

Инновационные технологии и альтернативная энергетика плавучих электростанций

© В.Г. Родионова

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Рассмотрены первые варианты плавучих электростанций солнечной и ветровой генерации электроэнергии, применяемые в ряде зарубежных стран. Использование таких электростанций постепенно замещает традиционную капиталоемкую материковую инфраструктуру в сфере электроэнергетики в ряде стран. Проанализированы достоинства и недостатки альтернативных видов генерации электроэнергии.

Ключевые слова: *плавучая электростанция, водное пространство, экстенсивное освоение, плавучая платформа, альтернативные ресурсы, замещение углеродной генерации, ресурсные издержки, ресурсные ограничения, ископаемые топливные энергоносители, непредвиденные последствия, солнечная генерация, ветровая генерация, генерирующий потенциал, эффект Магнуса, гибкие солнечные батареи-аккумуляторы, секрет плавучести платформы, энергетическая мощность, турбина, ротор, водоизмещение платформы, уровень ватерлинии, диаметр погруженного тела, рабочие глубины*

Плавучая электростанция — это инновационный вид электростанции, размещаемой в акватории морей или во внутренних водных пространствах материковых территорий. В зарубежных странах разработки плавучих электростанций рассчитаны преимущественно на ВИЭ-генерацию энергии, т. е. на использование регионально доступных ресурсов окружающей среды (солнца, ветра и др.).

Экстенсивное освоение водного пространства инновационной электроэнергетикой [1] подтверждается закономерным развитием устойчивой общемировой тенденции продолжающегося экстенсивного, т. е. расширяющегося, исследования человечеством водного пространства с помощью наукоемких технико-технологических инноваций.

Первые современные варианты плавучих электростанций являются результатом наукоемкой деятельности, воплощенной в технико-технологических инновациях. Использование человечеством уникального природного ресурса — водного пространства Земли — происходит из-за продолжающегося увеличения масштабов хозяйственного освоения относительно ограниченных пространств материков и их прибрежных территорий. Известно, что соотношение материковых и водных пространств планеты неравномерно: водные пространства составляют около 70 % (3/4) общей площади поверхности Земли.

Во все времена это обстоятельство было стимулом к изобретению способов освоения сопряженных, прибрежных территорий, а также использования для этих целей водных пространств как источника для ведения промыслово-промышленной деятельности. При этом размещение энергетических систем с их массивной инфраструктурой и высокой капиталоемкостью формировалось на материковых и прибрежных территориях. По линиям электропередач (ЛЭП) генерируемая гидроэнергетика поступала к потребителю за счет плотин, преимущественно расположенных на пресноводных территориях.

Тенденция развития малых форм локально генерируемой энергетики для наращивания механических мощностей выражалась в их постепенной трансформации в специализированные технико-технологические отрасли энергетического машиностроения. Углублялась дифференциация специализированной энергетической промышленности для отраслей высокотехнологичного судоходства. Индустрия энергетического машиностроения для материковых электростанций обособилась, сформировалась технико-технологическая база отраслей капиталоемкой электроэнергетики относительно других используемых ресурсов для генерации энергии и тепла (гидроресурсов, углеводородного и ядерного топлива).

Синергия развивающихся форм современных видов деятельности, их логистика и технологии (в том числе в сфере электроэнергетики, генерации энергии и тепла) в условиях инфраструктуры материковых и прибрежных территорий до настоящего времени не перемещались в акватории Мирового океана.

Особенностью такого перемещения является своеобразная синергия развивающихся форм современных видов деятельности, в том числе судоходства. Соответственно совершенствовались формы инфраструктурного строительства в материковых, прибрежных и водных акваториях, способствуя развитию инженерного дела по созданию малых и крупных плавучих объектов и платформ. Кроме того, современные высокоразвитые виды судоходства и создание новых сфер хозяйственной деятельности сопряжены с совершенствованием техники и технологий энергоснабжения. Они обеспечиваются с помощью развивающейся индустрии энергетического машиностроения, ускорившей экстенсивное освоение как материковых ресурсов, так и ресурсов непосредственно в водных пространствах.

Экстенсивное перемещение производительных сил и индустрии современной электроэнергетики заключается в снабжении крупными и локальными электростанциями различных отраслей морской промысловой деятельности, а также инфраструктуры плавучих платформ. В настоящее время такие объекты чаще всего упоминаются в связи с размещением в морских акваториях нефтяной и газодобыва-

ющей промышленности, совмещенной с электростанциями распределенной энергетики на углеводородных энергоносителях.

Береговая инфраструктура и плавучие платформы в водных пространствах все более разнообразны и совершенны в технико-технологическом плане. Прибрежные морские стартовые комплексы, а также их плавучие платформы по запуску ракетносителей обслуживаются электроэнергетическими станциями с соответствующей развитой инфраструктурой. На стартовых комплексах осуществляются проекты и коммерческие программы РКК «Энергия», Конструкторского бюро транспортного машиностроения и КБ «Южное» им. М.К. Янгеля совместно с американскими компаниями See Launch и Lockheed Martin Corporation [2].

Благодаря выработке электроэнергии на плавучих станциях происходит закономерное развитие тенденции перемещения современных высокотехнологичных и энергоемких видов деятельности в водные пространствах и на прибрежные территории.

Плавучие станции альтернативной генерации энергии и их технико-технологические особенности различаются в зависимости от географических и климатических условий применения, а также по видам используемых энергоносителей: либо традиционных топливных, либо альтернативных ресурсов окружающей среды.

Во всех странах инфраструктура традиционных материковых электростанций обновляется медленно, так как она является капиталоемкой и дорогостоящей, обладает относительно замедленным моральным старением. Возмещение исходных финансовых затрат электростанций по сравнению с другими индустриальными сферами менее зависимо от физического износа и морального старения строений и оборудования. По причине высоких финансовых и материальных издержек в электроэнергетике недостаточны также темпы экстенсивного роста сетей обеспечения энергетических потребностей регионов, отдаленных от промышленных центров и крупных населенных пунктов.

Высокие общие издержки и ресурсные ограничения, скачки рыночных цен на большинство видов традиционных энергоносителей, нежелательные экологические эффекты по углеводородным видам топлива также усугубляют проблемы с обновлением структуры и форм в сфере электроэнергетики всех стран.

Подобные проблемы свойственны и российским отдаленным регионам, где около 2/3 территорий не полностью охвачены современными системами энергоснабжения.

На московском саммите Global Energy Prize в 2016 г. было отмечено, что недостаток энергетического обеспечения испытывают более половины планетарного населения [3]. В текущий момент это составляет около 4 млрд человек. По предварительному прогнозу на

период до 2050 г., общий энергетический спрос возрастет примерно на 50 %, а непосредственно на электроэнергию — почти на 100 %.

Помимо восполнения общепланетарного энергетического дефицита, возрастают экологические запросы, связанные с необходимостью замещения форм углеродной генерации менее токсичными альтернативными энергоносителями или ресурсами окружающей среды (солнца, ветра и др.). Во многих странах наиболее предпочтительной считается ВИЭ-генерация, т. е. использование возобновляемых источников энергии на потенциале ресурсов окружающей среды. ВИЭ-генерация органично вписывается в проблемы отдаленных регионов с дефицитом энергообеспечения. Во-первых, конкретика регионов более очевидна по реальному потенциалу естественных природно-климатических особенностей для ВИЭ-генерации. Во-вторых, плавучие электростанции впервые начинают применяться на внутриматериковых водных пространствах или в прибрежных морских акваториях.

Существующий преимущественно зарубежный опыт замещения топливных ресурсов ВИЭ-генерацией на основе ресурсов окружающей среды подтверждается соответствующими статистическими данными, а также оцениваемыми эффектами гуманитарной и социально-экономической результативности их применения [4].

Так, к началу 2016 г. объем выработки общемировой ВИЭ-генерации был на уровне 1848,5 ГВт; распределение выработки (в ГВт) по видам электростанций следующее: гидростанции — 1064; ветровые — 433; солнечные — 231; биотопливные — 106; геотермальные — 13,2; приливные — 0,5.

Потенциал мощности и развитие электростанций ВИЭ-генерации обеспечивается, прежде всего, с помощью инвестиций, объемы которых активно увеличиваются. Так, к началу 2005 г. они составляли 72,8 млрд долл. США, в 2010 г. — 239 млрд долл. США, в 2015 г. — 285 млрд долл. США [5].

В населенных пунктах зарубежных стран, территориально сопряженных с водными пространствами, в основном применяют экологически чистую ВИЭ-генерацию. С помощью ресурсов окружающей среды обеспечивается главный социально-экономический и гуманитарный эффект: вытеснение углеводородов, воздействующих на климат и жизнедеятельность людей.

Дополнительным, но не менее существенным фактором, влияющим на предпочтение ВИЭ-генерации, служит соотношение растущих цен на ископаемые топливные ресурсы, а также опасения, вызванные авариями прошлых лет на АЭС Три-Майл-Айленд (США), ЧАЭС (СССР) и недавней — на Фукусиме (Япония).

Замещение ископаемых топливных энергоносителей общедоступными альтернативными ресурсами окружающей среды при по-

степенно снижающейся себестоимости генерации энергии позволяет сравнительно быстро возместить высокие затраты на инфраструктуру и оборудование электростанций ВИЭ-генерации.

В дискуссиях по поводу альтернативной, в частности, солнечной генерации отмечается также существование некоторых внешних ограничений и потенциально возможных непредвиденных последствий. Они связаны не с дефицитом или непостоянством альтернативного ресурса, например, годового количества солнечных дней, а с опасностью чрезмерного использования избыточного постоянства солнечного света и тепла.

В частности, имеется мнение, что если попытаться застроить пустыню Сахара солнечными батареями, то можно спровоцировать климатическую катастрофу. Профессор В.Г. Асмолов («Росэнергоатом») отмечает, что «просто так забрать с какой-то территории огромное количество энергии солнца без последствий для окружающей среды не получится» [6].

Существующая практика подтверждает, что плавучие электростанции ВИЭ-генерации особо востребованы для локального размещения. Их возводят на водных поверхностях либо крупных территориальных озер, либо прибрежных морских акваторий.

Альтернативные плавучие электростанции способны компенсировать дефицит энергоснабжения населенных пунктов в отдаленных и сравнительно малонаселенных регионах. Это подтверждается первыми вариантами разработок и практического использования плавучих электростанций солнечной и ветровой генерации внутри территориальных и/или прибрежных водных пространств регионов с соответствующими природно-климатическими условиями [7].

Первые разработки солнечных плавучих электростанций используются, например, в Японии для энергоснабжения близко расположенных населенных пунктов. На солнечных электростанциях с различной мощностью внедряется оборудование, произведенное в КНР. Для их размещения оказались пригодными водные пространства внутренних территориальных озер, а также мелководные заливы прибрежных морских территорий.

Экономические параметры первых японских солнечных электростанций, например, финансовые расходы на реализацию проектов, оцениваются в объеме инвестиций около 3 млрд иен. Это эквивалентно примерно 24,6–25 млн долл. США (по курсу конца 2016 г. — начала 2017 г.). Такой объем инвестиций для частной компании Smart Energy (Япония) оптимальный, приемлемый для ввода в эксплуатацию плавучей солнечной электростанции площадью около 130 тыс. м². Она размещена на поверхности озера в префектуре Сайтама, к северу от Токио. Эта станция является не только первой в мире, но и круп-

нейшей плавучей электростанцией благодаря большому размеру солнечных панелей. Для ее создания использовано свыше 27,4 тыс. таких панелей китайского производства. Мощность этой станции — 7,5 мВт. Согласно проекту, электростанция должна вырабатывать до 8,3 млн кВт за один год, что может обеспечить потребности 2,3 тыс. жилых домов [7].

В японском городе Като, на поверхности озер Хигашихира и Нишихира также размещены две крупные плавучие солнечные электростанции: их мощность свыше 11 тыс. 255-ваттных модулей. Они расположены на плотных полимерных платформах, способных выдерживать силу тайфуна в районе морского побережья. Суммарная годовая мощность такой электростанции равна 3300 МВт электроэнергии для обеспечения примерно 1000 жилых домов.

Экологический эффект солнечных электростанций заключается в следующих позитивных тенденциях:

- снижение выбросов и антропогенного влияния на климат, свойственных углеродной генерации;
- уменьшение испарения воды из озер за счет эффекта создаваемой тени от крупноразмерных солнечных панелей;
- снижение роста водорослей в озере за счет теневого эффекта, создаваемого масштабными панелями электростанции, что сокращает процессы заболачивания и снижает общее загрязнение водного пространства.

Масштабность японских солнечных электростанций впечатляющая: по примерной визуальной оценке, данная станция занимает не менее 30 % поверхности озера (рис. 1).



Рис. 1. Изображение одной из плавучих солнечных электростанций в Японии на водном пространстве территориального озера

Kyocera TCL Solar — японская дочерняя компания Kyocera Corp. начала строительство еще одной плавучей солнечной электростанции на водохранилище Yamakura Dam. Данная станция будет ежегодно вырабатывать свыше 15 тыс. МВт электроэнергии. Запуск намечен на конец марта 2018 г.

Стимулируют внедрение электроэнергетических инноваций солнечной генерации местные структуры власти. Альтернативная электроэнергетика достаточно аргументирована и обоснована целями ограничения использования экологически опасных энергоносителей.

К числу первых отечественных инновационных разработок, значимых для рассматриваемого вида альтернативной генерации, относится анонсированное усовершенствование гибких солнечных батарей-аккумуляторов. Они не только занимают меньшую площадь, но примерно в 3 раза дешевле аналога из кремния. При этом такие генераторы пригодны к возведению на твердых локальных пространствах, могут быть развернуты по типу рулона на любой, в том числе изогнутой поверхности. Каждый элемент-«сэндвич» гибкой солнечной батареи толщиной 500 нм состоит из восьми слоев:

- 1) поверхности солнечного элемента;
- 2) подложки;
- 3) композитного слоя для передачи электронов;
- 4) слоя полупроводникового полимера для передачи положительных зарядов;
- 5) нанотрубки;
- 6) еще одного слоя полупроводникового полимера для передачи положительных зарядов;
- 7) слоя особого, сравнительно дешевого, материала — перовскита;
- 8) металла.

КПД такого элемента-«сэндвича» достигает 21,3 %, т. е. поглощается весь спектр видимого солнечного света, что превышает в 6–7 раз предел его поглощения дорогостоящими кремниевыми батареями [8].

Плавучие ветровые установки (ПВУ) — это усовершенствованные инновационные разработки для использования другого общедоступного и бесплатного ресурса окружающей среды в условиях существования ветров, постоянное преобладание которых свойственно морским акваториям.

На материках ветряки — достаточно распространенный объект, который издавна использовался в виде той или иной формы наземного ветрового генератора. Его устанавливают на территориальных возвышенностях для генерации энергетических мощностей. Однако современные инновационные виды ветровой генерации более разнообразны.

Плавучие ветровые генераторы — сравнительно новая форма альтернативной электроэнергетики, размещаемой в водных про-

странствах морской акватории. Такие электростанции считались почти фантастикой, хотя первая промышленная турбина ПВУ была установлена и апробирована еще в 2007 г. В ближайшее время реализация ПВУ будет осуществлена во многих странах, где возможна их дислокация на глубине от 100 м и больше.

ПВУ генераторов закрепляют на шельфах¹, или в морских побережьях на расстоянии 15...60 км от берега.

Шельфовые ветровые электростанции устанавливаются на относительно небольшой глубине. Генераторы электростанции крепятся к мачтам-опорам, достигающим в высоту 50 м. Конструкция такой электростанции устанавливается на специальную платформу, которая крепится к морскому дну с помощью свай, заглубленных на 30 м для гарантии приемлемой устойчивости всей конструкции. Элементы шельфовой ветровой электростанции, как и в вариантах солнечной генерации, объединяются в единую сеть электрическими кабелями, проложенными по дну водного пространства с выводом на берег к накопительно-распределительной электростанции, направляющей энергию потребителям.

Фотографии плавучих электростанций, размещаемых в водных пространствах шельфа, приведены на сайте компаний-разработчиков и электроэнергетических компаний [9], а также на рис. 2.



Рис. 2. Вариант ветровой электростанции морского базирования [9]

¹ Шельф — это морское дно в виде отмели и/или материкового склона подводной окраины рельефа. Шельфом считается окаймляющая материк отмель до склона, т. е. резного изменения рельефа. Глубина внешней границы шельфа может быть от 100...200 до 1200...1500 м.

Шельфовая ветровая электростанция имеет свои плюсы и минусы, комментируемые разработчиками и пользователями этих инноваций в электроэнергетике. Среди преимуществ отмечается, что такие станции не занимают земельные участки, так как находятся в море, где практически постоянно дует ветер.

В данном варианте альтернативной ВИЭ-генерации экологические ограничения усматриваются чаще всего в проблемах, связанных с низкочастотным шумом лопастей ветровых установок [10].

При размещении ПВУ в водных пространствах негативный шумовой эффект компенсируется достоинством их отдаленного размещения, вследствие чего создаваемые станциями ПВУ низкочастотные шумы не достигают населенных пунктов. Другие недостатки, например, изменение эстетики привычного морского пейзажа, также считаются незначительными за счет удаленности станций в море. Такие ПВУ практически не влияют на экологию, за исключением возможности гибели перелетных птиц, попадающих в область вращающихся лопастей станции.

Более существенны недостатки, связанные с экономическими издержками вследствие повреждения элементов станции под воздействием морской воды. Морская среда в целом ускоряет появление коррозии на установке, за счет чего возрастает стоимость защиты всей конструкции, ее обслуживания и ремонта.

Некоторые разновидности ПВУ используются в морских акваториях Великобритании, а самые большие в мире морские ветровые установки, коммерческие проекты которых разрабатываются и предлагаются для внедрения компанией General Electric (США), находятся на западном побережье Ирландии.

Особо заинтересованы в установке ПВУ нефтегазовые компании, например, StatoilHydro (Норвегия), которые поддерживают Siemens и Technip, активно разрабатывающие проект морской платформы с ветровой электростанцией, получившей название Нуwind. Плавающая на поверхности вод, Нуwind сможет вырабатывать 2,3 МВт энергии.

Ожидается широкое распространение плавучих электростанций типа Нуwind, когда проект будет реализован. Сегодня рядом с побережьем Норвегии заканчивается монтаж плавучей платформы, после чего планируется проложить кабели энергосистемы и начать двухлетнюю эксплуатацию Нуwind в тестовом режиме.

Имеются сведения об инновационных технологиях, применение которых способно противодействовать некоторым негативным эффектам ветровых установок. Так, примером новой, экологически более эффективной наработки для ветровой генерации может оказаться замена традиционных лопастей-крыльев ветровой установки вращающимися цилиндрами. Эта инновация основана на известном физи-

кам эффекте Магнуса. Возможности его применения в ветровой генерации позволяют снижать инфразвук и генерировать киловатты даже при слабом ветре [11].

Секрет плавучести платформы — в инновационных способах дислокации в водном пространстве, которые заключаются в сбалансированной конструкции, в поплавке, заполненном балластом и служащим ее основой, и в оснащении плавучей платформы мощными компьютерами, способными так управлять лопастями турбин, что те, сопротивляясь ветру, лишь придают ПВУ (рис. 3) дополнительную устойчивость [12].



Рис. 3. Плавучая ветровая установка Hywind (разработка компаний Siemens и Technip). Момент установки для тестирования [12]

Если плавучая платформа пройдет все необходимые тесты, то она станет источником дешевой и экологически безопасной энергии. Для того чтобы собрать и установить данную конструкцию, плавучую основу платформы в горизонтальном положении сначала помещают на буксир, а затем заполняют ее водой для придания конструкции вертикального положения. Следующий этап — утяжеление поплавка гравием. Это необходимо, чтобы он опустился на 100 м ниже поверхностного уровня воды. После этого надстраивают две секции 65-метровой башни, а на ее вершине устанавливают мощный генератор и лопасти турбины, добавляющие платформе еще 40 м высоты. Затем платформу буксируют на место постоянного нахождения, где закрепляют тремя прочными тросами.

Технико-технологические характеристики Nuwind:

| | |
|---|-----------|
| Мощность, МВт | 2,3 |
| Вес турбины, т | 138 |
| Диаметр ротора, м | 82,4 |
| Водоизмещение платформы, м ³ | 5300 |
| Диаметр на уровне ватерлинии, м..... | 6 |
| Диаметр погруженного тела, м..... | 8,3 |
| Рабочие глубины, м..... | 120...700 |

Инвестиции в данный проект ПВУ, реализация которого длится уже более десяти лет, превысили 70 млн долл. США. Предварительные характеристики плавающей электростанции Nuwind могут уточняться, они доступны для ознакомления на сайте [12].

По данным отечественных авторов, в использовании ветровой генерации имеются преимущества и ограничения, которые определены спецификой природных условий, существенно различающихся в материковых регионах и на их прибрежных территориях, в особенности вблизи северных акваторий Мирового океана.

Для обычных морских регионов целесообразность использования ветровых установок, в том числе ПВУ, оптимальна при средней скорости ветров, превышающей 16 км/ч, или 4,5 м/с.

Средний предел оптимальности силы ветра объясняет тот факт, что в европейском регионе ПВУ используются не далее морских акваторий в прибрежных частях Великобритании и Ирландии. Севернее территорий этих стран ограничивающими факторами являются нарастающая сила и скорость ветров, иная плотность воздушного потока, воздействие морских солей на опоры ПВУ и др.

К числу экономических преимуществ альтернативной ветровой и солнечной генерации относятся все факторы влияния на себестоимость генерируемых мощностей: сравнительно низкая материалоемкость станций; низкая цена обслуживания их оборудования и сравнительно простые функциональные процессы генерации энергии; доступность бесплатных ресурсов окружающей среды; небольшие расстояния передачи накопленной энергии потребителю на близлежащих прибрежных территориях и др.

Имеются также ограничительные факторы для применения плавучих установок солнечной и ветровой генерации электроэнергии. Прежде всего, они определяются спецификой климата в регионах, температурных особенностей морской среды, силы и постоянства альтернативного ресурса (солнца, ветра и др.). В отдаленных материковых регионах и их северных водных пространствах типичными являются такие особенности, как дефицит солнечного потенциала; избыточная сила ветров; длительно сохраняемая ледовая обстановка и многометровые прибрежные торосы, затрудняющие использование альтернативной генерации.

Например, типичными ограничителями для альтернативной генерации энергии являются условия побережья российского Крайнего Севера: солнечный дефицит с преобладанием обледенения водного пространства и избыточность ветров. В длительный зимний период Арктического региона для инфраструктуры ветровых станций сила и скорость ветра южак чрезмерна: ни на материковой части, ни в ледовой обстановке побережья ветровые установки не устоят. Достигая скорости 80 м/с, арктический ветровой поток приобретает зачастую разрушительную силу, неприемлемую для инфраструктурных сооружений, подобных рассмотренным выше установкам генерации энергии. Для таких условий разрабатывается иная альтернатива — плавучая атомная теплоэлектростанция (ПАТЭС) «Академик Ломоносов», которая заслуживает рассмотрения в отдельной статье.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Омельченко И.Н., Александров А.А., Бром А.Е., Белова О.В. Основные направления развития логистики XXI века: ресурсосбережение, энергетика и экология. *Гуманитарный вестник*, 2013, вып. 10. URL: <http://www.hmbul.ru/catalog/ecoled/econom/118.html>
- [2] Россия получит сразу две стартовые площадки для запусков космических аппаратов, обе — в экваториальной части Тихого океана. *Km.ru*. URL: <http://www.km.ru/glavnoe/2006/02/15/kommentarii-dnya/rossiya-poluchit-srazu-dve-startovye-ploshchadki-dlya-zapuskov-k> (дата обращения 03.03.2017).
- [3] Симонов А. Чем ответить на стресс. *Российская газета*, 2016, № 283. URL: <https://rg.ru/2016/12/13/energeticheskij-golod-oshchutili-bolshe-poloviny-zhitelej-zemli.html> (дата обращения 21.12.2016).
- [4] Пармухина Е. Рынок ветроэнергетики. *Электротехнический рынок*, 2009, № 6. URL: <https://market.elec.ru/nomer/29/gynok-vetroenergetiki> (дата обращения 21.12.2016).
- [5] Дзагуто В., Дятел Т., Давыдова А. Граждан выводят на солнечную панель. *Коммерсант*, 2017, № 31. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3224416> (дата обращения 21.02.2017).
- [6] Чумаков В. Реакция безопасности. *Научная Россия*. URL: <https://scientificrussia.ru/articles/reaktsiya-bezopasnosti> (дата обращения 21.02.2017).
- [7] В Японии запустили крупнейшую в мире плавучую солнечную электростанцию. *Vistanews*. URL: <https://vistanews.ru/science/42978> (дата обращения 21.01.2017).
- [8] Медведев Ю. Батареи просят солнца. *Российская газета*, 2016, № 111. URL: <https://rg.ru/2016/05/24/novye-solnechnye-elementy-ustroili-revoliuciiu-v-alternativnoj-energetike.html> (дата обращения 18.03.2017).
- [9] Ветровые электростанции. *SWW-Energy.ru*. URL: <http://sww-energy.ru/vetryaki/18-vetrovye-elektrostancii.html> (дата обращения 02.02.2017).
- [10] Атжанов Р., Штроббах Я. От революции к эволюции. *В мире науки. Спецвыпуск к 70-летию атомной отрасли России*, 2015, с. 31.
- [11] Емельяненко А. Цилиндры вместо крыльев. *Российская газета*, 2016, № 206. URL: <https://rg.ru/2016/09/13/reg-szfo/pod-sankt-peterburgom-nachali-ispytyvat-novuj-tip-vetriaka.html> (дата обращения 15.03.2017).

- [12] Ветровые плавающие электростанции Hywind. *Science Debate*. URL: <http://www.sciencedebate2008.com/floating-power-plants/> (дата обращения 02.02.2017).

Статья поступила в редакцию 15.05.2017

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Родионова В.Г. Инновационные технологии и альтернативная энергетика плавучих электростанций. *Гуманитарный вестник*, 2017, вып. 9. <http://dx.doi.org/10.18698/2306-8477-2017-9-465>

Родионова Валентина Георгиевна окончила экономический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова. Канд. экон. наук, доцент кафедры «Экономика и бизнес» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Лауреат премии Правительства Российской Федерации (2002). Автор 12 научных статей и 38 учебно-методических и научных работ: учебных пособий «Макроэкономика» (2013), «Микро- и макроэкономика» (2015), спецкурса «Управление государственной собственностью» (2001). Соавтор учебника «Экономика», издаваемого с 1990 г. по настоящее время кафедрой «Экономика и бизнес» МГТУ им. Н.Э. Баумана, а также учебника «Микроэкономика», издаваемого с 2004 г. по настоящее время Финансовой академией при Правительстве РФ. Область научных интересов — инновации, информационные технологии, общественная значимость космической сферы деятельности, экономика, промышленность и высокие технологии. e-mail: avrgoro2@mail.ru

Innovative technology and alternative energy of floating power stations

© V.G. Rodionova

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

The article considers the first floating solar and wind power station options used in several other countries. These power stations are gradually replacing traditional capital-intensive land-based energy industry infrastructure in a number of countries. We analyze advantages and disadvantages of alternative electricity generation.

Keywords: *floating power station, body of water, extensive development, floating platform, renewable resources, replacing fossil fuel generation, resource costs, resource restrictions, fossil fuels, unforeseen consequences, solar generation, wind generation, generation potential, Magnus effect, flexible solar storage battery, the secret behind platform buoyancy, generating capacity, turbine, rotor, displacement of the platform, water-line level, submerged body diameter, working depth*

REFERENCES

- [1] Omelchenko I.N., Aleksandrov A.A., Brom A.E., Belova O.V. *Gumanitarnyy vestnik — Humanities Bulletin*, 2013, no. 10. Available at: <http://www.hmbul.ru/catalog/ecoled/econom/118.html>
- [2] Rossiya poluchit srazu dve startovye ploshchadki dlya zapuskov kosmicheskikh apparatov, obe v ekvatorialnoy chasti Tikhogo okeana [Russia is going to get two spacecraft launch pads at once, both located in the equatorial part of the Pacific Ocean]. *Km.ru* Available at: <http://www.km.ru/glavnoe/2006/02/15/kommentarii-dnya/rossiya-poluchit-srazu-dve-startovye-ploshchadki-dlya-zapuskov-k> (accessed March 03, 2017).
- [3] Simonov A. *Rossiyskaya Gazeta — Russian Gazette*, 2016, no. 283. Available at: <https://rg.ru/2016/12/13/energeticheskij-golod-oshchutili-bolshe-poloviny-zhitelej-zemli.html> (accessed December 21, 2016).
- [4] Parmukhina E. *Elektrotekhnicheskij rynek* [Electrical engineering market], 2009, no. 6. Available at: <https://market.elec.ru/nomer/29/rynok-vetroenergetiki> (accessed December 21, 2016).
- [5] Dzaguto V., Dyatel T., Davydova A. *Kommersant — The Businessman*, 2017, no. 31. Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/3224416> (accessed February 21, 2017).
- [6] Chumakov V. Reaktsiya bezopasnosti [Safety reaction]. *Nauchnaya Rossiya* [Scientific Russia]. Available at: <https://scientificrussia.ru/articles/reaktsiya-bezopasnosti> (accessed February 21, 2017).
- [7] V Yaponii zapustili krupneyshuyu v mire plavuchuyu solnechnuyu elektrostantsiyu [Japan launches the world's biggest floating solar power station]. *Energovestnik* [Power news]. Available at: <https://vistanews.ru/science/42978> (accessed January 21, 2017).
- [8] Medvedev Yu. *Rossiyskaya Gazeta — Russian Gazette*, 2016, no. 111. Available at: <https://rg.ru/2016/05/24/novye-solnechnye-elementy-ustroili-revoliuciiu-v-alternativnoj-energetike.html> (accessed March 18, 2017).
- [9] *Vetrovye elektrostantsii* [Wind generators]. Available at: <http://sww-energy.ru/vetryaki/18-vetrovye-elektrostancii.html> (accessed February 02, 2017).

- [10] Atzhanov R., Shtrombakh Ya. Ot revolyutsii k evolyutsii [From a revolution towards evolution]. *V mire nauki. Spetsvyпуск k 70-letiyu atomnoy otrasli Rossii* [In the World of Science, Scientific American Russian edition: special issue dedicated to the 70th anniversary of the Russian nuclear power industry]. 2015, p. 31.
- [11] Emelyanenko A. *Rossiyskaya Gazeta — Russian Gazette*, 2016, no. 206. Available at: <https://rg.ru/2016/09/13/reg-szfo/pod-sankt-peterburgom-nachalispytyvat-novyy-tip-vetriaka.html> (accessed March 15, 2017).
- [12] *Vetrovye plavayushchie elektrostantsii Hywind* [Hywind floating power stations]. Science Debate. Available at: <http://www.sciencedebate2008.com/floating-power-plants/> (accessed February 02, 2017).

Rodionova V.G. graduated from Lomonosov Moscow State University, Department of Economics; Cand. Sc. (Econ.), Assoc. Professor, Department of Economics and Business, Bauman Moscow State Technical University. Laureate of the Prize of the Government of the Russian Federation (2002). Author of 12 scientific publications and 38 educational and methodological works, including the following two manuals: *Macroeconomics* (2013), *Micro- and macroeconomics* (2015), as well as an elective course in *Management of State Property* (2001). Co-author of the *Economics* textbook published since 1990 by the Department of Economics and Business, Bauman Moscow State Technical University, as well as the *Microeconomics* textbook published since 2004 by the Financial Academy under the Government of the Russian Federation. Specializes in innovation, information technology, and public importance of the space industry, economics, industry and high technology. e-mail: avroro2@mail.ru