2.4. Автономные жилые модули для экстремальных условий среды

«Северный клевер» – база ВКС РФ на о. Котельный (Новосибирские острова)

При решении ряда задач, связанных с обороной, научными исследованиями, рекультивацией территорий, разведкой, добычей и транспортировкой полезных ископаемых, часто возникает проблема обеспечения жизнедеятельности людей в экстремальных природных условиях. Неблагоприятная для человека окружающая среда характерна для территорий арктических и аридных пустынь, высокогорья, зон химического и радиационного загрязнения. Так же, при этом часто приходится вести длительные подземные и подводные работы. Поэтому, представляется весьма актуальной разработка технологий и технических средств, позволяющих создать экологически безопасную и комфортную систему жизнеобеспечения для людей, долгосрочно пребывающих в неблагоприятных условиях.

Арктическая пустыня

Аридная пустыня

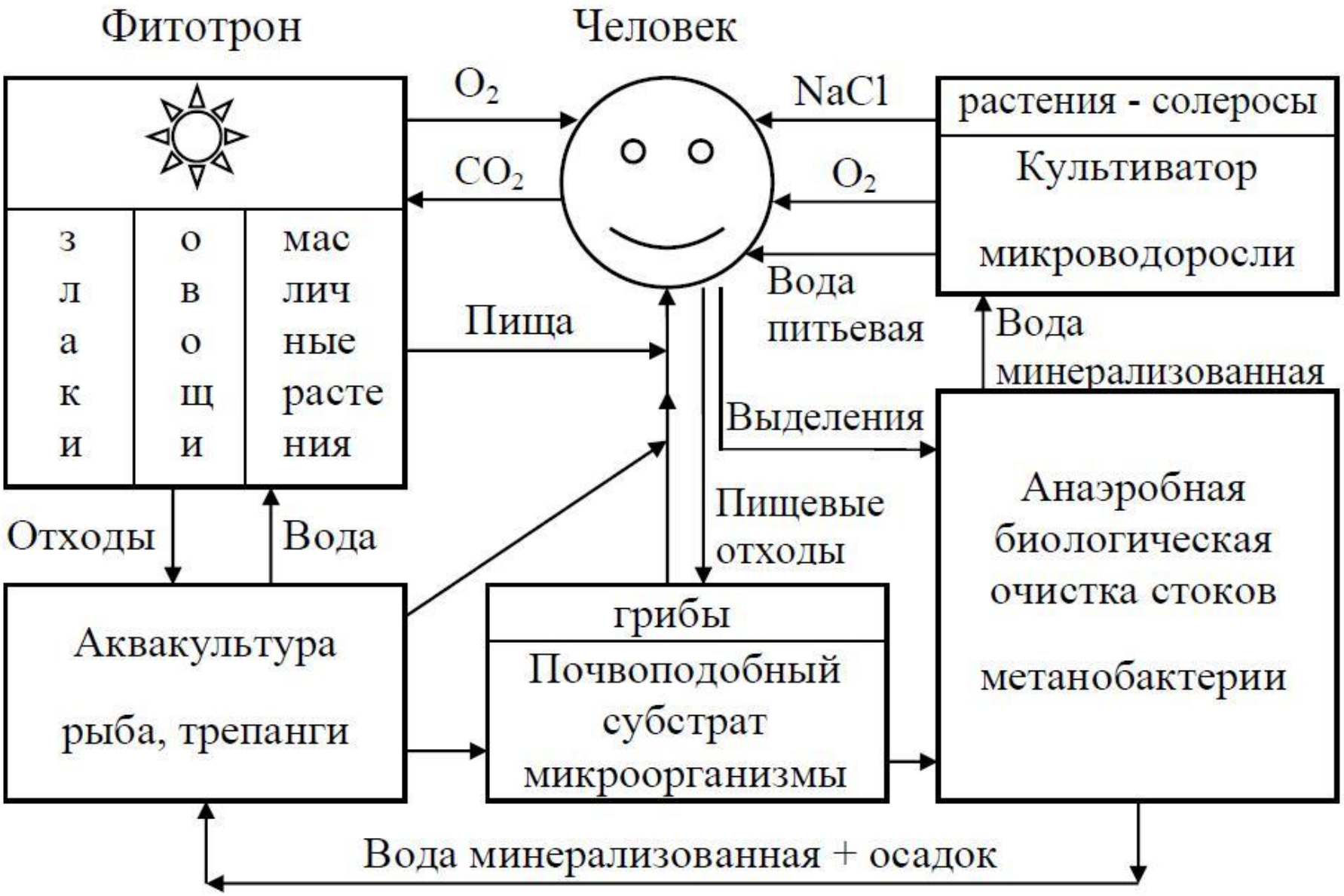
Coal mining industry, Wuhai, Inner Mongolia ; 内蒙古乌河煤工业区

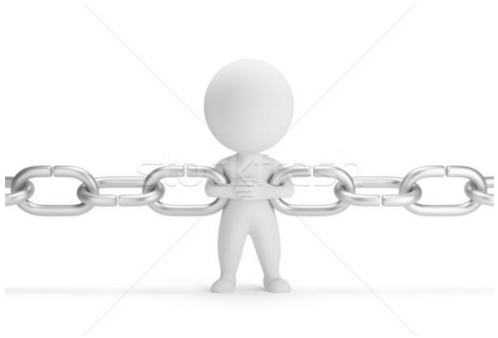
Территория химического загрязнения

Зона радиационного заражения

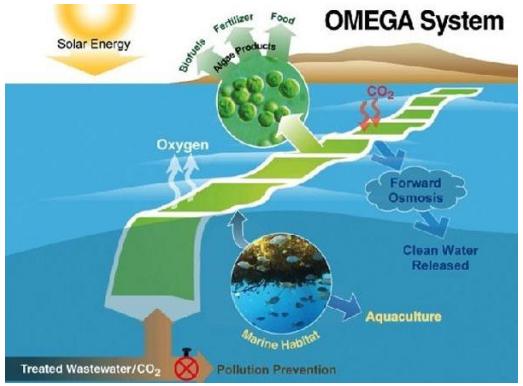
Решение проблемы – создание автономных жилых модулей, работающих на местных источниках энергии и построенных на принципе замкнутости внутренних потоков вещества – то есть, представляющих собой искусственную экосистему (ИЭС)

На основе имеющихся знаний о создании ИЭС была составлена схема круговорота вещества в модуле.





Человек при этом является замыкающим звеном всех физико-химических и биологических процессов в представленной искусственной замкнутой экосистеме. «Звено-задатчик», как говорят в Красноярске. Параметры фотосинтеза, энерго- и массобмена заранее рассчитаны, исходя из необходимых потребностей жизнедеятельности обитателей модуля.



Система включает в себя фитотрон для выращивания высших растений, обеспечивающих растительную часть рациона обитателей модуля, ёмкость для формирования почвоподобного субстрата, систему утилизации органических отходов и анаэробной биологической очистки сточных вод, а так же культиватор микроводорослей, вырабатывающих необходимый для дыхания кислород, поглощающих углекислый газ и опресняющих воду.

Так же, в ИЭС предусмотрена возможность разведения аквакультуры за счёт использования оборотной воды и пищевых отходов, выращивания грибов на почвоподобном субстрате и высаживания съедобных растений-солеросов в питьевую воду для удаления избытка солей и возврата хлорида натрия в пищевую цепочку человека.

Главной задачей создания автономного жилого модуля, является его энергообеспечение. Энергия, которая должна поступать в модуль извне (подобно тому, как солнечное излучение попадает в биосферу), необходима для работы фитотрона, поддерживающего фотосинтез растительного питания обитателей модуля, освещения и отопления модуля, работы вспомогательного оборудования.

Способы выработки электроэнергии

Ветровая	Солнечная	Геотермальная
Ветро-генераторы стационарные	*СЭС башенного типа*	*Исполь-зование место-рождений термаль-ных вод*
Ветро-генераторы летающие	*СЭС на фотобатареях*	
	СЭС с двигателем Стирлинга	

Для энергообеспечения модулей могут использоваться электростанции самого различного вида, 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, воды и биомассы. Выбор конкретного вида природного энергоресурса и типа используемого электрогенератора определяется особенностями территории, на которой планируется размещение модуля.

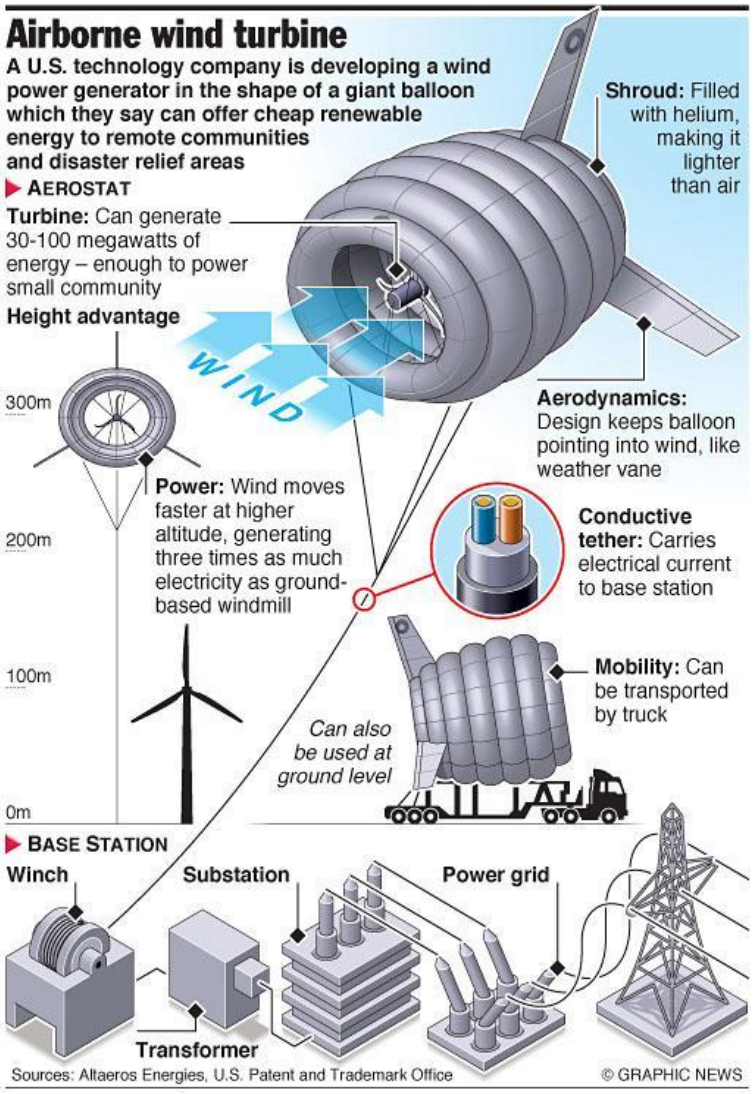
В арктических пустынях, где высока скорость ветра, можно использовать ветровой энергоресурс. Одним из принципов создания автономного модуля является его мобильность, то есть возможность демонтажа и быстрой установки на новом месте. Поэтому, строительство стационарных ветрогенераторов, размещаемых на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

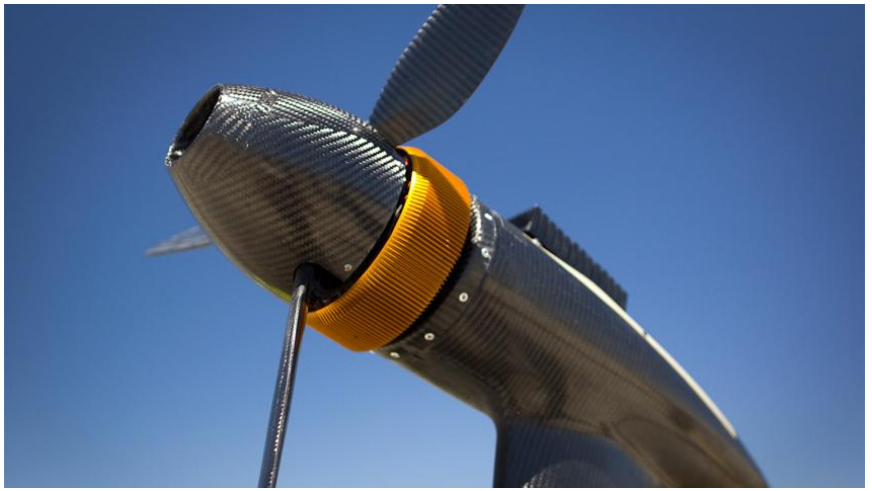
Летающая конструкция поднимается на высоту до 300 метров, где ветры дуют сильней и стабильней, чем возле поверхности. Высота, на которой находится ветрогенератор BAT, практически в два раза больше высоты мачты любого существующего стационарного ветрогенератора.

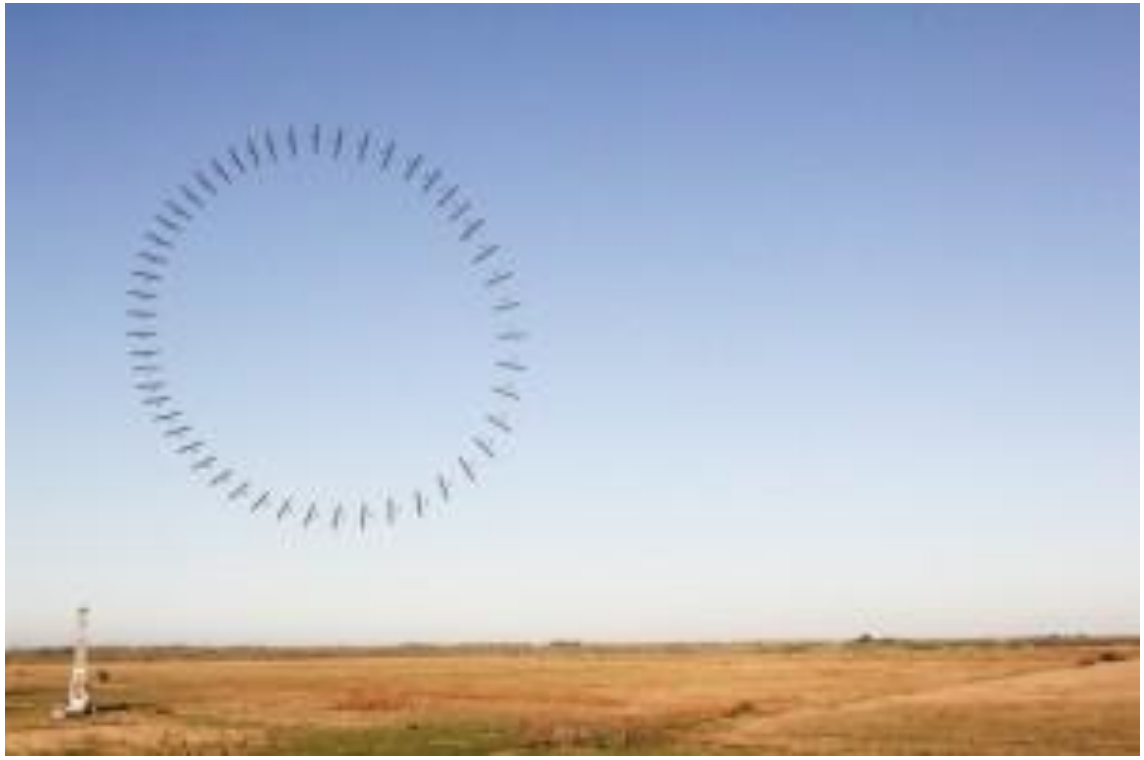
Электрический генератор BAT способен выдавать до 30 кВт мощности. Установка мобильна - такую турбину может увезти обычный грузовик, при наличии дорог, по которым он может проехать.

Летающий генератор аэростат Buoyant Airborne Turbine (BAT)



Ветрогенератор «летающее крыло» Wing 7

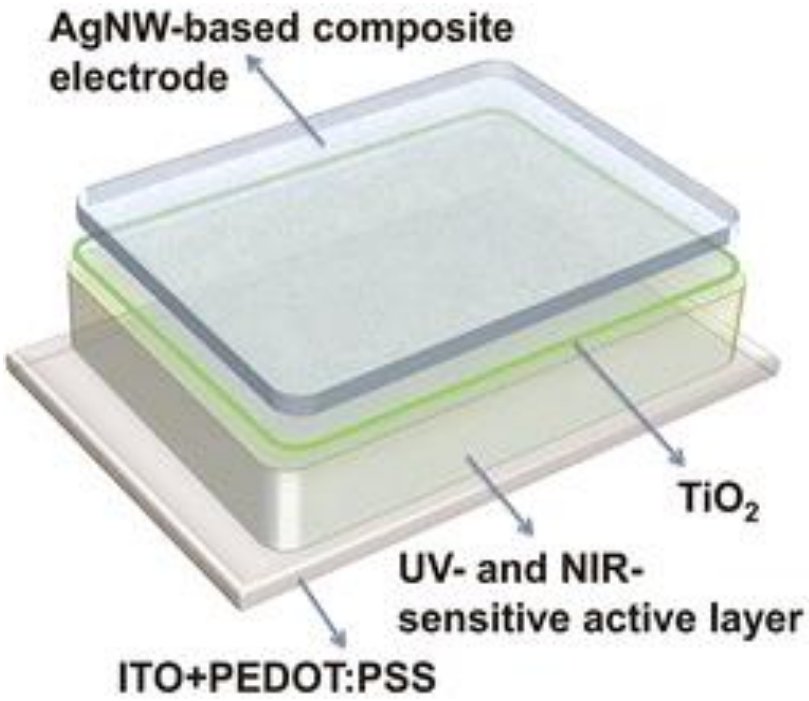


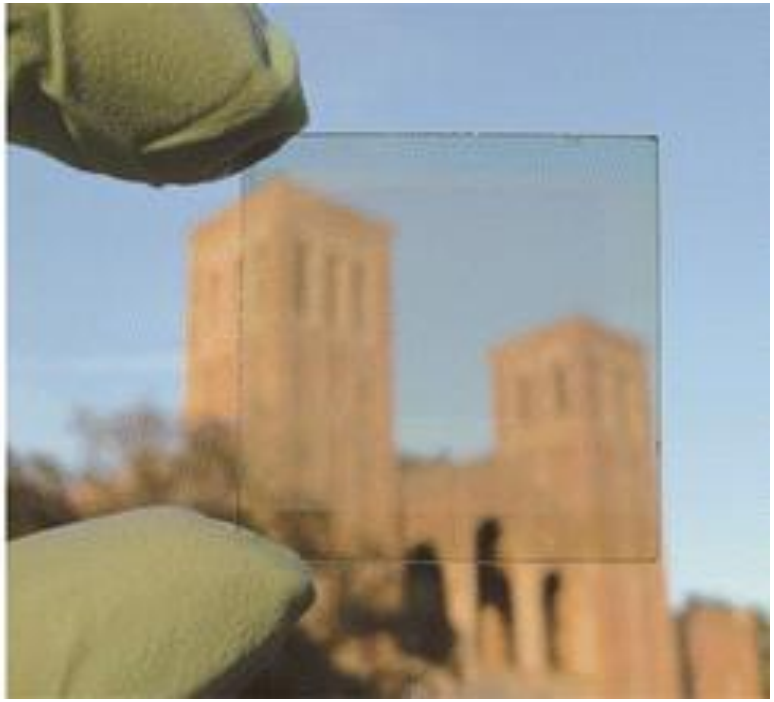


- Компактные размеры, лёгкость конструкции
- Мощность от 20 кВт – до 1 МВт.
- Возможность сложного маневрирования.
- При $V_в$ = 5 м/с высота троса 50 м

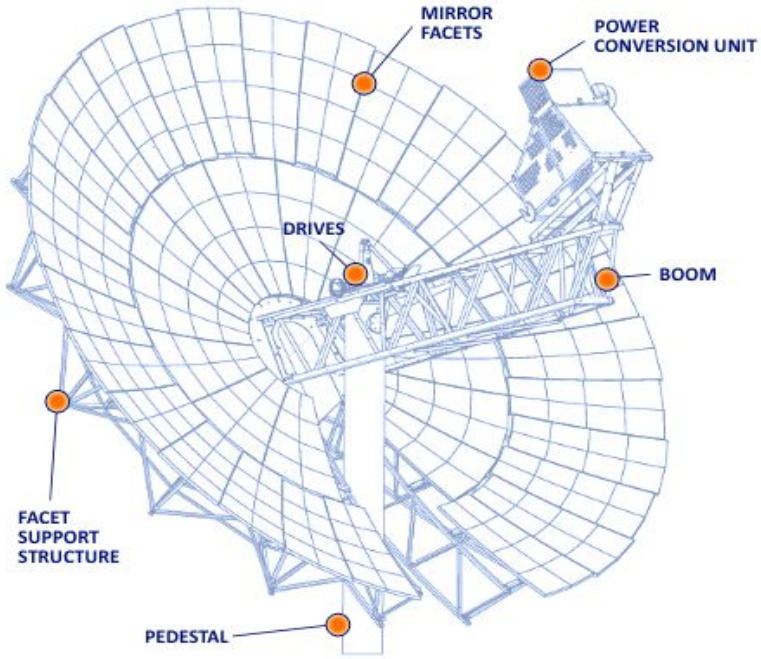
В аридных пустынях, отличающихся большим числом дней солнечного сияния, целесообразно получать электричество из солнечной энергии. Строительство стационарных гелиотермальных электростанций башенного типа, занимающих большую территорию и имеющих сложную систему зеркал и аккумуляторы теплоты с водой или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

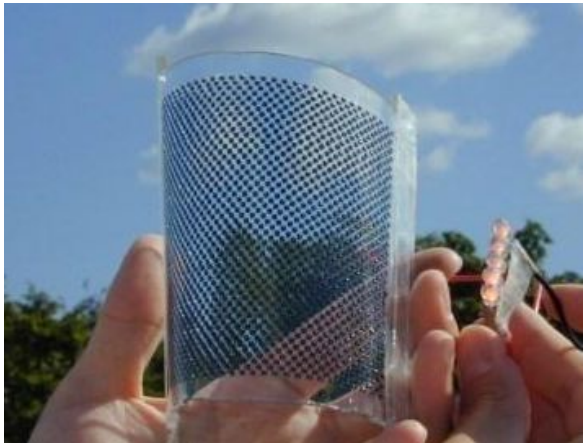
Поэтому возможно использование фотоэлектрических преобразователей, тем более, что в настоящее время разработаны бескремниевые прозрачные солнечные батареи Dye Solar Cell (DSC) на стеклянной основе с использованием TiO_2 и красителей.





Кроме фотоэлементных преобразователей, электричество из солнечного излучения можно получать при помощи двигателей Стирлинга. 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.

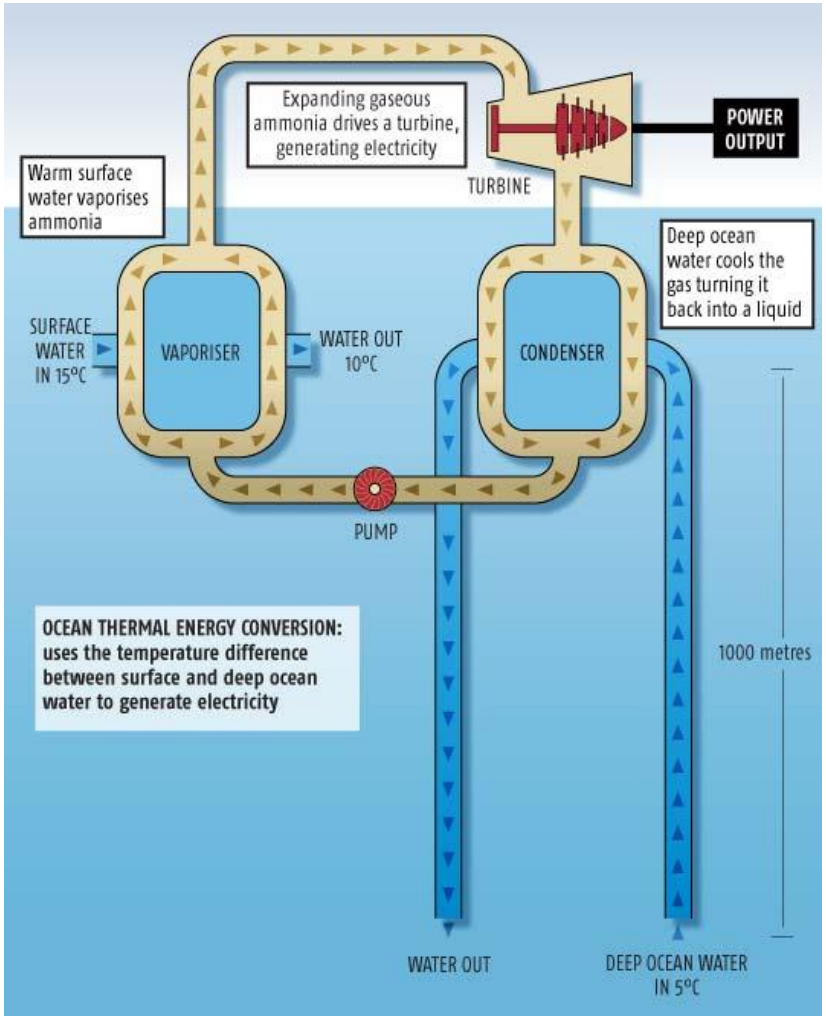




Традиционные кремниевые батареи, которые в настоящее время производятся гибкими и полупрозрачными, тоже могут найти применение в комбинированных солнечно-ветровых генераторах. Такие генераторы способны обеспечить бесперебойное электроснабжение модуля, т.к. всегда будет присутствовать хотя бы один источник энергии.

При размещении модулей на океанских и морских побережьях с регулярной цикличностью приливов и отливов, возможно использование приливных электростанций. Приливная электростанция представляет собой турбину с реверсивным ходом, лопасти которой вращаются потоком воды, возникающим при приливах и отливах. Во Франции действует электростанция, которая состоит из четырех турбин, мощностью 2 МВт каждая. Диаметр турбины составляет 21,6 метра, масса 850 тонн. Турбины крепятся ко дну с помощью якоря. Основные преимущества - 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.

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.

Резервные источники энергоснабжения

Мини тепловые электростанции

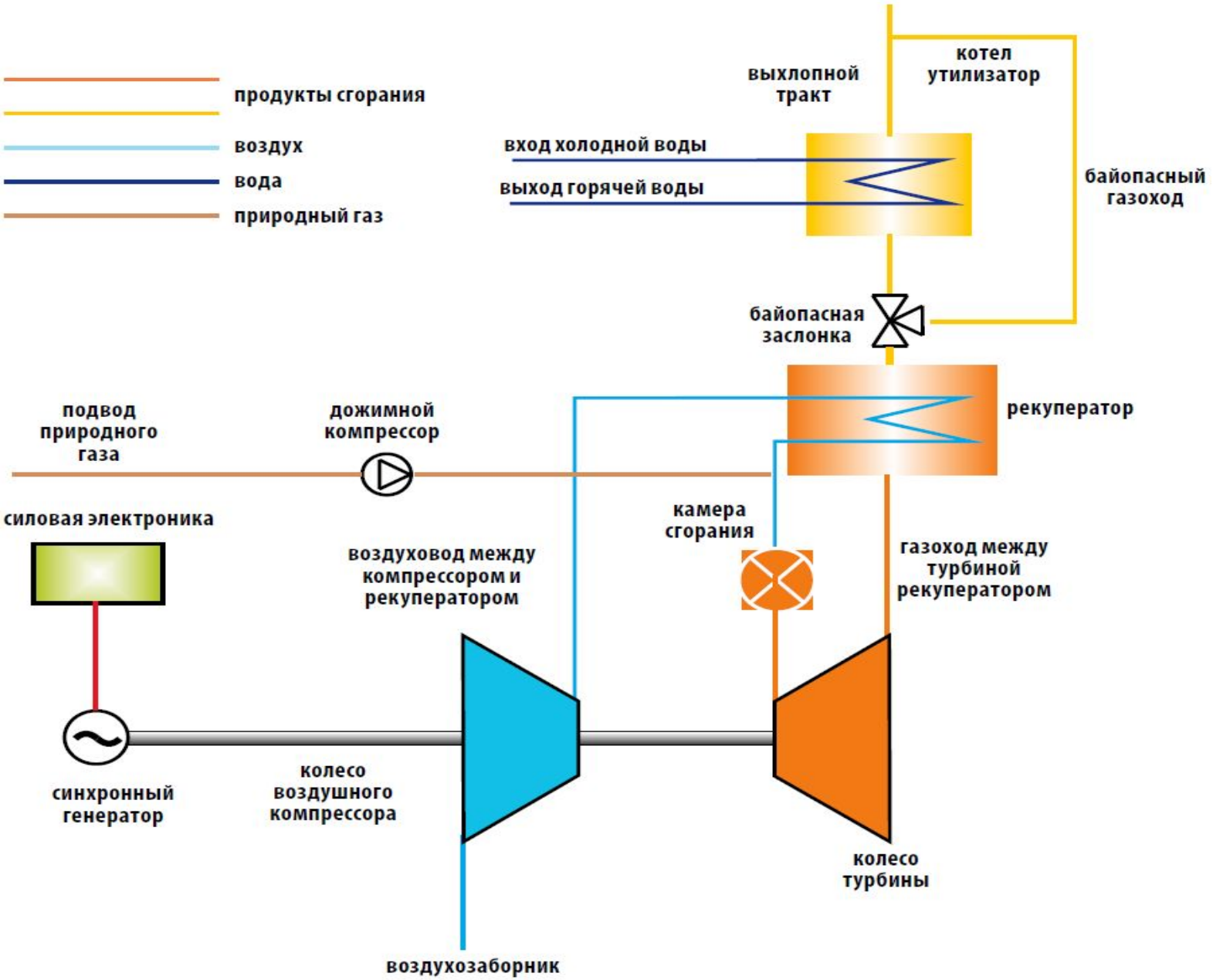
Микротурбинная установка (МТУ) Calnetix

эл.мощность до 100 кВт
тепл.мощность до 200 кВт
диапазон рабочих температур до - 40 град.С
расход газа 32,3 куб.м/час

Шкаф аккумуляторный

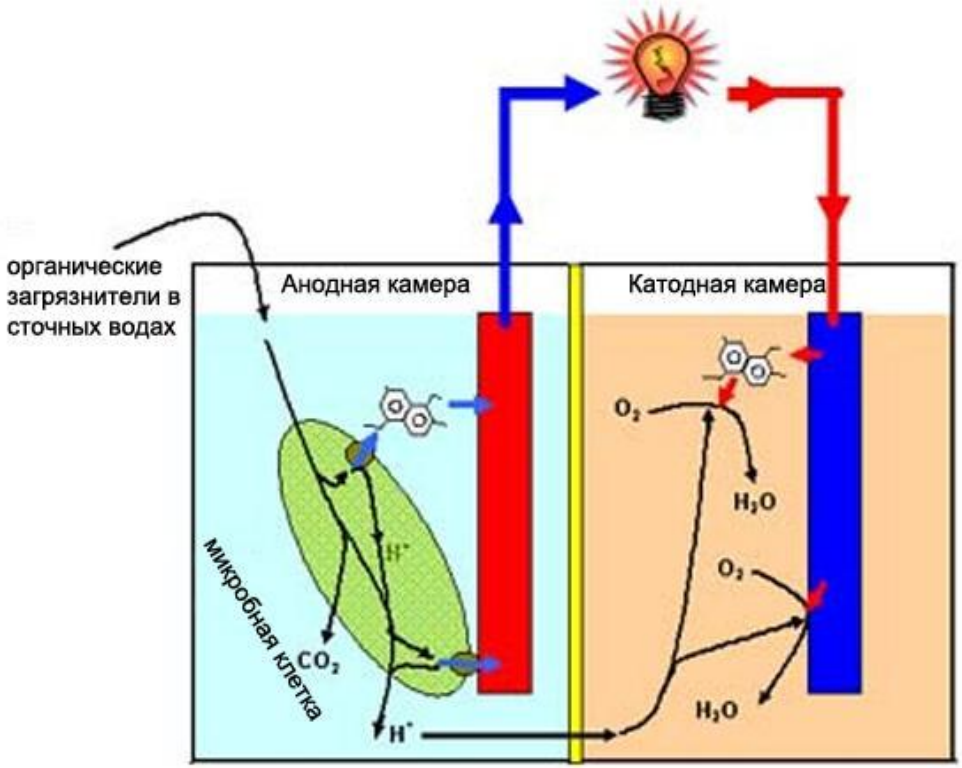
Аккумуляторы СЦ-250Д-1
Диапазон рабочих температур: -10 + 50 град.С
Номинальная ёмкость: 400 А·час
Напряжение: 1,84 В
Габариты: 139х57,5х258 мм

Схема микротурбинной установки с рекуперацией тепла



Перспективные источники энергии

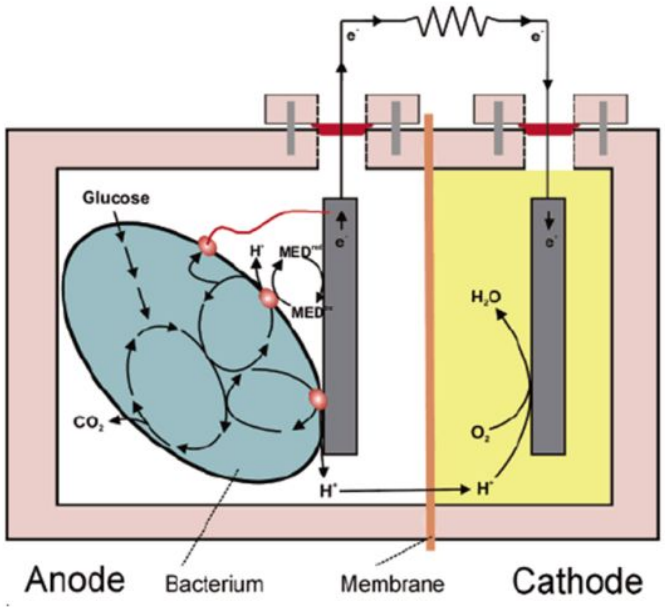
Весьма перспективным представляется направление, связанное с созданием микробных топливных элементов (МТЭЛ) - электрохимических устройств, способных трансформировать химическую энергию органических соединений в электрическую за счёт метаболической активности микроорганизмов, электрон-транспортные цепи 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 другом 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.

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.



Атомные и водородные батарейки

Миниатюрные ядерные батареи

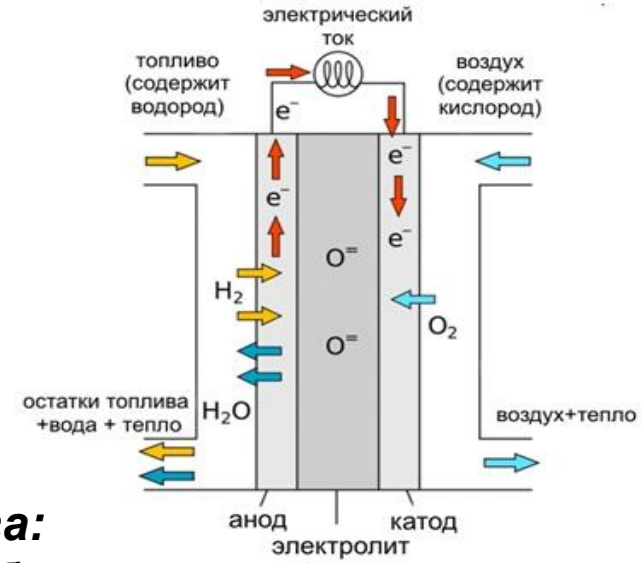
Достоинства:

- Небольшие размеры.
- Мощность до 40 кВт.
- Срок бесперебойной работы - 50 лет.

Недостатки:

- Возможно негативное влияние на человека.
- Высокая стоимость.

Водородная батарейка



Достоинства:

- Широкая область применения.
- Экологичность.
- Высокая энергоэффективность.
- Доступность топлива.
- Надежность (отсутствуют движущиеся части).
- Долговечность и простота эксплуатации.
- Мощность от 0,5 до 250 кВт.

Недостатки:

- Высокая эксплуатационная стоимость.
- Сложность доставки и хранения топлива.