

01, март 2018

УДК 620.98

Применение различных источников энергии для энергообеспечения автономного жилого модуля

*Вылегжанина Е.С., студентка
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Экология и промышленная безопасность»
gbakylina@ya.ru*

*Научный руководитель: Ткаченко Ю.Л., к.т.н., доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Экология и промышленная безопасность»
tkachenk@mail.ru*

Аннотация: Рассмотрены различные варианты энергообеспечения автономных жилых модулей в зависимости от особенностей территории их размещения и наличия местных энергетических ресурсов. Проведён обзор инновационных технических решений, обеспечивающих мобильность модуля и позволяющих эффективно использовать энергию Солнца, воздуха и воды. Рассмотрены перспективы использования биохимической энергии микроорганизмов. Выбрана конструкция работающей на биогазе мини- электростанции для резервного электроснабжения модуля. Рассчитаны энергетические потребности модуля и определены параметры аккумуляторной установки, необходимой на случай аварии системы энергоснабжения.

Ключевые слова: энергообеспечение (the power supply), альтернативная энергетика (alternative power), микробные топливные элементы, (microbic fuel cells), микротурбинные установки (microturbine setup).

Введение

Главной задачей создания автономного жилого модуля, представляющего собой искусственную экосистему, является его энергообеспечение. Энергия, которая должна поступать в модуль извне (подобно тому, как солнечная энергия излучается в биосферу), необходима для работы фитотрона, поддерживающего фотосинтез растительного питания обитателей модуля, освещения и отопления модуля, работы вспомогательного оборудования.

Для энергообеспечения модулей могут использоваться солнечные батареи, ветрогенераторы, приливные и прочие электростанции, работающие на местных энергоресурсах. Перспективным направлением является использование биохимической энергии. В качестве резервного источника энергоснабжения можно использовать

компактные тепловые мини- электростанции, работающие на биогазе, выделяющемся в процессе биологической очистки сточных вод от органических загрязнений.

В настоящее время разработаны новые типы устройств, позволяющие более эффективно утилизировать энергию Солнца, воздуха и воды. Выбор конкретного вида природного энергоресурса и типа используемого электрогенератора определяется особенностями территории, на которой планируется размещение модуля.

1. Ветровая энергия

В арктических пустынях, где высока скорость ветра, можно использовать ветровой энергоресурс. Одним из принципов создания автономного модуля является его мобильность, то есть возможность демонтажа и быстрой установки на новом месте. Поэтому, строительство стационарных ветрогенераторов, размещаемых на высоких мачтах, нецелесообразно. Необходимо использовать летающие ветрогенераторы.

Первым видом летающего ветрогенератора является аэростат Buoyant Airborne Turbine (BAT), который представляет собой кольцевую оболочку, заполненную гелием, в центре которой установлена турбина и электрический генератор (рис.1).



Рис. 1. Ветрогенератор – аэростат Buoyant Airborne Turbine [1]

Летающая конструкция поднимается на высоту до 300 метров, где ветры дуют сильнее и стабильнее, чем возле поверхности. Высота, на которой находится ветрогенератор BAT, практически в два раза больше высоты мачты любого существующего стационарного ветрогенератора.

Электрический генератор BAT способен выдавать до 30 кВт мощности. Кроме производства электрической энергии конструкция ветрогенератора может нести на себе метеорологическое и коммуникационное оборудование, такое как оборудование мобильной связи или Wi-Fi, которое будет питаться вырабатываемой энергией. При этом наличие или отсутствие дополнительного оборудования никак не затрагивает основную

функцию ветрогенератора. Установка мобильна - такую турбину может увезти обычный грузовик, при наличии дорог, по которым он может проехать.

Другой разновидностью ветрогенераторов является «летающее крыло». Интегрировав в беспилотный летательный аппарат систему роторов, американским конструкторам удалось создать принципиально новый тип ветрогенератора. Летательный аппарат представляет собой монокрыло, на котором расположены 4 ротора (рис. 2).



Рис. 2. Ветрогенератор – «летающее крыло» Wing 7 [2]

Ветрогенератор – «летающее крыло» отличается компактными размерами, хорошей управляемостью и может использоваться в любой точке планеты. Отличительная особенность конструкции заключается в хвостовом оперении нестандартной конструкции, благодаря которому Wing 7 может вертикально взлетать, планировать и выполнять достаточно сложное маневрирование в воздухе. Монокрыло изготовлено из углеродистого волокна, оно имеет 8 метров в длину и весит всего 56 кг.

Wing 7 оснащен четырьмя компактными роторами, которые при подъеме играют роль пропеллеров, а после выхода на заданную траекторию полета превращаются в ветрогенераторы. Для поддержания себя в воздухе аппарату практически не требуется источник энергии – специальная система управления позволяет использовать для этого восходящие и нисходящие воздушные потоки. Летать машина может практически бесконечно – пока дует ветер достаточной силы.

В отличие от надувных аэростатов с ветрогенераторами и стационарных мачтовых конструкций Wing 7 не парит на одном месте, а описывает круговую траекторию (показана на рис.2), имитируя движения оконечности лопастей воздушной турбины. Система датчиков и микроконтроллеров позволяет учитывать изменения воздушных потоков и своевременно реагировать на них, корректируя курс движения аппарата для достижения максимального эффекта.

Вырабатываемая роторами электроэнергия по специальному кабелю поступает в наземный накопитель, этот же кабель играет роль троса, не давая стихии унести машину. Испытания экспериментального прототипа показали, что, паря на высоте 400 метров при скорости ветра около 35 км/ч (9,7 м/с), летающий ветрогенератор вырабатывает мощность до 20 кВт. Это далеко не предел – в настоящее время ведется разработка модели, способной подниматься на высоту свыше 0,5 км и обладающей мощностью до 1 МВт. Такая конструкция позволяет обеспечить разрабатываемый модуль требуемой электрической мощностью.

2. Солнечная энергия

В аридных пустынях, отличающихся большим числом дней солнечного сияния, целесообразно получать электричество из солнечной энергии. Строительство стационарных гелиотермальных электростанций башенного типа, занимающих большую территорию и имеющих сложную систему зеркал и аккумуляторы теплоты с водой или расплавами солей, не отвечает принципу мобильности модуля.

Поэтому возможно использование фотоэлектрических преобразователей, тем более, что в настоящее время разработаны бескремниевые прозрачные солнечные батареи Dye Solar Cell (DSC) на стеклянной основе с использованием TiO_2 и красителей (рис. 3).

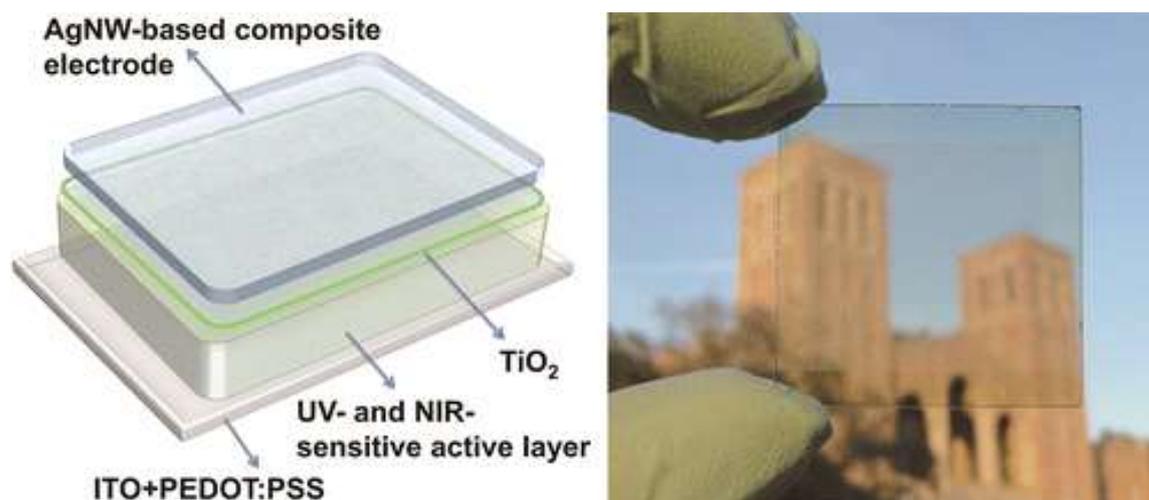


Рис. 3. Фотоэлемент Dye Solar Cell с наноккомпозитом оксида титана и красителем [3]

Основу DSC элемента составляет сэндвич из слоев TiO_2 , красителя, электролита и катализатора, расположенный между двумя прозрачными проводящими электродами. При освещении элемента происходит разделение заряда благодаря инжекции из возбужденного состояния молекул красителя в зону проводимости оксида титана. Упрощенно, свет возбуждает краситель, выбивая электрон, который захватывается полупроводниковым оксидом титана, генерируя при этом электрический ток. Краситель затем восстанавливается переносом электрона в окислительно-восстановительной паре.

Солнечные элементы на оксиде титана не зависят от угла падения света и могут устанавливаться вертикально и даже работать в преломленном или отраженном свете. Элементы работают в очень широком интервале освещенности благодаря высокой внутренней поверхности оксида титана, которая представляет собой «световую губку», буквально «впитывающую» всю доступную энергию солнечного излучения. Из таких элементов можно выполнить облицовку граней купольной конструкции модуля, даже в условиях холодного климата, т.к. элементы DSC эффективно работают в широком интервале температур.

Кроме фотоэлементных преобразователей, электричество из солнечного излучения можно получать при помощи двигателей Стирлинга (рис.4).

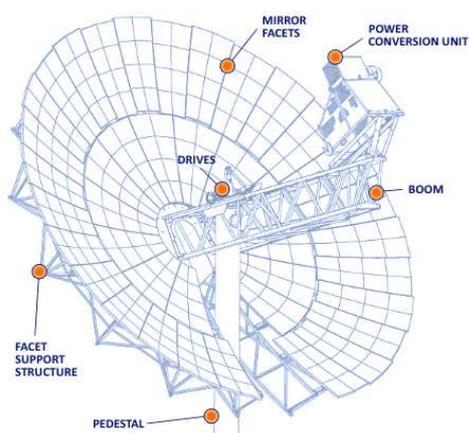


Рис. 4. Гелио- электрогенератор с двигателем Стирлинга [4]

Образованная в 1996 г. в Аризоне, компания Stirling Energy разработала SunCatcher – «Ловец Солнца»: 25 кВт-ную параболическую антенну, состоящую из зеркал, со встроенным двигателем Стирлинга, изобретённым ещё столетие назад. Особенность этого двигателя заключается в том, что газ, в отличие от двигателя внутреннего сгорания, циркулирует в двигателе по замкнутому циклу, нагреваясь в месте фокусирования солнечных лучей и охлаждаясь, совершает работу по вращению вала двигателя. Избыток тепла отводится с помощью радиатора с воздушным охлаждением. Большинство современных гелио- технологий используют солнечные лучи для нагрева жидкости, которая испаряется и приводит во вращение турбину. Новая конструкция использует для этой цели поршневой двигатель и газ, что делает генератор тихим, компактным и очень эффективным.

3. Энергия воды

При размещении модулей на океанских и морских побережьях с регулярной цикличностью приливов и отливов, возможно использование приливных электростанций. Компания Open Hydro построила во Франции крупнейшую в мире приливную электростанцию, представляющую собой турбину с реверсивным ходом, лопасти которой вращаются потоком воды, возникающим при приливах и отливах (рис. 5).



Рис. 5. Установка приливной турбины на морское дно [5]

В 2012 г. завершилось строительство уникальной приливной электростанции, находящейся около берега Франции. Электростанция состоит из четырех турбин,

мощностью 2 МВт каждая. Диаметр турбины составляет 21,6 метра, масса 850 тонн. Турбины крепятся ко дну с помощью якоря. На данный момент энергия приливов используется недостаточно, хотя это очень перспективный источник альтернативной энергии. Основным его преимуществом является абсолютная бесшумность и незаметность. Турбина не видна на поверхности моря и не оказывает неблагоприятного воздействия на окружающую среду. Турбины разработаны таким образом, чтобы не нанести вреда морским организмам.

Для регионов, в которых находятся водные объекты, имеющие большой градиент температуры по глубине (например, сибирские реки и озёра) эта разность температур может быть преобразована в энергию на специальных электростанциях, без извлечения воды (которая может быть даже сильно загрязнённой или радиоактивной).

Работа электростанции основана на перемещении жидкости с низкой точкой кипения и, как следствие, испарения. Обычно для этой цели используется аммиак. Когда аммиак циркулирует по замкнутой системе труб, он проходит через секцию, прогретую тёплой водой, взятой на поверхности (около 25°C). Там аммиак переходит в газообразное состояние и приводит в действие турбину, генерирующую электроэнергию. Следующим этапом является прохождение теплоносителя через секцию, охлажденную глубинными водами (5°C), где он опять превращается в жидкость. После всех «манипуляций» теплая и холодная вода выпускается обратно в водный объект (рис. 6).

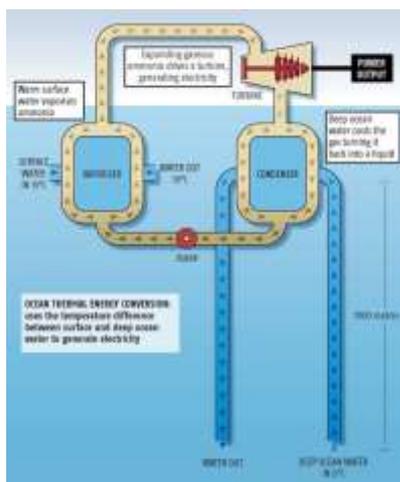


Рис. 6. Схема и внешний вид электростанции, использующей вертикальный температурный градиент температуры водного объекта [6]

Американская компания Makai Ocean Engineering (MOE) построила на Гавайях крупнейший в мире объект подобного типа, способный генерировать электричество от перепадов температур воды по глубине. Станция обеспечивает энергией около 120 близлежащих домохозяйств. MOE недавно подписала меморандум с японскими компаниями, чтобы построить океаническую электростанцию мощностью 1 МВт.

4. Микротурбинные электростанции на биогазе

В качестве резервных источников энергоснабжения возможно использование микротурбинных энергоустановок. Принцип действия их схож с обычными

газотурбинными электростанциями, отличие заключается в компактности, малом уровне шума (уровень звука на расстоянии 1 м от установки не более 75 дБА) и возможности производить рекуперацию тепловой энергии. Мини- электростанция Calnetix TA-100 RCHP - это микротурбина для комбинированного производства электроэнергии и рекуперации теплоты. При утилизации теплоты потребитель может получить или систему отопления и горячего водоснабжения, или, с помощью дополнительно используемого абсорбционного чиллера – систему охлаждения. Общий КПД установки при этом может составлять более 75 %.

Установка (рис. 7) содержит газотурбинный двигатель, встроенный дожимной газовый компрессор, генератор, котёл-утилизатор, систему управления, аккумуляторы, звукоизолирующий кожух.

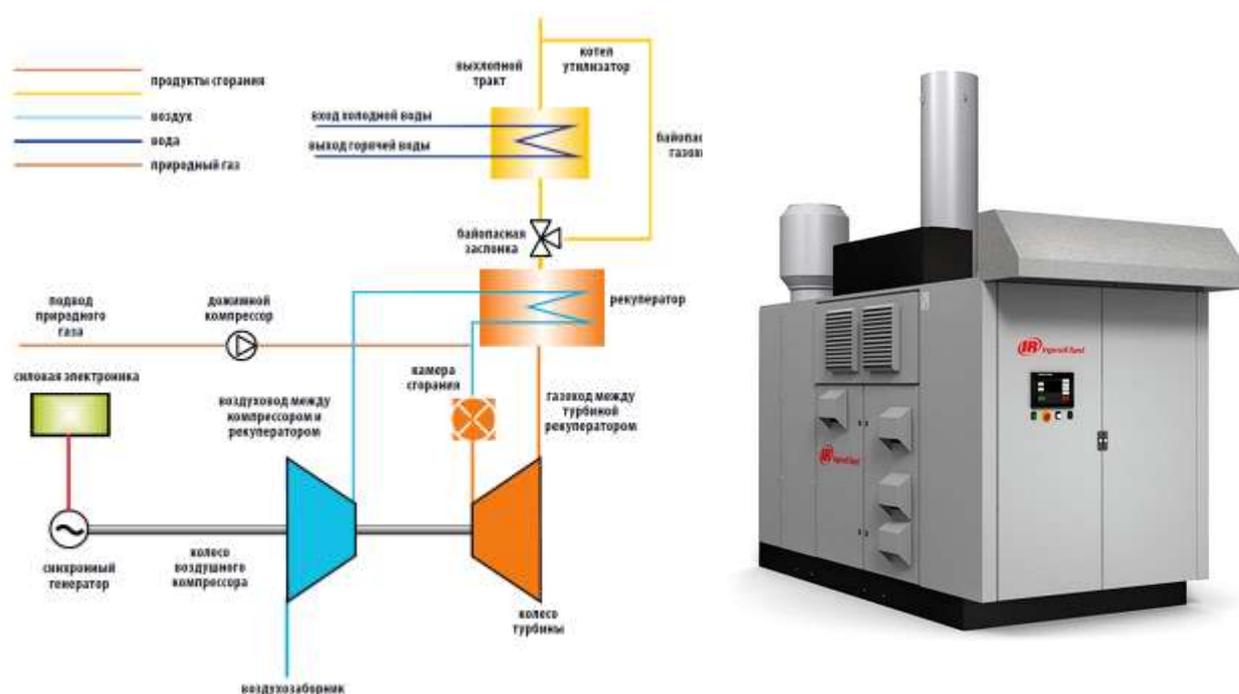


Рис. 7. Микротурбинная установка Calnetix [7]

Газотурбинный двигатель состоит из одноступенчатого центробежного компрессора со степенью сжатия 4, который обеспечивает подачу воздуха в камеру сгорания, в которой производится смешение горючих газов с воздухом. Конструкция камеры обеспечивает стабильное горение и преобразование химической энергии газообразного топлива в тепловую энергию продуктов горения. Одноступенчатая центростремительная турбина преобразует энергию горячих отходящих газов в крутящий момент на валу и является приводом для центробежного компрессора и высокоскоростного генератора. Рекуператор представляет собой газо-воздушный теплообменник, предназначенный для повышения экономичности установки за счёт передачи части тепла сжатому воздуху, поступающему из компрессора в камеру сгорания.

Номинальная мощность установки составляет 100 кВт, максимальная – 200 кВт. В качестве топлива может использоваться широкий спектр горючих газов, в том числе – метан, образующийся в процессе анаэробной очистки сточных вод от органических

загрязнений. Расход газа составляет 32 – 37 м³/час в зависимости от теплоты сгорания топлива. Объём отходящих газов: 0,8 м³/сек. Установка может быть смонтирована внутри купольного сооружения отдельного технического модуля с организацией отвода наружу продуктов сгорания. Размеры установки для монтажа в помещении, длина: 3100 мм, ширина: 850 мм, высота: 1930 мм, масса установки 1860 кг.

5. Использование биохимической энергии

Так же, весьма перспективным представляется направление, связанное с созданием микробных топливных элементов (МТЭЛ) - электрохимических устройств, способных трансформировать химическую энергию органических соединений в электрическую за счёт метаболической активности микроорганизмов, электрон-транспортные цепи которых способны осуществлять перенос электронов на внешние нерастворимые акцепторы.

Микроорганизмы и окисляемый субстрат (органические отходы) находятся в анаэробных условиях анодной камеры МТЭЛ. В данном отсеке содержится анод - электрод, на который микроорганизмы «сбрасывают» электроны. В другой отсеке МТЭЛ, катодной камере, находится, соответственно, катод, который аэрируется воздухом или чистым кислородом. Процессы жизнедеятельности микроорганизмов являются источником электронов. Для разделения анодной и катодной камер используются специальные протоннообменные мембраны, которые осуществляют однонаправленный перенос протонов, образовавшихся в результате жизнедеятельности микроорганизмов, из анодной камеры в катодную, и не дают кислороду возможность проходить в обратном направлении (рис. 8).

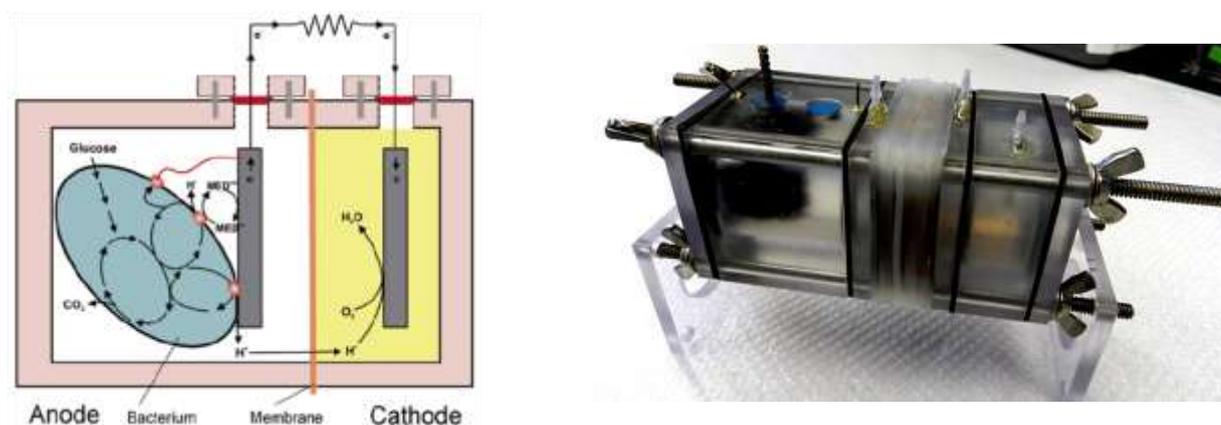


Рис. 8. Схема и внешний вид микробной электрической батареи [8]

В. Верстрет и его коллеги из бельгийского университета Гента провели ряд опытов, чтобы установить наиболее оптимальную конструкцию микробных топливных элементов, вырабатывающих энергию из промышленных отходов. Учёные установили, что удельная мощность их блока топливных элементов, питавшихся сточными водами, достигла 258 ватт на кубометр, максимальное напряжение составило 2,02 вольта, а максимальный ток (при параллельном подключении) — 0,255 ампера. Разумеется, электрическая мощность подобных генераторов ещё очень низка, но возможно их дальнейшее совершенствование.

Одним из важнейших направлений для развития технологии МТЭЛ является поиск оптимальных микроорганизмов, способных эффективно осуществлять транспорт электронов между биологическими клетками и электродом. Крайне выгодной стороной МТЭЛ является продобие протекающих в них процессов работе систем биологической очистки сточных вод, что делает возможным совмещение этих двух функций в одном устройстве.

Заключение

Согласно расчётам, для полного жизнеобеспечения 20 человек, проживающих в модуле, электрическая мощность системы энергоснабжения должна составлять 200 кВт. Это достаточно небольшая величина, такую мощность вполне возможно обеспечить за счёт использования местных энергоресурсов. Резервным источником электроснабжения служат 2 микротурбинные установки Calnetix TA-100 RCHP. В случае аварии на энергоустановке, для бесперебойного электроснабжения системы жизнеобеспечения в течение 7 суток, предусмотрена батарея, состоящая из 48 568 шт. аккумуляторов СЦ-250Д-1, размещаемых в отдельном техническом модуле.

Список литературы

- [1]. В США испытан первый летающий ветрогенератор. Режим доступа: <http://supreme2.ru/4744-buoyant-airborne-turbine> (дата обращения: 10.05.2016 г.)
- [2]. Сайт «Знания об Энергии» Фонда ALCEN «От технологий к инновациям». Режим доступа: <http://www.connaissancedesenergies.org/une-eolienne-prend-son-envol> (дата обращения: 10.05.2016 г.)
- [3]. Технологии DSC. Режим доступа: <http://www.ecoteco.ru/?id=286> (дата обращения: 10.05.2016 г.)
- [4]. Андреева К.А. Эпоха Стирлинга // Машины и механизмы. 2015. №4. С.8-15.
- [5]. Open Hydro построил во Франции крупнейшую в мире приливную электростанцию. Режим доступа: <http://pronedra.ru/alternative/2011/11/18/krupnejshaya-v-mire-prilivnaya-elektrostantsiya> (дата обращения: 10.05.2016 г.)
- [6]. На Гавайях открыли электростанцию, генерирующую электричество от разницы температур воды в океане. Режим доступа: <http://ecology.md/page/na-gavajjah-otkryli-elektrostantsiju-generirujushhuju-elektrichestvo-ot-raznicy-temperatur-vody-v-okeane> (дата обращения: 10.05.2016 г.)
- [7]. Микротурбинная установка Calnetix TA-100 RCHP. Режим доступа: <http://www.micro-turbines.ru/service.php?id=2&item=1> (дата обращения: 10.05.2016 г.)
- [8]. Микробы эффективно вырабатывают электричество из сточных вод. Режим доступа: <http://www.membrana.ru/particle/9964> (дата обращения: 10.05.2016 г.)