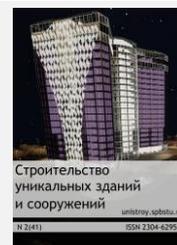




Construction of Unique Buildings and Structures



journal homepage: www.unistroy.spb.ru



Волновая энергетика – перспективный сектор возобновляемых источников энергии.

Ю.В. Гуц¹

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.

Информация о статье

УДК 626-1/-2 и -4/-9

История

Подана в редакцию 21 октября 2015

Ключевые слова

возобновляемые источники энергии (ВИЭ);
волновые энергетические установки;
преобразование энергии морских; океанических волн и течений;
экономическая эффективность волновых электростанций;
экологическая безопасность.

АННОТАЦИЯ

В статье анализируются общие тенденции развития энергетики на базе ВИЭ в России и за рубежом. Обсуждаются перспективы развития в нашей стране волновой энергетики, как наиболее эффективного возобновляемого источника энергии. Приводится краткий обзор волновых электростанций уже построенных или находящихся на стадии строительства и проектирования, рассматриваются основные типы, технические характеристики и преимущества волновых электростанций (ВлЭС). Рассматривается целесообразность строительства ВлЭС в районах РФ с децентрализованным энергоснабжением, с учетом себестоимости получаемой электроэнергии.

Содержание

1.	Введение	31
2.	Обзор литературы	32
3.	Основные типы и принципы работы волновых энергетических установок	32
4.	Заключение	35

Контактный автор:

1. +7(921)7781897, uragusch@rambler.ru (Гуц Юрий Владимирович, аспирант)

1. Введение

Потребление энергии в современном мире характеризуется стремительным ростом. Около половины мирового энергобаланса в настоящее время приходится на долю нефти, около трети – на долю газа и атома (примерно по одной шестой) и около одной пятой – на долю угля. Однако глобальная проблема современного мира – не истощение минеральных ресурсов, а угрожающая экологическая обстановка [76, 77]. В связи с этим разработка альтернативных источников энергии приобретает все большую актуальность [45, 48, 60]. Альтернативная энергетика основана на использовании возобновляемых (или "чистых") источников энергии [5, 17, 19, 23, 32].

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) – это источники на основе постоянно существующих или периодически возникающих в окружающей среде потоков энергии (солнца, ветра, воды, биомассы и т.д.) [26, 32, 43].

К возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) относятся: солнечная, геотермальная, ветровая, энергия морских и океанических волн, течений и приливов, энергия биомассы [34, 43].

Мировые запасы ВИЭ оцениваются в 20 млрд. т.у.т. (тонн условного топлива) в год, что в 2 раза превышает объем годовой добычи всех видов ископаемого топлива [98]. Из этого можно сделать вывод о том, что уже сегодня человечество могло бы, полностью обеспечить свои потребности в электроэнергии, только лишь, за счет возобновляемых источников [22, 33].

Правда, на сегодняшний день, не все технологии использования ВИЭ экономически эффективны [2, 14, 25, 36]. Поэтому для оценки возможностей ВИЭ используют такое понятие, как экономический потенциал. По оценкам экспертов в России экономический потенциал ВИЭ составляет 25% [54]. Запасы возобновляемой энергии оцениваются в 270 млн. т.у.т., что составляет около 30% от годового объема потребления топливно-энергетических ресурсов в нашей стране (916 млн. т.у.т. в год) [9, 16, 22, 50, 54]. Иными словами, до четверти всей необходимой электроэнергии мы могли бы получать из возобновляемых источников экономически доступными способами [29, 67, 69]. Но правительство РФ к 2020 г. планирует повысить долю ВИЭ в энергобалансе страны всего до 4,5% [1, 44, 47, 50, 63, 79].

На протяжении последних 15 лет производство электроэнергии на базе ВИЭ является самым быстрорастущим сектором энергетики в Европе. Даже во время кризиса 2008 года, во многих европейских странах темпы развития ВИЭ энергетики многократно опережали темпы экономического роста этих стран. А программа Евросоюза «20-20-20» – к 2020 г. сократить выбросы парниковых газов в атмосферу на 20%, повысить долю ВИЭ в энергобалансе до 20% и увеличить энергоэффективность на 20%, не смотря на развернувшийся экономический кризис, не была подвергнута корректировке [7, 57, 70, 74, 85, 88, 93, 94, 95].

Быстрыми темпами энергетика на базе ВИЭ развивается и в мире [10, 33]. Так, Китай к 2020 году планирует повысить долю ВИЭ до 15%, а стратегический план США к 2025 году, предусматривает выработку 25% электроэнергии за счет альтернативных источников [24, 64, 75, 100].

Следует отметить, что на сегодняшний день в некоторых странах (в т.ч. в России) ВИЭ не выдерживают конкуренции с другими энергоносителями из-за их несопоставимо высокой себестоимости по сравнению с энергией, получаемой из традиционных источников [7, 77]. Но за последние несколько лет, технологии альтернативной энергетики совершили значительный прорыв [7, 50]. К примеру, удельная стоимость ветроэнергетических установок была снижена с 5 до 1 тыс. \$ за 1 кВт, а «чистая» себестоимость выработки электрической энергии уже находится на уровне 30-40 копеек за 1 кВт*ч [50, 77]. Строительство малых гидроэлектростанций со сроком окупаемости в 10 лет дают электрическую энергию стоимостью 1,5-2 рубля за 1 кВт*ч, а геотермальные станции в тот же срок – 3-3,5 рублей за 1 кВт*ч [75, 77]. Что касается фотоэлектрических модулей, то эти источники энергии еще остаются достаточно дорогими.

Волновая энергетика – одно из направлений альтернативной гидроэнергетики, использующей энергию морских и океанических волн и течений [39, 53, 72].

Волновая энергетика является одним из наиболее перспективных секторов возобновляемых источников энергии т.к. энергия волн океанов превосходит по удельной мощности как ветровую, так и солнечную энергию. Средняя мощность волн океанов и морей превышает 15 кВт на погонный метр, а при высоте волн в 2 метра, мощность может достигать и все 80 кВт на погонный метр [12, 20, 21, 28, 38, 40, 42].

Потенциал удельной мощности волн рассчитывается по формуле:

$$P = 0,25\rho g H^2 u L ,$$

где H – высота волн; u – скорость распространения; L – горизонтальный размер преобразователя.

К тому же, при преобразовании энергии волн, эффективность может существенно превышать прочие альтернативные способы, такие как ветровые и солнечные электростанции, достигая коэффициента полезного использования в 85% [21, 28, 62, 84].

Суммарная волновая мощность мирового океана оценивается в 2700 ГВт [15, 42, 51, 52, 82, 90, 99]. В России возможно освоение энергии морских волн на побережье тихоокеанских морей, а также Баренцева и Черного [46, 49, 55].

2. Обзор литературы

Идеи использования энергии мирового океана зародились еще в XIX веке [93]. Уже в 1890 г. была предпринята первая попытка практического использования энергии волн [53]. Изучением способов преобразования энергии волновой активности в России занимались следующие авторы: Коробков В.А., Вершинский Н.В., Васильев Ю.С., Дьяков А.Ф., Елистратов В.В., Сичкарев В.И. и др.

Интерес к проблеме использования энергии волн особенно проявился в последние 10-15 лет [80]. Широкие исследования с «практическим выходом» создания установок не только опытных, но и для повседневной практики проводятся, например, в Японии. Здесь на энергии морских волн действуют свыше 300 буев и маяков. В Англии также начата соответствующая программа. В Эдинбургском университете создана специальная лаборатория с опытным бассейном для имитации разных видов морского волнения – от легкой зыби до 10-бального шторма [83, 87].

В России волновая энергетика делает только первые шаги [11]. В ноябре прошлого года, на полуострове Гамова в Приморском крае, была запущена первая в нашей стране волновая электростанция. Инициаторами этой идеи стали ученые Уральского федерального университета и исследователи Тихоокеанского океанологического института при Дальневосточном отделении Российской Академии Наук [30, 31, 68].

Учитывая, что основная часть потенциала волновой энергии в нашей стране сконцентрирована в северных морях (Белом и Охотском), большой интерес представляет работа Т.Э. Уваровой «Вероятностная оценка истирающего воздействия дрейфующего ледяного покрова на морские гидротехнические сооружения», 2013. В которой автором предложена методика вероятностного расчета глубины ледовой абразии для обеспечения надежности и безопасности эксплуатации морских гидротехнических сооружений.

3. Основные типы и принципы работы волновых энергетических установок

Волновая электростанция – установка, расположенная в водной среде, целью которой является получение электричества из кинетической энергии волн [58].

Волновые электростанции являются одними из самых чистых, безотходных и безопасных источников электроэнергии [4, 6, 37, 61]. На сегодняшний день, данный вид энергии используется весьма мало, не более 1% от всего производимого электричества в мире [68].

Независимо от принципа работы, подавляющее большинство волновых энергетических установок представляют собой сооружение, состоящее из трех основных частей: рабочего органа, силового преобразователя, системы крепления [8, 32, 59].

Функциональное назначение каждой из частей состоит в следующем:

– *Рабочий орган* находится в непосредственном контакте с водой и под действием волн совершает какие-либо движения, например, колебательные. В качестве рабочего органа выступают поплавки, водяные колеса, волноприемные камеры и пр. [32].

– *Силовой преобразователь* служит для преобразования энергии, запасенной рабочим органом, в энергию, пригодную для использования или передачи на расстояние. В качестве таких преобразователей могут выступать разнообразные по исполнению гидравлические насосы, зубчатые, цепные, тросовые передачи, гидравлические и воздушные турбины и т.п. [8].

– *Система крепления* удерживает на месте волновую установку. Если установка располагается на берегу, то в качестве системы крепления выступает сама конструкция установки [56].

Существует множество различных способов генерации электрической энергии из механической работы волновой активности, однако на сегодняшний день эффективное применение нашли три основных принципа [91, 92]:

1) Принцип «*осциллирующего водяного столба*» – волновая энергоустановка представляет собой камеру, нижняя открытая часть которой погружена под наинизший уровень воды (впадины волны) [86]. При приходе гребня волны происходит заполнение полости и вытеснение воздуха и направление его в воздушную турбину, расположенную в отверстии на вершине камеры, которая приводит в движение электрогенератор [96]. При снижении уровня волны происходит разрежение в полости и изменение движения воздуха, и воздушная турбина начинает вращаться в обратную сторону.

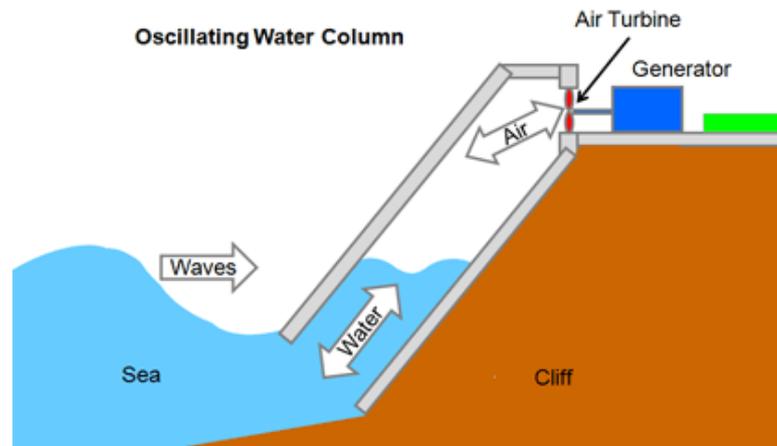


Рис.1 Принцип работы осциллирующего водяного столба

На принципе осциллирующего водяного столба работает первая в мире коммерческая волновая электростанция Мутрику на атлантическом побережье Испании, введенная в эксплуатацию в сентябре 2011 г. Вырабатываемая мощность электростанции 300 кВт, при КПД турбин 50%, она покрывает 10% потребностей местных жителей в электроэнергии [99].

Уникальность Мутрику в том, что волновая электростанция вмонтирована в портовый мол, тем самым она не портит береговой пейзаж.

Другая из успешно действующих, волновая электростанция «Oceanlinx» в акватории города Порт-Кембл (Австралия). Из-за того, что направление движения волн и их сила постоянно меняются, на станции «Oceanlinx» используется турбина Denniss-Auld с регулируемым углом поворота лопастей. Одна силовая установка станции обладает мощностью (в пиковом режиме) от 100 кВт до 1,5 МВт. Волновая электростанция «Oceanlinx» поставляет в электросеть города 450 кВт электричества [99].

2) Принцип «колеблющегося тела». Рабочий орган таких установок – поплавков, находится на поверхности моря и совершает вертикальные колебания, в соответствии с изменениями уровня воды при ветровом волнении [96].

На принципе «колеблющегося тела» работают разнообразные буи, «морские змеи» и др.

В 2011 году компания Ocean Power Technologies (OPT) анонсировала начало серийного производства гигантских 42-метровых буйев Power Buoy PB-150 мощностью 150 кВт [80]. Принцип работы Power Buoy PB-150: во время качки верхний поплавок перемещает длинный шток-ротор, который, в свою очередь, скользит внутри обмотки статора и возбуждает в ней ток.



Рис.2 Power Buoy PB-150

Каскад из сотен подобных буйев фиксируется на дне якорной системой, а выработанная энергия передается на берег по подводному силовому кабелю.

В 2014 г. были введены в эксплуатацию две промышленные фермы из таких буйев: 1.5 МВт на западе США и 19 МВт в Австралии [99].

На других установках, работающих по принципу «колеблющегося тела», вместо буйки используются ряд подвижных элементов, которые двигаются относительно друг друга, это приводит в

работу гидравлические поршни между ними. Поршни, в свою очередь, приводят в движение масло, которое проходит через гидравлические двигатели, приводящие в движение электрические генераторы [91].



Рис.3 Преобразователь с подвижными элементами

Первый промышленный вариант волновой электростанции, работающей по такому принципу, был введен в эксплуатацию в 2008 году в 5 километрах от берега в городе Повау-ди-Варзин в Португалии [81]. Электростанция называется Pelamis P-750. Она состоит из трех одинаковых конвертеров, качающихся на волнах Атлантического океана, и вырабатывающих вместе 2,25 МВт электрической энергии [27]. Каждый конвертер состоит из четырех секций. Конвертеры имеют длину по 120 метров, диаметр 3,5 метра, а весят по 750 тонн. Эти конструкции змеевидной формы похожи на плавающие составы из четырех вагонов, или на морских змей, как их называют местные жители.

3) Установка с «искусственным атоллom» – сооружение состоящие из бетонного корпуса, на котором размещаются поверхности наката волн. В средней части энергоустановки располагается накопительный резервуар (бассейн), с водоприемным отверстием, через которое вода поступает на гидротурбину [66].

Генератор устанавливается в верхней части сооружения.

Для поднятия воды в бассейн, расположенный выше уровня моря, используется эффект набегания волны на отлогую поверхность. Для этого рабочая поверхность устраивается в виде наклонного, суживающегося кверху лотка [8].

Установка, включающая наклонную плоскость с углом наклона 30° , обеспечивает поднятие уровня на 2,5 м при средней высоте волны 1,5 м.

Тем самым создается запас потенциальной энергии, которую превращают затем по мере надобности в электроэнергию путём пропускания воды обратно в море через гидротурбину [18].

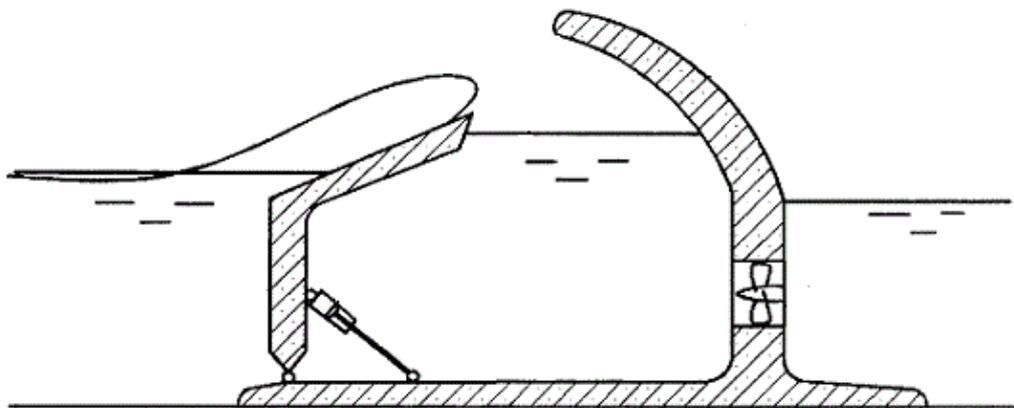


Рис.4 Схема установки с «искусственным атоллom»

В США разрабатывается установка этого типа под названием «Дэм Атолл» [99]. Основным элементом установки является часть сферы диаметром 100 м и высотой до 30 м, выпуклой частью, выступающей над

уровнем моря. На поверхности этого искусственного острова расположены волнонаправляющие ребра, а в середине – водоприемное отверстие и водовод диаметром до 18 м с гидротурбиной [89].

4. Заключение

Для районов с децентрализованным энергоснабжением, а именно, для прибрежных и островных территорий – ВлЭС очень перспективный и выгодный вариант энергоснабжения [3, 13], т.к.:

- отпадает необходимость завозить топливо;
- создается своя стабильная энергосистема;
- происходит отказ от использования веществ, загрязняющих окружающую среду.

В нашей стране оптимальным регионом для строительства ВлЭС, является Дальний Восток и Курильские острова, где средняя высота волн и их удельная мощность, позволяют эффективно использовать этот возобновляемый источник энергии.

Также после вхождения Крыма в состав России, остро встала задача обеспечения его энергетической независимости, т.к. собственные источники генерации электроэнергии полуострова покрывают его потребность в электричестве лишь на 20-30% [78]. Удельная мощность волн черноморского побережья, также позволяет эффективно использовать волновые энергетические установки.

Установки с искусственным атоллom, расположенные на берегу, имеют преимущества перед другими типами волновых установок, т.к. исключаются трудности, связанные с их обслуживанием и ремонтом. Кроме того, сводится к минимуму риск повреждения гидрооборудования, в отличие от, принципа «колеблющегося тела», например.

Основной задачей разработчиков волновых электростанций является усовершенствование конструкции станции таким образом, чтобы значительно снизить себестоимость получаемой электроэнергии.

Практическая эффективность волновых преобразователей может быть достигнута только путем тщательной проработки и согласования функциональных элементов. Следовательно, основная задача при создании эффективных ВлЭС состоит в оптимизации их параметров с учетом реальных условий на месте эксплуатации [35, 41, 65, 71, 73]. Для этого необходим их анализ на основе физических и компьютерных экспериментов.

Литература

- [1]. Анализ возможностей и целевых показателей роста электрогенерации в России на базе ВИЭ до 2020 г.: The European Union's Tacis Programme for the Russian Federation. 2009. [Электронный ресурс]. URL: http://www.journal.esco.co.ua/2011_8/art186.pdf (дата обращения 12.09.2015)
- [2]. Андреева Е.В. Экономика нетрадиционной энергетики // Инженерно-техническое обеспечение. 2005. №1. С. 67.
- [3]. Арефьев Н.В. Комплексные системы автономного энергоснабжения / Н.В. Арефьев, Ю.С. Васильев, К.П. Селезнев // Автономная энергетика сегодня и завтра: сб. докл. СПб., 1993.
- [4]. Арефьев Н.В. Обоснование режимов работы энерго-водохозяйственных комплексов // Экология использования возобновляющихся источников. Л.: Изд-во ЛГТУ, 1991. С. 196-204.
- [5]. Арефьев Н.В. Основы формирования природно-аграрных систем. Теория и практика. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2011. 532 с.
- [6]. Арефьев Н.В. Эколого-энергетические принципы управления энергетическими системами. В кн. Научная школа акад. Ю.С. Васильева в области энергетики и охраны окр. среды. СПб. : Изд-во СПбГПУ, 2004. 132 с.
- [7]. Афанасьева М.В. Основные направления инновационного развития ТЭК за рубежом и в России // Энергетическая политика. 2014. № 2. С. 45-54.
- [8]. Бальзанников М.И., Елистратов В.В. Возобновляемые источники энергии. Аспекты комплексного использования. Самара: ООО «Офорт», СамГАСУ, 2008. 331 с.
- [9]. Безруких П.П. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России: учебное пособие. М.: Книга-Рента, 2008. 128 с.
- [10]. Безруких П.П. Состояние и перспективы развития возобновляемой энергетики // Электрика. 2008. №9. С. 3-10.
- [11]. Безруких П.П., Соловьев Д.А. Взгляд на энергетику 2020 г. в свете устойчивого развития России // Малая энергетика. 2014. №1/2. С. 3-9.
- [12]. Безруков Ю.Ф. Колебания уровня и волны в Мировом океане: учебное пособие. Симферополь: ТНУ им. В.И.Вернадского, 2001. 50 с.
- [13]. Бреусов В.П. Использование энергии возобновляемых источников в комбинированных автономных энергосистемах: дисс. на соиск. уч. степ. к.т.н.: Спец. 05.14.08. СПб., 2002.
- [14]. Бреусов В.П. Технологии преобразования нетрадиционных возобновляемых источников энергии. СПб. : Нестор, 2001. 106 с.
- [15]. Васильев Ю.С., Елистратов В.В., Кубышкин Л.И. и др. Использование водной энергии: учебник для вузов. М. : Энергоатомиздат, 1995. 608 с.
- [16]. Васильев Ю.С. Безруких П.П. Елистратов В.В. Сидоренко Г.И. Оценки ресурсов возобновляемых источников энергии в России: учебно-справочное пособие. СПб. : Изд-во Политех. ун-та, 2008. 251 с.
- [17]. Васильев Ю. С., Елистратов В. В. Возобновляемая электроэнергетика и энергетическая безопасность // Академия энергетики. 2007. №2(16). С. 14-19.
- [18]. Васильев Ю.С. Возобновляемые источники энергии и гидроаккумулирование: учебное пособие / Ю. С. Васильев [и др.]. СПб. : СПбГТУ, 1995. 102 с.
- [19]. Васильев Ю.С., Хрисанов Н.И. Экология использования возобновляющихся энергоисточников. Л., 1991. 342 с.
- [20]. Вершинский Н.В. Энергия океана. М. : Наука, 1986. 152 с.
- [21]. Виссарионов В.И. Использование волновой энергии: учебное пособие / В.И. Виссарионов, В.В. Волшаник, Л.А.Золотов и др.; Под ред. В.И. Виссарионова. М. : Из-во МЭИ, 2002. 142 с.
- [22]. Виссарионов В.И., Бурмистров А.А., Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В. и др. Методы расчета ресурсов возобновляемых источников энергии: учебное пособие / под ред. В.И. Виссарионова. М. : Издательский дом МЭИ, 2007. 144 с.
- [23]. Виссарионов В.И., Золотов Л.А. Экологические аспекты возобновляемых источников энергии: учебное пособие. М. : Изд-во МЭИ, 1996. 156 с.
- [24]. Вода К.Р. Японо-китайское энергетическое и экологическое сотрудничество // Энергетика и инновации на перекрестках мировой политики. Сборник статей по итогам круглого стола «Энергетика и инновации: что ожидает мир в ближайшие десятилетия?», ИМЭМО РАН, июнь 2014 г. Мировое развитие. Выпуск 13 // Отв. ред. Н.В. Тоганова, К.Р. Вода, Е.А. Сидорова. М.: ИМЭМО РАН, 2014. С. 59-68.
- [25]. Гайтова Т.Б. Развитие теории и практики электротехнических комплексов для нетрадиционной энергетики: дис. ... д-ра техн. наук: Спец. 05.09.03. М., 2005. 309 с.
- [26]. Городов Р.В., Губин В.Е., Матвеев А.С. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие. Томск : Изд-во ТПУ, 2009. 294 с.
- [27]. Дорош И. Десятка самых крупных объектов возобновляемой энергетики // Энергосовет. 2011. № 5 (18). С. 58-61
- [28]. Дьяков А.Ф., Морозкина М.В. Проблемы использования энергии волн. М. : Энергоатомиздат, 1993. 176 с.
- [29]. Егорова М.С. Повышение энергоэффективности как ключевое направление сохранения природного капитала России // Фундаментальные исследования. 2014. №9. С.17-29
- [30]. Елисеев А.В., Велькин В.И., Щеклеин С.Е. Разработка исследовательского волнового буя для мониторинга акватории мира // Сб. трудов Всероссийской НПК «Развитие Арктики и приполярных регионов». Екатеринбург : УрФУ, 2014. С. 214-216.

- [31]. Елисеев А.В., Велькин В.И., Щеклеин С.Е. Разработка отечественной поплавково-волновой гидроэлектростанции // Сб. трудов Всероссийской НПК «Развитие Арктики и приполярных регионов». Екатеринбург : УрФУ, 2014. С. 211-213.
- [32]. Елистратов В. В. Возобновляемая энергетика. СПб. : Изд-во СПбГПУ, 2011. 239 с.
- [33]. Елистратов В.В. Мониторинг развития возобновляемой энергетики в мире и России // Академия энергетика. 2008. №2 (22). С. 32-44.
- [34]. Елистратов В.В., Акентьева Е.М., Борисенко М. М. [и др.] Климатические факторы возобновляемых источников энергии. СПб. : Наука, 2010. 235 с.
- [35]. Елистратов В.В., Аронова Е.С. Моделирование работы и оптимизация параметров систем автономного электроснабжения на основе ВИЭ // Известия Академии наук. Энергетика. 2011. № 1. С.119-127.
- [36]. Елистратов В.В., Сидоренко Г.И. Экономика установок нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Техничко-экономический анализ. Учебное пособие. СПб. : Изд-во СПбГПУ, 2009. 248с.
- [37]. Жарков С. В. Энергия морских волн и ВЛЭС // Энергия: Экономика, Техника, Экология. 2008. №4. С. 11-18.
- [38]. Заиров Х. И. Кудряшева И. Г. Теоретические основы нетрадиционной и возобновляемой энергетики: водноэнергетические расчеты: учебное пособие. СПб. : Изд-во СПбГПУ, 2004. 60 с.
- [39]. Историк Б. Л., Усачев И. Н., Шполянский Ю. Б. Малая нетрадиционная морская, речная и геотермальная энергетика // Малая энергетика. 2004. №1. С. 54-58.
- [40]. Ищенко Ю. А. Подземный захват энергии взаимодействия глубин и волн мирового океана // Энергия. 2003. №3. С. 28-36.
- [41]. Конищев М. А. Методика обоснования параметров и режимов работы энергокомплексов ГЭС-ВЭС: дисс. на соиск. уч. степ. к.т.н.: Спец. 05.14.08. СПб., 2010. 140 с.
- [42]. Коробков В.А. Преобразование энергии океана. Л. : «Судостроение», 1986. 279 с.
- [43]. Лабейш В.Г. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. СПб. : СЗТУ, 2003. 80 с.
- [44]. Липатов Ю. Доля ВИЭ в энергетическом балансе страны вырастет вчетверо // Мировая энергетика. 2009. № 1.
- [45]. Лисов О.М. Энергетика, экология и альтернативные источники энергии // Экология промышленного производства. 2006. №1. С. 47-55.
- [46]. Нефедова Л.В. Ресурсы, состояние и проблемы использования возобновляемых источников энергии Республики Крым // Малая энергетика. 2014. №1/2. С. 92-97.
- [47]. Основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года: распоряжение Правительства РФ от 8 января 2009 года №1-р.
- [48]. Петров В.М. Альтернативная энергетика XXI века. [Электронный ресурс]. EnginRussia.ru URL: http://www.enginrussia.ru/blog/kolonka/aliternativnaya_energetika_XXI_veka/ (дата обращения 12.09.2015)
- [49]. Попель О.С. Возобновляемые источники энергии в регионах Российской Федерации: проблемы и перспективы // Энергосовет. 2011. № 5 (18). С. 22-27.
- [50]. Попель О.С., Фортон В.Е. Возобновляемые источники в мире и в России // Пленар. док. VI Школы молодых ученых им. Э.Э. Шпилрайна: Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов. Махачкала, 2013. С. 4-15.
- [51]. Резникова Л. Н., Сичкарев В.И. Оценка потока волновой энергии бассейна Тихого океана // Использование энергии приливных и ветровых волн в океане. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1984. С. 25-32.
- [52]. Резникова Л. Н., Сичкарев В.И., Кукушкин И.В. Оценка энергетических запасов волнения Мирового океана // Тезисы докладов IV Всесоюзной конференции «Проблемы научных исследований в области изучения и освоения Мирового океана»: Гидрофизические поля океана и методы их исследования. Ч. 2. Владивосток: МВССО, ДВНЦ-АН СССР, 1983. С.3-5.
- [53]. Репин К. К. Волновые ГЭС (WHPP) – обзор мирового опыта использования. // Интернет-журнал "Строительство уникальных зданий и сооружений". 2013. №7(12). С. 38-48.
- [54]. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России / Коллектив авторов. СПб. : Наука, 2002. 314 с.
- [55]. Семенов В.Г. Энергетика Крыма. Что строить? // Энергосовет. 2014. № 4 (35). С. 21-30.
- [56]. Семенов И.В., Усачев И.Н., Башкин Н.В. Перспектива использования наплавного способа строительства морских и речных сооружений // Малая энергетика. 2011. №4. С.
- [57]. Сидорова Е.А. Инновационная составляющая стратегии «Европа 2020»: энергетический аспект. Энергетика и инновации на перекрестках мировой политики. Сборник статей по итогам круглого стола «Энергетика и инновации: что ожидает мир в ближайшие десятилетия?», ИМЭМО РАН, июнь 2014 г. Мировое развитие. Выпуск 13. Отв. ред.: Н.В. Тоганова, К.Р. Вода, Е.А. Сидорова. М.: ИМЭМО РАН, 2014. С. 85-94.
- [58]. Сичкарев В. И., Акуличев В. А. Волновые энергетические станции в океане. Л. : Наука, 1989. 134 с.
- [59]. Сичкарев В.И., Шпак А.С. Анализ и классификация технических средств преобразования волновой энергии // Использование энергии приливных и ветровых волн в океане. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1984. С. 33-40.
- [60]. Снигирев А. Энергетика будущего. СПб: Bellona, 2008. 36 с.
- [61]. Соболев В.Ю., Городничев Р.М. Волновые электрические станции // Малая энергетика. 2014. №1/2. С. 20-31.
- [62]. Соловьев А.А. Инновации в возобновляемой энергетике // Вестник РАЕН. 2009. Т.9. №1. С. 23-29.
- [63]. Стратегический поворот на возобновляемые источники энергии: стратегия развития ПАО «РусГидро» [Электронный ресурс]. URL: http://www.up-pro.ru/library/innovations/power_engineering/strateg-povorot.html (дата обращения 12.09.2015)

- [64]. США должны стать мировым лидером в производстве экологически чистой энергии – Б. Обама // Информационно-аналитический портал «Нефть России». 27.01.2011. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.oilru.com/news/229877> (дата обращения 12.09.2015)
- [65]. Тарасов А.В. Обоснование параметров проточной части гидроагрегатов малых низконапорных гидроэлектростанций. Дисс. на соиск. уч. степ. к.т.н.: Спец. 05.04.13. СПб, 2010. 113 с.
- [66]. Тарасов А.В., Топаж. Г.И. Обоснование оптимальных параметров гидроагрегатов малых ГЭС // Гидротехническое строительство. 2010. №1. С. 27-30.
- [67]. Тарасов А. П. Стимулирование освоения нетрадиционных возобновляемых источников энергии: мировые тенденции и Россия. // Экономические науки. 2009. №5. С. 176-178.
- [68]. Есть ли будущее у волновых электростанций? [Электронный ресурс] URL: <http://greenologia.ru/eko-zhizn/tehnologii/volnovye-elektrostancij.html> (дата обращения 12.09.2015)
- [69]. Теске С., Чупров В. Энергетическая революция: перспективы формирования системы энергетической безопасности России // Издание Greenpeace и EREC. 2009. №3.
- [70]. Тоганова Н.В. Развитие зеленой энергетики в ФРГ (2011–2013) // Энергетическая безопасность: национальные, региональные и международные аспекты. Мировое развитие. Вп.11 / Отв. ред. Ю.Д. Квашин, К.Р. Вода. М. : ИМЭМО РАН, 2013. С. 63-78;
- [71]. Уварова Т.Э. Вероятностная оценка истирающего воздействия дрейфующего ледяного покрова на морские гидротехнические сооружения: дисс. на соиск. уч. степ. д.т.н.: Спец. 05.23.07. М., 2012. 153 с.
- [72]. Федоров Д. В. Лизинг – новое экономическое направление развития малой и нетрадиционной энергетики: дисс. на соиск. уч. степ. к.т.н.: Спец. 08.00.05, 05.14.04. М., 2003. 158 с.
- [73]. Чижумов С.Д., Каменских И.В., Трубецкая О.В. Возможность использования энергии морских волн на дальневосточном побережье // Избранные доклады Третьей Сахалинской региональной морской научно-технической конф. «Мореходство и морские науки – 2011». Южно-Сахалинск: СахГУ, 2011. С. 132-141.
- [74]. Шилова Л. А., Соловьев Д. А. Анализ эффективности развития и модернизации в возобновляемой энергетике // Строительство – формирование среды жизнедеятельности: сборник трудов XVII Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. 23–25 апреля 2014. М. : МГСУ, 2014. С. 479-483.
- [75]. Шуйский В. П., Алабян С. С., Морозенкова О. В. Возобновляемые источники энергии в первой половине XXI века // Россия и современный мир. 2012. № 1. С. 118-132.
- [76]. Экологические проблемы энергетического обеспечения человечества / Введение в экологию / В.А. Гордиенко, К.В. Показеев, М.В. Старкова. СПб. : Лань, 2009. 592 с.
- [77]. Энергетика и инновации на перекрестках мировой политики. Сборник статей по итогам круглого стола «Энергетика и инновации: что ожидает мир в ближайшие десятилетия?», ИМЭМО РАН, июнь 2014 г. Мировое развитие. Вп. 13. / Отв. ред. Н.В. Тоганова, К.Р. Вода, Е.А. Сидорова. М.: ИМЭМО РАН, 2014. 119 с.
- [78]. Энергетика Крыма сегодня. Обзор // Энергосовет. 2014. № 2(33). С. 52-55.
- [79]. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. Распоряжение Правительства РФ №1715-р. от 13.11.2009.
- [80]. Al Rahman A., Khan K.A. The Present Situation of the Wave Energy in Some Different Countries of the World. COPYRIGHT, 2011. Pp. 89-95;
- [81]. Alok Jha. Making Waves: UK firm harnesses power of the sea...in Portugal. The Guardian, 2008. Pp. 32-36.
- [82]. Blackledge, J., Coyle, E., Kearney, D., McGuirk, R., Norton, B. Estimation of Wave Energy from Wind Velocity. Accepted for publication in IAENG Engineering Letters, 2013. Pp. 1-13;
- [83]. Blunden L.S., Batten W.M.J., Harrison M.E., Bahaj A.S. Comparison of boundary layer and field models for simulation of flow through multiple-row tidal fences. Proceedings of the 8th European Wave and Tidal Energy Conference, Uppsala, Sweden, 2009.
- [84]. Elistratov V. V. Electrical Energy Sector Overview. Wind Energy International 2011/2012/ WWEA 2011/ Bonn. Pp. 457.
- [85]. Europe 2020: A European strategy for smart, sustainable and inclusive growth. Brussels, 2010. [Электронный ресурс]. URL: http://ec.europa.eu/europe2020/index_en.htm (дата обращения 12.09.2015)
- [86]. Falnes J. Ocean Waves and Oscillating Systems. Cambridge University Press, 2002. 288 p.
- [87]. Giles J., Godfrey I., Bryden I., Myers L., O’Nians J., Bahaj A. Griffiths J. An innovative tidal fence development for the Severn Estuary, UK. - 3rd International Conference on Ocean Energy, 06.10.2010. Bilbao, Pp.
- [88]. Intelligent energy – Europe II Performance Report, 2007–2012. Brussels, April 2013. [Электронный ресурс]. URL: <http://ec.europa.eu/energy/intelligent/files/library/reports/iee-2-performance-report-2007-2012.pdf> (дата обращения 12.09.2015)
- [89]. Kydd P., Brinckerhoff P. Harnessing the Power of the Tides // Renewable Energy World Magazine. 2014. No. 5. Pp. 1-7
- [90]. Lewis A., Estefen S. Ocean Energy. From Special Report on Renewable Energy and Climate Change Mitigation. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2011. Pp. 497-534
- [91]. McCormick M.E. Ocean Wave Energy Conversion. Dover Publications//Science, 2007. 233 p.
- [92]. Ocean Energy Technology: Overview Prepared for the U.S. Department of Energy Office of Energy Efficiency and Renewable Energy // Federal Energy Management Program. 2009. July. 32 p.
- [93]. 93. Renewables 2012. Global Status Report REN21, 2012. [Электронный ресурс]. URL: www.ren21.net (дата обращения 12.09.2015)
- [94]. Renewables 2013. Global status report. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. [Электронный ресурс]. URL: www.ren21.net. (дата обращения 12.09.2015)

- [95]. Renewables 2014. Global Status Report REN21, 2014. [Электронный ресурс]. URL: www.ren21.net (дата обращения 12.09.2015)
- [96]. Sorensen H. Chr., Naef S. Report on technical specification of reference technologies (wave and tidal power plant): New Energy Externalities Developments for Sustainability/ Sixth Framework Programme. 28.11.2008. 59 p.
- [97]. Stefanovich M.A., Fernández Chozas J. Toward Best Practices for Public Acceptability in Wave Energy: Issues Developers Need to Address. - 3rd International Conference on Ocean Energy, 06.10.2010, Bilbao, 2010. Pp. 1-9;
- [98]. Twidell J., Weir A.D., Weir T. Renewable Energy Resources. Taylor and Francis. 2006. 601 p.
- [99]. Wave & Tidal Power Research Review 2014. [Электронный ресурс]. URL: <http://renews.biz/wp-content/assets/WTP-Research-Review-Winter-2014.pdf> (дата обращения 12.09.2015)
- [100]. Xia D., Ma Ch., Xia Q. New Wave Energy Devices Developed in China: China Funds Development of Marine Renewable Energy Technologies // Sea Technology Magazine. 2014, No. 5. [Электронный ресурс]. URL: <http://sea-technology.com/features/2014/0514/7.php> (дата обращения 12.09.2015)

Wave energy – a promising renewable energy sector

Yu.V. Gushch¹

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia

ARTICLE INFO

scientific article

doi:

Article history

Received 21 October 2015

Keywords

renewable energy sources;
wave energy power plants;
conversion energy of marine or ocean
waves and currents;
economic efficiency of wave power;
environmental safety.;

ABSTRACT

The article analyzes the general trends of development of energy based on renewable energy sources in Russia and abroad. Discussed prospects of development in our country of the wave energy as the most efficient source of renewable energy, provides an overview of wave power plants already built or under construction and design, the basic types, characteristics and advantages of wave power plants (WHPP). Consider the feasibility of the construction of wave power plants (WHPP) in regions of the Russian Federation with decentralized energy supply, taking into account the cost of electricity produced.

Corresponding author :

1. +7(921)7781897, uragusch@rambler.ru (Yurii Vladimirovich Gushch, Graduate Student)

References

- [1]. Analiz vozmozhnostey i tselevykh pokazateley rosta elektrogeneratsii v Rossii na baze VIE do 2020 g.: The European Union's Tacis Programme for the Russian Federation. 2009. [Elektronnyy resurs]. URL: http://www.journal.esco.co.ua/2011_8/art186.pdf (data obrashcheniya 12.09.2015)
- [2]. Andreyeva Ye.V. Ekonomika netraditsionnoy energetiki // Inzhenerno-tehnicheskoye obespecheniye. 2005. №1. S. 67.
- [3]. Arefyev N.V. Kompleksnyye sistemy avtonomnogo energosnabzheniya / N.V. Arefyev, Yu.S. Vasilyev, K.P. Seleznev // Avtonomnaya energetika segodnya i zavtra: sb. dokl. SPb., 1993.
- [4]. Arefyev N.V. Obosnovaniye rezhimov raboty energo-vodokhozyaystvennykh kompleksov // Ekologiya ispolzovaniya vozobnovlyayushchikhsya istochnikov. L.: Izd-vo LGTU, 1991. S. 196-204.
- [5]. Arefyev N.V. Osnovy formirovaniya prirodno-agrarnykh sistem. Teoriya i praktika. SPb. : Izd-vo Politekhn. un-ta, 2011. 532 s.
- [6]. Arefyev N.V. Ekologo-energeticheskiye printsipy upravleniya energovodokhozyaystvennym sistemami. V kn. Nauchnaya shkola akad. Yu.S. Vasilyeva v oblasti energetiki i okhrany okr. sredy. SPb. : Izd-vo SPbGPU, 2004. 132 s.
- [7]. Afanasyeva M.V. Osnovnyye napravleniya innovatsionnogo razvitiya TEK za rubezhom i v Rossii // Energeticheskaya politika. 2014. № 2. S. 45-54.
- [8]. Balzannikov M.I., Yelistratov V.V. Vozobnovlyayemye istochniki energii. Aspekty kompleksnogo ispolzovaniya. Samara: OOO «Ofort», SamGASU, 2008. 331 s.
- [9]. Bezrukikh P.P. Resursy i effektivnost ispolzovaniya vozobnovlyayemykh istochnikov energii v Rossii: uchebnoye posobiye. M.: Kniga-Renta, 2008. 128 s.
- [10]. Bezrukikh P.P. Sostoyaniye i perspektivy razvitiya vozobnovlyayemoy energetiki // Elektriya. 2008. №9. S. 3-10.
- [11]. Bezrukikh P.P., Solovyev D.A. Vzgl'yad na energetiku 2020 g. v svete ustoychivogo razvitiya Rossii // Malaya energetika. 2014. №1/2. S. 3-9.
- [12]. Bezrukov Yu.F. Kolebaniya urovnya i volny v Mirovom okeane: uchebnoye posobiye. Simferopol: TNU im. V.I.Vernadskogo, 2001. 50 s.
- [13]. Breusov V.P. Ispolzovaniye energii vozobnovlyayemykh istochnikov v kombinirovannykh avtonomnykh energosistemakh: diss. na soisk. uch. step. k.t.n.: Spets. 05.14.08. SPb., 2002.
- [14]. Breusov V.P. Tekhnologii preobrazovaniya netraditsionnykh vozobnovlyayemykh istochnikov energii. SPb. : Nestor, 2001. 106 s.
- [15]. Vasilyev Yu.S., Yelistratov V.V., Kubyshekin L.I. i dr. Ispolzovaniye vodnoy energii: uchebnyy dlya vuzov. M. : Energoatomizdat, 1995. 608 s.
- [16]. Vasilyev Yu.S. Bezrukikh P.P. Yelistratov V.V. Sidorenko G.I. Otsenki resursov vozobnovlyayemykh istochnikov energii v Rossii: uchebno-spravochnoye posobiye. SPb. : Izd-vo Politekhn. un-ta, 2008. 251 s.
- [17]. Vasilyev Yu. S., Yelistratov V. V. Vozobnovlyayemaya elektroenergetika i energeticheskaya bezopasnost // Akademiya energetiki. 2007. №2(16). S. 14-19.
- [18]. Vasilyev Yu.S. Vozobnovlyayemye istochniki energii i gidroakkumulirovaniye: uchebnoye posobiye / Yu. S. Vasilyev [i dr.]. SPb. : SPbGTU, 1995. 102 s.
- [19]. Vasilyev Yu.S., Khrisanov N.I. Ekologiya ispolzovaniya vozobnovlyayushchikhsya energoistochnikov. L., 1991. 342 s.
- [20]. Vershinskiy N.V. Energiya okeana. M. : Nauka, 1986. 152 s.
- [21]. Vissarionov V.I. Ispolzovaniye volnovoy energii: uchebnoye posobiye / V.I. Vissarionov, V.V. Volshanik, L.A.Zolotov i dr.; Pod red. V.I. Vissarionova. M. : Iz-vo MEI, 2002. 142 s.
- [22]. Vissarionov V.I., Burmistrov A.A., Vissarionov V.I., Deryugina G.V. i dr. Metody rascheta resursov vozobnovlyayemykh istochnikov energii: uchebnoye posobiye / pod red. V.I. Vissarionova. M. : Izdatelskiy dom MEI, 2007. 144 s.
- [23]. Vissarionov V.I., Zolotov L.A. Ekologicheskiye aspekty vozobnovlyayemykh istochnikov energii: uchebnoye posobiye. M. : Izd-vo MEI, 1996. 156 s.
- [24]. Voda K.R. Yaponno-kitayskoye energeticheskoye i ekologicheskoye sotrudnichestvo // Energetika i innovatsii na perekrestkakh mirovoy politiki. Sbornik statey po itogam kruglogo stola «Energetika i innovatsii: chto ozhidayet mir v blizhayshiyey desyatiletiiya?», IMEMO RAN, iyun 2014 g. Mirovoye razvitiye. Vypusk 13 // Otv. red. N.V. Toganova, K.R. Voda, Ye.A. Sidorova. M.: IMEMO RAN, 2014. S. 59-68.
- [25]. Gaytova T.B. Razvitiye teorii i praktiki elektrotehnicheskikh kompleksov dlya netraditsionnoy energetiki: dis. ... d-ra tekhn. nauk: Spets. 05.09.03. M., 2005. 309 s.
- [26]. Gorodov R.V., Gubin V.Ye., Matveyev A.S. Netraditsionnyye i vozobnovlyayemye istochniki energii: uchebnoye posobiye. Tomsk : Izd-vo TPU, 2009. 294 s.
- [27]. Dorosh I. Desyatka samykh krupnykh obyektov vozobnovlyayemoy energetiki // Energosovet. 2011. № 5 (18). S. 58-61
- [28]. Dyakov A.F., Morozkina M.V. Problemy ispolzovaniya energii voln. M. : Energoatomizdat, 1993. 176 s.

- [29]. Yegorova M.S. Povysheniye energoeffektivnosti kak klyuchevoye napravleniye sokhraneniya prirodnogo kapitala Rossii // Fundamentalnyye issledovaniya. 2014. №9. S.17-29
- [30]. Yeliseyev A.V., Velkin V.I., Shcheklein S.Ye. Razrabotka issledovatel'skogo volnovogo buya dlya monitoringa akvatorii mira // Sb. trudov Vserossiyskoy NPK «Razvitiye Arktiki i pripolyarnykh regionov». Yekaterinburg : UrFU, 2014. S. 214-216.
- [31]. Yeliseyev A.V., Velkin V.I., Shcheklein S.Ye. Razrabotka otechestvennoy poplavkovo-volnovoy gidroelektrostantsii // Sb. trudov Vserossiyskoy NPK «Razvitiye Arktiki i pripolyarnykh regionov». Yekaterinburg : UrFU, 2014. S. 211-213.
- [32]. Yelistratov V. V. Vozobnovlyayemaya energetika. SPb. : Izd-vo SPbGPU, 2011. 239 s.
- [33]. Yelistratov V.V. Monitoring razvitiya vozobnovlyayemoy energetiki v mire i Rossii // Akademiya energetiki. 2008. №2 (22). S. 32-44.
- [34]. Yelistratov V.V., Akentyeva Ye.M., Borisenko M. M. [i dr.] Klimaticheskiye faktory vozobnovlyayemykh istochnikov energii. SPb. : Nauka, 2010. 235 s.
- [35]. Yelistratov V.V., Aronova Ye.S. Modelirovaniye raboty i optimizatsiya parametrov sistem avtonomnogo elektrosnabzheniya na osnove VIE // Izvestiya Akademii nauk. Energetika. 2011. № 1. S.119-127.
- [36]. Yelistratov V.V., Sidorenko G.I. Ekonomika ustanovok netraditsionnykh i vozobnovlyayemykh istochnikov energii. Tekhniko-ekonomicheskiy analiz. Uchebnoye posobiye. SPb. : Izd-vo SPbGPU, 2009. 248s.
- [37]. Zharkov S. V. Energiya morskikh voln i VLES // Energiya: Ekonomika, Tekhnika, Ekologiya. 2008. №4. S. 11-18.
- [38]. Zairov Kh. I. Kudryasheva I. G. Teoreticheskiye osnovy netraditsionnoy i vozobnovlyayemoy energetiki: vodnoenergeticheskiye raschety: uchebnoye posobiye. SPb. : Izd-vo SPbGPU, 2004. 60 s.
- [39]. Istorik B. L., Usachev I. N., Shpolyanskiy Yu. B. Malaya netraditsionnaya morskaya, rechnaya i geotermalnaya energetika // Malaya energetika. 2004. №1. S. 54-58.
- [40]. Ishchenko Yu. A. Podzemnyy zakhvat energii vzaimodeystviya glubin i voln mirovogo okeana // Energiya. 2003. №3. S. 28-36.
- [41]. Konishchev M. A. Metodika obosnovaniya parametrov i rezhimov raboty energokompleksov GES-VES: diss. na soisk. uch. step. k.t.n.: Spets. 05.14.08. SPb., 2010. 140 s.
- [42]. Korobkov V.A. Preobrazovaniye energii okeana. L. : «Sudostroyeniye», 1986. 279 s.
- [43]. Labeys V.G. Netraditsionnyye i vozobnovlyayemye istochniki energii. SPb. : SZTU, 2003. 80 s.
- [44]. Lipatov Yu. Dolya VIE v energeticheskom balanse strany vyrastet vchetvero // Mirovaya energetika. 2009. №1.
- [45]. Lisov O.M. Energetika, ekologiya i alternativnyye istochniki energii // Ekologiya promyshlennogo proizvodstva. 2006. №1. S. 47-55.
- [46]. Nefedova L.V. Resursy, sostoyaniye i problemy ispolzovaniya vozobnovlyayemykh istochnikov energii Respubliki Krym // Malaya energetika. 2014. №1/2. S. 92-97.
- [47]. Osnovnyye napravleniya gosudarstvennoy politiki v sfere povysheniya energeticheskoy effektivnosti elektroenergetiki na osnove ispolzovaniya vozobnovlyayemykh istochnikov energii na period do 2020 goda: rasporyazheniye Pravitelstva RF ot 8 yanvarya 2009 goda №1-p.
- [48]. Petrov V.M. Alternativnaya energetika XXI veka. [Elektronnyy resurs]. EnginRussia.ru URL: http://www.enginrussia.ru/blog/kolonka/alalternativnaya_energetika_XXI_veka/ (data obrashcheniya 12.09.2015)
- [49]. Popel O.S. Vozobnovlyayemye istochniki energii v regionakh Rossiyskoy Federatsii: problemy i perspektivy // Energosovet. 2011. № 5 (18). S. 22-27.
- [50]. Popel O.S., Fortov V.Ye. Vozobnovlyayemye istochniki v mire i v Rossii // Plenar. dok. VI Shkoly molodykh uchenykh im. E.E. Shpilrayna: Aktualnyye problemy osvoyeniya vozobnovlyayemykh energoresurov. Makhachkala, 2013. S. 4-15.
- [51]. Reznikova L. N., Sichkarev V.I. Otsenka potoka volnovoy energii basseyna Tikhogo okeana // Ispolzovaniye energii prilivnykh i vetrovykh voln v okeane. Vladivostok : DVNTs AN SSSR, 1984. S. 25-32.
- [52]. Reznikova L. N., Sichkarev V.I., Kukushkin I.V. Otsenka energeticheskikh zapasov volneniya Mirovogo okeana // Tezisy dokladov IV Vsesoyuznoy konferentsii «Problemy nauchnykh issledovaniy v oblasti izucheniya i osvoyeniya Mirovogo okeana»: Gidrofizicheskiye polya okeana i metody ikh issledovaniya. Ch. 2. Vladivostok : MVSSO, DVNTs-AN SSSR, 1983. S.3-5.
- [53]. Repin K. K. Volnovyye GES (WHPP) – obzor mirovogo opyta ispolzovaniya. // Internet-zhurnal "Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy". 2013. №7(12). S. 38-48.
- [54]. Resursy i effektivnost ispolzovaniya vozobnovlyayemykh istochnikov energii v Rossii / Kollektiv avtorov. SPb. : Nauka, 2002. 314 s.
- [55]. Semenov V.G. Energetika Kryma. Chto stroit? // Energosovet. 2014. № 4 (35). S. 21-30.
- [56]. Semenov I.V., Usachev I.N., Bashkin N.V. Perspektiva ispolzovaniya naplavnogo sposoba stroitelstva morskikh i rechnykh sooruzheniy // Malaya energetika. 2011. №4. S.
- [57]. Sidorova Ye.A. Innovatsionnaya sostavlyayushchaya strategii «Yevropa 2020»: energeticheskiy aspekt. Energetika i innovatsii na perekrestkakh mirovoy politiki. Sbornik statey po itogam kruglogo stola «Energetika i innovatsii: chto ozhidayet mir v blizhayshiy desyatileniya?», IMEMO RAN, iyun 2014 g. Mirovoye razvitiye. Vypusk 13. Otv. red.: N.V. Toganova, K.R. Voda, Ye.A. Sidorova. M.: IMEMO RAN, 2014. S. 85-94.

- [58]. Sichkarev V. I., Akulichev V. A. Volnovyye energeticheskiye stantsii v okeane. L. : Nauka, 1989. 134 s.
- [59]. Sichkarev V.I., Shpak A.C. Analiz i klassifikatsiya tekhnicheskikh sredstv preobrazovaniya volnovoy energii // Ispolzovaniye energii prilivnykh i vetrovykh voln v okeane. – Vladivostok : DVNTs AN SSSR, 1984. S. 33-40.
- [60]. Snigirev A. Energetika budushchego. SPb : Bellona, 2008. 36 s.
- [61]. Sobolev V.Yu., Gorodnichen R.M. Volnovyye elektricheskiye stantsii // Malaya energetika. 2014. №1/2. S. 20-31.
- [62]. Solovyev A.A. Innovatsii v vobnovlyayemoy energetike // Vestnik RAEN. 2009. T.9. №1. S. 23-29.
- [63]. Strategicheskiy povorot na vobnovlyayemye istochniki energii: strategiya razvitiya PAO «RusGidro» [Elektronnyy resurs]. URL: http://www.up-pro.ru/library/innovations/power_engineering/strateg-povorot.html (data obrashcheniya 12.09.2015)
- [64]. SShA dolzhny stat mirovym liderom v proizvodstve ekologicheskoy chistoy energii – B. Obama // Informatsionno-analiticheskiy portal «Neft Rossii». 27.01.2011. [Elektronnyy resurs]. URL: <http://www.oilru.com/news/229877> (data obrashcheniya 12.09.2015)
- [65]. Tarasov A.V. Obosnovaniye parametrov protochnoy chasti gidroagregatov malykh nizkonapornykh gidroelektrostantsiy. Diss. na soisk. uch. step. k.t.n.: Spets. 05.04.13. SPb, 2010. 113 s.
- [66]. Tarasov A.B., Topazh. G.I. Obosnovaniye optimalnykh parametrov gidroagregatov malykh GES // Gidrotekhnicheskoye stroitelstvo. 2010. №1. S. 27-30.
- [67]. Tarasov A. P. Stimulirovaniye osvoyeniya netraditsionnykh vobnovlyayemykh istochnikov energii: mirovyye tendentsii i Rossiya. // Ekonomicheskoye nauki. 2009. №5. S. 176-178.
- [68]. Yest li budushcheye u volnovykh elektrostantsiy? [Elektronnyy resurs] URL: <http://greenologia.ru/eko-zhizn/tekhnologii/volnovye-elektrostantsij.html> (data obrashcheniya 12.09.2015)
- [69]. Teske S., Chuprov V. Energeticheskaya revolyutsiya: perspektivy formirovaniya sistemy energeticheskoy bezopasnosti Rossii // Izdaniye Greenpeace i EREC. 2009. №3.
- [70]. Toganova N.V. Razvitiye zelenoy energetiki v FRG (2011–2013) // Energeticheskaya bezopasnost: natsionalnyye, regionalnyye i mezhdunarodnyye aspekty. Mirovoye razvitiye. Vp.11 / Otv. red. Yu.D. Kvashnin, K.R. Voda. M. : IMEMO RAN, 2013. S. 63-78;
- [71]. Uvarova T.E. Veroyatnostnaya otsenka istirayushchego vozdeystviya dreyfuyushchego ledyanogo pokrova na morskoye gidrotekhnicheskoye sooruzheniya: diss. na soisk. uch. step. d.t.n.: Spets. 05.23.07. M., 2012. 153 s.
- [72]. Fedorov D. V. Lizing – novoye ekonomicheskoye napravleniye razvitiya maloy i netraditsionnoy energetiki: diss. na soisk. uch. step. k.t.n.: Spets. 08.00.05, 05.14.04. M., 2003. 158 s.
- [73]. Chizhiumov S.D., Kamenskikh I.V., Trubetskaya O.V. Vozmozhnost ispolzovaniya energii morskikh voln na dalnevostochnom poberezhye // Izbrannyye doklady Tret'ey Sakhalinskoy regionalnoy morskoy nauchno-tekhnicheskoy konf. «Morekhodstvo i morskoye nauki – 2011». Yuzhno-Sakhalinsk : SakhGU, 2011. S. 132-141.
- [74]. Shilova L. A., Solovyev D. A. Analiz effektivnosti razvitiya i modernizatsii v vobnovlyayemoy energetike // Stroitelstvo – formirovaniye sredey zhiznedeyatelnosti: sbornik trudov XVII Mezhdunarodnoy mezhvuzovskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, magistrantov, aspirantov i molodykh uchenykh. 23–25 aprelya 2014. M. : MGSU, 2014. S. 479-483.
- [75]. Shuyskiy V. P., Alabyan S. S., Morozenkova O. V. Vobnovlyayemye istochniki energii v pervoy polovine XXI veka // Rossiya i sovremennyy mir. 2012. № 1. S. 118-132.
- [76]. Ekologicheskoye problemy energeticheskogo obespecheniya chelovechestva / Vvedeniye v ekologiyu / V.A. Gordiyenko, K.V. Pokazeyev, M.V. Starkova. SPb. : Lan, 2009. 592 s.
- [77]. Energetika i innovatsii na perekrestkakh mirovoy politiki. Sbornik statey po itogam kruglogo stola «Energetika i innovatsii: chto ozhidayet mir v blizhayshiy desyatileniya?», IMEMO RAN, iyun 2014 g. Mirovoye razvitiye. Vp. 13. / Otv. red. N.V. Toganova, K.R. Voda, Ye.A. Sidorova. M.: IMEMO RAN, 2014. 119 s.
- [78]. Energetika Kryma segodnya. Obzor // Energosovet. 2014. № 2(33). S. 52-55.
- [79]. Energeticheskaya strategiya Rossii na period do 2030 goda. Rasporyazheniye Pravitelstva RF №1715-p. ot 13.11.2009.
- [80]. Al Rahman A., Khan K.A. The Present Situation of the Wave Energy in Some Different Countries of the World. COPYRIGHT, 2011. Pp. 89-95;
- [81]. Alok Jha. Making Waves: UK firm harnesses power of the sea...in Portugal. The Guardian, 2008. Pp. 32-36.
- [82]. Blackledge, J., Coyle, E., Kearney, D., McGuirk, R., Norton, B. Estimation of Wave Energy from Wind Velocity. Accepted for publication in IAENG Engineering Letters, 2013. Pp. 1-13;
- [83]. Blunden L.S., Batten W.M.J., Harrison M.E., Bahaj A.S. Comparison of boundary-layer and field models for simulation of flow through multiple-row tidal fences. Proceedings of the 8th European Wave and Tidal Energy Conference, Uppsala, Sweden, 2009.
- [84]. Elistratov V. V. Electrical Energy Sector Overview. Wind Energy International 2011/2012/ WWEA 2011/ Bonn. Pp. 457.
- [85]. Europe 2020: A European strategy for smart, sustainable and inclusive growth. Brussels, 2010. [Elektronnyy resurs]. URL: http://ec.europa.eu/europe2020/index_en.htm (data obrashcheniya 12.09.2015)
- [86]. Falnes J. Ocean Waves and Oscillating Systems. Cambridge University Press, 2002. 288 p.

- [87]. Giles J., Godfrey I., Bryden I., Myers L., O’Nians J., Bahaj A. Griffiths J. An innovative tidal fence development for the Severn Estuary, UK. - 3rd International Conference on Ocean Energy, 06.10.2010. Bilbao, Pp.
- [88]. Intelligent energy – Europe II Performance Report, 2007–2012. Brussels, April 2013. [Elektronnyy resurs]. URL: <http://ec.europa.eu/energy/intelligent/files/library/reports/iee-2-performance-report-2007-2012.pdf> (data obrashcheniya 12.09.2015)
- [89]. Kydd P., Brinckerhoff P. Harnessing the Power of the Tides // Renewable Energy World Magazine. 2014. No. 5. Pp. 1-7
- [90]. Lewis A., Estefen S. Ocean Energy. From Special Report on Renewable Energy and Climate Change Mitigation. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2011. Pp. 497-534
- [91]. McCormick M.E. Ocean Wave Energy Conversion. Dover Publications//Science, 2007. 233 p.
- [92]. Ocean Energy Technology: Overview Prepared for the U.S. Department of Energy Office of Energy Efficiency and Renewable Energy // Federal Energy Management Program. 2009. July. 32 p.
- [93]. 93. Renewables 2012. Global Status Report REN21, 2012. [Elektronnyy resurs]. URL: www.ren21.net (data obrashcheniya 12.09.2015)
- [94]. Renewables 2013. Global status report. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. [Elektronnyy resurs]. URL: www.ren21.net. (data obrashcheniya 12.09.2015)
- [95]. Renewables 2014. Global Status Report REN21, 2014. [Elektronnyy resurs]. URL: www.ren21.net (data obrashcheniya 12.09.2015)
- [96]. Sorensen H. Chr., Naef S. Report on technical specification of reference technologies (wave and tidal power plant): New Energy Externalities Developments for Sustainability/ Sixth Framework Programme. 28.11.2008. 59 p.
- [97]. Stefanovich M.A., Fernández Chozas J. Toward Best Practices for Public Acceptability in Wave Energy: Issues Developers Need to Address. - 3rd International Conference on Ocean Energy, 06.10.2010, Bilbao, 2010. Pp. 1-9;
- [98]. Twidell J., Weir A.D., Weir T. Renewable Energy Resources. Taylor and Francis. 2006. 601 p.
- [99]. Wave & Tidal Power Research Review 2014. [Elektronnyy resurs]. URL: <http://renews.biz/wp-content/assets/WTP-Research-Review-Winter-2014.pdf> (data obrashcheniya 12.09.2015)
- [100]. Xia D., Ma Ch., Xia Q. New Wave Energy Devices Developed in China: China Funds Development of Marine Renewable Energy Technologies // Sea Technology Magazine. 2014, No. 5. [Elektronnyy resurs]. URL: <http://sea-technology.com/features/2014/0514/7.php> (data obrashcheniya 12.09.2015)

Гущ Ю.В. Волновая энергетика – перспективный сектор возобновляемых источников энергии // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. №2 (41). С. 30-44.

Gushch Yu.V. Wave energy – a promising renewable energy sector. Construction of Unique Buildings and Structures, 2016, 2 (41), Pp. 30-44. (rus)