

627.03
А-47

овое
жизни,
науке,
технике



Подписная
научно -
популярная
серия

В. В. Алексеев
К. В. Чекарев

СОЛНЕЧНАЯ
ЭНЕРГЕТИКА

12 '91



ФИЗИКА

ЗНАНИЕ

621.03
А-47

НОВОЕ В ЖИЗНИ, НАУКЕ, ТЕХНИКЕ

ПОДПИСНАЯ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ

ФИЗИКА

12/1991

Издается ежемесячно с 1967 г.

В. В. Алексеев,
К. В. Чекарев

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

(ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ)

А 218354
✓ 03
08

95 T



Москва Издательство «Знание» 1991.

Оренбургская областная научная
Библиотека им. Н. К. Крупской

вается замкнутой по CO_2 , а использование тепла позволяет существенно продлить сезон выращивания биомассы.

Гибридные солнечные системы должны строиться на основе модульного принципа. Это облегчит технологию массового производства станций и значительно сократит сроки их сооружения.

В каком же состоянии находятся разработки различных компонент гибридных солнечных станций, когда можно ждать осуществления этих проектов, какие трудности препятствуют созданию солнечных станций и каковы возможные пути их преодоления?

Наиболее продвинуты в настоящее время солнечно-термальные станции, что в значительной мере связано с успехами, достигнутыми компанией «Луз». Стоимость энергии, вырабатываемой ее станциями последнего образца, сопоставима со стоимостью энергии тепловых станций.

В фотоэлектрических системах на всех этапах их создания также реализован модульный принцип. Из всех солнечных систем они являются самыми простыми и надежными в эксплуатации. Единственный их недостаток — довольно высокая стоимость производимой ими энергии. Однако эта стоимость постоянно и быстро снижается. В настоящее время существует эффективный способ уменьшения стоимости фотоэлектрических станций даже при существующей технологии производства фотобатарей. Он разработан в Лаборатории возобнов-

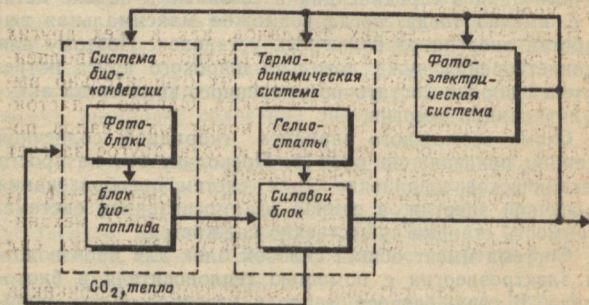


Рис. 11. Схема гибридной солнечной станции

ляемых источников энергии МГУ и основан на использовании надувных пленочных концентраторов.

Как отмечалось в разделе, посвященном описанию фотоэлектрических систем, использование концентрированного излучения существенно уменьшает их стоимости, поскольку в этом случае уменьшается площадь дорогих фотоэлементов за счет использования относительно более дешевых концентраторов. Одним из таких концентраторов является плоский фоклин, также упоминавшийся в этом разделе. Рассмотрим более подробно принцип его работы. Плоский фоклин состоит из двух отражающих плоскостей, образующих угол θ с перпендикуляром к плоскости симметрии, как это показано на рис. 3. Напротив выходного отверстия фоклина расположен приемник. Плоский фоклин обеспечивает равномерное распределение плотности энергии концентрированного светового потока, что является одним из главных условий уменьшения схемных потерь для работы фотоэлектрических преобразователей, поскольку все они должны находиться в одинаковых условиях.

Световой поток в плоском фоклине концентрируется за счет добавления к прямому излучению, падающему на приемник, кратных отражений от зеркальных плоскостей. При подключении 1-, 2- и 3-кратных отражений коэффициент концентрации составляет соответственно 2,82; 3,88; 4,36. Таким образом, описанный концентратор позволяет получать слабоконцентрированный световой поток с равномерным распределением плотности по двум координатам.

Недостатком плоских фоклинов, как и всех других концентраторов с отражающей поверхностью, выполненной на жесткой основе, является их относительно высокая стоимость и материалоемкость. Однако в настоящее время благодаря созданию новых материалов появилась возможность уменьшить и то и другое за счет использования тонких гибких пленок.

Для формирования отражающих поверхностей из гибких пленок применяются различные методы: механическое натяжение, воздействие электростатических сил и т. п.

В МГУ в лаборатории возобновляемых источников энергии разработан надувной пленочный фоклин. Его схема представлена на рис. 12. Он состоит из пневмобаллона, изготовленного из тонкой пленки, к внутрен-

ней поверхности которого прикреплены две полосы пленки с напыленным металлическим покрытием. Поверхность пневмобаллона, ориентированная к свету, прозрачна. Поверхность со стороны выходного отверстия также может быть прозрачной.

Отражающими плоскостями надувного фоклина служат металлизированные пленки, которые натягиваются за счет натяжения стенок пневмобаллона под действием давления газа.

В лаборатории МГУ был изготовлен опытный образец надувного пленочного фоклина. Материалом служила лавсановая пленка толщиной 20 мкм. Элементы фоклина соединялись с помощью термосварки. Размер выходного отверстия составлял 33×700 мм, угол $\theta = 70^\circ$. При данном угле фоклин обеспечивал световой поток с равномерным распределением плотности энергии и коэффициентом концентрации К-3. Использование надувного пленочного фоклина позволяет существенно умень-

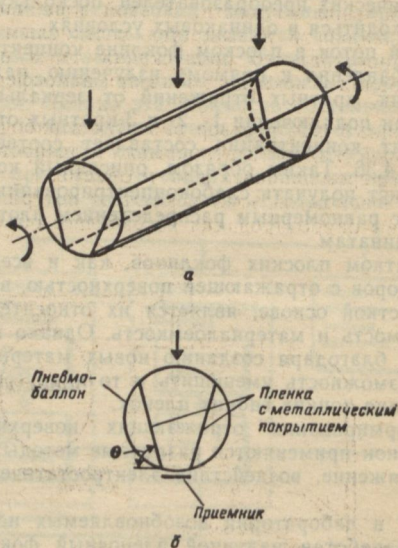


Рис. 12. Схема устройства надувного пленочного плоского фоклина: а — общий вид; б — поперечный разрез

шить стоимость фотоэлектрических систем за счет значительного снижения их стоимости и материалоемкости по сравнению с отражателями, выполненными из жестких материалов.

Рассмотрим теперь возможный вариант системы био-конверсии солнечной энергии в гибридной солнечной станции. Как следует из раздела, посвященного описанию био-конверсии, в качестве таких систем можно было бы использовать установки, в которых культивируются микроводоросли. Однако здесь существует ряд проблем, в том числе необходимость повышения их эффективности, а также соблюдения модульного принципа построения.

Вариант такой установки был разработан в Московском университете в той же лаборатории возобновляемых источников энергии (рис. 13). Отличительной особенностью этой установки является система внесения CO_2 в культуральную жидкость. Здесь введена закрытая зона барботирования, вынесенная из рабочего объема культуральной жидкости. В этой зоне часть культуральной жидкости насыщается углекислым газом в процессе многократного пропускания через нее одной и той же порции углекислого газа при атмосферном давлении.

Насыщенный CO_2 раствор вносится в рабочий объем культуральной жидкости непрерывно и дозированно, одновременно перемешиваясь в этом объеме.

Введение закрытой зоны исключает потери CO_2 . Выделение зоны барботирования из рабочего объема улуч-

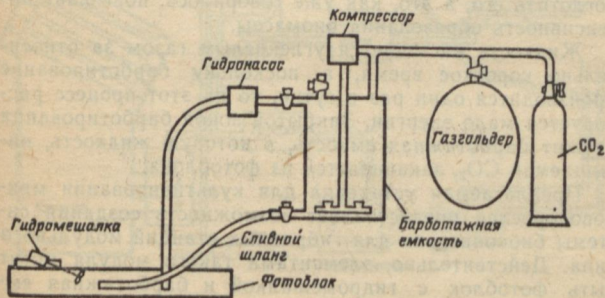


Рис. 13. Схема установки для культивирования микроводорослей

шает условия освещенности биомассы и позволяет максимально использовать поступающую световую энергию, поскольку рабочая поверхность культуральной жидкости открыта.

Барботирование жидкости до насыщения углекислым газом дает возможность растворить в ней необходимое количество CO_2 . Использование для приготовления насыщенного раствора жидкости, забираемой из рабочего объема, позволяет поддерживать глубину рабочего объема в заданных пределах и не вызывает изменений концентрации других питательных веществ в культуральной жидкости при поступлении в нее раствора, насыщенного CO_2 .

Дозирование вводимого в культуральную жидкость насыщенного CO_2 раствора дает возможность варьировать количество углекислого газа в зависимости от концентрации микроводорослей на всех стадиях культивирования, тем самым оптимизируя режим культивации.

Раствор насыщается углекислым газом при атмосферном давлении и в дальнейшем поддерживается в этом состоянии, в результате чего при попадании его в культуральную жидкость не образуются пузырьки газа из растворенного в нем CO_2 , а его перемешивание в рабочем объеме резко снижает концентрацию содержащегося в растворе CO_2 , что позволяет избежать потерь газа при его внесении в культуральную жидкость.

Жидкость перемешивается в вертикальном направлении, в результате чего увеличивается количество клеток, подвергающихся воздействию света и способных поглотить его, а это, как уже говорилось, повышает интенсивность образования биомассы.

Жидкость насыщается углекислым газом за относительно короткое время, а поскольку барботирование производится один раз в сутки, то на этот процесс расходуется мало энергии. Закрытой зоной барботирования служит барботажная емкость, в которую жидкость, насыщаемая CO_2 , закачивается из фотоблока.

Предлагаемая установка для культивирования микроводорослей предоставляет возможность создания системы биоконверсии для гибридных станций модульного типа. Действительно, элементами такого модуля могут быть фотоблок с гидромешалкой и барботажная емкость, при этом система приготовления насыщенного CO_2 раствора может быть общей для нескольких фото-

блоков. Заправку барботажных емкостей и приготовление насыщенного CO_2 раствора можно осуществлять по очереди в темное время суток.

Такая организация работы системы значительно уменьшает стоимость станции, кроме того, для размещения отдельных модулей не нужна рабочая площадка с идеально горизонтальной поверхностью. Более того, предлагаемая организация устройства системы биоконверсии позволяет радикально решить проблему ее размещения. Так, например, фотоблоки можно разместить на воде. Кроме экономии площади, это упростит установку, а также снизит энергозатраты, поскольку перемешивать культуральную жидкость можно за счет энергии моря.

Работы по созданию систем водного базирования, проводимые лабораторией возобновляемых источников МГУ по программе «Биосоляр», показали реальность построения таких систем. Была разработана конструкция фотоблоков, способных выдерживать штормовые и ветровые нагрузки. Схема включения такой системы в гибридную станцию, расположенную на берегу водоема, показана на рис. 14.

Микроводоросли, выращиваемые в фотоблоках, расположенных на поверхности воды, сбраживаются в специальных емкостях, а перебродившая биомасса обога-

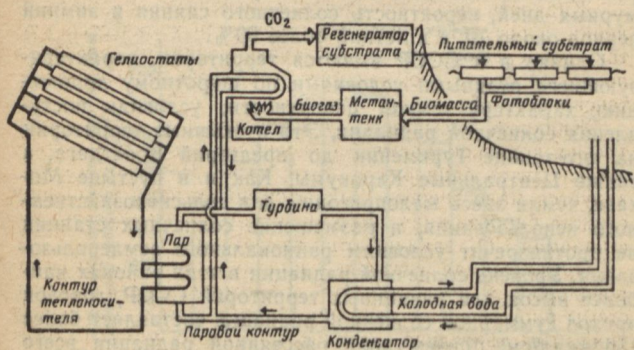


Рис. 14. Схема включения системы биоконверсии водного базирования в гибридную станцию

щается в регенераторе углекислым газом и очищается, после чего питательный субстрат возвращается в фото-блоки. Таким образом, система полностью сбалансирована по биогенным элементам и обеспечивает производство электроэнергии в течение всего года. Кпд установки может составлять 6—7%.

Отличительной особенностью гибридных станций является то, что их размещение должно производиться на основе учета ряда геофизических данных, важнейшими из которых являются параметры солнечной радиации. Для строительства солнечных станций, в частности для проведения соответствующих исследований, необходимо выбирать наиболее благоприятные в этом отношении районы. В США таким районом является пустыня Мохаве, центр солнечной энергетики США, расположенная на крайнем юго-западе пояса межгорных плато Северной Америки. Этот район пустынь называют солнечным центром США, здесь продолжительность солнечного сияния составляет в среднем 85% от возможной за год. Среднее значение суммарной радиации в районе Харпер-Лейка составляет 192 ккал/см в год, что является уникальным для данной широты. Столь большой приход солнечной радиации связан практически с полным отсутствием облачности даже в зимние месяцы, а также высокими характеристиками прозрачности атмосферы. Всего за год наблюдается в среднем менее 40 пасмурных дней, вероятность солнечного сияния в зимний период около 70, а в летний более 90%.

Однако и в СССР имеются территории, характеризующиеся сходными условиями по широтному положению, характеру земной поверхности, условиям поступления солнечной радиации. Это пустынные территории на юго-западе Туркмении до предгорий Копетдага, а также Центральные Каракумы. Как и в пустыне Мохаве, земли здесь малопродуктивны для сельскохозяйственного использования, и размещение солнечных станций не противоречит условиям рационального землепользования. Уровень солнечной радиации в этих районах наиболее высок для равнинных территорий СССР, годовой приход суммарной солнечной радиации составляет более 150 ккал/см, причем доля рассеянной радиации всего около 35% в годовом балансе.

Сходство режимов инсоляции пустынь Мохаве и Туркмении видно при сопоставлении изменений в тече-