное опустошение водоема, что сказывается не только на морской жизни, но и на животных суши по причине связи в биологических цепочках. Но стоит отметить, что негативное экологическое воздействие ПЭС носит локальный характер и не является заведомо необратимым. Правильный выбор мест строительства, не затрагивающий зон проживания редких, исчезающих видов, учет экологических факторов при возведении ПЭС и проведение на них природоохранных мероприятий позволит значительно сократить и во многом предотвратить ущерб, наносимый окружающей среде региона – оценка «4». КПД ПЭС в данный момент находится на уровне 60-70% - оценка «4».

Далее предлагаем рассмотреть энергию волн и т.н. волновые электростанции. Волновая электростанция — электростанция, расположенная в водной среде, целью которой является получение электроэнергии из кинетической энергии волн. Потенциал волн оценивается в более, чем 2 млн МВт. Места с наибольшим потенциалом для волновой энергетики — западное побережье Европы, северное побережье Великобритании и Тихоокеанское побережье Северной, Южной Америки, Австралии и Новой Зеландии, а также побережье Южной Африки. Как

можно заметить, волновой активности в Финском заливе будет явно недостаточно для обеспечения работы такой станции – оценка «1». Ввиду очень большой зависимости от климатических условий, дальнейшее рассмотрение волновой электростанции для строительства в СПб, будет считаться иррациональным.

Теперь рассмотрим геотермальную энергию. Геотермальная энергетика — направление энергетики, основанное на использовании тепловой энергии недр Земли для производства электрической энергии на геотермальных электростанциях, или непосредственно, для отопления или горячего водоснабжения. Тепловой поток, текущий из недр Земли через ее поверхность, составляет 47 ± 2 ТВт тепла (400 тыс. ТВт/ч в год, что в 17 раз больше всей мировой выработки, и эквивалентно сжиганию 46 млрд тонн угля). Климатический аспект строительства геотермальной электростанции, в первую очередь связан с количеством геотермальной энергии, имеющейся в ресурсе. На рисунке 4 приведена карта распределения геотермальных ресурсов по территории Российской Федерации.

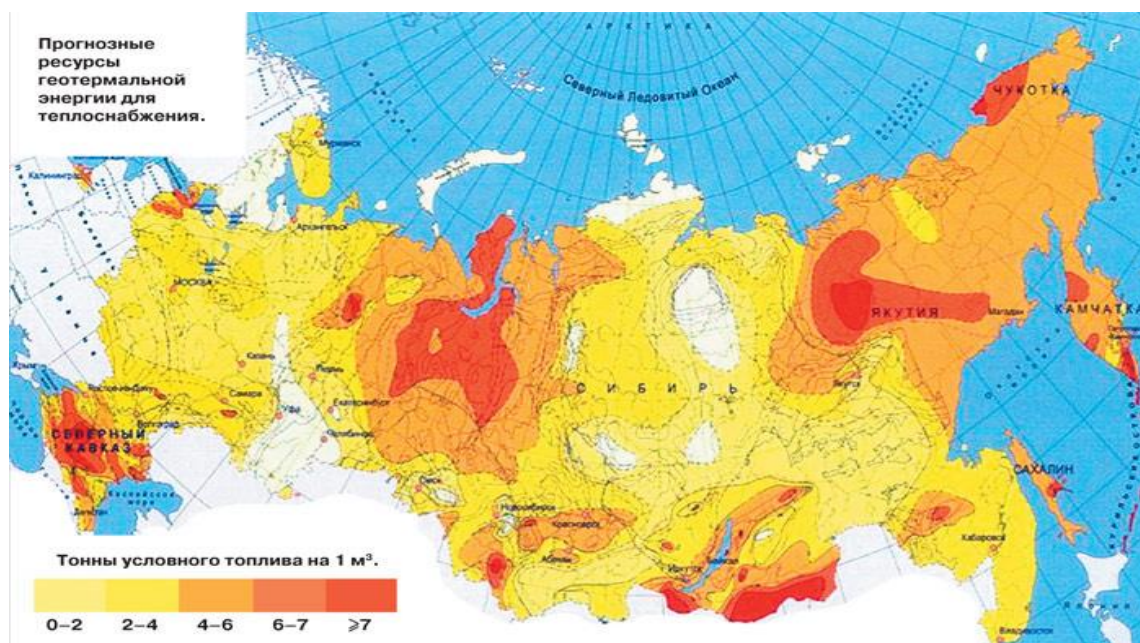


Рис. 4 – карта геотермальных ресурсов

Как можно заметить на карте, показанной на рисунке 4, в Санкт-Петербурге и окружающих его районах показатель условного топлива на 1 м³ достаточно высок и составляет 6-7 тонн – оценка «4». Оценить стоимостной

аспект можно на примере установки, построенной в городе Thermo, США в 2010 году. Комплекс выдает мощность 14 МВт, а его стоимость обошлась в 33 млн. долларов США или 1.98 млрд. руб. Таким образом, 10 кВт геотермальной энергии будут стоить 1.414 млн. руб. – оценка «3». Для современных геотермальных электростанций характерен умеренный уровень выбросов. В среднем он равен 122 кг CO₂ на мегаватт-час электроэнергии, что в несколько раз меньше выбросов при производстве электроэнергии с использованием ископаемого топлива, тем не менее повсеместное строительство геотермальных электростанций, безусловно, будет сказываться негативно на глобальном климате планеты – оценка «3». Главным достоинством геотермальной энергии является её практическая неиссякаемость и полная независимость от условий окружающей среды, времени суток и года. Коэффициент использования установленной мощности ГеоТЭС может достигать 80%, что недостижимо для любой другой сферы альтернативной энергетики – оценка «5».

Последним по списку, но не по значимости выступает энергия биомассы и энергия переработки отходов. Биомасса — шестой по запасам из доступных на настоящий момент источников энергии после горючих сланцев, урана, угля, нефти и природного газа. Приблизённо полная биологическая масса земли оценивается в $2,4 \cdot 10^{12}$ тонн.

Биомасса — пятый по производительности возобновляемый источник энергии после прямой солнечной, ветровой, гидро- и геотермальной энергии. Ежегодно на земле образуется около 170 млрд тонн первичной биологической массы и приблизительно тот же объём разрушается.

Биомасса — крупнейший по использованию в мировом хозяйстве возобновляемый ресурс (более 500 млн тонн у. т. в год)

Оценка климатического аспекта не вызывает сложности, т.к. биомасса распределена по планете практически равномерно, а проблемы нехватки мусора для переработки в Санкт-Петербурге явно не возникает – большинство отходов просто складировается на полигонах. Таким образом за этот параметр можно

поставить оценку «5» Внедрение систем переработки мусора на предприятиях сокращает расходы на организацию полигонов по сбору мусора, а также на его транспортировку, ввиду утилизации отходов на местах. Компании, специализирующиеся на переработке мусора, предлагают большое количество передовых технологий, которые позволяют не только сжигать отходы, но и преобразовывать их в твердое углеподобное топливо, однако для внедрения таких систем, безусловно, нужны капиталовложения в оборудование и установку. Так, московский завод в Руднево перерабатывает 250 тысяч тонн бытовых отходов в год, производя, при этом, 6.4 МВт электроэнергии, которой вполне достаточно для деятельности завода, а остаток поступает в промышленную зону, где успешно реализуется, тем самым постепенно окупая завод. Стоимость постройки одного завода – порядка 1 млрд. рублей. Таким образом 10 кВт энергии, произведенной таким способом обойдутся в 1.5 млн. руб. Делая вывод об экспертной оценке, проводя аналогию с остальными способами получения чистой энергии, целесообразно поставить оценку «3» этому методу электроэнергетики, но нельзя забывать, что если геотермальная, волновая или энергия приливов никак не может быть реализована на предприятиях, то энергия переработки отходов может быть получена любым заводом, который внедрит эту систему. По этой причине – оценка «4». Традиционные полигоны для сбора ТБО, помимо вышеупомянутых веществ, выделяют в атмосферу токсичный сероводород. Этот газ имеет неприятный запах и распространяется с ветряными массами на несколько километров вокруг, создавая неблагоприятные условия для жизнедеятельности населения близлежащих районов. Следовательно, в случае организации переработки отходов, помимо прочего, будет достигнут также социальный эффект. Оценка «5» за экологию и безопасность. КПД мусороперерабатывающего завода для производства электроэнергии сравним с КПД обычной ТЭС (теплоэлектростанция) и составляет 30% - оценка «3».

После всего вышеизложенного, исходя из экспертных оценок, можно составить собирательную таблицу – см. табл. №1.

Таблица 1 – оценка альтернативных источников энергии методом экспертных оценок

Наименование области энергетики	Территориально-климатические условия	Дороговизна инсталляции и оборудования	Экологический аспект	КПД	Итого
Энергия солнца	1	3	3	3	10
Энергия ветра	4	5	5	2	16
Энергия приливов и отливов	1	2	4	4	11
Энергия волн	1	б/о	б/о	б/о	1
Геотермальная энергия	4	3	3	5	15
Энергия биомассы и отходов	5	4	5	3	17

Таким образом, рассмотрев всевозможные альтернативные источники энергии, а также сопоставив их с климатическими условиями Санкт-Петербурга, нами был сделан вывод о наиболее перспективных направлениях развития в этой сфере. Проанализировав метеорологические диаграммы, оценив среднюю скорость ветра и розу ветров, мы предположили, что ветряная электроэнергия может стать реальной альтернативой всем традиционным источникам, которые используются для обеспечения Санкт-Петербурга.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Саликеева, С.Н., and Ф.Т. Галеева. "Обзор методов получения альтернативной энергии." *Вестник Казанского технологического университета* 15.8 (2012).
2. Олехнович С.А., Безруков Н.М. Пути снижения производственных издержек на основе использования возобновляемой энергии // *Аллея науки.* – 2018. – №6(22) – С. 1-19. – URL https://alley-science.ru/tehnika_i_obshestvo_v_xxi_veke_6_22_2018/

3. Loster, Matthias. "Total primary energy supply-from sunlight." *Retrieved January 18 (2015).*
4. Метеорологический портал Meteoblue в Интернете [Электронный ресурс]." *Режим доступа – https://www.meteoblue.com/en/weather/forecast/multimodel/st-petersburg_russia_498817*
5. Ray, R. "TOPEX/Poseidon: Revealing Hidden Tidal Energy." *NASA-Goddard Space Flight Center, NASA-Jet Propulsion Laboratory, Scientific Visualization Studio, Television Production NASA-TV/GSFC (2007).*
6. LDA Design portal в Интернете [Электронный ресурс]." *Режим доступа – <https://www.lda-design.co.uk/work/portfolio/swansea-bay-tidal-lagoon/>*
7. Сугробов, В.М., В.И. Кононов, and О.Б. Вереина. "Перспективы использования геотермальных ресурсов Камчатки." *Энергосбережение 2 (2015): 98-102.*
8. Лукутин, Б.В. "Возобновляемые источники электроэнергии: учебное пособие." *Томск: Изд-во Томского политехнического университета 187 (2018).*